

***Biodiversität erfahren***  
***an vier außerschulischen Lernorten in Frankfurt***

---

Konzeption und Evaluation von Arbeitsmaterialien für Lehrer und Schüler  
zur Vor- und Nachbereitung des Biodiversitätsringprogramms von  
Palmengarten, Senckenbergmuseum, StadtWaldHaus und Zoo

DISSERTATION  
ZUR ERLANGUNG DES DOKTORGRADES DER NATURWISSENSCHAFTEN

VON  
LENA HEUß  
AUS TRAUNSTEIN

vorgelegt beim Fachbereich Biowissenschaften (FB 15)  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität  
in Frankfurt am Main

Frankfurt 2016  
(D 30)

Vom Fachbereich 15 der Johann Wolfgang Goethe-Universität  
als Dissertation angenommen.

DEKAN: Prof. Dr. Meike Piepenbring

GUTACHTER: Prof. Dr. Paul W. Dierkes und Prof. Dr. Jörg Oehlmann

DATUM DER DISPUTATION:

### **Abkürzungsverzeichnis**

%	Prozent
allg.	allgemein
bzw.	beziehungsweise
etc.	et cetera
s.a.	siehe auch
s.o.	siehe oben
v.a.	vor allem
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel

### **Anmerkung**

Für eine bessere Lesbarkeit wird in der vorliegenden Arbeit im Folgenden die männliche Form gewählt. Es wird darauf hingewiesen, dass selbstverständlich auch weibliche Beteiligte bzw. die weibliche Leserschaft einbezogen sind.



# Gliederung

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Theoretischer Hintergrund</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Biodiversität und ihre Bedeutung</b>	<b>5</b>
2.1.1	Biodiversität – ein komplexer Begriff	5
2.1.2	Die Vielfalt der Gene	6
2.1.3	Die Vielfalt der Arten	8
2.1.4	Die Vielfalt der Ökosysteme	11
2.1.5	Die zeitliche und räumliche Verteilung der Biodiversität	13
2.1.6	Der Wert der Biodiversität	17
2.1.7	Die Bedrohung der Biodiversität	21
2.1.8	Maßnahmen zum Erhalt der Biodiversität	32
<b>2.2</b>	<b>Motivation und Interesse bei Lernprozessen an außerschulischen Lernorten</b>	<b>37</b>
2.2.1	Aspekte der Lernmotivation	37
2.2.2	Lernmotivation und Interesse im schulischen Kontext	42
2.2.3	Außerschulische Lernorte im Biologieunterricht	45
2.2.4	Lernen an außerschulischen Lernorten	46
2.2.5	Biodiversität an außerschulischen Lernorten	50
2.2.6	Die Rolle von vor- und nachbereitendem Unterricht	51
<b>2.3</b>	<b>Die außerschulischen Lernorte und BioFrankfurt</b>	<b>53</b>
2.3.1	Der Palmengarten Frankfurt und die Grüne Schule	53
2.3.2	Das Senckenbergmuseum und die Museumspädagogik	55
2.3.3	Das Stadtwaldhaus Frankfurt und seine Pädagogik	59
2.3.4	Der Zoo Frankfurt und die Zoopädagogik	60
2.3.5	BioFrankfurt	64
<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>67</b>
<b>3.1</b>	<b>Evaluationsdesign und Testaufbau</b>	<b>67</b>
<b>3.2</b>	<b>Beschreibung der erhobenen Skalen</b>	<b>69</b>
<b>3.3</b>	<b>Die Durchführung der Evaluation</b>	<b>72</b>
3.3.1	Die Durchführung der Evaluation im Palmengarten	74
3.3.2	Die Durchführung der Evaluation im Senckenbergmuseum	74
3.3.3	Die Durchführung der Evaluation im Stadtwaldhaus	75
3.3.4	Die Durchführung der Evaluation im Zoo	76
<b>3.4</b>	<b>Die entwickelten Arbeitsmaterialien für die Sekundarstufe I</b>	<b>77</b>
3.4.1	Die Materialien zur allgemeinen Vorbereitung und der Bezug zum Lehrplan	79
3.4.2	Die Materialien zur Führung im Palmengarten	83
3.4.3	Die Materialien zur Führung im Senckenbergmuseum	84
3.4.4	Die Materialien zur Führung im Stadtwaldhaus	85
3.4.5	Die Materialien zur Führung im Zoo	86
3.4.6	Die Materialien zur allgemeinen Nachbereitung	87

<b>3.5</b>	<b>Das Biodiversitätsringprogramm und der Bezug zum Lehrplan und den Bildungsstandards .....</b>	<b>87</b>
3.5.1	Das Konzept des Biodiversitätsringprogramms .....	87
3.5.2	Die Führung im Palmengarten (Von der Wüste bis zum Regenwald).....	88
3.5.3	Die Führung im Senckenbergmuseum (Ökosysteme in Raum und Zeit).....	96
3.5.4	Die Führung im Stadtwaldhaus (Vom Waldboden bis zur Baumkrone).....	102
3.5.5	Die Führung im Zoo (Anpassung von Säugetieren an Lebensräume).....	109
<b>4</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>115</b>
<b>4.1</b>	<b>Deskriptive Statistik .....</b>	<b>115</b>
4.1.1	Beschreibung der Stichproben.....	115
4.1.2	Deskriptive Statistik Vorwissen .....	117
4.1.3	Deskriptive Statistik Aktuelle Motivation .....	120
4.1.4	Deskriptive Statistik wahrgenommene Unterrichtsvariablen.....	122
4.1.5	Deskriptive Statistik Biologieeinstellung.....	123
4.1.6	Deskriptive Statistik Interessenshandlung .....	124
4.1.7	Deskriptive Statistik Fachwissen.....	124
4.1.8	Deskriptive Statistik Arbeitsmaterialien.....	125
<b>4.2</b>	<b>Analytische Statistik .....</b>	<b>127</b>
4.2.1	Korrelationen.....	127
4.2.2	Mittelwertvergleiche .....	132
4.2.3	Varianzanalysen.....	145
<b>4.3</b>	<b>Zusammenfassung der Ergebnisse.....</b>	<b>147</b>
<b>5</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>155</b>
<b>5.1</b>	<b>Einfluss der unterrichtlichen Vor- und Nachbereitung auf getestete Variablen von Schülern an außerschulischen Lernorten (F1) .....</b>	<b>155</b>
5.1.1	Einfluss der unterrichtlichen Vor- und Nachbereitung auf die aktuelle Motivation an außerschulischen Lernorten (H1) .....	155
5.1.2	Einfluss der unterrichtlichen Vor- und Nachbereitung auf die Biologieeinstellung und die Interessenshandlung von Schülern an außerschulischen Lernorten (H2).....	160
5.1.3	Einfluss der unterrichtlichen Vor- und Nachbereitung auf erlernte Führungsinhalte von Schülern an außerschulischen Lernorten (H3).....	161
5.1.4	Einfluss der unterrichtlichen Vorbereitung auf Unterrichtsvariablen beim Lernen an außerschulischen Lernorten (H4) .....	162
<b>5.2</b>	<b>Einfluss gemessener Faktoren auf die aktuelle Motivation der Schüler im Hinblick auf das Lernen an außerschulischen Lernorten (F2).....</b>	<b>164</b>
5.2.1	Einfluss verschiedener soziodemographischer Faktoren (Geschlecht, Schulart, Klassenstufe, Biologienote) auf die aktuelle Motivation der Schüler (H5).....	164
5.2.2	Einfluss der erlernten Führungsinhalte auf die aktuelle Motivation der Schüler (H6).....	166
5.2.3	Einfluss der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen auf die aktuelle Motivation der Schüler (H7) .....	167
5.2.4	Einfluss der Biologieeinstellung (Fach- und Sachinteresse) auf die aktuelle Motivation der Schüler nach der Führung (H8).....	168

<b>5.3</b>	<b>Besondere Merkmale der einzelnen außerschulischen Lernorte in Bezug auf die Wirkung der Vor- und Nachbereitung und Einflüsse verschiedener Faktoren .....</b>	<b>169</b>
5.3.1	Besondere Merkmale des Palmengartens in Bezug auf die Wirkung der Vor- und Nachbereitung und Einflüsse verschiedener Faktoren .....	169
5.3.2	Besondere Merkmale des Senckenbergmuseums in Bezug auf die Wirkung der Vor- und Nachbereitung und Einflüsse verschiedener Faktoren .....	171
5.3.3	Besondere Merkmale des Stadtwaldhauses in Bezug auf die Wirkung der Vor- und Nachbereitung und Einflüsse verschiedener Faktoren .....	172
5.3.4	Besondere Merkmale des Zoos Frankfurt in Bezug auf die Wirkung der Vor- und Nachbereitung und Einflüsse verschiedener Faktoren .....	173
5.3.5	Zusammenfassung zu den außerschulischen Lernorten.....	175
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>179</b>
	<b>Literatur.....</b>	<b>189</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>215</b>
<b>A</b>	<b>Beschreibung der angewandten statistischen Verfahren .....</b>	<b>215</b>
A1	Reliabilitätsanalyse.....	215
A2	T-Test für (un-)abhängige Stichproben.....	215
A3	Effektstärkenbestimmung .....	216
A4	Rangkorrelation .....	216
A5	Ein-/mehrfaktorielle uni-/multivariate Varianzanalyse .....	217
<b>B</b>	<b>Skalendokumentation .....</b>	<b>219</b>
B1	Skalen Palmengarten.....	219
B1.1	Skalen FAM Palmengarten .....	219
B1.2	Skalen der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Palmengarten .....	221
B1.3	Skalen der Biologieeinstellung Palmengarten .....	222
B1.4	Skalen der Interessenhandlung Palmengarten.....	223
B2	Skalen Senckenbergmuseum .....	224
B2.1	Skalen FAM Senckenbergmuseum.....	224
B2.2	Skalen der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Senckenbergmuseum.....	226
B2.3	Skalen der Biologieeinstellung Senckenbergmuseum.....	227
B2.4	Skalen der Interessenhandlung Senckenbergmuseum .....	228
B3	Skalen Stadtwaldhaus.....	228
B3.1	Skalen FAM Stadtwaldhaus .....	228
B3.2	Skalen der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Stadtwaldhaus .....	230
B3.3	Skalen der Biologieeinstellung Stadtwaldhaus .....	232
B3.4	Skalen der Interessenhandlung Stadtwaldhaus.....	233
B4	Skalen Zoo Frankfurt .....	233
B4.1	Skalen FAM Zoo.....	233
B4.2	Skalen der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Zoo.....	235
B4.3	Skalen der Biologieeinstellung Zoo.....	237
B4.4	Skalen der Interessenhandlung Zoo .....	238

<b>C</b>	<b>Fragebögen.....</b>	<b>239</b>
C1	Fragebogen T0.....	239
C2	Fragebogen T1.....	249
C3	Fragebogen T2.....	260
C4	Fragebogen T3.....	269
<b>D</b>	<b>Konzipierte Unterrichtsmaterialien .....</b>	<b>277</b>
D1	Arbeitsblätter „Was ist Biodiversität?“ .....	277
D2	Arbeitsblätter „Was ist ein Ökosystem?“ .....	281
D3	Arbeitsblätter „Von der Wüste bis zum Regenwald“ .....	285
D4	Arbeitsblätter „Ökosysteme in Raum und Zeit“ .....	290
D5	Arbeitsblätter „Vom Waldboden bis zur Baumkrone“ .....	296
D6	Arbeitsblätter „Anpassung von Säugetieren an Lebensräume“ .....	301
D7	Nachbereitung Biodiversitätsspiel.....	310
D8	Methoden, Praktische Einheiten und Lösungen zu der Arbeitsmappe „Biologische Vielfalt“ .....	317
	<b>Lebenslauf .....</b>	<b>341</b>
	<b>Erklärung und Versicherung.....</b>	<b>343</b>
	<b>Danksagung.....</b>	<b>345</b>



# 1 Einleitung

*„Biodiversität – das sind WIR. Auch wir sind Teil des Ganzen.“*

Dieses Motto der Kampagne der Internationalen Zoo-Vereinigung WAZA zur UN-Dekade der Biodiversität 2011 bis 2020 macht in kurzen, prägnanten Worten klar, worum es geht ([www.waza.org](http://www.waza.org)). Wir Menschen sind Teil der Biodiversität, der Vielfalt des Lebens und so lange wir die Natur weiter zerstören, zerstören wir auch langfristig unsere eigene Lebensgrundlage. Der Begriff Biodiversität setzt sich zusammen aus den griechischen Begriffen „bios“ (das Leben) und dem lateinischen „diversitas“ (die Vielfalt, Verschiedenheit) und bedeutet wörtlich übersetzt „Vielfalt des Lebens“ (Hobohm, 2000). In der hier verwendeten Studie wird die Definition der Convention on Biological Diversity (CBD) von 1992 benutzt ([www.cbd.int](http://www.cbd.int)):

„Im Sinne dieses Übereinkommens bedeutet «biologische Vielfalt» die Variabilität unter lebenden Organismen jeglicher Herkunft, darunter unter anderem Land-, Meeres- und sonstige aquatische Ökosysteme und die ökologischen Komplexe, zu denen sie gehören; dies umfasst die Vielfalt innerhalb der Arten und zwischen den Arten und die Vielfalt der Ökosysteme ([www.biodiv-chm.de](http://www.biodiv-chm.de)).“

Die Forschung rund um die Biodiversität kommt ursprünglich aus der Ökologie, umspannt mittlerweile aber einen großen interdisziplinären Bereich, der Biowissenschaften, Ökonomie, Rechtswissenschaft, Wissenschaften von Natur- und Umweltschutz, Politik und Ethik mit einschließt (Hertler, 1999; Janich et al., 2001; Prieß, 2004). Die zunehmende Bedrohung und Zerstörung der Biodiversität, die mit der Industrialisierung ihren Lauf nahm, bedroht nicht nur die Lebensgrundlage und den Lebensraum unserer tierischen und pflanzlichen Mitbewohner auf der Erde, sondern auch unsere Quellen für gesunde Lebensmittel, sauberes Wasser, natürliche Arzneimittel, Baumaterial und fossile Brennstoffe (Streit, 2007). So ist das mittlerweile global brisante Thema in die breite Öffentlichkeit gerückt. Tausende Staatsvertreter und Experten weltweit versuchen auf den Tagungen Conference of the Parties (COP) zur CBD alle zwei Jahre Lösungen für die dringendsten Probleme des Biodiversitätsverlustes zu finden ([www.cbd.int](http://www.cbd.int)).

Auch bei diesen Treffen wird mehr und mehr die Wichtigkeit der Bildungsarbeit bezüglich der Biodiversität betont. Schon seit Jahrzehnten leisten große Naturschutzorganisationen, aber auch einzelne engagierte lokale Gruppen umwelt- und naturschutzpädagogische Arbeit. Sie erkannten früh die Dringlichkeit, Kindern und Jugendlichen den Wert der Natur und ihre schonende Nutzung zu vermitteln. Nur so können aus Heranwachsenden aufgeklärte, bewusste Erwachsene werden, die durch ihr Wissen die Natur wertschätzen und dies in ihrem Handeln und Denken umsetzen (Bögeholz, 2006; Schemel & Wilke, 2008; Stoltenberg, 2005).

Biodiversität direkt im Freien zu erfahren und zu erleben bietet die beste Grundlage für ein multisensorisches, handlungs- und erlebnisorientiertes Lernen und hilft bei der dauerhaften Verankerung des Erlernten (Killermann et al., 2009; Ruppert & Lehnert, 2001). So kann die Grundlage für verantwortungsbewusstes Umwelthandeln bei Kindern und Jugendlichen geschaffen werden, die als Erwachsene auf nachhaltige Weise ihre Gesellschaft prägen. Auf Reisen stellen exotische Ökosysteme wie Savannen, tropische Regenwälder und Wüsten beeindruckende Lernorte für Naturerfahrungen dar, in Deutschland Wälder, Seen, Bäche oder die Küste. Aber auch sogenannte didaktisch aufbereitete Lernorte wie Zoos, Naturkundemuseen, Schaugärten und Umweltzentren holen zum einen fremde Ökosysteme und

Arten zu uns und zeigen zum anderen auf anschauliche und aufbereitete Weise ökologische Zusammenhänge und die Vielfalt des Lebens (Spörhase-Eichmann & Ruppert, 2004).

Diese Lernorte sind wichtige Ausflugsziele für Schulklassen. Die Schule spielt in der Natur- und Umweltbildung die bedeutendste Rolle, weil sie alle Kinder und Jugendliche zwischen 6 und 16 Jahren erreicht. Hier ist eine Verankerung im Lehrplan und eine Verknüpfung zu den Biodiversitätsebenen besonders im Fach Biologie vonnöten. Im Rahmen der hier vorliegenden Studie wurde deshalb eine Analyse des hessischen Lehrplans und der aktuellen Bildungsstandards (Hessisches Kultusministerium, 2011a-f) in Bezug auf die Thematisierung der Biodiversität durchgeführt. Der Begriff Biodiversität an sich ist dabei in den hessischen Lehrplänen kaum zu finden. Unter der Annahme aber, dass Biodiversität alle Lebewesen, Ökosysteme, Genetische Vielfalt und auch Prozesse zwischen und innerhalb dieser Ebenen und sogar deren Bedrohung und Schutz mit einschließt, kann der gesamte Inhalt der Lehrpläne auf das Thema Biodiversität bezogen werden.

Im Vorfeld zu der hier durchgeführten Studie wurde im Rahmen der Netzwerkarbeit von BioFrankfurt das Ringprogramm „Biologische Vielfalt – Biodiversität aus vier Blickwinkeln erleben im Palmengarten, Senckenbergmuseum, Zoo und Stadtwaldhaus“ entwickelt und wird seit April 2008 angeboten ([www.biofrankfurt.de](http://www.biofrankfurt.de)). Der Palmengarten, das Senckenbergmuseum und der Zoo als BioFrankfurt-Mitglieder und das Stadtwaldhaus als Kooperationspartner konzipierten ein gemeinsames Programm zum Thema Biodiversität, das den umfassenden Themenkomplex von verschiedenen Seiten für Schüler aller Schulstufen beleuchtet. So haben Lehrer die Möglichkeit, aus einem umfassenden Angebot die Führung auszuwählen, die ihrem Unterricht am besten entspricht und an verschiedene Bereiche des Lehrplans anknüpft. Die außerschulischen Lernorte sind auf bestimmte Themenbereiche spezialisiert und können so ihre Expertise einbringen, um bestimmte Teilbereiche der Biodiversität ausführlicher zu behandeln. Für Schulen aus Hessen, aber auch angrenzenden Bundesländern wie Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz ist dies ein bisher einmaliges Angebot, Biodiversität an vier Einrichtungen unterschiedlicher Ausrichtung handlungsorientiert zu erleben.

Zur optimalen Nutzung der angebotenen Führungen und zu einer fachlichen Einbettung des Ausflugs in den Unterricht, wird davon ausgegangen, dass eine inhaltliche Vor- und Nachbereitung der Führungen sinnvoll ist. Neben der organisatorischen Vorbereitung, die die Schüler auf die besondere Lernsituation am außerschulischen Lernort vorbereiten soll (Grieß, 1996), wird die Wichtigkeit der inhaltlichen Vor- und Nachbereitung von vielen Autoren betont (z.B. Sauerborn & Brühne, 2010; Waltner & Wiesner, 2009; Wilde & Bätz, 2006). Dabei soll sie zur langfristigen Verankerung des gelernten Fachwissens führen und die Ablenkung der Schüler durch die neuen Eindrücke am Lernort, ungewohnte Sozialformen und eine fremde Lehrperson mindern. Daher ist es bedeutsam, dass das Gelernte im Unterricht schon vorher angesprochen wurde und vor Ort einen hohen Wiedererkennungswert hat. Die Schüler können so mit dem in der Schule erworbenen Wissen direkt an das neu Erlebte anknüpfen. Im Anschluss an die Exkursion sollten die Inhalte im Unterricht wieder aufgegriffen und wiederholt werden. Hier bieten sich außerdem Anknüpfungspunkte für weiterführende Unterrichtsinhalte an. Die inhaltliche Einbettung des außerschulischen Unterrichts in den regulären Unterricht, so dass der Besuch kein isoliertes Ereignis darstellt, wirken lernfördernd und beeinflussen auch das Interesse und die Motivation der Schüler (Glowinski, 2007; Lewalter & Geyer, 2005; Wilde & Bätz, 2006).

Um diese vermeintlichen Vorteile der inhaltlichen Einbettung zu untersuchen, wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit zum einen Arbeitsmaterialien zur Vor- und Nachbereitung der Biodiversitätsführungen an den vier außerschulischen Lernorten entwickelt. Zum

anderen wurde deren Wirkung auf die aktuelle Motivation von Schülern, deren Biologieeinstellung, das erworbene Führungswissen und Aspekte des Lernklimas untersucht und statistisch ausgewertet. Die Arbeitsmaterialien für die Sekundarstufe I bilden ein flexibles Baukastensystem, das es Lehrern ermöglicht, je nach Klassenstufe, Schulform und Lernniveau ihrer Klasse die passenden Arbeitsmaterialien auszuwählen. Die Evaluation zur Datenerhebung wurde anhand von Fragebögen durchgeführt. Die Befragung fand in einem Pre/Post/Follow-Up-Design statt. Die Fragebögen enthielten unter anderem den Fragebogen zu aktueller Motivation (FAM) nach Rheinberg et al. (2001), Skalen zur Biologieeinstellung und Unterrichtsvariablen zur Führung am außerschulischen Lernort (Pawek, 2009) und einige inhaltliche Fragen zum vermittelten Führungswissen.

Da die Entstehung aktueller Motivation als Voraussetzung von positiven Verhaltensänderungen gesehen wird (Rheinberg & Vollmeyer, 2012) und eng mit dem Erlernen von fachlichen Inhalten verknüpft ist (Rheinberg et al., 2001; Vollmeyer & Rheinberg, 2006), wurde der Einsatz der konzipierten Materialien besonders auf die Entwicklung von aktueller Motivation und weiterer psychologischer Faktoren beim Lernen hin untersucht und ausgewertet.

Aus den beschriebenen Theorien und Methoden ergeben sich für die Arbeit folgende Forschungsfragen und Hypothesen:

### **1. Inwieweit beeinflusst die unterrichtliche Vor- und Nachbereitung die aktuelle Motivation an Biodiversitätsthemen, die Biologieeinstellung und das erworbene Fachwissen von Schülern an außerschulischen Lernorten?**

**Hypothese 1:** Durch eine unterrichtliche Vor- und Nachbereitung wird die aktuelle Motivation von Schülern, sich mit Biodiversitätsthemen an außerschulischen Lernorten auseinanderzusetzen, erhöht.

**Hypothese 2:** Bezüglich der Einstellung zur Biologie und der Interessenshandlung werden kurzfristige Effekte aufgrund der Vor- und Nachbereitung erwartet, die jedoch nicht langfristig nachweisbar sind.

**Hypothese 3:** Es zeigen sich kurz- und langfristige Unterschiede zwischen der Kontroll- und Versuchsgruppe bezüglich der bei der Führung erlernten Führungsinhalte.

**Hypothese 4:** Durch eine unterrichtliche Vorbereitung werden Unterrichtsvariablen der Führung am außerschulischen Lernort positiv beeinflusst.

### **2. Welche Faktoren beeinflussen die aktuelle Motivation der Schüler im Hinblick auf das Lernen an außerschulischen Lernorten?**

**Hypothese 5:** Die aktuelle Motivation der Schüler wird beeinflusst durch verschiedene soziodemographische Faktoren (Geschlecht, Schularart, Biologienote, Klassenstufe).

**Hypothese 6:** Zwischen der aktuellen Motivation und den in der Führung gelernten Inhalten besteht ein Zusammenhang.

**Hypothese 7:** Die aktuelle Motivation der Schüler nach der Führung steht in Beziehung zu den wahrgenommenen Unterrichtsvariablen.

**Hypothese 8:** Die aktuelle Motivation der Schüler steht in Beziehung zu ihrer Biologieeinstellung.



## 2 Theoretischer Hintergrund

### 2.1 Biodiversität und ihre Bedeutung

Der biologisch-fachwissenschaftliche Hintergrund der vorliegenden Arbeit bezieht sich auf den Themenkomplex Biodiversität. Im Folgenden werden die wichtigsten Aspekte des umfassenden Konstrukts „Biodiversität“ vorgestellt. Im Hinblick auf die zu erstellenden Arbeitsmaterialien spielten dabei vor allen die Definition des Begriffes und die genauere Erläuterung der Biodiversitätsebenen eine Rolle. Der gesellschaftliche und bildungspolitische Hintergrund trug maßgeblich zur Entstehung des gesamten Dissertations-Projekts bei.

#### 2.1.1 Biodiversität – ein komplexer Begriff

Den Begriff oder besser das Konzept „Biodiversität“ zu definieren ist nicht leicht. Obwohl der Begriff erst seit den 1970er Jahren in biowissenschaftlichen Publikationen auftaucht, hat er seitdem schnell an Bedeutung gewonnen. Das Konzept „Biodiversität“ wird nun in so unterschiedlichen Fachdisziplinen wie den Biowissenschaften, der Ökonomie, der Rechtswissenschaft, den Wissenschaften von Natur- und Umweltschutz, der Politik und auch der Ethik bearbeitet und benutzt (Hertler, 1999; Janich et al., 2001; Prieß, 2004).

Fest steht, dass das Wort Biodiversität eine Zusammensetzung aus dem griechischen Begriff „bios“ (das Leben) und dem lateinischen „diversitas“ (die Vielfalt, Verschiedenheit) ist (Hobohm, 2000). Aber schon das erste Auftauchen des Begriffes in der internationalen Fachliteratur wird unterschiedlich diskutiert. Für einige Autoren hat Whittaker das Wort inhaltlich geprägt. Er entwickelte 1972 ein neues Konzept, um die Vielfalt der Arten in verschiedene Ebenen zu unterteilen, die sogenannten  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Diversität (Whittaker, 1972). Hierbei wird auf die Vielfalt selbst, Unterschiede in der Vielfalt und auch auf den Bezug zur Umgebung eingegangen (Hobohm, 2000). Lovejoy benutzte 1980 den Begriff *biological diversity* und betonte in einem Bericht an den Präsidenten der USA die negative Veränderung derselben (Baur, 2010; Lovejoy, 1980; Pott, 2005).

Häufig wird auch ein Symposium der National Academy of Sciences in Washington im Jahr 1986 zum Thema „National Forum on BioDiversity“ als Geburtsstunde des Begriffes Biodiversität gesehen (Baur, 2010; Hobohm, 2000; Piechocki, 2007; Streit, 2007), an dem führende amerikanische Biologen, Wirtschaftswissenschaftler, Landwirtschaftsexperten, Philosophen und Vertreter von Hilfsorganisationen teilnahmen (Wilson, 1988). Als Zusammenfassung der dort geführten Diskussion entstand das Werk „Biodiversity“. Darin wurde Biodiversität als die „Lehre von der Erforschung biologischer Vielfalt und deren Bedrohung auf der Erde unter gleichzeitiger Berücksichtigung geeigneter Schutzmaßnahmen beschrieben“ (Baur, 2010; Streit, 2007, Wilson, 1988). Wilson bemerkte auch, dass sich die Beschäftigung mit dem Thema gerade zu diesem Zeitpunkt auf die vom Menschen geprägte ökologische Krise zurückzuführen lasse, die ungefähr 1980 begann. Als Gründe für diese Biodiversitätskrise nennt er das weltweite explosive Bevölkerungswachstum und den daraus resultierenden Raubbau an der Umwelt – besonders in den Tropen. Der folglich unwiderrufliche Schwund an Arten habe eine existentielle Bedeutung für den Menschen und daher sei es notwendig, neue Möglichkeiten zur Nutzung der biologischen Vielfalt zu entwickeln (Wilson, 1988; Hertler, 1999). Im Jahr 1992 wurde die ursprünglich biowissenschaftliche Bedeutung von Biodiversität um einige Dimensionen erweitert. Auf der in jenem Jahr stattfindenden Konferenz der Vereinten Nationen zu Umwelt und Entwicklung (UNCED) in Rio de Janeiro wurde ein internationales Umwelt-Vertragswerk, das Übereinkommen über die Biologische Vielfalt (englisch: Convention on Biological Diversity, CBD) verabschiedet ([www.cbd.int](http://www.cbd.int)). In

dieser Konvention, die mittlerweile von 196 Staaten unterzeichnet wurde, wird Biodiversität oder auch Biologische Vielfalt wie folgt definiert:

„Im Sinne dieses Übereinkommens bedeutet «biologische Vielfalt» die Variabilität unter lebenden Organismen jeglicher Herkunft, darunter unter anderem Land-, Meeres- und sonstige aquatische Ökosysteme und die ökologischen Komplexe, zu denen sie gehören; dies umfasst die Vielfalt innerhalb der Arten und zwischen den Arten und die Vielfalt der Ökosysteme (www.biodiv-chm.de).“

Biodiversität wird im Sinne der Konvention, also auf der Basis dreier Ebenen verstanden:

- die Ebene der Diversität unterhalb des Artniveaus, d.h. die genetische Diversität
- die Ebene der Artendiversität, d.h. die Artenvielfalt der Ökosysteme
- die Ebene der Diversität der Lebensgemeinschaften und Ökosysteme, d.h. die Vielfalt der ökologischen Systeme auf dem Festland und im Wasser (Beierkuhnlein, 2007; Emde, 2007; Smith & Smith, 2009; Streit, 2007)

Auf politischer und gesellschaftlicher Ebene setzt sich die Konvention mehrere Ziele zum Schutz der Biologischen Vielfalt:

„Die Ziele dieses Übereinkommens, die in Übereinstimmung mit seinen maßgeblichen Bestimmungen verfolgt werden, sind die Erhaltung der biologischen Vielfalt, die nachhaltige Nutzung ihrer Bestandteile und die ausgewogene und gerechte Aufteilung der sich aus der Nutzung der genetischen Ressourcen ergebenden Vorteile, insbesondere durch angemessenen Zugang zu genetischen Ressourcen und angemessene Weitergabe der einschlägigen Technologien unter Berücksichtigung aller Rechte an diesen Ressourcen und Technologien sowie durch angemessene Finanzierung.“ (www.biodiv-chm.de)

Durch die Verabschiedung der CBD rückte der Begriff Biodiversität stärker in das Licht der allgemeinen Öffentlichkeit und das Interesse von Politik und Wirtschaft. Die Definition der CBD wird seitdem oft als Grundlage wissenschaftlicher Forschungsprogramme oder als Rechtfertigung politischer Handlungsanweisungen herangezogen. Seit ihrer Verabschiedung ist die Diskussion um die Definition von Biodiversität allerdings noch längst nicht beendet. Noss betont beispielsweise die Komplexität und auch stetige Veränderung von Biodiversität und beschreibt drei wichtige Attribute der Biodiversität, die in verschiedene Level aufgeteilt werden: Strukturelle Attribute, Funktionelle Attribute und Beschaffenheits-Attribute (Noss, 2006).

Diese noch andauernden Diskussionen zeigen, dass die Definition von Biodiversität ein methodologisches Problem darstellt, das von den beteiligten Personen beeinflusst wird durch die Wahl ihrer Fragen und Verfahren zu deren Beantwortung (Janich et al., 2001). Der Begriff wird kaum neutral benutzt, der Gebrauch in der Politik oder den Medien interpretiert Biodiversität meist als ein wertvolles Gut, dessen Verlust verhindert werden sollte. Daher muss immer beachtet werden, dass die Nutzung des Wortes Biodiversität selten wertneutral geschieht (Gaston, 1996; Gaston & Spicer, 1998; Görg et al., 1999; Potthast, 1999). Im Folgenden wird aus Gründen der Vereinfachung – auch für die Nutzung in der Schule – an der Dreigliederung der Biodiversität anhand der Definition der CBD festgehalten.

### 2.1.2 Die Vielfalt der Gene

Die genetische Diversität oder genetische Vielfalt lässt sich auf genetische Unterschiede zwischen den Individuen einer Population zurückführen (Primack, 2010). Gene sind Erbanlagen, die aus Abschnitten von Desoxyribonukleinsäure (englisch: desoxyribonucleic acid = DNA) bestehen. Die sogenannte genetische Variabilität lässt sich auf kleine Unterschiede

der Gene zurückführen. Diese verschiedenen Zustandsformen der Gene werden Allele genannt (Baur, 2010; Wehner & Gehring, 1995; Wittig & Niekisch, 2014). Alle Gene und Allele eines Individuums bilden zusammen seinen Genotyp aus. Der Phänotyp hingegen bezeichnet die morphologischen, anatomischen, physiologischen und biochemischen Eigenschaften eines Individuums, die sich unter bestimmten Umweltbedingungen aus der Ausprägung seines Genotyps ergeben (Primack, 2010).

Genetische Vielfalt entsteht durch mehrere Ursachen: Mutationen der Gene, durch äußere Faktoren wie radioaktive Strahlung, erbgutschädigende Chemikalien oder auch „Fehler“ bei der Zellteilung bedingt, bewirken eine Veränderung des Genotyps und sorgen für kleine Abweichungen von anderen Organismen der selben Art. Durch sexuelle Fortpflanzung (z.B. bei Säugetieren) kann die Variabilität innerhalb einer Art zusätzlich schnell und stark erhöht werden. Da beide Elternteile die Hälfte des Genoms des Nachwuchses stellen und bei der Entstehung der Keimzellen Chromosomen beliebig gemischt und teilweise neu zusammengebaut werden (crossing over), entsteht eine unendlich scheinende Zahl an Rekombinationsmöglichkeiten der Gene, die an den Nachwuchs weitergegeben werden können (Campbell, 1997). So entstehen in jeder Generation Individuen, deren genetische Informationen einzigartig sind, und die in dieser Kombination nur einmal auf der Erde vorkommen (Barthlott & Winiger, 1998). Sichtbar ist genetische Variabilität innerhalb einer Population der gleichen Art z.B. an der Haarfarbe, Augenfarbe, Körpergröße, Resistenz gegenüber Krankheiten oder auch an Verhaltensweisen wie der Präferenz für bestimmte Futterpflanzen oder -tiere (Baur, 2010; Streit, 2007). Die Summe der genetischen Informationen einer Population stellt deren ökologisches Kapital dar und gibt ihr die Möglichkeit, sich ihrer Umgebung anzupassen. Dies ist notwendig, da sich die nähere Umwelt einer Population stetig verändert. Klimatische Veränderungen, unterschiedliche Futtermengen und Feindpopulationen, das Vorhandensein von Brut- und Schlafplätzen – all diese sich verändernden Faktoren erfordern eine flexible Reaktion der Individuen einer Population und sichern damit ihr Überleben. Stirbt ein Teil der Population durch eine Erkrankung oder wird geographisch abgetrennt (z.B. durch Inseln oder Berge), wird die genetische Variabilität vermindert und die Population durchwandert einen sogenannten genetischen Flaschenhals (Bottleneck-Effekt). Dadurch ist die Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Umweltbedingungen verringert und das Überleben der Population und im weitesten Sinne auch der Art kann gefährdet sein (Barthlott & Winiger, 1998; Gaston, 1996; Wilson, 1988) (siehe Kapitel 2.1.3). Der Mensch macht sich die genetische Vielfalt seit Tausenden von Jahren bei der Zucht von Nutztieren und -pflanzen zu Nutze. Durch die gezielte Selektion bestimmter Eigenschaften entstanden Hochleistungskühe, -schweine und -hühner und ertragreiche Futter- und Nahrungspflanzen. Diese zum Teil regionaltypischen Rassen und Sorten stellen eine schätzenswerte landwirtschaftliche Vielfalt dar (Emde, 2007; Oetmann-Mennen, 1999; Groom, 2006) (siehe Kap.2.1.7).

Genetische Vielfalt lässt sich zum Teil an äußeren Merkmalen wie beispielsweise der Haarfarbe erkennen. Eine exakte und sichere Messung der genetischen Vielfalt ist aber nur mit den Methoden der Populationsgenetik möglich. Dabei werden z.B. charakteristische, variable Abschnitte der DNA zweier Individuen oder ganzer Populationen aus den Zellkernen, den Mitochondrien oder Chloroplasten (bei Pflanzen) bei der sogenannten DNA-Sequenzierung miteinander verglichen (Hunter & Gibbs, 2010). Auch Proteine, die durch die DNA kodiert werden und leicht Rückschlüsse auf kleinste Abweichungen machen lassen, eignen sich zur Analyse der genetischen Vielfalt. Arten mit einem doppelten Chromosomensatz (diploid) haben jeweils zwei Allele eines Genes, deren Unterschiede in der Heterozygotie ausgedrückt

werden. Populationen mit einem hohen heterozygoten Anteil besitzen auch einen hohen genetischen Variabilität (Streit, 2007; Wehner & Gehring, 1995).

Die genetische Vielfalt und ihre stetige Veränderung bilden die Grundlage für die Evolution. Der englische Naturwissenschaftler Charles Darwin (1809–1882) lieferte 1859 mit seinem Werk „On the origin of species“ die Grundlage für das heutige Verständnis von der Entstehung der Arten. Er postulierte die natürliche Selektion als wichtigsten Motor der Evolution, also der stetigen Weiterentwicklung und Neuentstehung von Arten (Baur, 2010; Darwin, 1859). Selektion bedeutet nach Darwin, dass die Individuen einer Art überleben, die am besten an die gegebenen Umweltbedingungen angepasst sind. Dadurch haben sie die besten Voraussetzungen sich fortzupflanzen und ihre Erbinformationen an die folgende Generation weiterzugeben. Bedingung für die natürliche Selektion ist die genetische Vielfalt, von der Darwin selbst aber noch nichts wusste. Viele neue Erkenntnisse über biologische Prozesse, z.B. die Vererbungslehre und die Struktur der genetischen Informationen in Form der DNA, führten zur Weiterentwicklung der Evolutionstheorie Darwins zur heutigen synthetischen Evolutionstheorie nach Ronald A. Fisher (1890–1962). Fisher betont neben der Selektion auch die Rolle von genetischen Veränderungen für die Entstehung neuer Arten. Neue Arten können entstehen, wenn sich durch Mutation oder Rekombination die Häufigkeit von Allelen innerhalb einer Population ändert (Fisher, 1999). Die zufällige Weitergabe bestimmter Allele wird dabei als genetische Drift bezeichnet (Gaston, 1996). Durch den Druck der Selektion stellt auch das Verschwinden bestimmter Allel-Kombinationen oder ganzer Populationen einen natürlichen Prozess dar.

### 2.1.3 Die Vielfalt der Arten

Die Vielfalt der Arten wird oft irrtümlich mit Biodiversität gleichgesetzt, dabei stellt sie nur einen Teilbereich derselben dar (Groom et al., 2006). Um über die Vielfalt der Arten zu sprechen, muss allerdings erst der Begriff „Art“ definiert werden. So wie der Begriff Biodiversität ist das Artkonzept ebenfalls ein in den Naturwissenschaften viel diskutiertes Thema. Beispiele für vorgeschlagene Artkonzepte sind das Konzept der biologischen Art, das Konzept der ökologischen Art, das Konzept der phylogenetischen Art und das Konzept der evolutionären Art (Gaston & Spicer, 1998). All diese Konzepte zeigen sowohl Vor- als auch Nachteile auf, so dass bisher keines allgemein anerkannt ist (Streit, 2007). Im Folgenden werden die zwei wichtigsten und gängigsten vorgestellt.

Als Carl von Linné (1707–1778) im Jahr 1758 die binominale Nomenklatur einführt und alle Organismen in verschiedene taxonomische Gruppen einteilt, ging er von einem morphologischen Artkonzept aus (Hunter & Gibbs, 2010; Mayr, 1999). Eine Art ist demnach eine Gruppe von Individuen, die sich in morphologischer, physiologischer oder biochemischer Hinsicht von anderen Gruppen unterscheiden (Baur, 2010; Gaston & Spicer, 1998; Primack, 2010). Dieses Konzept wird auch morphologisch-paläontologisches Konzept genannt, da es auch in der Paläontologie zur Bestimmung und Abgrenzung von Fossilien benutzt wird (Hobohm, 2000). Aber schon hier zeigt sich ein erster Schwachpunkt des Konzepts: Durch diese Definition wird nicht die phänotypische Plastizität berücksichtigt. Dies bedeutet, dass Individuen einer Art durch äußere Umweltbedingungen auch variieren können, z.B. durch ein geringeres Futterangebot kleiner gewachsen sind oder durch weniger Sonneneinstrahlung andere Blattformen ausbilden (Baur, 2010). Außerdem gibt es genetisch determinierte Variationen innerhalb einer Art, was zu unterschiedlicher Form und Größe führen kann (intraspezifischer Polymorphismus). So wurden Individuen einer Art (auch fossil) schon verschiedenen Arten zugeschrieben (Baur, 2010; Hobohm, 2000). Weitere Probleme dieses Artkonzepts sind der



bei manchen Arten stark ausgeprägter Sexualdimorphismus, d.h. Männchen und Weibchen unterscheiden sich äußerlich stark, oder die geringe Unterscheidbarkeit zweier Arten, die einem ähnlichen Selektionsdruck ausgesetzt sind (Baur, 2010).

Ein zweites wichtiges, vor allem in der Naturschutzbiologie angewandtes Konzept ist das biologische oder genetische Artkonzept (Baur, 2010). Es ist auf den Biologen Ernst Mayr (1904–2005) zurückzuführen, der im Jahr 1942 eine Art als eine Gruppe tatsächlich und potentiell erfolgreich kreuzbarer Individuen definierte, die sich mit Individuen anderer Gruppen unter natürlichen Bedingungen nicht fortpflanzen. Die Nachkommen innerhalb einer Art sollen dabei wieder fertil sein (Hey, 2005; Mayr, 1999; Townsend et al., 2002). Mayr sieht dabei die reproduktiven Grenzen zwischen Arten als Prävention gegen inkompatible Genkombinationen (Mayr, 1988). Aber auch das biologische Artkonzept erklärt nicht alle Ausnahmen, die in der Natur vorkommen. So werden ungeschlechtliche Vermehrung wie bei Mikroorganismen, zwischenartliche Kreuzungen wie bei manchen Pflanzen oder Tieren und auch Individuen, die sich nie fortpflanzen, wie z.B. eusoziale Insekten wie Bienen, vom biologischen Artkonzept nicht erfasst (Baur, 2010; Hobohm, 2000).

Die Entwicklung und der zunehmende Einsatz molekularbiologischer Methoden (z.B. DNA-Sequenzierung, DNA-Barcoding) in den letzten Jahren stellen die vorhandenen Artkonzepte in Frage. Durch den Vergleich bestimmter DNA-Abschnitte (Marker) werden oft bisherige Artzuweisungen hinfällig, da sie sich nicht mit den bisher eingesetzten Kriterien decken. Daher sollten die bisherigen Artkonzepte unter Berücksichtigung der neuen Möglichkeiten noch einmal überdacht werden. Allen Konzepten gemeinsam ist jedoch die Grundaussage, dass Arten eine evolutiv signifikante Einheit darstellen, die sich durch bestimmte Kriterien von anderen Arten unterscheiden (Hunter & Gibbs, 2010).

Im Folgenden und auch in den konzipierten Unterrichtsmaterialien wird aus praktischen und für die Schüler vereinfachenden Gründen ein vereintes Konzept benutzt, wie dies auch de Queiroz vorschlägt (de Queiroz, 2007). Dabei ist eine Art beschrieben als eine Einheit, zu der alle Lebewesen gehören, die von einem gemeinsamen Vorfahren abstammen und sich miteinander fortpflanzen können. Sie lassen sich durch ihr Aussehen von anderen Arten unterscheiden (siehe Anhang D1).

Die Überlegungen über das Artkonzept hängen eng zusammen mit Überlegungen über die Entstehung von Arten. Hierbei werden wieder mehrere Ideen in der Fachwelt diskutiert. Allgemeiner Konsens ist die reproduktive Trennung einer Population als Voraussetzung zur Entstehung einer neuen Art (Groom et al., 2006; Mayr, 1988). Dies kann zum Beispiel durch die räumliche Trennung zweier Teilpopulationen geschehen, man spricht dann von einer allopatrischen oder geografischen Artbildung. Dabei bewirkt die Trennung einer Population z.B. durch einen Fluss, einen Berg oder einen Meeresarm eine langsame Veränderung der Genpools der Teilpopulationen, also aller Genome der Population. Es finden über viele Generationen Anpassungen an die Gegebenheiten der unterschiedlichen neuen Lebensräume statt, die Teilpopulationen divergieren auseinander. Hierbei können die phänotypischen Unterschiede zwischen den Teilpopulationen irgendwann so groß werden, dass eine Kreuzung mit der ursprünglichen Schwesterpopulation nicht mehr möglich ist – eine neue Art ist entstanden (Wilson, 1988).

Wesentlich schneller können Arten durch Polyploidie entstehen (sympatrische Artbildung). Bei der Polyploidisierung wird die Zahl der Chromosomen durch Komplikationen bei der Entstehung der Keimzellen vervielfacht. Dies tritt oft bei Pflanzen auf. Diese Nachkommen sind dann mit Individuen der Elterngeneration nicht mehr fruchtbar kreuzbar, bilden also eine neue Art (Hobohm, 2000; Wilson, 1988). Als neu entdeckt gilt eine wissenschaftliche Art, wenn sie sich in bestimmten Merkmalen eindeutig von verwandten Arten abgrenzen lässt und nach

den Regeln der geltenden Nomenklatur in der Fachliteratur beschrieben wurde (Baur, 2010). Wenn nach der Anzahl der Arten von Pflanzen, Tieren, Bakterien, Pilzen und anderen Lebewesen auf der gesamten Erde gefragt wird, werden sehr unterschiedliche Zahlen genannt. Sicher ist, dass bisher nur ein geringer Prozentsatz aller Lebewesen, maximal die Hälfte, wissenschaftlich beschrieben wurde (Hunter & Gibbs, 2010). Viele Ökosysteme wie die tropischen Regenwälder oder die Tiefsee bergen noch viele unentdeckte Lebensformen. In der Literatur sind geschätzte Gesamtzahlen von 5 bis über 100 Millionen Arten auf der Erde zu finden, die auf unterschiedlichen Berechnungsmethoden beruhen (Gaston & Spicer, 1998; Hunter & Gibbs, 2010; Mora et al., 2011; Pearson, 2011). Die Entdeckung vieler neuer, sehr kleiner Arten wie z.B. Insekten, Bodenlebewesen oder Einzeller und Arten in schwer zugänglichen Lebensräumen wie der Tiefsee lässt die Zahl schnell in die Höhe schießen (Emde, 2007; Baur, 2010). Aktuelle Schätzungen schlagen eine realistische Zahl von weltweit ca. 8,7 Millionen existierenden Arten (1,3 Millionen ohne Bakterien und Archaeen) vor (Mora et al., 2011). Wissenschaftlich beschrieben wurden bisher ca. 2 Millionen Arten, die sich aber nicht gleichmäßig auf die taxonomischen Gruppen verteilen. Aber auch hier gilt zu bedenken, dass diese Zahl, die 1995 im Rahmen des Global Biodiversity Assessments im Auftrag des United Nations Environment Programme erhoben wurde, durch das Problem des umstrittenen Artkonzepts und der immer wieder neu überarbeiteten Systematik nur eine ungefähre Richtlinie darstellt (Heywood, 1995; Streit, 2007; Wittig & Niekisch, 2014). Jährlich werden 12 000 bis 13 000 neue Arten wissenschaftlich beschrieben, wobei bestimmte Großgruppen dabei von größerem Interesse oder auch aus praktischen Gründen besser zu untersuchen sind (Streit, 2007). Neu beschriebene Säugetierarten stellen eine wissenschaftliche Sensation dar, wohingegen neue Spulwurmartarten häufiger entdeckt werden. Dies gilt ebenso für Arten aus schwer zugänglichen Lebensräumen wie den Kronendächern tropischer Überständer oder dem mehrere tausend Meter unter der Wasseroberfläche gelegenen Tiefseeboden (Heywood, 1995; Streit, 2007).

Tabelle 1 zeigt eine Schätzung der bisher beschriebenen Arten und ihrer taxonomischen Zugehörigkeit:

Arten	beschrieben	geschätzt
<b>Eukaryoten</b> (Organismen mit Zellkern)		
Animalia (Tiere)	1 124 516	9 920 000
Chromista	17 892	43 900
Fungi (Pilze)	44 368	616 320
Plantae (Pflanzen)	224 244	314 600
Protozoa (tierische Einzeller)	16 236	72 800
<i>Gesamt</i>	<i>1 427 256</i>	<i>10 950 000</i>
<b>Prokaryoten</b> (Organismen ohne Zellkern)		
Archaea (Archeen)	503	466
Bacteria (Bakterien)	11 010	11 000
<i>Gesamt</i>	<i>11 513</i>	<i>11 420</i>
<b>Total</b>	<b>1 438 769</b>	<b>10 960 000</b>

**Tabelle 1:** Anzahl der beschriebenen Arten an Land und in den Ozeanen (nach Mora et al., 2011)

Aus obiger Übersicht lässt sich ersehen, dass Tiere und Pflanzen den Großteil der wissenschaftlich bestimmten Arten auf der Erde ausmachen. Dies ist sicherlich zum einen auf die Lebensform und die Größe der untersuchten Organismen, aber auch auf die Interessen der meisten Wissenschaftler zurückzuführen. Die Tabelle zeigt ebenfalls, dass bisher nur ein sehr geringer Anteil der angenommenen Arten bestimmt wurde und in manchen Gruppen noch große Lücken klaffen, wie z.B. bei den Pilzen oder den tierischen Einzellern. Höhere Zahlen bei den bestimmten Arten im Vergleich zu den geschätzten wie z.B. bei den Bakterien kommen durch große Unsicherheiten und eine schlechte Datenlage zustande (Mora et al., 2011). Innerhalb der oben genannten Gruppen sind die beschriebenen Artzahlen sehr ungleichmäßig verteilt. So weist innerhalb der Tiere die Gruppe der Insekten die größte Artenvielfalt auf: Bisher wurden ca. 950 000 Insektenarten (Insecta) beschrieben, die insgesamt 58% aller Arten ausmachen. An zweiter Stelle mit lediglich 16% stehen die Blütenpflanzen (Magnoliopsida) mit 259 639 Arten, gefolgt von den Weichtieren (Mollusca) mit 81 000 Arten, die nur 5% ausmachen. Andere Gruppen wie Flechten, Vögel, Reptilien oder Säugetiere stellen nur einen verschwindend geringen Anteil von weniger als 1% aller beschriebenen Arten dar (Vié et al., 2008). Hinsichtlich vieler Gruppen von Kleinstlebewesen wie Viren, Bakterien oder anderen Einzellern, die erst seit wenigen Jahrzehnten bestimmt werden, können bisher nur sehr schlechte Prognosen über tatsächliche Artzahlen gemacht werden (Hunter & Gibbs, 2010). Weltweit gibt es mehrere wissenschaftliche und staatliche Initiativen, Datenbanken mit allen beschriebenen Arten anzulegen, die für jedermann zugänglich sind. Beispiele sind die Global Biodiversity Information Facility (GBIF) ([www.gbif.org](http://www.gbif.org)), Species 2000 ([www.sp2000.org](http://www.sp2000.org)) und das Integrated Taxonomic Information System (ITIS) ([www.itis.gov](http://www.itis.gov)).

### 2.1.4 Die Vielfalt der Ökosysteme

Tiere, Pflanzen, Bakterien und andere Lebewesen leben nicht alleine in einer isolierten Welt. Sie stehen in ständigem Austausch mit ihrer belebten und unbelebten Umwelt und werden von dieser beeinflusst. Dieses Wirkungsgefüge belebter und unbelebter Natur wird als Ökosystem bezeichnet. Spezifische Prozesse grenzen Ökosysteme voneinander ab, wobei der Übergang zu benachbarten Systemen oft fließend ist (Beierkuhnlein, 2007; Campbell, 1997). Der Begriff „Ökosystem“ stammt ursprünglich aus der Pflanzenökologie und wurde von Arthur George Tansley (1871-1955) das erste Mal genannt. Er fasste lebende Organismen und ihre unbelebte Umwelt zu einer Einheit zusammen (Smith & Smith, 2009; Townsend et al., 2002). Ökosysteme werden demnach durch zwei Hauptkomponenten geprägt: den unbelebten, sogenannten abiotischen Faktoren und den belebten, sogenannten biotischen Faktoren. Die abiotischen Faktoren bilden zusammen den Lebensraum oder das Biotop. Die biotischen Faktoren bilden die Lebensgemeinschaft oder die Biozönose. Biotop und Biozönose beeinflussen und prägen sich gegenseitig, sie bilden zusammen komplexe Systeme wie Wälder, Flüsse, Seen, Meere, Steppen oder Wüsten und stellen damit einen wichtigen Teil der biologischen Vielfalt der Erde dar. Bedeutende geografische, physikalische und chemische Faktoren, die ein Ökosystem mitbestimmen, sind Licht, Temperatur, Luft, Wasser, Boden, Sedimente, Materieteilchen und, in aquatischen Ökosystemen, gelöste organische Substanzen und abgestorbenes organisches Material (Smith & Smith, 2009; Wehner & Gehring, 1995). Biotische Faktoren, also die Lebewesen eines Ökosystems, schließen jeden Einzeller im Boden, jeden Wasserfloh in einem See oder jeden Grashalm und Baum in der Savanne mit ein. Der Motor eines Ökosystems ist die Sonnenenergie (in Ausnahmen auch chemische Energie), die alle Stoff- und Energiekreisläufe antreibt. Sie ermöglicht die Primärproduktion von Pflanzen durch die Photosynthese. Dabei wandeln grüne Pflanzen mit Hilfe

der Sonnenenergie Kohlendioxid und Wasser in Zucker und Sauerstoff um und bilden so die Hauptnahrungsquelle für die meisten anderen Lebewesen im Ökosystem. Daher werden sie auch Produzenten genannt (Campbell, 1997). Im Nahrungskreislauf folgen die Konsumenten erster Ordnung, also die pflanzenfressenden Lebewesen, auch Herbivoren genannt. Diese wiederum werden von anderen Lebewesen, meist Tieren, gefressen, den Konsumenten zweiter Ordnung oder Karnivoren. Auch die Konsumenten zweiter Ordnung haben wiederum Fressfeinde, die Konsumenten dritter Ordnung usw.. Am Ende der Nahrungskette stehen die Spitzen-Prädatoren, die keine natürlichen Feinde mehr haben. Nach ihrem Tod werden sie von Aasfressern und Destruenten, z.B. Pilzen und Bakterien, zersetzt und gehen in Form von anorganischen Stoffen in den Boden über, wo sie den Pflanzen wieder als Nährstoffe zur Verfügung stehen (Campbell, 1997; Streit, 1994; Wehner & Gehring, 1995). Neben dem Nahrungsstoffkreislauf spielen in einem Ökosystem noch viele biochemische Stoffkreisläufe eine Rolle. Beispiele dafür sind der Stickstoffkreislauf, der Kohlenstoffkreislauf und der Phosphorkreislauf. Die im Ökosystem lebenden Organismen stehen in ständigen, komplexen, hierarchischen Beziehungen zueinander, konkurrieren intra- und interspezifisch um Futter, Brutplätze und Lebensraum und müssen sich verschiedensten Umweltbedingungen anpassen. Dabei wird der Bereich, den eine Art in einem Ökosystem einnimmt und in welchem sie sich auf ein spezielles Lebens- oder Aktivitätsverhalten angepasst hat, als Ökologische Nische bezeichnet. Damit ist kein tatsächlicher „Raum“ gemeint, sondern sozusagen der „Beruf“, den eine Art in einem Ökosystem ausübt. Mehrere Arten, die die gleiche Ökologische Nische in einem Ökosystem besetzen, können auf die Dauer nicht parallel existieren (Konkurrenzausschluss-Prinzip) und müssen sich daher in ihrer Lebensweise von anderen Arten zumindest geringfügig unterscheiden (Beierkuhnlein, 2007; Streit, 1994; Wehner & Gehring, 1995). Ökosysteme sind dabei nicht starr, sondern verändern sich ständig durch äußere Einflüsse wie Klimaänderungen, Energieeintrag oder Energieverlust und auch durch seine Bewohner, die z.B. die Landschaft prägen (Smith & Smith, 2009; Townsend et al., 2002; Wehner & Gehring, 1995).

Weltweit werden mehrere sogenannte Biome unterschieden. Das sind Großlebensräume, die vor allem durch das Klima oder die geologische Struktur geprägt sind (Beierkuhnlein, 2007) und eine typische Flora und Fauna aufweisen.

Die großen terrestrischen Biome der Erde sind:

- Tropischer Regenwald (ganzjährig hohe Sonneneinstrahlung, regelmäßige Niederschläge, hohe Artendichte, nährstoffarme Böden)
- Savanne (hohe Sonneneinstrahlung, saisonale Niederschläge)
- Grasland der gemäßigten Breiten (saisonale Trockenheit, starker Einfluss des Menschen, weidende Tiere)
- Wüste (extreme Trockenheit und Hitze, geringe, besonders angepasste Vegetation)
- Wälder der gemäßigten Breiten (mäßige bis milde Winter, immergrüne oder laubabwerfende Bäume, nährstoffreiche Böden)
- Borealer Nadelwald (gefrorener Boden, relative Artenarmut)

Bei aquatischen Biomen werden unterschieden:

- Ozeane (salzhaltiges Wasser, oft nährstoffarm, vertikal abnehmende Sonneneinstrahlung und Temperatur; größtes Biom der Erde)
- Küsten (Nährstoffe von der Landoberfläche, Einfluss der Gezeiten)

- Bäche und Flüsse (linearer Verlauf, schwankender Abfluss, instabile Flussbette, beeinflusst durch angrenzende terrestrische Vegetation)
  - Seen (relativ stationäres Verhalten des Wassers, z.T. vertikale Temperaturgradienten, schwankender Wassereintrag)
- (Pott, 2005; Townsend et al., 2002).

Innerhalb der Biome findet sich, bedingt durch die vielfältigen Klimabedingungen auf der Erde, ein kleinräumiges Mosaik von Klimazonen. Auch lokale Merkmale der Erdoberfläche, der Geologie und des Bodens, der Lebensgemeinschaft aus Pflanzen und Tieren beeinflussen kleinere Ökosysteme und sorgen für fließende Grenzen zu den benachbarten Systemen.

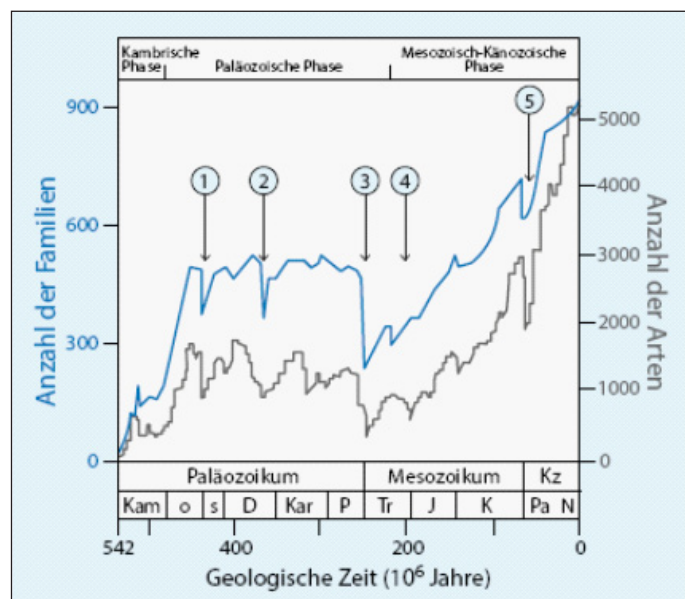
### 2.1.5 Die zeitliche und räumliche Verteilung der Biodiversität

Die biologische Vielfalt der Erde unterliegt sowohl zeitlich als auch räumlich einem ständigen Wandel. Seit der Entstehung von Lebewesen vor ca. 3,5 Milliarden Jahren hat die Anzahl der Arten und taxonomischen Großgruppen stetig zugenommen, sich dabei aber auch verschoben und verändert. Eine wichtige Rolle bei der Erforschung der vergangenen Vielfalt spielen dabei Fossilien, also versteinerte Überreste ausgestorbener Tiere, Pflanzen oder anderer Lebewesen. Durch den Fund und die Bestimmung von Fossilien können vergangene Arten, ihre Häufigkeiten und auch ihre Zusammensetzung in Ökosystemen rekonstruiert werden (Baur, 2010; Hunter & Gibbs, 2010; Janich et al., 2001; Steininger, 1998). Fest steht, dass durch evolutive Prozesse nicht nur immer wieder neue Arten entstanden, sondern viele Arten auch immer wieder ausstarben. Man vermutet, dass die heute lebenden Tiere und Pflanzen nur ca. 1 bis 4% aller jemals auf der Erde existierenden Arten ausmachen. Die natürliche Lebensdauer einer Art wird dabei auf ein bis 10 Millionen Jahre geschätzt (Baur, 2010; Gaston & Spicer, 1998; Wilson, 1988).

Von diesem langsamen, sogenannten Hintergrundausterben abgesehen, gab es im Lauf der Geschichte der Erde geschätzte fünf bis sechs Massenaussterben, über deren Ursachen wenig bekannt ist. Als mutmaßliche Gründe für das relativ plötzliche Verschwinden vieler Organismengruppen werden Klimakatastrophen, Meteoriteneinschläge, Vulkanausbrüche oder die Plattenverschiebung der Kontinente und die daraus resultierenden topographischen Veränderungen genannt (Janich et al., 2001; Pott, 2005; Townsend et al., 2002).

Abbildung 1 zeigt eine zeitliche Abfolge der großen Massenaussterben der Erde anhand des verhältnismäßigen Aussterbens der marinen Tierfamilien. Diese sind am besten fossil belegt und lassen sich daher am besten zu Rückschlüssen heranziehen.

**Abbildung 1:** Die großen Massenaussterben (1-5) der Erdgeschichte, gezeigt am Beispiel der marinen Tierfamilien und -gattungen (Quelle: Wittig & Niekisch, 2014)



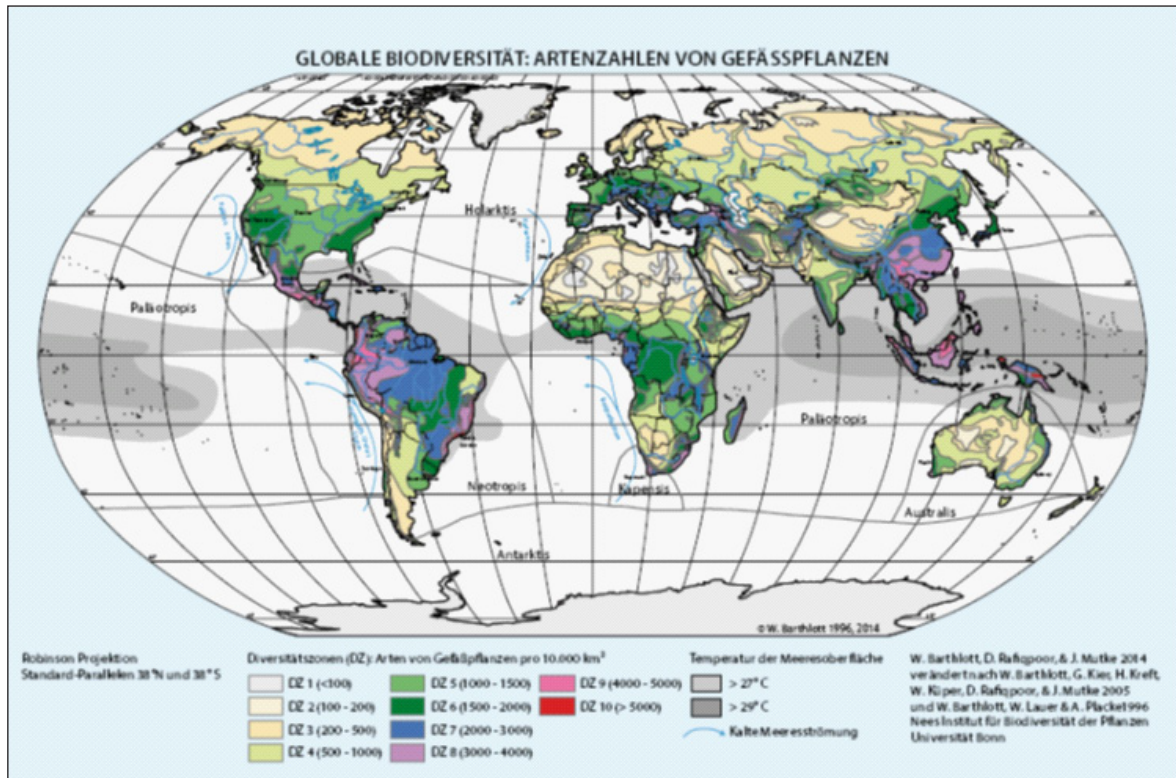
Interessanterweise hatten solche Massenaussterben oft zur Folge, dass sich in den frei gewordenen Ökologischen Nischen überlebende Lebewesen so gut zurechtfinden, dass das Entstehen neuer Arten begünstigt wurde. Das relativ schnelle Auftauchen vieler neuer Arten, hauptsächlich im Fossilbericht, bezeichnet man als Radiation. Ein Beispiel hierfür ist die Entstehung vieler neuer Säugetierarten nach dem Aussterben der Dinosaurier am Ende der Kreidezeit (Baur, 2010; Erwin, 1998). Große Aussterbeereignisse wurden häufig als Wendepunkt bei der Einteilung geologischer Epochen benutzt. So fallen solche Einschnitte zum Beispiel auf das Ende des Perm vor ca. 250 Millionen Jahren, bei dem 50% aller Tierfamilien ausstarben, oder auf das Ende der Kreidezeit vor ca. 65 Millionen Jahren, als alle Dino-, Schwimm- und Flugsaurier von der Erde verschwanden (Groom et al., 2006, Hunter & Gibbs, 2010; Primack, 2010). Seit der Industrialisierung im 18. Jahrhundert findet jedoch ein Artensterben statt, das wohl hauptsächlich auf das Verhalten des Menschen und der daraus folgenden schädlichen Konsequenzen für Umwelt und Klima zurückzuführen ist. Es ist mit keinem bisher beobachteten Aussterbeereignis auf der Erde vergleichbar und geschieht in einer tausendmal schnelleren Geschwindigkeit als das normale Hintergrundausterben (Baur, 2010; Primack, 2010). Die genauen Ursachen und Auswirkungen auf die Biodiversität werden in Kapitel 2.1.7 dargestellt.

Auch die geographische Verteilung der Biodiversität auf der Erde ist nicht gleichmäßig. Wird die Artendichte als ungefähre Messgröße der Diversität angesehen, lassen sich die Regionen mit der größten Diversität entlang des Äquators, vor allem in den Tropen, und an den Korallenriffen ausmachen. Die hohen Temperaturen und das stabile, humide Klima entlang des Äquators begünstigen dabei die Lebensbedingungen vieler Arten. Zu den Polen hin nimmt die Vielfalt bedingt durch die kälteren und damit erschwerten Bedingungen für alle Organismen zunehmend ab. Weitere Faktoren, die die Diversität von Arten in bestimmten Regionen der Erde begünstigen, sind geographische Besonderheiten wie z.B. Gebirge und Inseln, Meeresströmungen an Kontinentalrändern und damit auch die Niederschläge, lokaler interspezifischer Konkurrenzdruck und die Verfügbarkeit von Nährstoffen (Groom et al., 2006; Hunter & Gibbs, 2010; Pott, 2005).

Die geographische Verteilung der Gefäßpflanzen der Erde wird in Abbildung 2 dargestellt. Diese kann auch ungefähr auf die gesamte Artendichte aller Organismengruppen übertragen werden, da Pflanzen als Primärproduzenten maßgeblich die Lebensbedingungen eines Ökosystems beeinflussen (Barthlott et al., 2014).

Als Staaten mit besonders hoher Artenvielfalt werden die sogenannten Megadiversitätsländer beschrieben, in denen 70% aller wissenschaftlich beschriebenen Arten vorkommen. Beispiele für diese 17 Länder sind Brasilien mit 56 000 Pflanzenarten, Kolumbien mit 51 000 Pflanzenarten und China mit 32 000 Pflanzenarten. Im Vergleich dazu wurden in Deutschland bisher lediglich 2 682 Pflanzenarten beschrieben (Pott, 2005; Mittermeier et al., 1997; [www.conservation.org](http://www.conservation.org)).

Eine Bestimmung besonders artenreicher, aber auch stark bedrohter Regionen der Erde bietet die Definition von Biodiversitäts-Hotspots. Der britische Biologe Norman Myers bestimmte anfangs zehn, später acht weitere dieser Regionen, um auf besonders schützenswerte und fragile Ökosysteme hinzuweisen und so eine Grundlage für die Planung von Schutzmaßnahmen zu bieten (Myers, 1988a; Myers, 1990). Mittlerweile wurden die Hotspots wiederum von Myers in Zusammenarbeit mit der amerikanischen Naturschutzorganisation Conservation International überarbeitet (Mittermeier et al., 1999; Myers et al., 2000). Ein ak-

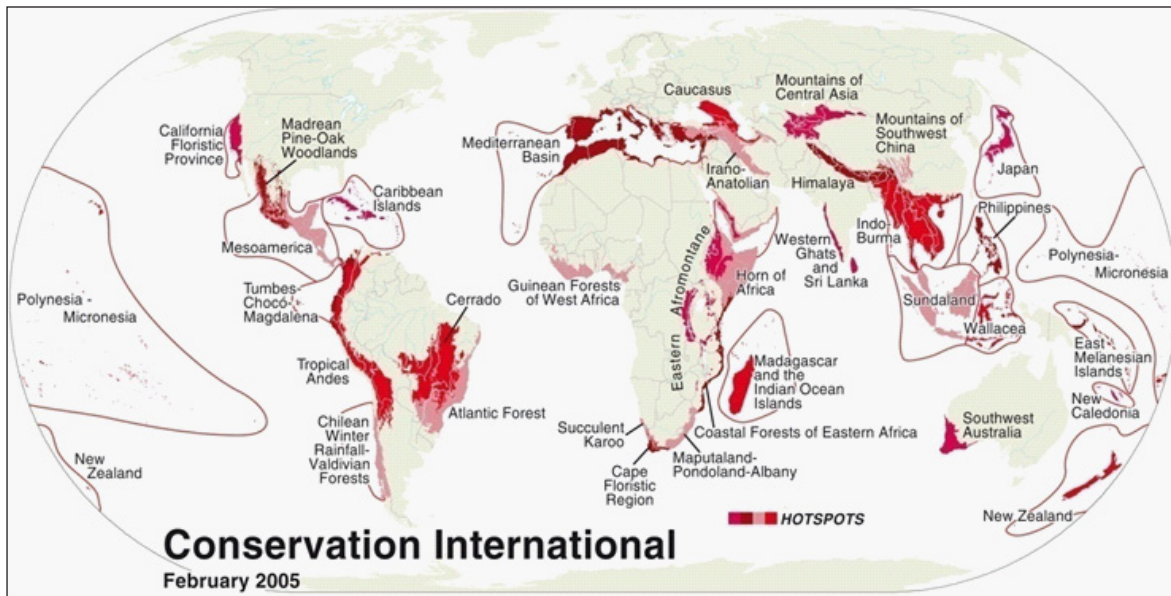


**Abbildung 2:** Globale Verteilung der Artenzahlen von Gefäßpflanzen  
(Quelle: Barthlott et al., 2014 in Wittig & Niekisch, 2014)

tueller Bericht von 2013 weist insgesamt 35 Biodiversitäts-Hotspots auf. Die Kriterien, nach denen eine Region zu einem Biodiversitäts-Hotspot erklärt, sind:

- Die Region muss mindestens 1 500 endemische Blütenpflanzenarten aufweisen
  - Mindestens 70% des originalen Habitats der Region muss zerstört sein
- (CEPF, 2013; Mittermeier et al., 2004; Myers et al., 2000; www.conservation.org)

Endemisch sind Arten, deren Vorkommen auf eine bestimmte geographische Gegend oder ökologische Einheit begrenzt ist, und die so ein Stück einzigartige Biodiversität darstellen (Heywood, 1995; Hobohm, 2000). Die 35 Biodiversitäts-Hotspots beherbergen rund 50% der weltweit beschriebenen endemischen Pflanzenarten und 42% aller endemischen Amphibien-, Reptilien-, Vogel- und Säugetierarten. Demgegenüber steht lediglich ein Ausmaß von 2,3% der gesamten Erdoberfläche. 22 von 35 der Hotspots liegen in den tropischen Klimazonen, weitere finden sich in Savanne, Wüsten, Grasland, Wäldern der gemäßigten Breiten und den Korallenriffen. In Europa ist das Mittelmeerbecken mit 11 700 endemischen Pflanzenarten, deren Lebensraum zu 95% zerstört ist, ein ausgewiesener Hotspot (Bauer, 2010; Mittermeier et al., 2004; www.cepf.net). Abbildung 3 zeigt eine Übersicht der aus-  
gesprochenen Biodiversitäts-Hotspots.



**Abbildung 3:** Die Biodiversitäts-Hotspots der Erde (Quelle: [www.conservation.org](http://www.conservation.org), Stand 2005)

Neben den globalen Biodiversitäts-Hotspots von Conservation International gibt es noch weitere Ansätze, um auf besondere Organismengruppen, Ökosysteme, Landschafts- oder Habitatstypen auf der Erde hinzuweisen. Der Vogelschutzbund Birdlife International nahm zum Beispiel die Diversität der Vögel als Kriterium für die Auszeichnung von weltweit 218 Endemic Bird Areas (EBA), die durch das Vorkommen endemischer Vogelarten gekennzeichnet sind und zum größten Teil mit den Biodiversity-Hotspots übereinstimmen ([www.birdlife.org](http://www.birdlife.org)). Desweiteren werden Korallenriffe, Gebirge, Binnengewässer und auch anthropogen geprägte Ökosysteme wie Trockenwiesen und Trockenweiden in Mitteleuropa als besonders arten- und endemitenreiche Bezugsgrößen für Biodiversität eingesetzt (Baur, 2010).

Den oben genannten Kategorien für besonders schützenswerte Gebiete auf der Erde liegen Messungen der Diversität zu Grunde. In der Ökologie gibt es verschiedene Ansätze zur Messung der Biologischen Vielfalt, wobei bei allen Methoden einige Grundkriterien zu beachten sind. Bei einer qualitativen Erfassung sind besonders die Körpergröße der zu erfassenden Organismen, ihre Sichtbarkeit bei der Erfassung und ihre Seltenheit zu berücksichtigen. Größere Organismen wie Gefäßpflanzen, Säugetiere oder Vögel sind leicht zu entdecken, aber auch kleinere Arten müssen bei einer Bestandsaufnahme einbezogen werden und bedürfen daher besonderer Aufmerksamkeit. Auch mögliche jahreszeitliche Veränderungen spielen bei der Bestandsaufnahme eine wichtige Rolle, da niemals zu einer Jahreszeit alle in einem Gebiet lebenden Arten vertreten sind. Für eine korrekte Feldaufnahme sind daher mindestens drei Probennahmen über eine Vegetationszeit nötig. Die Seltenheit von Arten, die auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sein kann, stellt ein weiteres Problem bei der Bestandsaufnahme von Biodiversität dar. Manche Arten haben ein prinzipiell kleines Verbreitungsgebiet wie Inseln oder Gebirgstäler, oder sind selten, da ihr ursprünglicher Lebensraum zerstört wurde. Wieder andere kommen selten vor, weil sie prinzipiell nur in kleinen Populationen existieren. All diese Kriterien müssen beachtet werden, wenn Biodiversität dargestellt werden soll (Baur, 2010; Magurran & McGill, 2011). Dies geschieht zumeist auf Artniveau, das heißt die Anzahl verschiedener Arten und deren Häufigkeitsverteilung werden dabei ins Verhältnis gesetzt. Ein bekanntes Beispiel für einen so ermittelten Diversitätsindex



ist der Shannon-Weaver-Index oder das Shannon-Maß. Dies wird berechnet, indem für jede Art der Anteil an Individuen bestimmt wird, den die Art zur Gesamtheit der Probe beiträgt (Back & Türkay, 2001; Gregorius et al, 2007; Hobohm, 2000). Eine Möglichkeit, Biodiversität geographisch zu erfassen, bieten die von Whittaker eingeführten Abstufungen der Diversität:  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Diversität berücksichtigen auch die Verteilung von Arten in bestimmten Regionen und die Beziehung zu ihrer Umwelt (Whittaker, 1972). Aus organisatorischen, zeitlichen und finanziellen Gründen werden auch sogenannte Biodiversitätsindikatoren zur Diversitätsmessung benutzt. Dies können zum Beispiel gut untersuchte und leicht zu beobachtende Gruppen wie Gefäßpflanzen, Vögel oder Tagfalter sein (Baur, 2010). Diese Biodiversitätsindikatoren sind jedoch nicht unumstritten, da die ausgewählten Organismengruppen nicht unbedingt ein Gesamtbild der Artenvielfalt des untersuchten Ökosystems widerspiegeln. All diese Methoden sind wichtige analytische Werkzeuge zum Vergleich von Ökosystemen, sollten aber nicht zur alleinigen Charakterisierung von Biodiversität benutzt werden (Baur, 2010).

### 2.1.6 Der Wert der Biodiversität

Biodiversität ist ein komplexer und interdisziplinär genutzter Begriff. Auch der Wert und die Leistungen, die die biologische Vielfalt für die Erde und besonders für den Menschen erbringt, betreffen viele verschiedene Bereiche des Lebens. Im Folgenden wird der Wert der Biodiversität von seiner ökologischen, ökonomischen, spirituellen, wissenschaftlichen, technischen und ethischen Seite beleuchtet.

Der **ökologische Wert** für den Erhalt des Ökosystems Erde ist unerlässlich. Diese als Ökosystemdienstleistungen bezeichneten Verdienste werden zuerst kurz zusammenhängend aufgelistet und folgend näher erläutert.

Ökosystemdienstleistungen werden in vier Kategorien unterschieden:

- bereitstellende Dienstleistungen
- regulierende Dienstleistungen
- Habitats- oder unterstützende Dienstleistungen
- kulturelle Dienstleistungen

Unter den bereitstellenden Dienstleistungen werden alle von der Natur produzierten „Waren“ zusammengefasst. Hierunter fallen Nahrung, Rohstoffe (Baumaterialie, Treibstoffe), sauberes Wasser und medizinische Ressourcen.

Unter regulierenden Dienstleistungen versteht man die Klimaregulation, die Bestäubung von Blütenpflanzen, den Abbau und das Filtern von Schadstoffen, die Selbstreinigung von Gewässern und den regulierenden Umgang mit schädigenden Großereignissen wie Überflutungen oder Epidemien.

Habitats- oder unterstützende Dienstleistungen stärken alle anderen Dienstleistungen. Hiermit sind die Dienste der Ökosysteme gemeint, die den darin lebenden Organismen einen Lebensraum bieten und für den Erhalt der bestehenden genetischen Diversität sorgen.

Als kulturelle Dienstleistungen werden der spirituelle, religiöse oder historische Wert von Pflanzen, Tieren oder Landschaften, die Möglichkeiten zur Bildung, Erholung oder Freizeitgestaltung bezeichnet (EASAC, 2009; TEEB, 2010).

Biodiversität bietet aus **ökonomischer Sicht** ein reichhaltiges Angebot an „Waren“ und „Dienstleistungen“, die lange Zeit von den herkömmlichen Wirtschaftssystemen ignoriert wurden. Die sogenannte Umweltökonomie versucht seit einigen Jahren, den Ökosystem-

dienstleistungen und Gütern monetäre Werte zuzuschreiben. Damit werden sie für Politik und Wirtschaft besser greifbar und sie können bei wichtigen Entscheidungen einbezogen werden (Schifferdecker, 2010). Zur Berechnung werden zum Beispiel die Kosten von technischen Ersatzmaßnahmen den Ökosystemdienstleistungen wie Erosionsschutz oder Wasserreinigung gegenübergestellt. Güter aus der Natur wie Holz oder Früchte können mit den marktüblichen Preisen berechnet werden. Bei kulturellen Dienstleistungen wie dem Wert einer Naturerfahrung gestaltet sich die Berechnung etwas schwieriger (Baur, 2010). Die gesamten Dienstleistungen der Biodiversität unter Einbeziehung aller möglichen Aspekte wurden in einer großen Studie auf einen Wert von 33 Billionen US-Dollar geschätzt. Das entspricht fast dem doppelten jährlichen Bruttonationaleinkommen aller Staaten weltweit (Constanza et al., 1997). In dem großen internationalen Projekt „The Economics of Ecosystems and Biodiversity“ (TEEB) bringen sich Experten aus Wissenschaften, Wirtschaft und Politik ein, um die wirtschaftlichen Folgen des Biodiversitätsverlustes abzuschätzen ([www.teebweg.org](http://www.teebweg.org)).

Eine bereitstellende Ökosystemdienstleistung, deren Wert gut berechnet werden kann, ist die Bereitstellung von **Lebensmitteln**, die fast gänzlich auf der Vielfalt der Arten beruht: Obst, Gemüse, Getreide, Eier, Fleisch, Fisch, Milchprodukte, Gewürze, Kräuter oder Mikroorganismen zur Produktion von Käse, Brot oder alkoholischen Getränken sind Beispiele für Nahrungsmittel aus der Natur (Hunter & Gibbs, 2010; Streit, 2007). Der Mensch domestiziert und züchtet seit Tausenden von Jahren neue Tierrassen und Pflanzensorten zu seinem Nutzen, mittlerweile hängt allerdings ein Großteil der Weltbevölkerung von nur wenigen Tier- und Pflanzenarten ab. So werden 90% der gesamten Welternährung von nur 20 Pflanzenarten gedeckt, obwohl vermutlich bis zu 75 000 Arten essbar wären. Die drei wichtigsten Pflanzenarten sind Weizen, Mais und Reis und decken alleine 70% des weltweiten Nahrungsbedarfs (Barthlott & Winiger, 1998; Beierkuhnlein, 2007; Emde, 2007). Die Summe der Arten und deren Produkte für die Nahrungsmittelproduktion werden dabei jährlich auf 1,386 Billionen US-Dollar geschätzt (Constanza et al., 1997).

Auch **medizinisch wirksame Substanzen** stammen zum größten Teil aus der Natur. Obwohl in wohlhabenderen Ländern mittlerweile viele synthetisch hergestellte Arzneimittel eingesetzt werden, basieren auch diese oft auf der Grundlage natürlicher Wirkstoffe. Beispiele hierfür sind das Antibiotikum Penicillin, das Schmerzmittel Aspirin oder Vincristin zur Bekämpfung von Leukämie (Primack, 2010). In den meisten Ländern spielen jedoch Arzneien pflanzlicher Herkunft die größte Rolle in der medizinischen Versorgung, da synthetisch hergestellte Medikamente oft zu teuer oder nicht verfügbar sind. Es wurde berechnet, dass jährlich pflanzliche Medizin im Wert von mehreren Milliarden US-Dollar produziert wird (Fabricant & Farnsworth, 2001; Farnsworth, 1992). Auch die von BioFrankfurt ausgerufene Biozahl von 2008 weist auf den beeindruckenden Umstand hin, dass weltweit jede fünfte Farn- oder Blütenpflanzensorte eine heilende Wirkung hat. Allein in Deutschland werden pro Jahr 40 000 Tonnen an Arzneimitteln mit pflanzlichen Wirkstoffen eingeführt, die von ca. 1 500 Pflanzenarten auf der ganzen Welt stammen ([www.biofrankfurt.de](http://www.biofrankfurt.de)). Daher ist der große Verlust der Biodiversität und damit auch vieler potentiell medizinisch wirksamer Arten ein großes Problem (siehe auch Kapitel 2.1.7).

Weitere wichtige und monetär messbare „Waren“ der Biodiversität sind **Materialien für Kleidung, Bau, Werkzeuge und Schmuck**. Naturmaterialien wie Holz, Baumwolle, Stroh, Sisal, Wolle, Seide, Leder und Fell bilden trotz der Erfindung von Plastik, Glas und Beton essentielle Materialien für ein angenehmes Leben von Menschen auf der ganzen Erde. Desweiteren halten Menschen sich heimische, aber auch wilde Tiere als Haustiere, tragen Pelz

und nutzen Elfenbein, Nasenhörner oder exotische Holzarten für Schmuck und Dekoration (Hunter & Gibbs, 2010; Wittig & Niekisch, 2014).

Auch die Gewinnung und Nutzung **fossiler Brennstoffe** stellt für Menschen einen der großen Mehrwerte aus der Natur dar. Zum Betreiben von Kraftfahrzeugen, zur Produktion von Strom und Plastik, in der Technik und Medizin wäre ein Leben ohne die Nutzung fossiler Brennstoffe kaum mehr möglich (Hunter & Gibbs, 2010). Fossile Brennstoffe wie Erdöl, Erdgas, Kohle oder auch Torf entstehen durch die Abbauprodukte fossiler Pflanzen und Tiere aus vergangenen Erdzeitaltern wie beispielsweise dem Karbon. Der in ihnen gespeicherte Kohlenstoff wird bei der Verbrennung freigesetzt. Das entstehende Kohlenstoffdioxid spielt bei der aktuellen Erderwärmung eine wichtige Rolle (siehe auch Kapitel 2.1.7) (Streit, 2007).

Die Natur bietet **Erholung und Freizeitbeschäftigung** für den Menschen. Emotionale Bedürfnisse wie die Haltung von schönen Pflanzen und Haustieren wie Hunden, Katzen und auch exotischen Arten wie Schlangen, Echsen oder Spinnen ist den Menschen viel Geld wert. Der Ökotourismus lässt viele Menschen jedes Jahr in ferne Länder reisen, um dort Regenwälder zu erkunden, in Korallenriffen zu tauchen oder in schneebedeckten Bergen Ski zu fahren. Auch hierfür werden 500 Milliarden US-Dollar pro Jahr ausgegeben (Pimentel et al., 1997). In ihrer Freizeit erfreuen sich viele Menschen an der Schönheit und Vielfalt der Arten: Sie sammeln seltene Käfer oder Blumen, unternehmen weite Reisen, um besondere Vogelarten zu beobachten, oder richten den heimischen Vögeln einen Futterplatz im Winter ein (Beierkuhnlein, 2007). In Mitteleuropa werden dabei besonders den land- und forstwirtschaftlich genutzten Kulturlandschaften ein hoher Erholungs- und Freizeitwert zugeschrieben (Trommler et al., 2013).

Die **unterstützenden und regulierenden Dienstleistungen** der Ökosysteme sind ebenfalls mit Geldwerten aufzurechnen: Beispiele hierfür sind die genetischen Informationen von wildlebenden Tieren und Pflanzen für die Zucht, die Bestäubung von landwirtschaftlich genutzten Pflanzen durch Bienen und andere Insekten, der Abbau von Schadstoffen durch Bakterien oder andere Mikroorganismen, die Belüftung des Bodens durch Bodenlebewesen, der Abbau organischen Materials durch Destruenten. Obwohl diese Leistungen der Biodiversität eher zu den ökologischen Aspekten gehören, wird ihr monetärer Wert besonders bei ihrem Verlust bemerkbar (Hunter & Gibbs, 2010). Sind in einer Gegend zum Beispiel durch eine Seuche oder die Nutzung von Insektiziden viele Bienen als Bestäuber verschwunden, müssen Landwirte Imker mit Bienenstöcken bestellen. Schon allein die Kosten für diese Bestäubungsdienstleistung werden jährlich auf 200 Milliarden US-Dollar weltweit geschätzt (Pimentel et al., 1997).

Allgemein ist es wichtig zu erwähnen, dass Kosten-Nutzen-Rechnungen allein nicht den gesamten Wert der Biodiversität ermessen können. Es ist sicher ein sinnvolles Instrument, Politikern und Ökonomen monetäre Werte von Dienstleistungen und Gütern der Natur an die Hand zu geben. Dabei darf aber nie vergessen werden, dass sicherlich nicht alle und auch teilweise noch unbekanntes Verdienste nicht mit einberechnet werden können. Außerdem geschehen die Berechnungen meist von und aus der Sicht der reichsten Länder der Erde. Diese haben spätestens seit der Industrialisierung Raubbau an der Natur betrieben, wollen nun aber Entwicklungsländer auf einen schonen Umgang mit den natürlichen Ressourcen hinweisen. So wird oft mit zweierlei Maß gemessen (Hanemann, 1992).

Ein **spiritueller Wert** der Biologischen Vielfalt lässt sich in der Zuneigung der Menschen für alles Lebendige erkennen, die auch Biophilie genannt wird (Wilson, 1984). Diese zeigt sich in der Begeisterung für Pflanzen und Tiere in der freien Natur, in der Verwendung von Lebe-

wesen als Symbolen in Politik, Religion, Sport und Wirtschaft und auch in sprachlichen Ausdrücken. Auch das Wissen um die bloße Existenz von Arten ist für viele Menschen wertvoll. Selbst wenn sie zum Beispiel noch nie einen Wal gesehen haben, sind viele Menschen bereit, für deren Schutz Geld zu spenden, oder es ist ihnen wichtig, dass es auch in der Zukunft möglichst viele Wale gibt. Ökonomen nutzen diese Existenz- oder Vermächtnis-Werte von Arten, um monetäre Bewertungen einzelner Tiere oder Pflanzen zu berechnen (Beierkuhnlein, 2007; Hunter & Gibbs, 2010). So wird zum Beispiel der Wert eines Erholungsgebietes mit Hilfe der Übernachtungsstatistiken und Reisekosten, die zu seiner Anreise ausgegeben wurden, berechnet. Ein weiterer Ansatz sind Befragungen darüber, wie viel Menschen für den Erhalt einer bestimmten bekannten Art oder eines Gebietes bereit wären zu zahlen, so wird die sogenannte „willingness to pay“ berechnet (Gregorius et al., 2007; Kontoleon & Swanson, 2003).

Biodiversität hat auch einen **wissenschaftlichen und didaktischen Wert**. Die natürliche Neugier der Menschen ließ sie schon immer die Natur und ihre Bewohner studieren und ihren Mechanismen auf den Grund gehen. So kann zum Beispiel der Vogelflug an sich untersucht werden, aber auch eine Vorlage für den Bau eines Flugzeuges sein. Mendels Erbsen lehrten die Regeln der Vererbung, die Fruchtfliege *Drosophila* lieferte viele Informationen über den Aufbau der DNA. Die Natur und ihre Konstruktionen, Systeme, Bauweisen oder Kreisläufe als Vorlagen zu nehmen, um sie für die Architektur, Ingenieurskunst, Materialwissenschaften oder andere Wissenschaftsbereiche zu nutzen, ist die Idee der Bionik. Berühmte Beispiele, in denen Pflanzen als Vorbilder dienten, sind der Klettverschluss (Klette) und der selbstreinigende Lotuseffekt in Farben und Lacken (Cerman et al., 2005).

Aber auch für die Lehre von Schülern und Erwachsenen ist die Biologische Vielfalt unersetzbar. Die Metamorphose einer Kaulquappe kann am besten durch das Beobachten von Froschlaich verstanden werden, Modelle allein können kein so lebensnahes und realistisches Bild geben. Erlebnisorientierte und mit Primärerfahrung verbundene Lernprozesse haben einen Mehrwert für den Erwerb eines besseren Naturverständnisses und Umweltbewusstseins (Bögeholz, 2006; Killermann et al., 2009).

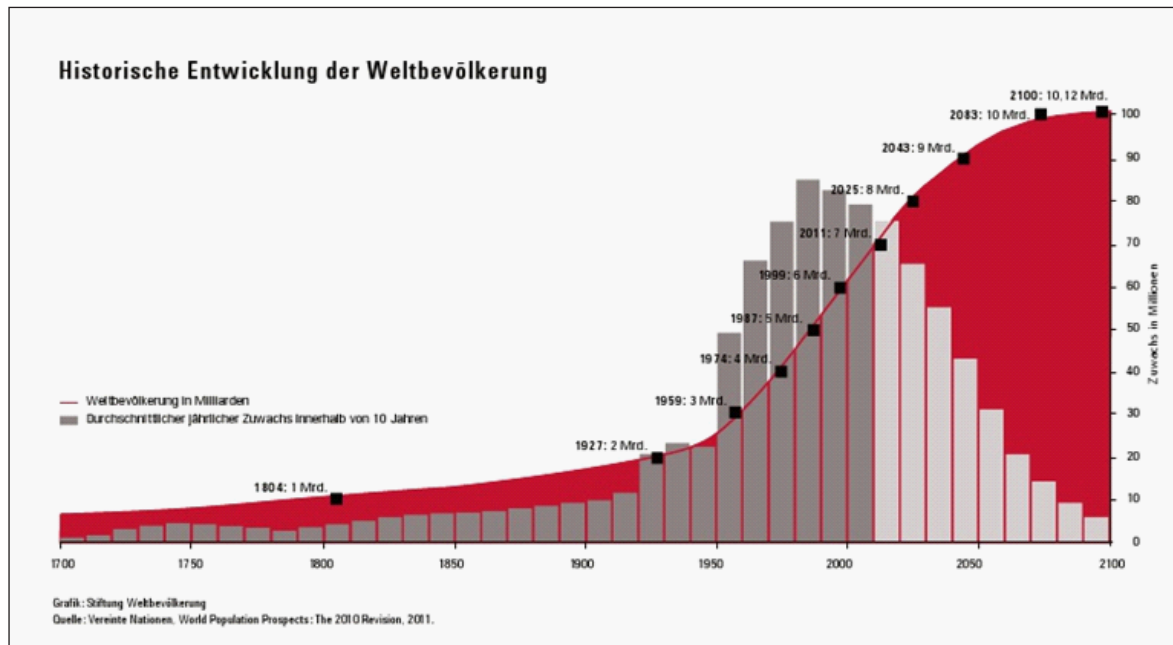
Zuletzt sei auch der **ethische Wert** der Biodiversität genannt. Unabhängig von den Bedürfnissen der Menschheit besitzt Natur und jede darin lebende Art einen Eigenwert um ihrer selbst Willen, den intrinsischen Wert. Dieser Eigenwert, der ein schützenswertes Dasein jedes Lebewesens implementiert, ist in den meisten Religionen, Philosophien und Kulturen verankert und daher für einen Großteil der Menschen nachvollziehbar. Verschiedene Ansätze in der Ethik beschäftigen sich mit dem Eigenwert der Natur: Die Naturschutz-Ethik schätzt den ästhetischen und spirituellen Wert der Natur höher ein als jeden ökonomischen Nutzen und prangert die kommerzielle Ausbeutung der Umwelt an. Die Ressourcenschutz-Ethik verweist auf die Idee der nachhaltigen Entwicklung. Diese besagt, dass die „Güter“ der Natur für möglichst viele Menschen möglichst lange nutzbar sein sollen und daher nur mit Bedacht genutzt werden dürfen. Oft stehen sich in ethischen Diskussionen der biozentrische und der anthropozentrische Ansatz gegenüber. Hierbei konkurrieren die Ansichten um den Eigenwert jedes einzelnen Lebewesens oder der Nutzung der Biodiversität nur für den Menschen und seine Bedürfnisse. Eine wichtige Thematik ist dabei die Verantwortung, die der Mensch gegenüber der Natur und auch den zukünftigen Generationen hat, um seine Nachkommen nicht der biologischen Vielfalt zu berauben (Groom et al., 2006; Hobohm, 2000; Potthast, 1999).

### 2.1.7 Die Bedrohung der Biodiversität

Die in den vorherigen Kapiteln schon angesprochene Bedrohung und Zerstörung der Biodiversität wird im Folgenden genauer erläutert. Dabei wird besonders auf die Ursachen und Folgen dieser Bedrohung eingegangen.

Die wichtigste Ursache für den Rückgang der Biodiversität ist sicherlich die steigende Weltbevölkerung und der damit einhergehende gesteigerte Verbrauch an natürlichen Ressourcen. Fast alle anderen Hauptfaktoren, die zur Bedrohung der Biodiversität beitragen, lassen sich darauf zurückführen (Ehrlich, 1992; Smith & Smith, 2009; Streit, 2010).

Schon immer brauchten und nutzten Menschen die biologische Vielfalt zum Leben. Wie bereits beschrieben, bilden Nahrungsmittel, Medizin, Baustoffe und andere Ressourcen die Grundlage des menschlichen Überlebens. Diese Nutzung hat sich allerdings im Lauf der Geschichte der Menschheit verändert. Das Bild der in völliger Eintracht mit der Natur lebenden Vorfahren ist dabei eine verklärte Sichtweise aus der Romantik. Schon vor 40 000 Jahren entwickelten die Menschen immer aufwendigere, zielgenauere Waffen, um Großsäuger zu jagen und hätten durch ein bloßes Dasein als Beerensammler sicher nicht überlebt (Hardt et al., 2009; Streit, 2007). So wird zum Beispiel diskutiert, ob das Aussterben aller Großsäuger nach der letzten Eiszeit in Europa, der Würmeiszeit, vor ca. 11 500 Jahren mit den Menschen zusammenhängt. Diese „Overkill-Hypothese“ besagt, dass das Verschwinden von Höhlenbär (*Ursus spelaeus*), Wollnashorn (*Coelodonta antiquitatis*), Wollhaarmammut (*Mammuthus primigenius*) und Riesenhirsch (*Megaloceros gigantes*) indirekt oder direkt den Menschen zugeschrieben werden kann. Zum einen könnten durch die Weiterentwicklung der Jagdtechniken wie Verbesserung der Waffen, Fallenbau oder Gruppenjagd die Tiere direkt ausgerottet worden sein. Zum anderen führte die Jagd nach den größeren pflanzenfressenden Herdentieren bei den großen Raubtieren wie Höhlenlöwen (*Panthera spelaeus*) möglicherweise zu Futtermangel (Johnson, 2009; Pott, 2005). Die Sesshaftwerdung der Menschen, beginnend vom Alten Orient aus, die Domestikation von Haustieren und der Beginn des Ackerbaus veränderten die Landschaft und den Tierbestand von Anfang an. Um Flächen für die Landwirtschaft und Bauholz zu gewinnen wurden Wälder gerodet, Tierrassen wurden bezüglich bestimmter Eigenschaften gezüchtet und der Handel mit Reisenden brachte neue Tier- und Pflanzenarten in fremde Regionen (Pott, 2005). Mit der kulturellen Entwicklung ging auch die Zunahme der Weltbevölkerung einher. Während die Zahl aller Menschen weltweit vor 2000 Jahren auf ca. 200 bis 250 Millionen geschätzt wird und nur langsam zunahm, ist ab dem Jahr 1600 ein schnelleres Wachstum zu verzeichnen (siehe Abbildung 4). Die damalige Bevölkerungszahl von knapp 300 Millionen Menschen stieg bis 1800 auf eine Milliarde an und erreichte schon im Jahr 1927 zwei Milliarden. Ab 1950 stieg das Wachstum rasant an: 1987 wurden die 5 Milliarden-Grenze überschritten und im Oktober 2011 wurde der 7-milliardste Erdenbürger geboren ([www.unfpa.org](http://www.unfpa.org)).



**Abbildung 4:** Historische Entwicklung der Weltbevölkerung (Quelle: [www.berlin-institut.org](http://www.berlin-institut.org))

Obwohl in den letzten Jahren in einigen westlichen Industrienationen die Geburtenraten zurückgingen oder sogar stagnierten, scheint das rasante Wachstum der Bevölkerung in vielen Ländern Afrikas, Asiens und Lateinamerikas unaufhaltsam. Gründe dafür sind die verbesserte medizinische Versorgung und die damit einhergehende geringere Säuglingssterblichkeit sowie der konstante Zugang zu Nahrungsquellen für mehr Menschen weltweit (Baur, 2010; Primack, 2010). Als Konsequenz der Zunahme der Weltbevölkerung steigt auch das Bedürfnis an natürlichen Ressourcen für Nahrung, Wasser und Wohnraum. Dass auch die Bedürfnisse des Einzelnen steigen, kann beispielsweise am weltweit steigenden Fleisch- und Fischverbrauch pro Kopf erkannt werden ([www.fao.org](http://www.fao.org)).

Aus der wachsenden Bevölkerungszahl und dem damit einhergehenden steigenden Ressourcenverbrauch lassen sich folgende Hauptursachen für den Rückgang und die Bedrohung der Biodiversität ausmachen:

- Biotopzerstörung und -veränderung
- Unkontrollierte Bejagung und Befischung
- Chemische und physikalische Umweltbelastung
- Verdrängung durch invasive Arten
- Klimaerwärmung

(Baur, 2010; Beierkuhnlein, 2007; Ehrlich, 1992; [www.iucn.org](http://www.iucn.org); Primack, 2010; Streit, 2007)

Die **Zerstörung von Lebensräumen** hat eine starke Auswirkung auf die dort lebenden Tiere und Pflanzen und kann zu deren Verlust führen. Häufig führt die Umwandlung von Wäldern in landwirtschaftliche Nutzflächen zur Zerstörung und lokalem oder globalem Aussterben von Arten. Die Rodung des tropischen Regenwaldes in Südamerika, Afrika und Asien ist in den letzten Jahrzehnten zum Symbol für den Rückgang der Arten geworden. Die großflächige Zerstörung der extrem arten- und endemitenreichen Biotope erfolgt zur Gewinnung von Nutzflächen für den Wanderfeldbau von Kleinbauern oder großflächige Monokulturen (z.B. Mais, Zuckerrohr, Soja, Palmöl), zur Brennholzgewinnung oder der Jagd nach seltenen

Tieren (Butler & Laurance, 2008; Myers, 1988b). Die ursprüngliche Fläche an tropischem Regenwald weltweit wird auf 1,6 Milliarden Hektar geschätzt. Davon waren 1990 noch ca. 1,15 Milliarden Hektar übrig, was einem Verlust von 28,1% entspricht. Eine aktuellere Schätzung geht davon aus, dass im Jahr 2005 weitere 2,4% des tropischen Regenwaldes zerstört waren (Hansen et al., 2008). 60% des gerodeten Gebietes befindet sich in Mittel- und Südamerika, über die Hälfte davon allein in Brasilien. Ein weiteres Drittel dieser verlorenen Fläche entfällt auf Asien, hier besonders Indonesien.

Die UNO- Welternährungsorganisation FAO schätzt den Verlust von Wald global in den Jahren 2000 bis 2010 auf ca. 0,5% jährlich, das entspricht einer Fläche von ungefähr 13 Millionen Hektar (FAO, 2011; www.fao.org). In dieser Rechnung werden allerdings auch Monokulturen und andere Plantagen als Waldbestand berechnet, so dass der tatsächliche Waldverlust höher liegen dürfte. Da tropische Regenwälder oft jahrtausendealte, komplexe Ökosysteme darstellen, kann nach einer Wiederaufforstung auch nicht mit derselben hohen Diversität des ursprünglichen Waldes gerechnet werden (Chazdon et al., 2009). Weitere Konsequenzen der Zerstörung des Regenwaldes sind Erosion, vermehrte Waldbrände, Beeinflussung des lokalen Wetters und die weltweite Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, wodurch die Klimaerwärmung begünstigt wird (Mosbrugger, 2012; Myers, 1988b).

Auch in Europa verändert der Mensch schon seit Jahrtausenden die natürliche Landschaft. Hier wurden zur landwirtschaftlichen Nutzung zum Teil großflächig Wälder gerodet, was in ganz Europa zu einem stark anthropogen geprägten Landschaftsbild führte. Manche dieser neu entstandenen Ökosysteme wie beispielsweise Trockenwiesen weisen dabei allerdings eine andersartige Artenvielfalt auf und stellen somit ebenfalls schützenswerte Gebiete dar. Durch die Industrialisierung im 19. Jahrhundert änderte sich der Eingriff des Menschen insofern, dass die landwirtschaftliche Nutzung durch den Einsatz hoch effizienter Maschinen und die Erfindung des Kunstdüngers stark technisiert und ertragssteigernd umgestaltet wurde. Die Flurbereinigung, die Begradigung von Flüssen und Bächen, der Einsatz von chemischen Pestiziden in Monokulturen und der erhöhte Stickstoffeintrag in die Böden führten zu einer starken Artenabnahmen an Tier- und Pflanzenarten in ganz Europa (Baur, 2010; Kühbauch, 1998). Desweiteren führen auch die Vernachlässigung mancher anthropogen geprägter Ökosysteme wie Trockenrasen, die Zerstückelung von Lebensräumen durch Straßen und Schienen und die Versiegelung von Flächen durch Häuser- und Straßenbau, besonders in den terrestrischen Biodiversität-Hotspots, zum Verlust von Ökosysteme und Arten (Baur, 2010; Primack, 2010).

Die **unkontrollierte Bejagung und Befischung** stellt ebenfalls eine starke Bedrohung der Biodiversität dar. Schon in der Vergangenheit wurden viele Tier- und Pflanzenarten durch übermäßige Bejagung oder Sammlung ausgerottet. Prominente Beispiele sind das Quagga (*Equus quagga*), eine Zebraunterart aus Südafrika, die Wandertaube (*Ectopistes migratorius*) aus den USA und der fast ausgerottete Edelweiß (*Leontopodium nivale*) aus den Alpen (Baur, 2010; Streit, 2007). In unserer heutigen globalisierten Welt hat die Jagd und der Handel mit exotischen Wildtieren und -pflanzen als Trophäen, Urlaubsaccessoires, Haustiere oder „Zutaten“ für die Traditionelle Chinesischen Medizin einen großen Effekt auf die Bestände vieler Arten (Hunter & Gibbs, 2010; Primack, 2010). Desweiteren stellt die Überfischung der Meere neben der Bejagung und Wilderei von Großsäugern einen wichtigen Grund für das Aussterben von Arten dar. Als wichtige Proteinquelle vor allem in asiatischen Ländern werden jährlich pro Kopf weltweit über 19,2 Kilo Fisch verzehrt, das ergibt eine global produzierte und verbrauchte Menge an Fisch von 185 Millionen Tonnen im Jahr (FAO, 2014, Stand 2012). Die Weiterentwicklung der Fischfangindustrie und auch die Kultivierung vieler

Fischarten führten im letzten Jahrzehnt zu einer Überfischung der beliebtesten Speisefische wie Kabeljau, Hecht und Schellfisch. Aber auch das Fischen nach Rotbarsch, Thunfisch oder Lachs haben die Bestände so weit schrumpfen lassen, dass mittlerweile 61,3% der weltweit kommerziell genutzten Fischereibestände bis an ihre Grenzen befischt und 28,8% überfischt sind (FAO, 2014).

Ein weiterer wichtiger Faktor, der die Biodiversität auf allen Ebenen bedroht, ist die **chemische und physikalische Umweltbelastung**. Sie ist oft die Folge von Übernutzung der natürlichen Ressourcen und lässt sich auf Biotopzerstörung und -veränderungen zurückführen. Physikalische Umweltbelastung kann zum Beispiel durch den vermehrten Tourismus und die Freizeitaktivitäten der Menschen verursacht werden. Die Veränderung der Arbeitswelt vor allem in Europa seit der Industrialisierung brachte eine geringere Arbeitszeit, mehr Freizeit und vermehrten Wohlstand mit sich, so dass die Menschen mehr Urlaubsreisen unternehmen konnten. Auch die immer billiger werdenden Fernreisen tragen dazu bei, dass viele Taucher durch Korallenriffe schnorcheln oder Hobbysportler durch die Berge wandern, klettern oder Ski fahren. Dabei werden nicht nur Pflanzen zertreten oder Korallen abgebrochen, sondern auch Tiere aufgescheucht oder von ihren Nist- oder Ruheplätzen vertrieben (Baur, 2010; Ingold, 2005). Ein vermehrter Tourismus benötigt eine entsprechende Infrastruktur und so führen wiederum der Bau von Hotels, Freizeitanlagen, Skiliften, Bewässerungsanlagen und anderen Einrichtungen zu einer erhöhten Versiegelung von Naturflächen, wodurch der Lebensraum vieler Organismen verändert oder zerstört wird (Baur, 2010). Weitere Beispiele für die physikalische Belastung vieler Ökosysteme sind Waldbrände, Tierhaltung im großen Stil (Zerstörung des Bodens) oder Fischerei mit Grundschleppnetzen (Zerstörung des Meeresbodens) (Primack, 2010). Neben der physikalischen Umweltbelastung rückt auch die chemische Belastung der Natur immer stärker in das Licht der Öffentlichkeit. Während sich vor einigen Jahrzehnten noch niemand Gedanken über den Verbleib von menschlichen Verunreinigungen in Ökosystemen machte, hat sich das Bewusstsein diesbezüglich mittlerweile geändert. Ursachen dafür waren einige Umweltkatastrophen in den 1960er Jahren und später, beispielsweise die Akkumulation von DDT in Tieren und der Unfall des Öltankers Exxon Valdez in Alaska, der eine verheerende Ölkatastrophe bedingte (Newmann, 2010). Ursachen für chemische Umweltbelastungen sind Pestizide und Düngemittel aus der Landwirtschaft, Reinigungsmittel, Siedlungsabwässer und Industrieabfälle, die in vielen Ländern immer noch ungeklärt in Wasser, Boden oder Luft gelangen und dort vielfältige Auswirkungen auf die Flora, Fauna und Ökosystemkreisläufe haben. Durch die eingetragenen Chemikalien gelangen große Mengen an Stickstoff- und Phosphorverbindungen, Salzen, Schwermetallen und organischen Verbindungen vor allem in Binnengewässer und Meere und richten dort großen Schaden an. Zu viel Stickstoff und Phosphor führen in Binnen- und Küstenwässern zu einer Eutrophierung, also Überdüngung, und können so das ganze Ökosystem nachhaltig verändern. Ungefilterte Abgase aus der Industrie und von Kraftfahrzeugen sorgen für den sogenannten Sauren Regen, der durch einen erhöhten Säureeintrag Waldböden und Gewässer so verändern kann, dass Bäume oder Wassergesellschaften großflächig bedroht sind (Beierkuhnlein, 2007; Primack, 2010; Townsend et al., 2002).

Ein weiteres Problem sind hormonaktive Substanzen aus Medikamenten und Pestiziden (z.B. Antibabypille, DDT, Bisphenol A), die sich nur aufwendig filtern lassen und deren Wirkungen, auch in Wechselwirkungen mit anderen Stoffen und als Abbauprodukte schwer abschätzbar sind. Diese sogenannten endokrinen Disruptoren oder Xenohormone können die Hormonfunktionen von Mensch und Tier beeinflussen (Oehlmann et al., 2010). So wurden zum Beispiel Geschlechtsveränderungen bei Fischen und marinen Schnecken oder Hor-



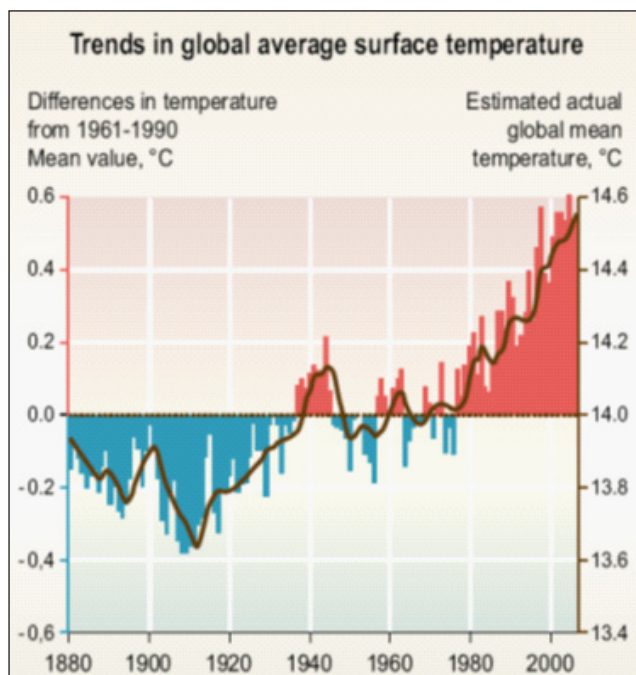
monstörungen bei Robben und Alligatoren beobachtet (Phillips & Harrison, 1999). Dies kann im Extremfall nicht nur zur Dezimierung einer Art, sondern zu deren lokalem oder globalem Aussterben führen (Primack, 2010).

Eine sowohl physikalische als auch chemische Umweltbelastung ist der Müll, der von den Menschen produziert wird. Hier entstehen riesige Mengen an nicht wiederverwertbaren Gegenständen und Stoffen, die oft nicht umweltgerecht entsorgt werden. Erst in jüngster Zeit wurde das Problem des Mülls in den Meeren entdeckt. Vor allem Plastik verunreinigt die Strände und Küsten und bedroht damit die dort lebenden Organismen. Achtlos weggeworfene Plastikteile treiben in riesigen Strudeln inmitten der Ozeane. Eine Studie des United Nations Environment Programmes (UNEP) ergab, dass schätzungsweise 6,4 Millionen Tonnen Müll pro Jahr vor allen von Schiffen im Meer landen und eine Dichte von 13 000 kleinsten Plastikteile pro km<sup>2</sup> aufweisen. Diese zersetzten Teilchen lagern im Meer gelöste Giftstoffe an und können auch von Planktonorganismen gefressen werden. Somit reichern sie sich schnell in der Nahrungskette an und landen so auch in Fischen und anderen Meerestieren auf unserem Speiseplan (UNEP, 2005; UNEP, 2009).

**Gebietsfremde Arten** können eine weitere Bedrohung vor allem der lokalen Biodiversität darstellen. Schon immer haben reisende Menschen unabsichtlich oder absichtlich Tiere und Pflanzen in neue Gebiete gebracht, die dort zum Teil geeignete Bedingungen zum Leben und Wachsen vorfanden. Alle Arten, die nach der Entdeckung Amerikas im Jahr 1492 in fremde Lebensräume gebracht wurden, werden Neobiota genannt. Pflanzen, die durch den Transport auf Schiffen, Straßen oder in Flugzeugen in fremde biogeographische Regionen gebracht werden, werden dabei als Neophyten bezeichnet, eingeschleppte Tiere als Neozoen (Baur, 2010; Nentwig, 2010; Smith & Smith, 2005). Die durch die Globalisierung weltweit gestiegene Mobilität und der internationale Handel verstärken das Einschleppen von fremden Arten. Obwohl ein Großteil dieser Arten in der neuen Heimat keine passenden Lebensbedingungen vorfindet oder sich in vorhandene Ökosysteme ohne Konsequenzen einfügt, sind andererseits Pflanzen und Tiere beobachtet worden, die in neuen Ökosystemen zum Teil beträchtlichen ökologischen oder ökonomischen Schaden anrichten. Diese Arten werden als invasiv bezeichnet. Sie finden in ihrem neuen Lebensraum geeignete Lebensbedingungen oder sind diesbezüglich eher anspruchslos, so dass sie sich nach einer Etablierungs- und Anpassungsphase fast ungehemmt ausbreiten können. Dadurch beeinflussen sie nicht nur massiv einheimische Arten, sondern schädigen ganze Ökosysteme (Hunter & Gibbs, 2010; Nentwig, 2010; Wittig & Niekisch, 2014). Die Wahrscheinlichkeit, dass Neobiota invasiv werden, wird je nach taxonomischer Gruppe zwischen 17% und 60% angegeben. In Europa sind mindestens 1 100 der geschätzten 11 000 nicht einheimischen Arten invasiv (Stand 2008, DAISIE, 2009). Diese invasiven Arten führen zu Zerstörungen und Verlusten in der Land- und Forstwirtschaft in Form von Unkräutern, Pflanzenschädlingen oder Krankheitserregern. In der Tierhaltung schaden sie als Parasiten oder Krankheitserreger oder beeinflussen die menschliche Gesundheit als Pollen oder Parasiten. Einheimische Arten, deren ökologische Nischen durch die „Fremdlinge“ besetzt werden, werden zum Teil verdrängt oder lokal ausgerottet (Nentwig, 2010). Weltweit wird der Schaden durch invasive Arten auf einen Betrag von 1,4 Trillionen US-Dollar jährlich geschätzt (GISP, 2009; Pimentel et al., 2010). Dabei ist der Einfluss von biologischen Invasionen auf die lokale Artenvielfalt auf Inseln besonders hoch. Dort leben viele endemische Arten, deren Populationen und so auch deren genetische Vielfalt oft relativ klein sind und die daher auf Störungen sehr empfindlich reagieren (Primack, 2010; Vitousek, 1992). Beispiele für invasive Neophyten in Europa sind die Kanadische Goldrute (*Solidago canadensis*), das Drüsige Springkraut (*Impatiens glandulifera*) oder

der Staudenknöterich (*Reynoutria japonica*), die mit einheimischen Pflanzen um Licht, Platz und Nährstoffe konkurrieren. Neozoen, die in den letzten Jahren vermehrt auftreten, sind der Harlekin-Marienkäfer (*Harmonia axyridis*) und das Grauhörnchen (*Sciurus carolinensis*), die ihre europäische Verwandtschaft verdrängen und Krankheitserreger einschleppen (Kowarik, 2010; www.europe-aliens.org).

Auch die **Klimaerwärmung** trägt zur Bedrohung der Biodiversität bei. Der sogenannte Klimawandel beschäftigt viele Wissenschaftler weltweit und ist längst auch zu einer politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Debatte geworden. Das Thema ist stark umstritten und so komplex (Pearson, 2010; Pott, 2005), dass hier nur ein sehr kurzer und sicher nicht erschöpfender Einblick gewährt werden kann. Im Laufe der Erdgeschichte hat es immer wieder starke Veränderungen des Klimas gegeben, was auch das Vorkommen und die Ausbreitung von Tieren, Pflanzen, Pilzen, Algen und Mikroorganismen beeinflusste. Diese natürlichen Prozesse fanden in der Regel über lange Zeiträume von 1000 Jahren und mehr statt (Baur, 2010; Ludwig, 2006). Die derzeitige, ungefähr seit 1970 stattfindende Klimaerwärmung dagegen schreitet viel schneller voran und hat schon jetzt weitreichende Konsequenzen für Mensch und Natur (Hannah et al., 2005). Die Ursachen der Erwärmung werden kontrovers diskutiert. Der 1988 von der UN gegründete internationale Klimarat Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) schreibt dem erhöhten Ausstoß an Treibhausgasen wie Kohlendioxid, Methan oder Distickstoffoxid seit 1970 eine wichtige Rolle bei der Erwärmung des Klimas zu (IPCC, 2014). Die in die Erdatmosphäre freigesetzten Treibhausgase bewirken durch Absorption der langwelligen Sonnenstrahlen den sogenannten Treibhauseffekt, durch den sich die Atmosphäre stärker erwärmt. Durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe und weiterem menschlich bedingten Treibhausgasanstieg ist die mittlere weltweite Temperatur bereits um ca. 0,8°C höher als ohne diesen Einfluss (IPCC, 2014; Karl & Trenberth, 2005; Malberg, 2007). Prognosen und Modelle geben für die nächsten 100 Jahre eine Temperaturerhöhung zwischen 2°C und 4,5°C an. Abbildung 5 zeigt die Entwicklung der weltweiten Oberflächen-Temperatur seit 1880.



Die vorhergesagte Temperaturerhöhung würde zum einen zur Folge haben, dass sich die Vegetationszonen auf der Nordhalbkugel um rund 600 km nach Norden und auf der Südhalbkugel um ca. 600 km nach Süden verschieben (Baur, 2010). Tiere, Pflanzen und andere Organismen müssten entsprechend ihres Temperaturoptimums wandern oder sich den neuen Gegebenheiten anpassen, wozu sie nicht immer in der Lage wären. Besonders an Extre-

**Abbildung 5:** Entwicklung der weltweiten durchschnittlichen Oberflächen-Temperatur seit 1880 (Quelle: UNEP; 2009)

me angepasste oder endemische Arten haben unter solchen Klimaschwankungen zu leiden. So sind nach Modellrechnung 45% aller Pflanzenarten der Alpen, wo besonders viele endemische Arten vorkommen, bis zum Jahr 2100 vom Aussterben bedroht (Baur, 2010; Pott, 2005; Pearson, 2010).

Zum anderen wirkt sich die Klimaerwärmung auch auf die Temperatur der Gewässer aus. Eine Erhöhung der Wassertemperatur übt Druck auf speziell angepasste Kaltwasserarten aus und verringert die Sauerstofflöslichkeit im Wasser. Dadurch wachsen Wasserpflanzen langsamer und stehen so als Produzenten in geringerem Ausmaß zur Verfügung, was sich wiederum auf das gesamte Nahrungsnetz des Ökosystems auswirkt (Streit et al., 2011).

Weitere Auswirkungen der Klimaerwärmung sind das ausgedehnte Abschmelzen von Schnee und Eis und der dadurch ansteigende Meereswasserspiegel, erhöhte Niederschläge auf der nördlichen Halbkugel und verringerte auf der Südhalbkugel, Verschiebungen der Jahreszeiten und das vermehrte Vorkommen von Extremwetterereignissen wie Hitzewellen, Hochwasser und Wirbelstürme (Beierkuhnlein, 2007; IPCC, 2014; Ludwig, 2006). All diese Auswirkungen wirken sich stark auf Ökosysteme und die darin lebenden Arten aus und werden die Biodiversität vermutlich stark beschneiden. Auch die Ausbreitung invasiver Arten ist mit der Klimaveränderung verbunden. Durch erhöhte Temperaturen können gebietsfremde Arten aus wärmeren Regionen der Erde in immer nördlicheren Vegetationszonen überleben und sich dort ausbreiten (Vohland et al., 2008; Baur, 2010).

Die oben genannten und erläuterten Faktoren wirken sich auf alle Ebenen der Biodiversität aus. Sowohl die genetische Vielfalt, die Vielfalt der Arten als auch die Vielfalt der Ökosysteme sind von den größtenteils anthropogenen Einflüssen betroffen und zeigen Folgen der Eingriffe in die Natur.

Auch wenn das Aussterben von Arten viel präsenter und nachvollziehbarer für Menschen ist, findet ebenfalls ein **Rückgang der genetischen Vielfalt** statt. Besonders die Zerstörung vieler Lebensräume verkleinert Populationen bestimmter Arten und drängt sie auf immer kleiner werdende Gebiete zurück. Verminderte Populationen bestehen aus weniger Individuen und haben damit auch einen kleineren Genpool, also weniger Kombinationsmöglichkeiten der Allele (Gründer-Effekt) (siehe auch Kapitel 2.1.2) (Hewitt & Nichols, 2005). Die genetische Verarmung einer Art hat zur Konsequenz, dass Populationen – und damit im weitesten Sinne auch Arten – anfälliger werden können für Krankheiten und Parasiten. Desweiteren sind sie weniger dazu in der Lage, durch Anpassung auf wechselnde Umweltbedingungen wie zum Beispiel klimatische Veränderungen zu reagieren (Ehrlich, 1992; Groom et al., 2006; Townsend et al., 2002). Auch wenn sich Populationen nach einer Dezimierung wieder erholen und einen sogenannten genetischen Flaschenhals (bottleneck) passiert haben, geht man davon aus, dass durch die immer noch verringerte genetische Vielfalt weiterhin die Fitness der Art verkleinert und ihr evolutives Potential eingeschränkt ist (Townsend et al., 2002). Ökologen berechneten die (nicht unumstrittene) „minimale überlebensfähige Populationsgröße“ oder auch „effektive Populationsgröße“ für verschiedene Arten mit 50 bis 500 Individuen (Frankel & Soulé, 1981; Streit, 2007). Bei einer niedrigeren Zahl von fortpflanzungsfähigen Individuen in einer Population steigt das Risiko der Inzucht stark an, was eine zusätzliche Verarmung des Genpools mit sich bringt (Groom et al., 2006; Herrmann, 1998). Neben der genetischen Vielfalt der Arten stellt auch die Vielfalt von seit Jahrtausenden gezüchteten Rassen und Sorten von Nutztieren und -pflanzen ein wichtiges Gut für uns Menschen dar. Die Intensivierung und Spezialisierung der Landwirtschaft verdrängte speziell angepasste Ökotypen und vorhandene Regionalsorten und führte so zu einer Verarmung der sogenannten Agrobiodiversität. Schätzungsweise 70% der heutigen Ernährung weltweit wird von nur drei

Pflanzenarten (Mais, Reis, Weizen) abgedeckt und von den 5 639 bekannten Nutztierassen sind über 55% vom Aussterben bedroht (BMELV, 2009; Oetmann-Mennen, 1999). Welche Konsequenzen dieser Verlust hat, kann gut an dem prominenten Beispiel des Grassy-Stunt-Virus bei Reis veranschaulicht werden. Ausgehend von den Philippinen breitete sich der durch Grashüpfer übertragene schädliche Virus seit 1963 im gesamten asiatisch-indischen Raum aus und verursachte großen ökonomischen Schaden. Erst nach dem Test von 6 723 Reissorten konnte eine gefunden werden, die gegen das Virus resistent war, und neu angebaut werden (Cabautan et al., 2009; Ling et al., 1978; Zeller, 1998). Dies zeigt anschaulich, dass der Verlust der genetischen Vielfalt auch gravierende Konsequenzen für Ökonomie und Gesellschaft haben kann. Nichtsdestotrotz wurden auch Arten beobachtet, die nach einer genetischen Verarmung wieder eine erhöhte genetische Vielfalt aufwiesen, wie dies ja im Laufe der Erdgeschichte oft geschah wie z.B. auf Inseln. So wird mittlerweile davon ausgegangen, dass weitere Faktoren wie Eigenschaften im Sozialverhalten, das Alters- und Geschlechterverhältnis in einer Population oder Umweltfaktoren eine Rolle beim Überleben einer Art spielen können (Streit, 2007).

Das **Artensterben**, das momentan auf der Erde stattfindet, wurde des Öfteren schon als sechstes großes Massenaussterben in der Erdgeschichte bezeichnet (McNeill, 2005; Wilson, 1988). Der Unterschied zu den vorherigen ist jedoch der massive Einfluss des Menschen auf die Abnahme der Artenzahlen weltweit. Die genaue Nennung von Zahlen ausgestorbener Arten ist aufgrund vieler Unsicherheiten wie beispielsweise der korrekten globalen Artenzahl nicht möglich (siehe Kapitel 2.1.3). Daten aus der Paläontologie und Messungen aus der Neuzeit lassen vermuten, dass die natürliche Lebensdauer einer Art zwischen einer und zehn Millionen Jahren liegt (Wilson, 1988; Raup, 1978). Die natürliche Aussterberate wurde folglich auf eine bis zehn Arten pro Jahr berechnet. Die derzeit beobachtete Aussterberate von Vögeln und Säugern, zwei wissenschaftlich gut untersuchten Tiergruppen, beträgt 1% in 100 Jahren, ist also 100 bis 1000mal höher als die natürliche Aussterberate. Obwohl diese Daten lediglich auf Beobachtungen der jüngeren Erdgeschichte beruhen und sicher nicht für alle taxonomischen Gruppen exemplarisch sind, zeigen sie doch anschaulich, dass das heute stattfindende Artensterben von dramatischem Ausmaß ist. Die Zahlen für täglich weltweit aussterbende Arten, die zwischen 75 und 300 schwanken und zumeist auf der Berechnung von Arten-Area-Kurven beruhen, machen dies ebenfalls deutlich (Streit, 2007; Townsend et al., 2002; Wilson, 1988). Die sogenannte „Rote Liste der gefährdeten Arten“, die jedes Jahr von der Naturschutzorganisation IUCN veröffentlicht wird, gibt die aktuelle Gefährdung einzelner Arten im Überblick wieder. Durch die regelmäßige Erhebung von Bestandszahlen werden Aussagen über die Entwicklungstendenz einzelner Arten möglich ([www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)).

Nach verschiedenen ökologischen Kriterien werden beurteilte Arten in folgende Kategorien eingeteilt:

- ausgestorben (extinct)
- in der Natur ausgestorben (extinct in the wild)
- vom Aussterben bedroht (critically endangered)
- stark gefährdet (endangered)
- gefährdet (vulnerable)
- Arten der „Vorwarnliste“ (near threatened)
- nicht gefährdet (least concern)

- keine ausreichenden Daten vorliegen (data deficient)
  - nicht eingestuft (not evaluated)
- (www.iucnredlist.org).

Dabei beträgt die Wahrscheinlichkeit des Aussterbens von Arten in der Kategorie „critically endangered“ innerhalb der nächsten zehn Jahre oder drei Generationen mehr als 50%. Bei Arten in der Kategorie „endangered“ beträgt die Wahrscheinlichkeit 20% innerhalb der nächsten 20 Jahre oder fünf Generationen (Hunter & Gibbs, 2010; www.iucnredlist.org). Obwohl die Rote Liste sicherlich einige methodische Unzulänglichkeiten aufweist, hat sie wegen der großen Menge an verarbeiteten Daten und der Vielzahl an Bearbeitern große Bedeutung für die Öffentlichkeit und wird auch bei der Entscheidung über Schutzmaßnahmen oder Gesetzgebungen mit berücksichtigt (Streit, 2007; Smith & Smith, 2009).

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über einige beurteilte Organismengruppen:

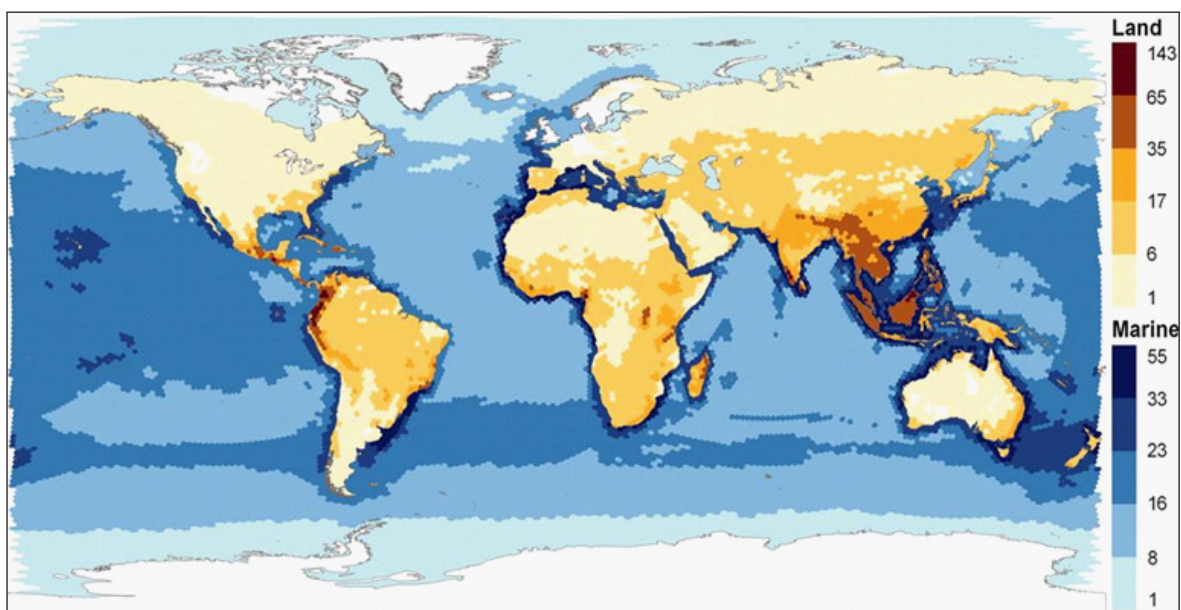
Gruppe	Anzahl beschriebener Arten	Beurteilte Arten	Bedrohte Arten absolut 2015	Bedroht in % der beschriebenen Arten	Bedroht in % der beurteilten Arten
Säugetiere	5 515	5 502	1 197	22	22
Vögel	10 424	10 424	1 375	13	13
Reptilien	10 272	4 669	944	9	20
Amphipien	7 448	6 460	1 994	27	31
Fische	33 200	14 462	2 271	7	16
Insekten	1000 000	5 573	1 046	0,1	19
Blütenpflanzen	268 000	19 206	10 551	4	55
Pilze	31 496	25	22	0,07	88
<b>Andere</b>	<b>368 476</b>	<b>13 516</b>	<b>3 850</b>	<b>1</b>	<b>28</b>
<b>Gesamt</b>	<b>1 734 831</b>	<b>79 837</b>	<b>23 250</b>	<b>1</b>	<b>29</b>

**Tabelle 2: Bedrohte Organismengruppen der Roten Liste**  
 (nach Streit, 2007; aktualisiert nach www.iucnredlist.org, Stand 2015)  
 (Bedroht=in Kategorie „critically endangered“, „endangered“ oder „vulnerable“)

Die beiden rechten Spalten zeigen, dass die Rote Liste mit Bedacht zu lesen ist. Lediglich die Gruppen der Vögel und Säugetiere wurden in ihrer Gänze untersucht und beurteilt, da sie schon immer von großem wissenschaftlichen Interesse waren und durch ihre auffällige Körper- und Lebensraumgröße leicht zu beobachten sind. Bei den meisten anderen Gruppen wurde nur ein kleiner Bruchteil der bestimmten Arten beurteilt und auch oft nur besonders auffällige und gut beobachtbare Arten bewertet. Manche Organismengruppen sind überhaupt nicht vertreten (z.B. Bakterien). Werden in den Medien Zahlen von bedrohten Arten genannt, sollte immer darauf geachtet werden, in welchem Verhältnis sie zu den bestimmten oder bewerteten Arten stehen. Beeindruckend zeigt dies das Beispiel der Pilze, von denen tatsächlich nur 22 von den über 31 000 bestimmten beurteilt wurde. Aber auch bei Gruppen

wie den Blütenpflanzen oder Fischen spielt es eine erhebliche Rolle, womit man die Zahl der bedrohten Arten in Beziehung setzt.

Dennoch zeigt die Rote Liste anschaulich das Ausmaß des derzeit stattfindenden Artensterbens und der nachvollziehbaren Folgen. Die seit dem Jahr 1966 veröffentlichten Listen geben eine Zahl von 134 Pflanzen- und 763 Tierarten an, die nachweislich ausgestorben und damit unwiederbringlich verloren sind. Auch der Prozentsatz der bedrohten Arten nimmt stetig zu ([www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)). In einer großen aktuellen Studie fand man heraus, dass trotz einiger Schutzmaßnahmen jedes Jahr ca. 52 % der Arten aus den Wirbeltierklassen Säugetiere, Vögel und Amphibien in eine schlechtere Kategorie der Roten Liste fallen. Ursachen dafür sind der zunehmende Flächenverbrauch für die Landwirtschaft, Wilderei, Ausbeutung der Bestände und invasive Arten (Hoffmann et al., 2010). Die folgende Graphik zeigt eine geographische Übersicht der Bedrohung in diesen Wirbeltierklassen:



**Abbildung 6:** Geographische Verteilung der globalen Bedrohung von Wirbeltierarten an Land und im Süßwasser (braun) und in den Ozeanen (blau) (Quelle: Hoffmann et al., 2010)

Die Graphik zeigt die stärkste Bedrohung in den tropischen Gebieten, wo oben genannte Faktoren der Bedrohung eine große Rolle spielen, sich aber auch gleichzeitig die Gebiete mit den artenreichen Ökosystemen weltweit befinden (siehe auch Kapitel 2.1.5) (Hoffmann et al., 2010). Besonders anfällig für Ausrottung sind dabei seltene Arten. Selten ist eine Art dann, wenn sie ein kleines Verbreitungsgebiet, nur wenige spezialisierte Habitate oder immer kleine Populationsgrößen aufweist (Primack, 2010).

Rote Listen werden auch für einzelne Staaten (z.B. [www.bfn.de/0321\\_rote\\_liste.html](http://www.bfn.de/0321_rote_liste.html)) und Bundesländer (z.B. [www.hessen.de](http://www.hessen.de)) erstellt und geben so eine detaillierte Übersicht über lokal bedrohte Organismengruppen. So lassen sie gezieltere Rückschlüsse auf die Ursachen der Bedrohung zu und können für die Ausweisung von Schutzgebieten eingesetzt werden (BMU, 2009; Groom et al., 2006).

Die Ursachen für die Bedrohung der Biodiversität betreffen die **Vielfalt der Ökosysteme** direkt und sofort. Die Rodung des tropischen Regenwaldes, die Überfischung der Meere, die Verschmutzung eines Flusses, all dies wirkt sich sofort auf Biotop und Biozönose aus. Folgen sind ausgerottete und bedrohte Arten, zerstörte Lebensräume und Eingriffe in die

komplexen Netze aus Räuber-Beute-Beziehungen und Nährstoff- und Wasserkreisläufe. Die Bedrohung größerer Ökosysteme der Erde, der Biome, wirkt sich weltweit auf andere Gebiete aus. So wurde zum Beispiel vom britischen Wetterdienst mit Hilfe von Klimadaten der letzten 20 000 Jahren berechnet, dass eine durch den Klimawandel bedingte Verdoppelung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre dramatische Konsequenzen weltweit hätte: Die Regionen, in den tropischer Regenwald wachsen kann, würden um 25% schrumpfen. Folgen wären zunehmende Trockenheit in diesen Gebieten, starke Abnahme der Niederschläge und das schnelle Vorantreiben der jetzt schon stattfindenden Ausbreitung der Wüsten. In anderen Regionen wiederum würden die Niederschläge steigen, aber nicht ausreichend, um die durch die erhöhte Temperatur verstärkte Verdunstung auszugleichen ([www.metoffice.gov.uk](http://www.metoffice.gov.uk)). Konsequenz davon wäre wiederum ein erhöhtes Artensterben in den tropischen Regenwäldern, die zwar nur 7% der gesamten Landmasse ausmachen, aber über 50% aller Tier- und Pflanzenarten weltweit beherbergen (Smith & Smith, 2009). Auch in den Meeren führt eine erhöhte Wassertemperatur zu weitreichenden Veränderungen: Obwohl manche Korallenarten sich weiter nördlich ausbreiten könnten, würde eine erhöhte Wassertemperatur anderenorts zur sogenannten Korallenbleiche führen. Dabei sterben die symbiotischen, Photosynthese betreibenden Zooxanthellen der Korallen ab. Folglich gehen auch die Korallen selbst und von ihnen abhängige Organismen zu Grunde (Hoegh-Guldberg, 1999). Die durch erhöhte Temperatur abgeschmolzenen Gletscher der Pole lassen den Meeresspiegel weltweit ansteigen und überfluten so hochproduktive flache Küstengewässer. Flache Inseln und stark besiedelte Küstengebiete werden ebenfalls von Überschwemmungen bedroht (IPCC, 2014; Smith & Smith, 2009). Allein diese vor allem auf den Klimawandel zurückführenden Auswirkungen zeigen, wie stark sich die Zerstörung von Ökosystemen weltweit bemerkbar macht, wie sie alle Lebewesen inklusive des Menschen in ihrer Existenz bedroht.

Um auf besonders gefährdete Ökosysteme hinzuweisen, wurde 2005 der sogenannte Conservation Risk Index (CRI) entwickelt, der ähnlich der Roten Liste Biome in Stufen der Bedrohung einteilt. Dabei wird die zerstörte Fläche eines Habitats mit der unter Schutz stehenden Fläche ins Verhältnis gesetzt. Es ergeben sich die Kategorien:

- stark bedroht (über 50% der Fläche sind verändert; CRI ist höher als 25)
- bedroht (über 40% der Fläche sind verändert; CRI ist höher als 10)
- gefährdet (über 20% der Fläche sind verändert; CRI ist höher als 2)

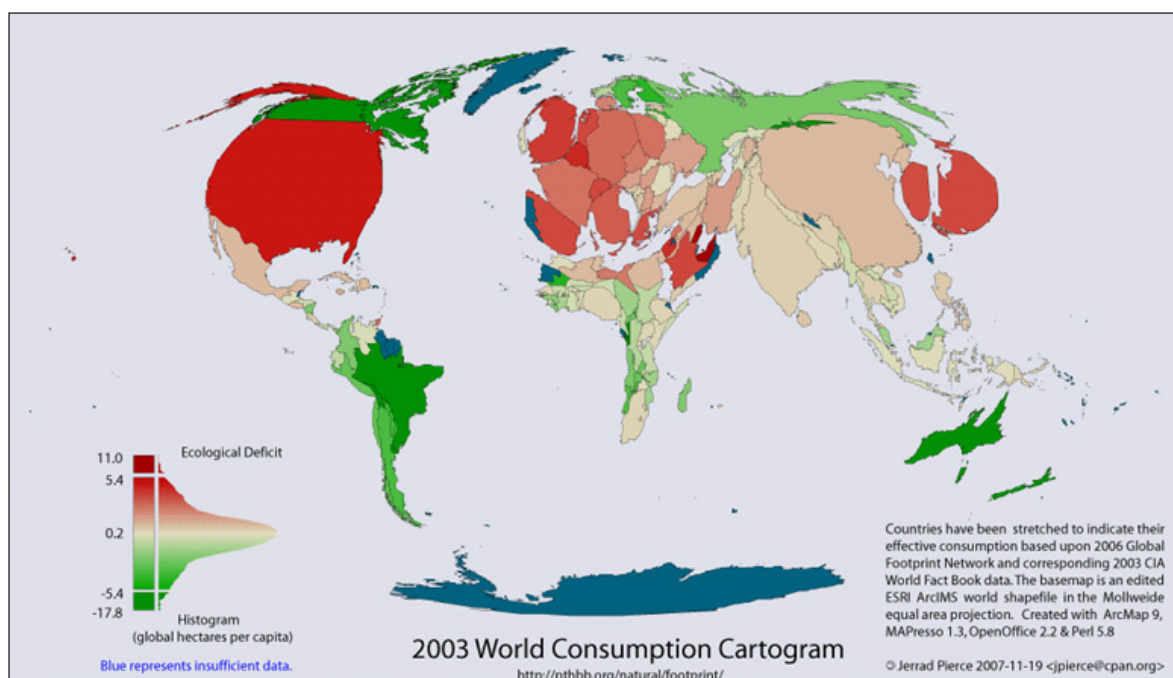
Am stärksten bedroht sind dabei Grasländer der gemäßigten Breiten, Savannen und Buschland (CRI 10,1), gefolgt von mediterranen Wäldern und Unterholz (CRI 8,2). Da der CRI die bisherigen Schutzmaßnahmen mit einbezieht, ergeben sich hier andere Schwerpunkte als z.B. bei den Biodiversitäts-Hotspots (Hoekstra et al., 2005) Daher kann er zur Zielsetzung weiterer Maßnahmen herangezogen werden (Groom et al., 2006).

Eine weitere große, internationale Studie zum Zustand der Ökosysteme weltweit ist das Millennium Ecosystem Assessment (MA), das 2001 von den Vereinten Nationen ins Leben gerufen wurde. Viele internationale Wissenschaftler werteten bis 2005 Daten über die Beeinträchtigung der Ökosystemdienstleistungen weltweit aus und kamen zu folgenden Schlüssen ([www.maweb.org](http://www.maweb.org)): Veränderungen in der globalen biologischen Vielfalt fanden aufgrund des menschlichen Einflusses in den letzten 50 Jahren wesentlich schneller statt als zuvor. Durch die Veränderung von Ökosystemen nach ihren Bedürfnissen und deren Ausbeutung hatten viele Menschen einen großen Gewinn zu verbuchen. Allerdings fanden diese Veränderungen mit großen Kosten für Ökosystemdienstleistungen, die Biodiversität allgemein und mit Folgen von Armut für andere Menschen statt. Um den Verlust der Biodiversität aufzuhalten,

müssten die Verursacher stärker zur Verantwortung gezogen und politische Langzeit-Pläne erstellt werden (MA, 2005).

### 2.1.8 Maßnahmen zum Erhalt der Biodiversität

Die Ursachen und Folgen der Bedrohung der Biodiversität zeichnen ein erschreckendes Bild vom jetzigen und vor allem zukünftigen Zustand der Natur auf der Erde, der vielen Menschen nicht unmittelbar bewusst ist. Der Ressourcenverbrauch der Menschen überschreitet die Kapazität unseres Planeten bei weitem, was der sogenannte Ökologische Fußabdruck eindrücklich veranschaulicht. Dieser Messwert gibt die Fläche an, die einzelne Menschen, Städte, Staaten oder alle Einwohner der Erde für ihr Leben verbrauchen. Der Ökologische Fußabdruck wurde 1994 entwickelt und seitdem immer wieder vom Global Footprint Network überarbeitet und aktualisiert (Wackernagel & Rees, 1996; [www.footprintnetwork.org](http://www.footprintnetwork.org)). Flächen und damit Ressourcen, die der Ökologische Fußabdruck mit einbezieht, sind: Fläche zur Energieproduktion (Entstehung von Kohlenstoffdioxid), Beweidung, Wald, Fischerei, Ackerland und Siedlungsfläche. Weltweit verbrauchen mittlerweile die Menschen durchschnittlich eine Fläche, die dem 1,5-fachen Umfang der Erde entspricht. Besonders hoch ist der nationale Pro-Kopf-Verbrauch an natürlichen Ressourcen in industrialisierten Staaten wie den USA, den Vereinten Arabischen Emiraten oder Australien (WWF, 2010; WWF, 2014). Das World Consumption Cartogramm (vgl. Abbildung 7) zeigt den durchschnittlichen ökologischen Fußabdruck der Einwohner der Länder (Farbe) im Verhältnis zum ökologischen Fußabdruck der Länder selbst (Größe des Landes). Hier zeigt sich die ungleiche Verteilung des Konsums auf der Erde ([www.footprintnetwork.org](http://www.footprintnetwork.org)).



**Abbildung 7:** World Consumption Cartogramm: Ökologischer Fußabdruck der Einwohner (Farbe) im Verhältnis zu dem der Länder (Größe des Landes) (Quelle: [www.footprintnetwork.org](http://www.footprintnetwork.org); Stand 2007)



Doch neben der zunehmenden Zerstörung gibt es auch viele internationale und nationale Bestrebungen zum Erhalt und Schutz der biologischen Vielfalt. Auch wenn viele andere Faktoren wie wirtschaftliche Interessen politische Krisen und gesellschaftliche Probleme wie Hungersnöte die Bemühungen oft in den Hintergrund stellen, finden doch seit einigen Jahrzehnten verstärkte Anstrengungen statt, die auch das allgemeine Bewusstsein bezüglich des Umgangs mit der Natur verändern (Baur, 2010). Dieses Kapitel erläutert die internationalen und nationalen politischen und gesellschaftlichen Bestrebungen, die zum Schutz der Biodiversität unternommen werden.

Das Übereinkommen über die Biologische Vielfalt (CBD), das in Rio de Janeiro 1992 auf der Konferenz der Vereinten Nationen zu Umwelt und Entwicklung verabschiedet wurde, stellt das erste große, internationale Abkommen zum Schutz der Biodiversität dar. Darin verpflichteten sich alle 193 beteiligten Staaten, Maßnahmen zum Schutz der biologischen Vielfalt zu ergreifen, zur nachhaltigen Nutzung ihrer Bestandteile und zum gerechten Zugang und Ausgleich von Vorteilen, die aus der Nutzung genetischer Ressourcen entstehen ([www.cbd.int](http://www.cbd.int)). Ein wichtiger, mittlerweile auch in anderen Bereichen genutzter Begriff, ist hier die Nachhaltigkeit. Nachhaltigkeit (engl. sustainability) im Sinne vieler Ökologen, Naturschutzverbände und der Vereinten Nationen bedeutet, dass das natürliche Kapital der Erde, wie die Bereitstellung von Luft, Wasser, Boden, Naturstoffen, Vegetation und Tierwelt von den Menschen nur in dem Maße genutzt wird, dass es sich immer wieder regenerieren kann (IUCN/UNEP/WWF, 1991; Lubchenco, 1991; UN, 1997). Die teilnehmenden Staaten der CBD treffen sich alle zwei Jahre zu einer Vertragsstaatenkonferenz (Conference Of the Parties, COP) und beraten über die Fortschritte und weiteren Maßnahmen zum Erreichen der Ziele. Die Vertragspartner haben sich mit der Ratifizierung der CBD unter anderem dazu verpflichtet, in ihrem Hoheitsgebiet Schutz- und Förderflächen für die Biodiversität auszuweisen und verbindlich zu sichern, Ökosystemdienstleistungen volkswirtschaftlich zu fördern und zu berücksichtigen, eine nationale Biodiversitätsstrategie zu entwickeln und umzusetzen und die Verantwortung für die globale Biodiversität stärker wahrzunehmen ([www.cbd.int](http://www.cbd.int)). Mittlerweile konnten schon einige internationale Maßnahmen umgesetzt werden, wie beispielsweise die Ausweisung von zusammen 100 000 Schutzgebieten, die weltweit eine Fläche von insgesamt 19 Millionen km<sup>2</sup> einnehmen. So sind 12,2% der Landfläche, 5,9% der küstennahen, marinen Fläche und knapp 1% der küstenfernen Meeresfläche zu Schutzgebieten geworden (UNEP-WCMC, 2008). Um auch die Wirtschaft stärker in die Pflicht zu nehmen, wurde auf der COP 9 in Bonn im Jahr 2008 die Business and Biodiversity-Initiative gegründet, deren Ziel die Übernahme des Nachhaltigkeitsprinzips auch für Firmen ist (BMU, 2009; BMU, 2010b). Desweiteren wurde in Bonn das Jahr 2010 zum Internationalen Jahr der Biodiversität erklärt, in dem durch gezielte Aufklärungskampagnen in der Öffentlichkeit verstärkt auf die Problematiken hingewiesen wurde ([www.cbd.int/2010/welcome](http://www.cbd.int/2010/welcome)). Im aktuellen Zwischenbericht der Internationalen Biodiversitätsdekade von 2010 bis 2020 wird allerdings auch eingeräumt, dass viele Bemühungen zum Erhalt der Biodiversität ohne die Bekämpfung anderer dringender globaler Probleme wie beispielsweise Hunger und Armut nicht zu erreichen sind (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2014).

Die Maßnahmen werden auch von führenden Naturschutzorganisationen als nicht ausreichend angeprangert. Denn die CBD enthält nur wenige zwingende Vorgaben für die beteiligten Parteien und ihre Ziele kollidieren oft mit anderen Interessen, zum Beispiel denen der Wirtschaft. Kritikern zufolge wäre eine stärkere Einbindung der Bereiche Rohstoffe, Verkehr, Tourismus, Bauwesen, Land-, Wald und Wasserwirtschaft in politischen Bestrebungen notwendig, um die Ziele der Konvention zu erreichen (Piechocki, 2007; Stadler, 2007; Streit, 2007).

Als weitere wichtige internationale Abkommen zu verschiedenen Aspekten der Biodiversität seien noch genannt:

- Die **Agenda 21** ist das Aktionsprogramm zur Umsetzung der CBD in der Entwicklungs- und Umweltpolitik, das von allen teilnehmenden Staaten auf der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung (UNCED) 1992 in Rio de Janeiro verabschiedet wurde. Es beinhaltet wichtige Inhalte zur Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung auf globaler und lokaler Ebene (Lokale Agenda 21) (UN, 1992).
- **CITES** (The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora), 1963 von der IUCN initiiert, zur Regulierung des Handels mit gefährdeten Pflanzen und Tieren ([www.cites.org](http://www.cites.org)).
- Die **Bonner Konvention CMS** (Convention on Migratory Species) ist eine seit 1979 bestehende Konvention zum Schutz der wild lebenden wandernden Tierarten ([www.cms.int](http://www.cms.int)).
- **Natura 2000** ist ein seit 2000 bestehendes EU-Netzwerk zur Umsetzung der Schutzbestimmungen für Lebensräume und Arten der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinien (FFH) ([www.bfn.de/0316\\_natura2000.html](http://www.bfn.de/0316_natura2000.html)).
- **Countdown 2010** ist ein Programm, das auf der COP 2002 in Johannesburg zusammen mit der IUCN entstand. Ziel war es, den Verlust der Biodiversität bis 2010 auf internationaler, nationaler und regionaler Ebene deutlich zu verringern ([www.IUCN.org](http://www.IUCN.org)).
- Das Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (**United Nations Framework Convention on Climate Change** (UNFCCC)) wurde so wie die CBD auf der UNCED in Rio de Janeiro von 154 Staaten unterschrieben. 1997 wurde das wesentlich verbindlichere **Kyoto-Protokoll** hinzugefügt. Das Rahmenübereinkommen hat zum Ziel, den menschlichen Einfluss auf die Klimaerwärmung zu verringern und diese zu verlangsamen. Damit wirkt sich dieses Übereinkommen indirekt auch auf den Schutz der globalen Biodiversität aus. Seit 2012 gilt das Nachfolge-Übereinkommen Kyoto II. Dies soll von dem **Pariser Abkommen** abgelöst werden, das im Dezember 2015 auf der COP 21 beschlossen wurde und nun von den 195 Teilnehmerstaaten ratifiziert werden muss. Es hat zum Ziel, die globale Klimaerwärmung auf unter 2 °C zu beschränken. Dafür müssten die weltweiten Nettotreibhausgasemissionen in den Jahren 2045 bis 2060 auf Null gesenkt werden ([www.unfccc.int](http://www.unfccc.int)).

Wie schon in der CBD festgelegt, verpflichteten sich alle teilnehmenden Länder zur Ausarbeitung und Umsetzung einer nationalen Biodiversitätsstrategie. Daher beschloss die Deutsche Bundesregierung im November 2007 die Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt, die die Ziele der CBD in Deutschland umsetzen soll (BMU, 2007; BMU, 2009). Darin werden über 300 konkrete Ziele mit genauen Zieldaten und über 400 Maßnahmen genannt, die die verschiedenen staatlichen und nicht staatlichen Akteure zum Handeln auffordern. Auch die Rolle Deutschlands im internationalen Biodiversitätsschutz wird dabei berücksichtigt (BMU, 2009). Die Punkte der nationalen Strategie zielen auf den Schutz der Biologischen Vielfalt und deren nachhaltige Nutzung auch unter Berücksichtigung sozialer Aspekte. Dazu gehören Maßnahmen zur Bildung und Aufklärung, zur Begrünung von Siedlungsflächen, die Errichtung von Naturparks und die Bereitstellung von Mitteln für Entwicklungsprojekte. Aktuell betreibt die Regierung die Naturschutz-Offensive 2020, in der innerhalb von 10 Handlungsfeldern die Ziele der nationalen Strategie stärker vorangetrieben werden sollen (BMUB, 2015a). Neben der nationalen Strategie unternimmt die Bundesregierung noch weitere Maßnahmen zum Schutz der Biodiversität, wie beispielsweise die Überarbeitung des Bundesnaturschutzgesetzes (BMU, 2010a), die Förderung des nationalen Naturerbes, die

Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) oder spezielle Artenschutzmaßnahmen. Der Naturschutz soll außerdem in Politikbereiche wie Agrar-, Wald-, und Fischereipolitik sowie Siedlungs- und Verkehrspolitik stärker integriert werden. Desweiteren gehören andere Themengebiete wie Klimawandel und Energiewende, Umwelt und Wirtschaft, Umweltqualität und Gesundheit und Umwelt und Bürger zu den Handlungsfeldern der Bundesregierung (BMU, 2009, BMUB, 2015b).

Neben den internationalen und nationalen politischen Bestrebungen gibt es schon lange viele gesellschaftliche Bemühungen zum Schutz der Biodiversität. Tatsächlich waren es die Umwelt- und Naturschutzorganisationen, die als erste auf die weltweite Bedrohung der Biodiversität hinwiesen und sich durch viele Projekte meist ehrenamtlich für den Erhalt der Biologischen Vielfalt einsetzen. Seit der Konferenz in Rio 1992 nimmt die Zahl der ökologisch ausgerichteten Verbände weltweit stetig zu (Oberthür, 2008; UIA, 2012). Mittlerweile sind einige dieser nicht-staatlichen Organisationen (engl. non-governmental organisations, NGOs) zu mitgliedsstarken, einflussreichen Institutionen herangewachsen, deren Expertise in Politik und Gesellschaft einen großen Stellenwert einnimmt. Internationale und nationale NGOs erzielen durch konkrete Projekte mit der lokalen Bevölkerung, durch das erfolgreiche Sammeln von Spenden oder das aktive Bewerben bestimmter Projekte für beliebte, repräsentative Arten (Flaggschiffarten) oft schneller Erfolge als politische Einrichtungen oder Bestimmungen. Manche von ihnen haben inhaltliche Schwerpunkte wie den Schutz ausgewählter Arten/Gruppen oder Gebiete, so dass sich ihre Arbeit gezielt auf deren Erhalt konzentriert (Martín-López et al., 2009; Primack, 2010). Aber auch zur Biodiversitätsforschung tragen sie durch finanzielle Unterstützung einen wichtigen Anteil bei (Zavaleta et al., 2008). Folgende internationale und nationale Umwelt- und Naturschutzorganisationen beteiligen sich unter anderem an den durchgeführten Schutzmaßnahmen:

- Der **IUCN** (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources), gegründet 1948, gehören knapp 1300 Staaten, Regierungsorganisationen, NGOs und weitere Mitglieder an. Sie sieht ihre Aufgabe in der Aufklärungsarbeit über Natur- und Umweltprobleme, um so für eine nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen zu sorgen. Sie erstellt die Rote Liste der bedrohten Arten und kategorisiert Schutzgebiete mit Hilfe der World Commission on Protected Areas ([www.iucn.org](http://www.iucn.org)).
- Der **WWF** (World Wildlife Fund for Nature), gegründet 1961, ist einer der größten internationalen Naturschutzorganisationen weltweit. Sein Hauptziel ist es, die biologische Vielfalt zu bewahren, erneuerbare Ressourcen nachhaltig zu nutzen und die Umweltverschmutzung zu verringern. Der WWF ist mittlerweile in über 100 Ländern vertreten und hat über 5 Millionen Förderer ([www.wwf.org](http://www.wwf.org)).
- **BirdLife International** ist eine internationale Organisation zum Schutz der Vögel, ihrer Lebensräume und der Erhaltung der weltweiten Biodiversität. Sie wurde 1922 gegründet und hat über 2,5 Millionen Mitglieder ([www.birdlife.org](http://www.birdlife.org)).
- **Greenpeace International** wurde 1971 aus der Friedensbewegung in Kanada heraus gegründet und hat über 3 Millionen Mitglieder weltweit. Es setzt sich mit medienwirksamen Kampagnen für allgemeine Umweltschutzthemen ein, wie für den Schutz der Wale, gegen die Überfischung der Meere oder gegen die Abholzung der Regenwälder ([www.greenpeace.org](http://www.greenpeace.org)).
- Der **NABU** (Naturschutzbund Deutschland e.V.) ist eine der ältesten und größten Naturschutzorganisationen Deutschlands. Seit seiner Gründung 1899 widmet er sich vor allem konkreten Naturschutzziele wie dem Erhalt von Flüssen, Wäldern oder dem Schutz

bestimmter Tierarten. Er ist der deutsche Partner von BirdLife International und hat über 500 000 Mitglieder ([www.nabu.de](http://www.nabu.de))

- Der **BUND** (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.) setzt sich ein für ein zukunftsfähiges Deutschland. Seit 1975 kämpft er mit mittlerweile knapp einer halben Million Mitgliedern für eine gerechte Nutzung des globalen Umweltraumes auf der Basis ökologischer Erneuerung und sozialer Gerechtigkeit. Er ist Mitglied im internationalen Netzwerk **Friends of the Earth** ([www.bund.net](http://www.bund.net)).

Neben den politischen und gesellschaftlichen Bereichen gibt es selbstverständlich noch weitere Fachgebiete, die sich mit dem Erhalt der Biodiversität auch für zukünftige Generationen auseinandersetzen. Die Wissenschaft, die Wirtschaft, die Technologie, die Rechtsprechung, die Ethik und die Pädagogik kämpfen auf verschiedenen Ebenen für eine zukunftsfähige Erde für folgende Generationen (Cade, 1992; Conway, 1992; Smith & Smith, 2009). Damit sich aber die Bedeutung der Biodiversität für den Menschen auch in der Gesellschaft vielschichtig verankern kann, ist eine intensive Aufklärungs- und Öffentlichkeitsarbeit von Nöten. Die Studie „Umweltbewusstsein in Deutschland 2014“ des deutschen Umweltministeriums ergab, dass 19% der Befragten den Umweltschutz als eines der wichtigsten Themen unserer Zeit sehen, 91% war es wichtig, so zu leben, dass sie sich mit der Umwelt im Reinen sehen. Auch die globale Verantwortung durch unsere Lebensweise und den Einfluss auf die weltweiten Umweltprobleme, kannten 86% der Befragten an. 86% der Bürger meinten, dass auch ihr persönliches Verhalten zu einer Lösung der Problematik beitragen müsse, 84% sahen aber auch die Politik in der Pflicht und verlangten strenge Gesetze für Gesellschaft und Wirtschaft. Trotzdem bezeichneten nur 27% die Umweltqualität in Deutschland als schlecht, 73% dagegen gut. In Bezug auf die weltweite Umweltqualität wurde diese von 93% als schlecht und von 7% der Befragten als gut eingestuft (BMUB, 2014). Wenn es um den Begriff Biodiversität an sich geht, sieht es allerdings etwas anders auf. Laut einer Studie von BioFrankfurt aus dem Jahr 2007 hatten nur 25,7% der bundesweit Befragten das Wort schon einmal gehört oder konnten sich darunter etwas vorstellen (BioFrankfurt, 2007). Bedingt durch die COP 9 2009 in Bonn und weitere COPs in den letzten Jahren nahmen die Berichterstattung im internationalen und deutschsprachigen Raum über Biodiversitäts-Themen periodisch zu. Weitere Befragungen durch BioFrankfurt ergaben im Herbst 2011 immerhin einen Anteil von 37% der Befragten, der die Frage nach der Kenntniss des Begriffes Biodiversität mit „ja“ beantwortete (Jung et al., 2012). Die trotzdem noch große Unwissenheit in der breiten Bevölkerung erweckt die Sorge, dass sie auch eine kollektive Gleichgültigkeit für die Vielfalt des Lebens, deren Bedrohung und Schutz mit sich bringt (Dierßen & Huckauf, 2008). Ein wichtiger Ansatzpunkt, um Menschen für den Wert der Biodiversität für ihr tägliches Leben und ihre eigene Rolle bei deren Erhalt zu sensibilisieren, ist die Natur- und Umweltbildung schon im Kindesalter. Hier übernehmen die Naturschutzverbände eine wichtige Funktion als Multiplikatoren (BMU, 2009; Hunter & Gibbs, 2010). Aber auch die internationale Politik trägt mit der UN-Dekade „Bildung für Nachhaltige Entwicklung“ (BNE) von 2005 bis 2014 und dem nachfolgenden Weltaktionsprogramm der UNESCO von 2014 bis 2019 dazu bei. Die Vereinten Nationen setzen damit das Ziel, Bildungsaktivitäten auf die Erfordernisse der nachhaltigen Entwicklung auszurichten. Dabei sind soziale Gerechtigkeit, ökologische Verträglichkeit und ökonomische Leistungsfähigkeit gleichrangige Bestrebungen des Konzepts. Bildung für nachhaltige Entwicklung soll Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen nachhaltiges Denken und Handeln vermitteln ([www.bne-portal.de](http://www.bne-portal.de)). Die Bundesregierung hat zur Umsetzung der Dekade das Deutsche Nationalkomitee „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ eingerichtet. Das Komitee stellt zusammen mit dem BMU-Bildungsservice nach neuesten pädagogischen

Erkenntnissen konzipierte Bildungsmaterialien für verschiedenste Zielgruppen zur Verfügung, betreibt Forschung in den Bereichen „Globales Lernen“, „Lebenslanges Lernen“ und „Außerschulische Lernorte“ und zeichnet bestimmte Bildungsprojekte als Dekade-Projekte aus (BMU, 2009). Die in der vorliegenden Arbeit entstandene Arbeitsmappe „Biologische Vielfalt erleben“ für die Sekundarstufe I ist ein ausgezeichnete Beitrag zur Dekade für Bildung für nachhaltige Entwicklung.

Sinn der Umweltbildung ist es auch, die Kluft zwischen dem Wissen über den Verlust der Biodiversität und ihres Schutzes und dem fehlenden Handeln auf privater, politischer und ökonomischer Ebene zu überbrücken. Die auf unserer Erde existierende Vielfalt an Genen, Arten und Ökosystemen ist das Ergebnis einer 3 Milliarden dauernden Entwicklung und es gibt viele Gründe, sich für deren Erhalt einzubringen (Baur, 2010).

## 2.2 Motivation und Interesse bei Lernprozessen an außerschulischen Lernorten

Im folgenden Kapitel wird auf die psychologisch-didaktischen Grundlagen der vorliegenden Studie eingegangen. Eine wichtige Rolle spielen dabei die Begriffe des Lernens, der aktuellen Motivation und des Interesses. Auch der Begriff „außerschulischer Lernort“ und seine Rolle im schulischen Biologieunterricht werden erläutert, ebenso wie die Verankerung des Themenkomplexes Biodiversität in außerschulischen Lernorten. Im Kontext der durchgeführten Studie wird desweiteren die Bedeutung von vor- und nachbereitendem Unterricht eines Lernort-Besuches erörtert.

### 2.2.1 Aspekte der Lernmotivation

Eine Auseinandersetzung mit Motivation und Interesse beim Lernen an außerschulischen Lernorten bedingt im Vorfeld eine klare Definition des Begriffs **Lernen**. In der Psychologie wird unterschieden zwischen Lernen als Verhaltensänderung (Konditionierung) und Lernen als Wissenserwerb (Kognitiver Prozess).

In der vorliegenden Arbeit wird Lernen im Sinne von Wissenserwerb verstanden und kann so „als Aufbau und fortlaufende Modifikation von Wissensrepräsentation definiert werden“ (Steiner, 2006). Hierbei ist Lernen ein komplexer, vielstufiger Prozess, der aus den Teilbereichen Verstehen, Abrufen und Speichern besteht und im Idealfall auch zur Übertragung und Anwendung des Gelernten, dem Transfer, führen kann. Dieser Lerntransfer ist ein extrem komplizierter Ablauf, der nicht nur von kognitiven Bedingungen abhängt, sondern auch maßgeblich von emotionalen, motivationalen und persönlichkeitsbezogenen Faktoren beeinflusst wird. Werden diese Faktoren beim Wissenserwerb mitberücksichtigt, spricht man von einer konstruktivistischen Sicht des Lernens. Lernen wird als individueller Aufbauprozess gesehen, in dem Erkenntnisse von den Individuen selbst konstruiert werden (Riemeier, 2007; Steiner, 2006).

**Motivation** ist ein essentieller Faktor beim Lernen, man spricht von der Lernmotivation. Doch nicht nur beim Lernen ist die Motivation von Bedeutung, vielmehr bietet sie die Grundlage zur Erklärung menschlichen Handelns. In der psychologischen Motivationsforschung werden daher die Fragen nach dem „Wozu“ und „Wie“ des motivierten Handelns untersucht. Dabei wird besonders den Wünschen, Zielen und Absichten von Handlungen auf den Grund gegangen (Wild et al., 2006; Heckhausen & Heckhausen, 2006).

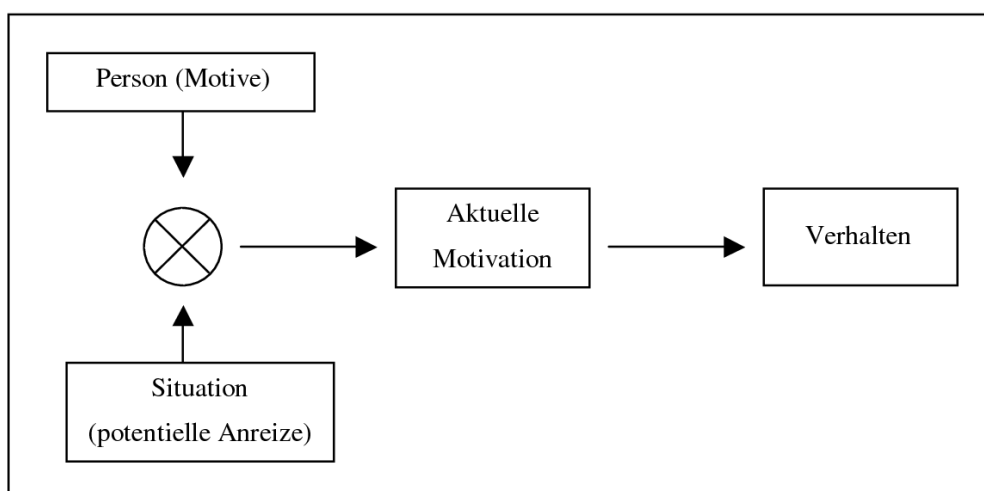
Bezüglich der Motivation und auch des später angesprochenen Interesses bestehen in der pädagogisch-psychologischen Forschung eine Vielzahl von Definitionen und theoretischer Konstrukte, die sich teilweise überschneiden oder widersprechen. In dieser Arbeit wird auf Rheinberg und Vollmeyer (2012) Bezug genommen, nach denen sich Motivation definieren lässt als die „aktivierende Ausrichtung des momentanen Lebensvollzugs auf einen positiv bewerteten Zielzustand“. Die Motive sind dabei überdauernde Bewertungsvorlieben im Sinne von stabilen Präferenzen für bestimmte Zustände (Schiefele, 2006; Rheinberg & Vollmeyer, 2012).

In Bezug auf die **Lernmotivation** spielen im aktuellen Forschungsdiskurs folgende Konzepte eine tragende Rolle:

- Leistungsmotivation
- Zielorientierung (Lernzielorientierung, Leistungszielorientierung)
- Interesse
- Flow-Erleben
- Extrinsische versus intrinsische Motivation
- Selbstbestimmung
- Persönliche Ziele
- Multiple Zielstrukturen
- Volition

(Wild et al., 2006).

Unter **leistungsmotiviertem Verhalten** versteht man Handlungen, die einem bestimmten Leistungsmotiv folgen. Kommt eine Person, die von ihren persönlichen Motiven geprägt ist, in eine motivpassende Situation, kann aus dem Motiv **aktuelle Motivation** entstehen, die dann das Verhalten und Erleben beeinflusst und steuert. Der Prozess der Motivanregung wird dabei als Motivierung bezeichnet (Rheinberg & Vollmeyer, 2012) (siehe Abbildung 8).



**Abbildung 8:** Das Grundmodell der „klassischen“ Motivationspsychologie  
(Quelle: Rheinberg & Vollmeyer, 2012)

Die Grundkomponenten bei der Entstehung der Leistungsmotivation sind die Erwartung, eine bestimmte Handlung erfolgreich durchführen zu können (Erfolgswahrscheinlichkeit) und der Wert, der der Handlung subjektiv zugeschrieben wird (Schiefele, 2009). Das so geprägte

Handeln entspricht dem Erwartungs-mal-Wert-Modell nach Atkinson (Atkinson, 1957). Das sogenannte Anspruchsniveau beschreibt dabei das Kompetenzlevel, das sich eine Person dabei selbst zuschreibt, um bestimmte Aufgaben zu lösen. Wird es erreicht, kommt es zu Erfolgserlebnissen (Erfolgsmotiv), wird es nicht erreicht, zu Misserfolg (Misserfolgsmotiv) (Petermann & Winkel, 2007). Die Herausforderung, die bei nicht zu leichten, aber dennoch bewältigbaren Aufgaben wahrgenommen wird, kann dabei das Kompetenzzempfinden steigern (Deci & Ryan, 1993; Rheinberg & Krug, 2005; Vollmeyer & Rheinberg, 2003). Diese Faktoren sind im Selbstbewertungsmodell der Leistungsmotivation nach Heckhausen (Brunstein & Heckhausen, 2006) zusammengefasst (siehe Abbildung 9).

3 Komponenten	Motivausprägung	
	erfolgszuversichtlich	mißerfolgsmeidend
1) Zielsetzung/ Anspruchsniveau	realistisch, mittel- schwere Aufgaben	unrealistisch, Aufgaben zu schwer oder zu leicht
2) Ursachen- zuschreibung	Erfolg	Anstrengung, gute eigene Tüchtigkeit
	Miße- erfolg	mangelnde Anstrengung/Pech
3) Selbstbewertung	Erfolgs-/Mißerfolgs- bilanz positiv	Erfolgs-/Mißerfolgs- bilanz negativ

**Abbildung 9:** Das Selbstbewertungsmodell der Leistungsmotivation nach Heckhausen  
(Quelle: Rheinberg & Vollmeyer, 2012)

Mit der Theorie der **Zielorientierung** soll dem „Warum“ einer Beschäftigung mit Lerninhalten auf den Grund gegangen werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass Zielorientierungen im Gedächtnis gespeicherte und im Selbstkonzept des Lerners verankerte Maßstäbe zur Bewertung des eigenen Lernerfolgs sind. Bei der **Lernzielorientierung** steht dabei das gesteckte Lernziel und sein Erreichen („mastery goal orientation“) im Vordergrund, bei der **Leistungszielorientierung** die vorzeigbare Leistung vor anderen Personen und die damit verbundene Anerkennung („performance goal orientation“) wie z.B. das Lob des Lehrers (Wild et al., 2006). Beide Zielorientierungen kommen beim Lernen in der Schule zum Tragen: Mehrere Studien zeigten, dass Schüler der Sekundarstufe I mit einer ausgeprägten Lernzielorientierung bessere Leistungen und einen höheren Wissenszuwachs aufwiesen also solche mit einer hohen Leistungszielorientierung (Zusammenfassung in: Köller, 2000b). Auf der anderen Seite wurde auch gezeigt, dass das Alter und Geschlecht oder in bestimmten Wettbewerbssituationen auch die Leistungszielorientierung zu besseren Leistungen anregen kann (Midgley et al., 2001).

Dem **Interesse** als Komponente der Lernmotivation wird in der vorliegenden Arbeit ein besonderer Stellenwert eingeräumt. In der pädagogischen Psychologie wird die Gegenstandsspezifität als essentielles Merkmal des Interesses angesehen (Krapp, 1992a; Krapp, 1992b; Schiefele, 1981). Laut Krapp (2010) bezeichnet Interesse „eine besondere, durch bestimmte Merkmale herausgehobene Beziehung einer Person zu einem Gegenstand“. Der Gegenstand, auf den sich das Interesse bezieht, kann dabei ein konkretes Objekt, ein Thema oder auch eine bestimmte Tätigkeit sein. Entwickelt sich Interesse als relativ dauerhaftes, dispo-

sitionales Merkmal einer Person mit starker Wertschätzung und langfristiger Beschäftigung mit dem Interessensgegenstand (z.B. Sportart), so spricht man von individuellem Interesse. Im Gegensatz dazu steht das situationale Interesse, das den durch einen äußeren Einfluss (z.B. spannendes Buch) hervorgerufenen Zustand der momentanen Interessiertheit beschreibt. Dieser Zustand ist durch erhöhte Aufmerksamkeit, Neugier und Faszination erkennbar (Krapp, 1992c; Schiefele, 2009; Vogt, 2007). Der Personen-Gegenstandsbezug des Interesses zeigt sich durch eine subjektive, positive Besetzung des Interessensgegenstandes (gefühlbezogene Valenz), durch die große Bedeutsamkeit bzw. Wichtigkeit, die einem Gegenstand zugeschrieben wird (wertbezogene Valenz) und auch durch das überdurchschnittliche erworbene Wissen über den Interessensgegenstand (kognitive Valenz) (Schiefele, 2009; Wild et al., 2006). Ganz wichtig ist hierbei, dass das Ausleben des individuellen Interesses als frei von äußeren Zwängen wahrgenommen wird (Selbstintentionalität) (Deci & Ryan, 2000a; Deci & Ryan, 2000b).

Studien im schulischen Kontext weisen darauf hin, dass Schüler mit fortschreitendem Alter lediglich anhaltende, individuelle Interessen für einzelne Schulfächer entwickeln und keineswegs mehr für alle Fächer gleich zu motivieren sind (Wild et al., 2006). Als Voraussetzung für die Entwicklung langanhaltender Interessen in der Schule wird zum einen die Wertigkeit gesehen (geforderte Tätigkeit stimmt mit persönlichen Zielen und Werten überein) und zum anderen die positiv wahrgenommene Qualität des Erlebens. Dafür sollten die drei grundlegenden psychologischen Bedürfnisse nach Kompetenz, Autonomie und sozialer Eingebundenheit erfüllt sein (Krapp, 2005a; Krapp, 2005b; s.u. Selbstbestimmung). Mit der wahrgenommenen Kompetenz hängt auch die bei der Bearbeitung von Aufgaben empfundene Herausforderung zusammen. Wie schon im Abschnitt zur aktuellen Motivation erwähnt, hat die Schwierigkeit von Aufgaben einen Einfluss auf die vorhandene Leistungsmotivation. Bezüglich des Interesses kann ein direkter Zusammenhang zwischen der Herausforderung und dem Interesse gemessen werden. So zeigte eine Studie mit Studenten, dass Aufgabenstellungen, die als zu schwer oder aber zu leicht eingeschätzt wurden, mit geringerem Interesse an den Aufgabeninhalten verbunden waren (Rheinberg & Vollmeyer, 2000).

Im Verlauf der Schulzeit verändern sich individuelle Interessen für bestimmte Schulfächer oft. Im Jugendalter werden diese Interessen auch zunehmend eingesetzt, um anhand der gesellschaftlichen Besetzung der Fächer das tatsächliche oder erwünschte Selbstbild gegenüber den Mitschülern und Lehrern auszudrücken. Damit ist das individuelle Interesse Bestandteil der jugendlichen Identitätsentwicklung (Köller et al., 2000a; Köller et al., 2000b; Krapp, 1992b).

Auch geschlechtsspezifische Interessen an bestimmten Schulfächern werden durch das Image der Schulfächer beeinflusst. So wurden beispielsweise in einer Studie Schülerinnen, die das Lieblingsfach Physik hatten, von ihren männlichen Mitschülern als besonders wenig weiblich beurteilt, was dem gewünschten Selbstbild und den Peergroup-Normen von Schülerinnen besonders im Jugendalter widerspricht (Kessels, 2005).

Ein weiterer Aspekt, der mit Motivation verbunden wird, ist das sogenannte **Flow-Erleben**. Gemeint ist damit der „Zustand des (selbst-)reflexionsfreien gänzlichen Aufgehens in einer glatt laufenden Tätigkeit“ (Rheinberg & Vollmeyer, 2012), der erstmals von Csikszentmihalyi in Zusammenhang mit verschiedenen Tätigkeiten wie z.B. Sport, Musizieren, Autofahren oder Lösen von Aufgaben untersucht wurde (Csikszentmihalyi & Schiefele, 1993; Csikszentmihalyi & Csikszentmihalyi, 2006). Einige charakteristische Merkmale des Flow-Erlebens sind die optimale Beanspruchung (Tätigkeit ist nicht zu leicht oder zu schwer und unter Kontrolle), die klare Handlungsanforderung (man weiß immer genau, was zu tun ist), ein als



glatt empfundener Handlungsablauf, die völlige Ausblendung anderer Geschehnisse und das „Verschmelzen“ mit der Tätigkeit (Rheinberg, 2006; Rheinberg et al., 2007). Die Bedeutung von Flow für das Lernen wird kontrovers erörtert. Hierbei wird vor allem diskutiert, unter welchen Umständen Flow entsteht und inwiefern wahrgenommener Flow die Leistung verbessern kann (Csikszentmihalyi & Schiefele, 1993; Rheinberg et al., 2003; Rheinberg, 2006). In Studien wurde gemessen, dass Flow oft dann auftritt, wenn Aufgaben mit einer idealen Schwierigkeit gelöst werden, also eine optimale Herausforderung darstellen und somit zu einer erhöhten Leistung führen (Rheinberg et al., 2003). Dennoch ist der Rückschluss, dass die optimale Herausforderung automatisch auf Flow schließen lässt, nicht unbedingt zulässig, da der Aufgabenkontext immer auch eine wichtige Rolle spielt (Rheinberg & Vollmeyer, 2012).

Eng verbunden mit Interesse und Flow ist auch das Konzept der **extrinsischen bzw. intrinsischen Motivation**. Doch kaum ein Konstrukt ist in der pädagogischen Psychologie so umstritten wie die Definition der intrinsischen Motivation (Krapp, 1999). Der aktuellste Versuch einer Definition stammt von Schiefele und Köller (2010). Demnach ist intrinsische Motivation „der Wunsch oder die Absicht, eine bestimmte Handlung durchzuführen, weil die Handlung selbst als spannend, herausfordernd etc. erscheint“ (Schiefele & Köller, 2010). Eine Handlung wird also um ihrer selbst Willen durchgeführt und stellt ihre eigene Belohnung dar. Als extrinsisch motiviert dagegen wird „der Wunsch oder die Absicht definiert, eine Handlung durchzuführen, um damit positive Folgen herbeizuführen oder negative Folgen zu vermeiden“ (Schiefele & Köller, 2010). Diese Folgen liegen dabei außerhalb des Handelns und stehen nur in einem indirekten Bezug dazu (z.B. Lob des Lehrers für gute Leistung). Die Unterscheidung zwischen intrinsisch motivierten und extrinsisch motivierten Handlungen ist in manchen Fällen jedoch schwierig. Werden zum Beispiel Schüler von einer Lehrperson zum Lesen eines Textes angeregt (extrinsisch), kann dies aus Interesse für die Tätigkeit (tätigkeitszentrierter Lernmotivation) oder den Inhalt des Textes (gegenstandszentrierter Lernmotivation) unter bestimmten motivationalen Anreizbedingungen auch zu einer intrinsisch motivierten Handlung werden (Schiefele & Schreyer, 1994).

Eine der wichtigsten dieser Anreizbedingungen ist die sogenannte **Selbstbestimmung**. Die amerikanischen Psychologen Deci und Ryan untersuchten die Entstehung der wahrgenommenen Selbstbestimmung beim Lernen auf den Erfolg und entwickelten die Selbstbestimmungstheorie (Deci & Ryan, 1993; Deci & Ryan, 2000a; Deci & Ryan, 2000b). Demnach müssen als Voraussetzung für das Zustandekommen intrinsischer Motivation drei essentielle psychologische Grundbedürfnisse, die „basic needs“, erfüllt sein. Diese Grundbedürfnisse sind Autonomie, Kompetenz und soziale Eingebundenheit. Sind diese Bedingungen erfüllt, kann extrinsisch motiviertes Verhalten durch die Übernahme von Werten und Handlungszielen auch in selbstbestimmt wahrgenommene intrinsische Motivation umgebildet werden. Dies geschieht in einem vierstufigen, reversiblen Prozess der Internalisierung und Integration. Dieser führt jeweils auf die nächsthöhere Stufe einer auf Selbstbestimmung beruhenden (extrinsischen) Handlungsregulierung. Zwischen diesen Stufen der extrinsischen Handlungsregulierung liegt der zunehmende Grad der wahrgenommenen Selbstbestimmung (Krapp, 2005a; Krapp, 2005b; Wild et al., 2006). Deci und Ryan (1993) nennen diese vier Stufen externe Regulation, Introjektion, Identifikation und Integration.

Eine breit angelegte Metaanalyse hat gezeigt, dass beim Lernen vorhandene intrinsische Lernmotivation mit tiefgehenden Lernstrategien und folglich besseren Lern- und Studienleistungen zusammenhängt. Lediglich extrinsisch motivierte Lernprozesse sind dagegen oberflächlicher und nicht langanhaltend (Schiefele & Schreyer, 1994; Wild et al., 2006).

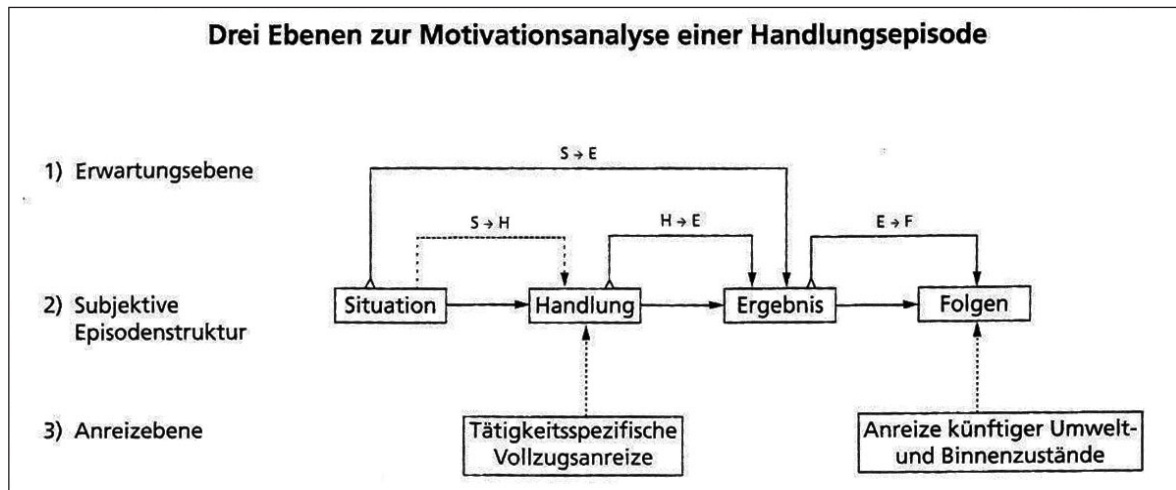
Neben den Motiven als Handlungsursachen gibt es auch die übergeordneten **persönlichen Ziele**, die sich auf individuelle Wünsche für das Leben beziehen und sich auf die Emotionen auswirken, die mit dem Erreichen dieser Ziele direkt oder indirekt verbunden ist. Schüler nennen als persönliche Ziele oft soziale Ziele (z.B. Familiengründung), Berufs- oder Arbeitsziele (z.B. guter Schulabschluss) und selbstbezogene Ziele (z.B. Auto besitzen) (Wild et al., 2006). Es wird davon ausgegangen, dass die beiden Motivationssysteme Motive und persönliche Ziele für das persönliche Wohlbefinden einer Person übereinstimmen sollten. Andernfalls kommt es z.B. in beruflichen Situationen zu einer erhöhten Frustration (Brunstein et al., 1998). In der Schule ist die Aufmerksamkeit der Schüler oft auf mehrere Ziele gleichzeitig gerichtet, die sich zum Teil auch widersprechen. Dieser Zielkonflikt zeigt sich, wenn akademische Ziele (z.B. guter Abschluss) mit anderen, beispielsweise sozialen Zielen (z.B. kein Streber sein) kollidieren.

Dieser Entscheidungskonflikt bei **multiplen Zielstrukturen** zwischen Leistung und Wohlbefinden führt bei Schülern häufig zu Unlustgefühlen und Unsicherheit. Nach der Theorie der motivationalen Handlungskonflikte (Hofer et al., 2005) kommt es bei gleich starker Intention für zwei sich widersprechenden Ziele zu einer Überlastung des Arbeitsgedächtnisses und zu Störungen sowohl der Planung als auch der Ausführung von Handlungen. Diese Beobachtungen wurden eher bei genussorientierten als bei leistungsorientierten Schülern gemacht (Schmid et al., 2005).

Motivation allein führt in der Regel nicht zur Umsetzung bestimmter Vorhaben. Dafür ist auch die **Volition**, der Wille, eine wichtige Voraussetzung. Volitionen sind „eigene regulative Prozesse, die entscheiden, welche Motivationstendenzen bei welcher Gelegenheit und auf welche Weise realisiert werden“ (Heckhausen & Heckhausen, 2006). Die Umsetzung von Intentionen für bestimmte Handlungen ist also davon anhängig, ob diese von konkurrierenden Handlungszielen oder anderen Ablenkungen abgeschirmt werden. Nach der Handlungskontroll-Theorie von Kuhl (Kuhl, 1996) werden beim Lernen nach der Motivationsphase bei der Umsetzung von Intentionen fünf Mechanismen eingesetzt: Fokussierung der Aufmerksamkeit auf handlungsbegünstigende Informationen, Ausblendung von Informationen über alternative Handlungsmöglichkeiten, Anregung positiver und Unterdrückung leistungshemmender Emotionen, Bewusstmachung der positiven Folgen des Lernens, gezielte Kontrolle nachteiliger Umweltfaktoren (z.B. Beseitigung von Ablenkreizen). Dabei betreffen die letzten beiden Faktoren die Förderung der eigenen Motivation (Wild et al., 2006). In Studien wurde gezeigt, dass die Volitionskomponenten mit anderen Motivationskomponenten korrelieren. Allerdings fällt dies erst ab der neunten Schulstufe so ins Gewicht, dass Schüler mit deren Hilfe ihre Leistungen im Vorfeld einschätzen können (Wild et al., 2006).

### 2.2.2. Lernmotivation und Interesse im schulischen Kontext

In der vorliegenden Studie spielt vor allem die Entstehung von aktueller Motivation in konkreten Lernsituationen im schulischen und außerschulischen Kontext eine Rolle. Zu den Bedingungen und Abläufen der Motivationsentstehung in einer solchen Lernsituation wurde das Risikowahlmodell der Leistungsmotivation nach Atkinson von Rheinberg zum **handlungstheoretischen Modell der Motivation** erweitert (Rheinberg & Vollmeyer, 2012; Wild et al., 2009), das in Abbildung 10 dargestellt ist.



**Abbildung 10:** Zweck- und tätigkeitsspezifische Anreize im erweiterten handlungstheoretischen Modell der Motivation (Quelle: Rheinberg & Vollmeyer, 2012)

Das Modell zeigt drei Ebenen: die Erwartungsebene, die subjektive Episodenstruktur und die Anreizebene. Dabei zeigt die mittlere Ebene die wichtigsten Elemente der klassischen Handlungsepisode, nämlich die Situation (S), die Handlung (H), das Ergebnis (E) und die daraus entstehenden Folgen (F). Der Prozess der Motivierung wird zum einen von den Erwartungen und zum anderen von den Anreizen, also auch der Bewertung von Handlungen und deren Folgen, beeinflusst. Bei mehreren Handlungsalternativen hängt die Absicht, eine Handlung dann tatsächlich durchzuführen, von einer besseren „Kosten-Nutzen-Bilanz“ zu alternativen Handlungen ab.

Bezüglich der Erwartungen stellen sich für lernmotivierte Lerner folgende Fragen (siehe Abbildung 10):

- ( $S \rightarrow E$ ): Situations-Ergebnis-Erwartung: Was ist die Konsequenz, wenn ich nicht handle?
- ( $S \rightarrow H$ ): Situations-Handlungs-Erwartung: Wie leicht fällt es mir, in dieser Situation die erwartete Handlung durchzuführen?
- ( $H \rightarrow E$ ): Handlungs-Ergebnis-Erwartung: Wie kann ich das Ergebnis durch mein eigenes Handeln beeinflussen?
- ( $E \rightarrow F$ ): Ergebnis-Folgen-Erwartung: Zieht ein Ergebnis die gewünschten Folgen für mich nach sich?

Als Anreize für die Motivation spielen zum einen künftige Umwelt- und Binnenzustände und zum anderen die mit der Tätigkeit verbundene Handlungsqualität (tätigkeitsspezifische Vollzugsanreize) eine Rolle. Diese tätigkeitsspezifischen Vollzugsanreize versprechen Freude oder Spaß an der Tätigkeit an sich und fallen vor allem bei Freizeithandlungen (z.B. Sport, Musizieren, etc.) ins Gewicht. Bezüglich des Lernens geht man davon aus, dass individuell unterschiedlich eher folgenspezifische Anreize (Lob des Lehrers, gute Noten, Bestehen der Klausur) oder auch tätigkeitsspezifische Anreize bei der Handlungsmotivation entscheidend sind (dispositioneller Anreizfokus) (Rheinberg & Vollmeyer, 2012; Wild et al., 2006).

Die **Lernmotivation** von Schülern wird neben den in Kapitel 2.2.1 genannten Faktoren zusätzlich von weiteren Einflüssen geprägt, wie zum Beispiel der Lerngruppe, dem Lernklima, dem Elternhaus, der Lehrperson, aber auch dem Geschlecht und **Alter** (Wild et al., 2006). Gerade im Hinblick auf das Alter lies sich zeigen, dass mit zunehmendem Alter der Schüler die Lernmotivation und das Interesse am Unterricht stetig abnimmt (Fend, 1997). Dies beginnt schon in der Grundschule und verstärkt sich besonders zwischen der 6. und 7. Klasse. Bezüglich des **Geschlechts** wurde herausgefunden, dass das Absinken der Lernmotivation auch von den unterrichteten Fächern abhängt. So sank die Lernmotivation für Schulfächer wie Mathematik und Physik im Allgemeinen bei weiblichen Schülern stärker als bei männlichen, nur bei einzelnen Themengebieten v.a. im humanbiologischen Bereich war bei Mädchen ein höheres Interesse zu beobachten (Holstermann & Bögeholz, 2007). Als Erklärung für die sinkende Lernmotivation werden mehrere Gründe genannt: Zum einen wird es als Nebeneffekt der Pubertät erachtet, eine Zeit, in der sich die Interessen der Schüler im Allgemeinen stark verändern (Gruber et al., 2006). Zum andern wird auch die veränderte Lernsituation ab der Sekundarstufe I als Begründung herangezogen, was in der „Stage-Environment-Fit-Theorie“ von Eccles (Eccles, 2004) ausgedrückt wird. Diese besagt, dass der Lerndruck höher, die Vergabe der Noten strenger und die soziale und emotionale Betreuung der Schüler von Seiten der Lehrer über den Unterricht hinaus oft geringer ist als noch in der Grundschule. Zusätzlich wird der Unterricht ab der Sekundarstufe I in der Regel stärker lehrerdominiert und -zentriert gestaltet, was dem Streben nach den Grundbedürfnissen nach Autonomie und Selbstbestimmung gemäß der Selbstbestimmungstheorie widerspricht (Deci & Ryan, 2000a).

Der Erfüllung der „basic needs“ Autonomie, Kompetenz und soziale Eingebundenheit wird bei der Generierung von Lernmotivation und langfristigen Interessen in einer konstruktivistischen **Lernumgebung** eine wichtige Funktion zugeschrieben. Pawek (2009) nennt folgende Kriterien für einen interessenfördernden naturwissenschaftlichen Unterricht, die in der vorliegenden Studie mit berücksichtigt wurden:

- **Authentizität und Alltagsbezug:** Der Unterricht sollte besonders wissenschaftliche Lernsituationen möglichst realistisch widerspiegeln. Die Schüler sollen dabei das Gefühl haben, den Wissenschaftlern bei ihrer Arbeit über die Schulter schauen zu können. Gleichzeitig sollte die Arbeit einen Bezug zur Lebenswelt der Schüler haben, Forschungsergebnisse also zum Beispiel mit täglichen Gegenständen verbunden sein oder einen technischen oder medizinischen Wert aufweisen (Pawek, 2009). So kann der Unterrichtsinhalt an vorhandenes Vorwissen anknüpfen, was wiederum die Lernmotivation begünstigt (Wild et al., 2006)
- **Zusammenarbeit und Betreuung/Atmosphäre:** Für die soziale Eingebundenheit ist die Atmosphäre in der Lerngruppe sehr bedeutend. Hier sind Kleingruppen ideal, so dass die Kommunikation über fachliche, aber auch andere Inhalte ungezwungen zwischen Schülern statt finden kann. Aber auch die Lehrperson (Lehrer oder in außerschulischen Lernorten Wissenschaftler) beeinflussen mit ihrer persönlichen Motivation das Lernverhalten der Schüler (Pawek, 2009).
- **Herausforderung und Verständlichkeit:** Die Verständlichkeit der gestellten Aufgaben und Hintergründe sind eine Grundvoraussetzung für ein Erfolgserlebnis bei Schülern. Wie schon oben erwähnt, sollte die Schwierigkeit der Aufgaben so gestaltet sein, dass sie zwar lösbar, aber auch nicht zu leicht gestaltet sind. So kann das optimale Kompetenzerfinden der Schüler gefördert werden (Rheinberg & Krug, 2005).

- **Offenheit und aktive Beteiligung:** Besonders in Bezug auf Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht wird immer wieder das richtige Maß an Instruktion diskutiert. Völlig freie, offene Experimente ohne Instruktion werden dabei ebenso wenig für gut geheißen wie gänzlich fertig strukturierte, ergebnisklare Versuche. Hier werden strukturierte Experimente, die auch Fehler und Irrwege zulassen und damit die Eigenleistung der Schüler herausfordern, als am stärksten kompetenz- und autonomiefördernd angesehen (Pawek, 2009).

### 2.2.3 Außerschulische Lernorte im Biologieunterricht

Lernen ist immer ein ortsgebundener Prozess. Das Erwerben von Kenntnissen, das Erlernen von Fertigkeiten oder die Entwicklung von Fähigkeiten und Einstellungen bei Kindern und Jugendlichen passiert zu Hause, in ihrem täglichen Umfeld und natürlich auch häufig im „Lernort Schule“. Eine Aufgabe der Schule ist es aber auch, Lernorte außerhalb des Klassenzimmers mit einzubeziehen und den Schülern die Möglichkeit zu geben, lebensweltbezogen zu lernen, um so neue Zusammenhänge zum Gelernten herzustellen (Killermann et al., 2009). Die Idee, besonders Biologieunterricht auch außerhalb des Schulgebäudes stattfinden zu lassen, ist nicht neu. Die klassische Umwelt- und Naturschutzpädagogik zielt auf Erfahrungen mit der Natur direkt im Freien ab, aber auch der Biologieunterricht außerhalb des Klassenzimmers wird von verschiedenen Didaktikern gefordert und für gut geheißen (z.B. Killermann et al., 2009; Schmeil, 1896; Riedel & Trommer, 1981; eine Übersicht findet sich bei Pohl, 2008). Unter einem außerschulischen Lernort wird dabei „generell ein Lernort außerhalb der Schule verstanden, der von Schülern gemeinsam mit den Lehrkräften im Rahmen des Unterrichts zum Zweck des anschaulichen Lernens besucht wird“ (SUB, 2009). Man unterscheidet dabei

- **nicht didaktisch aufbereitete Lernorte** wie Naturstandorte (Wald, Wiese oder Gewässer) oder Betriebe (Gärtnereien, Bauernhöfe, Kompostieranlagen, Kläranlagen)
- und **didaktisch aufbereitete Lernorte** (botanische und zoologische Gärten, Museen, Umweltzentren, Schülerlabore, Umweltmobile etc.). Diese bieten schon durch ihre Struktur und einfache Hinweise wie Beschilderungen eine didaktische Aufbereitung für alle Besucher. Häufig werden außerdem interaktive Exponate, Mitmachangebote oder pädagogische Begleitprogramme wie Unterrichtsmaterialien für Schüler und/oder Lehrer, Führungen, Workshops, Lehrerfortbildungen und vieles andere angeboten (Killermann et al., 2009; Spörhase-Eichmann & Ruppert, 2004).

Aus pädagogischer Sicht können Lernorte auch aufgrund der Form des dort statt findenden Lernens kategorisiert werden. Hierbei wird unterschieden zwischen formalem, nicht formalem und informellem Lernen (Overwien, 2005). Formales Lernen ist „Lernen, das üblicherweise in einer Bildungs- oder Ausbildungseinrichtung stattfindet, in Bezug auf Lernziele, Lernzeit oder Lernförderung strukturiert ist und zur Zertifizierung führt. Es ist aus der Sicht des Lernenden zielgerichtet“ (Eshach, 2007; Europäische Kommission, 2002). Formale Lernorte sind folglich öffentliche Einrichtungen wie Schulen und Hochschulen und können nicht zu den außerschulischen Lernorten gezählt werden (Kirschner, 2008).

Außerschulische Lernorte werden bezüglich des Lernens kategorisiert in

- **nicht formale Lernorte:** Dort findet Lernen nicht in Bildungs- oder Berufsbildungseinrichtungen statt und führt üblicherweise nicht zur Zertifizierung. Gleichwohl ist es systematisch in Bezug auf Lernziele, Lerndauer und Lernmittel. Aus Sicht der Lernenden ist es zielgerichtet (Europäische Kommission, 2002). Museen, zoologische und botanische Gärten oder Umweltzentren, aber auch Gärtnereien oder Betriebe sind dann nicht formale Lernorte, wenn die Lernenden an einer Führung, einem Kurs oder einem anderen didaktischen Programm teilnehmen, mit denen ein bestimmtes Lernziel erreicht werden soll.
- **informelle Lernorte:** Dort findet Lernen im Alltag, am Arbeitsplatz, im Familienkreis oder in der Freizeit statt. Es ist in Bezug auf Lernziele, Lernzeit oder Lernförderung nicht strukturiert und führt üblicherweise nicht zur Zertifizierung. Informelles Lernen kann zielgerichtet sein, ist jedoch in den meisten Fällen nichtintentional oder inzidentell/beiläufig (Europäische Kommission, 2002). Didaktisch nicht aufbereitete Lernorte wie Wälder, Wiesen oder auch Seen sind informelle Lernorte. Aber auch didaktische aufbereitete Lernorte wie Museen können informelles Lernen unter der Voraussetzung bedingen, dass der Lernende sich völlig frei und selbstbestimmt darin bewegt und die angebotenen Lernmedien nach seinen Wünschen nutzen kann.

Vorraussetzungen für einen sinnvollen Biologieunterricht außerhalb der Schule sind bestimmte Struktur- und Qualitätsmerkmale der außerschulischen Lernorte. Außerschulische Lernorte sollen für bestimmte Inhalte repräsentativ sein, ohne großen organisatorischen Aufwand erreichbar sein und das Beobachten, Erkunden, Untersuchen und problemorientierte Nachdenken fördern (Killermann et al., 2009). Ein wichtiges gemeinsames Kriterium ist dabei, dass im Rahmen des außerschulischen Unterrichts immer gezielt und planmäßig die originale Begegnung mit der Umwelt gesucht wird (Berck & Starosta, 1990; Esser, 1978). Außerschulische Lernorte können im Rahmen kürzerer, schulnaher Ausflüge (Unterrichtsgang, Lehrwanderung) oder längerer, mehrtägiger Studienfahrten zu weiter entfernten Zielen besucht werden (Killermann et al., 2009).

#### 2.2.4 Lernen an außerschulischen Lernorten

Unterricht an außerschulischen Lernorten wird von den meisten Lehrern und Schülern begrüßt. Eine Studie von Pohl (2008), in der 561 Lehrer den Unterricht an außerschulischen Lernorten beurteilten, ergab, dass die meisten Lehrkräfte dem außerschulischen Unterricht eine positive Wirkung auf das soziale Gefüge der Lerngruppe zusprechen. Vor allem die Lehrkräfte der Hauptschule schätzten den Mehrwert für den Lernerfolg der Schüler verhältnismäßig hoch ein (Pohl, 2008). Auch Schüler stehen dem Besuch von außerschulischen Lernorten meist positiv gegenüber und erleben diesen als ein gutes affektives Erlebnis im Klassenverband, wie mehrere Studien zeigten (z.B. Falk & Dierking, 2000; Pawek, 2009; Streller, 2009).

Als wichtige Aspekte des Lernens an außerschulischen Lernorten für den Biologieunterricht werden folgende genannt:

Für den Biologieunterricht ist der direkte Kontakt mit Tieren und Pflanzen in ihrer natürlichen, authentischen Umgebung sehr wichtig. Der Besuch eines außerschulischen Lernorts entspricht daher dem „Prinzip der **originalen Begegnung**“ (Killermann et al., 2009). Diese

originale Begegnung ermöglicht es den Schülern, Lebewesen in ihrem realen Habitat kennen zu lernen und die sachlich-inhaltliche Auseinandersetzung mit Anreizen für alle Sinne zu ergänzen. So können Schüler beispielsweise bei der Untersuchung von Bachlebewesen Tiere und Pflanzen nicht nur beobachten und deren Interaktion mit ihrer Umwelt erfahren, sondern nehmen gleichzeitig alle Elemente des ganzen Ökosystems wahr (z.B. kaltes Wasser, Vogelzwitschern, Licht, Bäume). So trägt diese Begegnung viel zum Prinzip der Anschaulichkeit des Biologieunterrichts bei, welches auf die Entwicklung möglichst konkreter Vorstellungen der Unterrichtsgegenstände durch erfahrungsbezogenes Lernen abzielt (Spörhase-Eichmann & Ruppert, 2004).

Die originale Begegnung mit dem Unterrichtsgegenstand ermöglicht desweiteren **Primärerfahrungen**. Damit ist der unmittelbare Kontakt des Lernenden mit dem Lerngegenstand gemeint. So kann beispielsweise ein Tier im Zoo oder eine Pflanze im Wald multisensorisch mit allen Merkmalen und Eigenheiten in einem assoziativen Umfeld erlebt werden. Dies steht im Gegensatz zu Sekundärerfahrungen, bei denen der Lerngegenstand durch Hinweise, Texte, Bilder, Modelle oder andere Medien vermittelt wird, wobei hier oft eine Fokussierung auf bestimmte Besonderheiten der Merkmale stattfindet (Spörhase-Eichmann & Ruppert, 2004). Wissen aus Primärerfahrungen verankert sich aufgrund seiner Lebensnähe stärker bei den Schülern, da es nicht nur die kognitive, sondern auch die affektive Ebene anspricht und so einen emotionalen Zugang zur Umwelt ermöglicht. Dies erleichtert die Bildung von Wertvorstellungen und kann zu einer verantwortungsbewussten Haltung gegenüber der Natur führen (Bögeholz, 1999; Bögeholz, 2006; Killermann et al., 2009).

Auch die Förderung des **handlungsorientierten Lernens** ist ein gutes Argument für den Besuch eines außerschulischen Lernorts. Damit ist „eine Konzeption gemeint, die durch einen hohen Eigenanteil der Lernenden gekennzeichnet ist. Es wird erwartet, dass durch handlungsorientierten Unterricht vermitteltes Wissen nicht als träges Wissen im Gedächtnis gespeichert, sondern in konkreten Handlungssituationen nutzbar gemacht werden kann“ (Ruppert & Lehnert, 2001; Tenorth & Tippelt, 2007). Das Handeln zeichnet sich dabei durch die Verknüpfung gedanklicher Auseinandersetzung mit selbstverantwortlicher, zielgerichteter Aktivität der Schüler aus. Es ist durch Interesse und Neugierde angeregt und veranlasst die Schüler zu ganzheitlicher Aktivität (Graf, 2004). An außerschulischen Lernorten wird das handlungsorientierte Lernen in der Richtung unterstützt, dass die Schüler dort oft in kleineren Lerngruppen Aufgaben selbständig lösen sollen. Dabei sind kognitive Elemente wie Überlegen, Abwägen und Planen ebenso gefragt wie praktische Tätigkeiten und deren Reflexion bei der Umsetzung der Aufgabe. Leistungsschwachen Schülern kommt dabei die verstärkte Handlungsorientierung an außerschulischen Lernorten besonders zu Gute (Gudjons, 2008; Spörhase-Eichmann & Ruppert, 2004).

Durch das Arbeiten in kleinen Lerngruppen wird ein **Aufbrechen der üblichen Lehr- und Sozialform** bedingt. Der Unterricht orientiert sich von der lehrerzentrierten, fragend-entwickelnden Form hin zu einer schülerzentrierten, stärker selbstbestimmten Form, so dass soziale Kontakte mit den Mitschülern und Lehrkräften unkompliziert ausgebaut werden können. Außerdem wird das Gemeinschaftserleben durch die miteinander geteilten Eindrücke und das eigenständige Arbeiten gefördert (Eschenhagen et al., 2006; Killermann et al., 2009).

Der Besuch eines außerschulischen Lernorts kann für die Schüler zu einem besonderen Erlebnis werden. Diese **Erlebnisorientierung** verschafft den Schülern einen emotionalen Zugang zu den Lerninhalten und kann sie zu einer weiteren Beschäftigung mit dem Thema auch außerhalb des Unterrichts anregen. Das Beobachten eines lebenden Tieres im Zoo oder Wald, der Geschmack von tropischen Früchten bei der Führung im Tropenhaus oder das Bestaunen eines beeindruckenden Dinosaurierskeletts hinterlassen eindrücklichere Spuren als ein bloßes Bild oder Film im Klassenraum und fördern eine positive Einstellung zur Natur (Berck & Starosta, 1990; Killermann et al., 2009). Hierbei wurde allerdings nachgewiesen, dass eine mehrtägige oder mehrfach stattfindende Exkursion von Nöten ist, um tatsächlich einen langfristigen Effekt auf die Einstellung gegenüber der Umwelt und Natur zu verändern (Bogner, 1998).

Verbunden mit diesen Erlebnissen kann auch die **Lernmotivation** und das **Sachinteresse** der Schüler bezüglich der Biologie im Allgemeinen positiv beeinflusst werden. Wilde et al. (2009) zeigten, dass das Lernen an außerschulischen Lernorten viele motivationale Bedingungen wie Interesse, Vergnügen, wahrgenommene Autonomie und Kompetenz erfüllt und so eine gute Voraussetzung für eine erhöhte Lernmotivation darstellt. Besonders bezüglich ökologischer Themen kann das Naturerleben zu einem größeren Lernerfolg als im Klassenzimmer führen und ist dabei besonders für leistungsschwächere Schüler von Nutzen (Killermann et al., 2009).

Studien der letzten Jahre haben gezeigt, dass die Kenntnisse über Tiere und Pflanzen bei Kindern und Jugendlichen immer stärker abnehmen, man spricht hierbei von einer Naturentfremdung (z.B. Blessing, 2010; Brämer, 2010). Hierfür wird eine Vielzahl von Gründen genannt, wie die räumlichen Entfremdung der Stadtkinder, die zunehmenden Nutzung technischer Geräte im Alltag, die verzerrte Darstellung der Natur in den Medien oder der erhöhte Druck und Stress in der Schule, so dass kaum noch Zeit für Erfahrungen in der Natur möglich sind (Brämer, 2010). Daher ist die Primärerfahrung mit **einheimischen Arten** im Wald, auf der Wiese, im Zoo oder einem botanischen Garten von besonders großem Wert. Es erleichtert Schülern das Lernen von Namen und Formen, indem ein Lebewesen bewusst als Teil ihrer eigenen Umwelt wahrgenommen wird. So kann der Besuch eines außerschulischen Lernorts zur Arten- und Formenkenntnis bei Schülern beitragen, die beim ökologischen und umweltbezogener Lernen eine wichtige Rolle spielt (Burk & Claussen, 1994; Jäckel, 2010). Dieses Wissen um Arten und ihre Lebensräume **sensibilisiert** die Schüler zudem für den **schädigenden Einfluss des Menschen** auf die Umwelt. Monokulturen im Wald und auf Feldern und begradigte oder verschmutzte Bäche können im Rahmen eines Ausfluges die Problematik des Umweltschutzes veranschaulichen. Hier bieten sich Anknüpfungspunkte für das Anleiten zu richtigem Verhalten in der Natur und auch in Naturschutzgebieten (Killermann et al., 2009).

**Selbständiges praktisches Arbeiten** beispielsweise im Rahmen einer Gruppen- oder Projektarbeit kann im außerschulischen Unterricht stärker gefördert werden. Das Anwenden biologischer Arbeitsweisen (z.B. Licht- und Temperaturmessungen, Wasser- und Bodenuntersuchungen) und praktische Tätigkeiten (z.B. Sammeln, Beobachten, Ordnen, Bestimmen, Vergleichen) finden in einer authentischen Lernumgebung statt und entsprechen so der Forderung nach situiertem Lernen (Berck & Starosta, 1990; Killermann et al., 2009). Verstärkt trifft dies auch auf eigenständige Gruppen- und Projektarbeit in Science Centern und Schülerlaboren zu (Eschenhagen et al., 2006; Lewalter & Geyer, 2005).



Jeder außerschulische Lernort bietet besondere, charakteristische Vor- und Nachteile für das außerschulische Lernen. Auch die an der vorliegenden Studie beteiligten außerschulischen Lernorte Palmengarten, Senckenbergmuseum, Zoo Frankfurt und Stadtwaldhaus bieten typische, standortspezifische Möglichkeiten des außerschulischen Unterrichts, die in Tabelle 3 dargestellt sind. Allen gemeinsam ist, dass sie didaktisch aufbereitet sind und ein umfangreiches Angebot an Führungen, Workshops und anderen Programmen für Besucher jeden Alters anbieten (siehe auch Kapitel 2.3).

Lernort	Aufgabe/Funktion	Besondere Lernmöglichkeiten
<b>Palmengarten</b>	Sammlung und Ausstellung lebender Pflanzen, Artenschutz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Originale Begegnung</li> <li>• Primärerfahrung mit Pflanzen in Ersatzlebensräumen</li> <li>• Kennlernen einer großen regionalen und globalen Artenvielfalt an Pflanzen</li> <li>• Kennenlernen von Anpassungen von Pflanzen an besondere Standorte, Heil- und Gewürzpflanzen, Nutzpflanzen</li> <li>• multisensorisches Lernen</li> <li>• Förderung der Naturverbundenheit</li> </ul>
<b>Senckenbergmuseum</b>	Sammlung, Präparation und Ausstellung fossiler und rezenter Lebewesen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Originale Begegnung</li> <li>• Primärerfahrung mit präparierten Lebewesen</li> <li>• Kennenlernen der Artenvielfalt, Zusammenhänge zwischen Bau, Funktion und Lebensweise</li> <li>• Handlungsorientierung durch „Hands on“ und Medieneinsatz in der Ausstellung</li> </ul>
<b>Stadtwaldhaus</b>	Informationsangebote zum Ökosystem Wald, Ausstellung lebender Tiere	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Originale Begegnung</li> <li>• Primärerfahrung mit Tieren und Pflanzen in Ersatzlebensräumen und authentischem Umfeld</li> <li>• Kennenlernen des Ökosystems Wald mit allen Aspekten, auch Gefährdung des Waldes</li> <li>• multisensorisches Lernen</li> <li>• Handlungsorientierung durch „Hands on“ und Medieneinsatz in der Ausstellung</li> <li>• Förderung der Naturverbundenheit</li> </ul>
<b>Zoo Frankfurt</b>	Sammlung und Ausstellung lebender Tiere, Artenschutz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Originale Begegnung</li> <li>• Primärerfahrung mit Tieren in Ersatzlebensräumen</li> <li>• Kennenlernen der Artenvielfalt nicht einheimischer Tieren</li> <li>• Kennenlernen von Anpassungen von Tieren an besondere Lebensräume, Nutztierassen, Zugang zu globalem Artenschutz und Umweltfragen</li> <li>• multisensorisches Lernen</li> <li>• Handlungsorientierung durch „Hands on“</li> </ul>

**Tabelle 3:** Didaktische Merkmale der Lernorte Palmengarten, Senckenbergmuseum, Zoo Frankfurt und Stadtwaldhaus (Eschenhagen et al., 2006; Gries, 1996; Killermann et al., 2009; Schmitt-Scheeroi, 2003; Spörhase-Eichmann & Ruppert, 2004)

Vermittlungskonzepte an außerschulischen Lernorten weisen eine große Bandbreite auf. Sie reichen von recht freien, offenen, selbstbestimmten Angeboten wie frei zugänglichen Mikroskopierstationen bis hin zu stärker strukturierten, zielgerichteten Programmen wie Workshops oder Führungen. In der vorliegenden Studie nahmen die teilnehmenden Schüler ausschließlich an **Führungen** an den außerschulischen Lernorten teil. Führungen werden definiert als „instruktivistisch orientiertes Vermittlungselement. Es beschreibt ein pädagogisch strukturiertes Setting von Interaktionen, in denen ein Mitarbeiter des Lernorts eine Besuchergruppe in einem begrenzten Zeitraum durch eine Ausstellung führt. Es sollte inhaltlich eine informative und anschauliche Darstellung des Themas anhand der Ausstellung bieten, wobei der Besucher oft weiterführende Informationen neben den Inhalten der Ausstellungstexte erhält“ (Härtling et al., 2010; Nettke, 2010). Damit stellen Führungen als formelle Lernsituationen in informeller Lernumgebung eine besondere Situation dar. Auch während einer Führung können Primärerfahrungen gesammelt, originale Begegnungen gemacht und zum Teil auch handlungsorientiert und multisensorisch gelernt werden. Durch die inhaltliche Strukturierung ist die Sozialform allerdings nicht frei, sondern eher ähnlich dem Unterricht in der Schule zielgerichtet und „lehrerzentriert“. Im Gegensatz zum „normalen“ Unterricht in der Schule werden Führungen allerdings von einer neuen, meist fremden „Lehrperson“ angeleitet und können so das Interesse auch an den Inhalten erhöhen. Führungen finden meist in kleineren, freieren Lerngruppen als im Klassenzimmer statt (hier maximal 15 Schüler) und ermöglichen so auch alternative Sozialformen (Cox-Peterson et al., 2003). Inhaltsbezogene Diskussionen unter den Schülern sind meist eher gewünscht und werden seltener unterbunden (Härtling et al., 2010). Die hier evaluierten Führungen hatten den Charakter eines lockeren Gesprächs mit vielen Interaktionsmöglichkeiten (Eschenhagen et al., 2006). Das heißt, Fragen waren erwünscht und auf die Interessen der Schüler z.B. für bestimmte Objekte wurde weitgehend eingegangen. Während einer Führung stehen die Schüler nur selten unter Prüfungsdruck und können sich so entspannter auf die Inhalte derselben einlassen. Durch die häufig wechselnden Standorte während einer Führung können die Schüler jedes Mal neue Eindrücke sammeln. An jedem Standort gibt es einen bisher unbekanntem, ausgewählten Lerngegenstand zu entdecken, sowie auch eine neue Umgebung. Dadurch werden die Sinne der Schüler in kurzen Abständen mit vielen neuen Seh-, Geruchs-, Hör- und evtl. auch Tasteindrücken konfrontiert. Bezüglich der Motivation und des Wissenszuwachses wird davon ausgegangen, dass eine stark strukturierte Besuchsform wie eine Führung im Vergleich zur freien Beschäftigung mit den Objekten des außerschulischen Lernorts zu einem höheren unmittelbaren Lernerfolg, aber nicht zu einer erhöhten Motivation führt. Um positive Effekte sowohl auf kognitiver als auch motivationaler Ebenen zu bewirken, sollten strukturierte, recherche-aktivierende Aktivitäten für die Schüler in einer instruktional-konstruktivistischen Lernumgebung ausgewählt werden (Bitgood, 1989; Lewalter & Geyer, 2005; Wilde et al., 2003). Ob die für die vorliegende Studie durchgeführten Führungen diesen Kriterien entsprechen, wurde mithilfe der abgefragten Unterrichtsvariablen nach Pawek (2009) ermittelt (siehe auch Kapitel 3.2).

### 2.2.5 Biodiversität an außerschulischen Lernorten

Biodiversität als interdisziplinärer, vielschichtiger Komplex kann schwer in seiner ganzen Vielseitigkeit an Schüler an außerschulischen Lernorten vermittelt werden. Dennoch bieten diese eine Lernumgebung, die dazu prädestiniert ist, Anknüpfungspunkte für viele Inhalte dieses Themas zu finden. Im Unterschied zum Unterricht in der Schule ist die direkte Erfahrung mit der genetischen Vielfalt, der Artenvielfalt und der Ökosysteme an diesen Orten wesentlich leichter zu realisieren und bietet den Lernenden so eine direkte Begegnung zur „echten“

Natur. Das Lernen, das an didaktisch aufbereiteten Lernorten stattfindet und von der Garten-, Museums- oder Zoopädagogik betreut wird, unterscheidet sich dabei in einigen Punkten von der klassischen Umwelt- oder Naturpädagogik. Diese entstammt der Umweltbewegung aus den 1970/80er Jahren und stellt das Wissen um die Ökologie und die Naturerfahrung, vor allem für „naturentfremdete“ Stadtkinder in den Vordergrund. Diese Naturerfahrungen haben das Ziel, ein Bewusstsein für den Wert der Natur zu schaffen und das Handeln der Kinder bezüglich einer schonenden Nutzung der Umwelt zu verändern (Bögeholz, 2006; Schemel & Wilke, 2008; Stoltenberg, 2005). Nach der Verabschiedung der Agenda 21 auf der Konferenz der Vereinten Nationen in Rio de Janeiro 1992 (vgl. Kapitel 2.1) kam immer stärker der Gedanke der Nachhaltigkeit zum Tragen. Seit der Ausrufung der UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (2005-2014) wurde die Vermittlung von ökologischem Wissen um die Aspekte der sozialen und wirtschaftlichen Gerechtigkeit ergänzt und hielt Einzug in Politik, Kultur und Wirtschaft (Löhne et al., 2009; [www.bne-portal.de](http://www.bne-portal.de); [www.umweltbildung.de](http://www.umweltbildung.de)). Im Gegensatz dazu ist das pädagogische Angebot an didaktisch aufbereiteten Lernorten wie dem Palmengarten, Senckenbergmuseum, Stadtwaldhaus und Zoo Frankfurt stärker auf die Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte an den originalen Objekten fokussiert. Hier steht die Vermittlung von „Faktenwissen“ an einem feststehenden Ort mit den vorhandenen Objekten eher im Vordergrund, wobei Umwelt- und Naturschutzaspekte aber durchaus mit einbezogen werden. Die Grenzen zur Umweltbildung sind zum Teil fließend.

Die individuellen Besonderheiten jedes einzelnen außerschulischen Lernorts können und sollten genutzt werden, um spezifische Aspekte der Biodiversität im Sinne von „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ zu vermitteln (Henze, 2009; Pohl, 2008). Ein botanischer Garten wie der Palmengarten bietet eine Fülle von heimischen und exotischen Pflanzenarten auf engstem Raum, die von den Besuchern mit allen Sinnen erfahren werden können. Die Artenvielfalt von Pflanzen und ihre Rolle in Ökosystemen kann direkt vor Ort vermittelt werden ([www.palmengarten.de](http://www.palmengarten.de)). Das Senckenbergmuseum als eines der größten Naturkundemuseen Deutschlands zeigt mit seiner bedeutenden Sammlung an Organismen die Artenvielfalt von fossilen und rezenten Lebewesen auf allen Kontinenten und über alle taxonomischen Gruppen hinweg. Auch die Rolle von Fossilien zur Rekonstruktion vergangener Ökosysteme lässt sich hier besonders gut veranschaulichen ([www.senckenberg.de](http://www.senckenberg.de)). Das Stadtwaldhaus Frankfurt hat mit seiner Lage mitten im Wald den Vorteil, dass eine direkte Naturerfahrung geradezu unumgänglich ist und bietet mit seinem vielfältigen Angebot einen tiefen Einblick in alle Aspekte des heimischen Ökosystems Wald ([www.stadtwaldhaus-frankfurt.de](http://www.stadtwaldhaus-frankfurt.de)). Und nicht zuletzt ermöglicht der Zoo Frankfurt einen genauen Einblick in die Artenvielfalt der rezenten Tierwelt. Anpassungen von Tieren an ihre Lebenswelt können direkt beobachtet und die Gefährdung bestimmter Arten und ihrer Umwelt thematisiert werden ([www.zoo-frankfurt.de](http://www.zoo-frankfurt.de)). Auch die unmittelbare inhaltliche und räumliche Nähe zu einer internationalen Naturschutzorganisation, der Zoologischen Gesellschaft Frankfurt, bieten hier viele Bezugspunkte zum Arten- und Lebensraumschutz ([www.zgf.de](http://www.zgf.de)). Diese Beispiele zeigen die vielen Vorteile, die außerschulische Lernorte ermöglichen um die Komplexität der Biodiversität Schülern lebensnah und anschaulich zu vermitteln.

### **2.2.6 Die Rolle von vor- und nachbereitendem Unterricht**

Trotz der überwiegend positiven Einstellung der meisten Lehrer und Schüler gegenüber dem Lernen an außerschulischen Lernorten (z.B. Pohl, 2008) wird die Effektivität solchen Lernens widersprüchlich diskutiert. In einigen Studien wurden positive Effekte auf die Wissensvermittlung aber auch affektive Bereiche wie das Interesse am Unterricht, soziales Gruppenverhalten und Einstellungen zur Natur nachgewiesen (z.B. Waltner & Wiesner, 2009,

Schmidt et al., 2011; Falk & Dierking, 2000). Andere Studien hingegen schätzen vor allem den Wissenszuwachs, der durch den Besuch eines außerschulischen Lernorts erreicht werden kann, als kurzfristig oder gering ein (z.B. Cox-Petersen, 2003; Groß, 2009). Daher wird darauf hingewiesen, dass die positiven Auswirkungen des außerschulischen Unterrichts nicht überschätzt werden sollten (Eschenhagen et al., 2006).

Der Vor- und Nachbereitung wird dagegen von allen Seiten eine große Wichtigkeit eingeräumt. Es wird gefordert, dass der Ausflug zu einem außerschulischen Lernort von Seiten der Lehrer sowohl organisatorisch als auch inhaltlich vorbereitet werden sollte (z.B. Bitgood, 1989; Eschenhagen et al., 2006; Killermann et al., 2009, Spörhase-Eichmann & Ruppert, 2004).

Grieß (1996) beispielsweise betont die **organisatorische Vorbereitung** als eine wichtige Voraussetzung für einen erfolgreichen Ausflug zu einem außerschulischen Lernort. Die Lehrer sollten sich daher unbedingt im Vorfeld über strukturelle Belange wie Anfahrt, Öffnungszeiten, Eintrittspreise oder pädagogische Angebote informieren. Zur Orientierung und inhaltlichen Strukturierung des Besuchs ist eine Vorexkursion wichtig, um den Schülern Fragen zu den Örtlichkeiten oder Inhalten beantworten zu können. Auch die Schüler sollten den außerschulischen Unterricht nicht unvorbereitet antreten. Die Lehrer sollten sich in der Pflicht sehen, die Schüler im Vorfeld über den zeitlichen und strukturellen Ablauf des Ausfluges eventuell mit Hilfe von Broschüren zu informieren, da besonders jüngere Schüler bei der Orientierung in einem neuen, großen Lernort (z.B. Zoo, Museum) oft Probleme haben (Anderson & Lucas, 1997; Grieß, 1996). Auch das körperliche Wohlbefinden der Besucher eines außerschulischen Lernortes wird als Bedingung für erfolgreiches Lernen angesehen (DMB, 2010). Die Studie von Pohl (2008) zeigte allerdings, dass Forderung und Wirklichkeit hier weit auseinander klaffen. Ungefähr 50 % der befragten Lehrer gaben an, dass sie auf eine Vorexkursion zu einem außerschulischen Lernort aus Zeitmangel zur Not auch verzichten würden. Dies zeigt den geringen Stellenwert dieser wichtigen Maßnahme für den erfolgreichen außerschulischen Unterricht.

Die große Bedeutung der **inhaltlichen Vor- und Nachbereitung** wird in der Literatur immer wieder betont (z.B. Sauerborn & Brühne, 2010; Schmidt et al., 2001; Waltner & Wiesner, 2009; Wilde & Bätz, 2006). Sie gilt als wichtige Komponente für die langfristige Verankerung des gelernten Fachwissens bei den Schülern. Neben den fachlichen Inhalten, die den Schülern am außerschulischen Lernort beispielweise im Rahmen einer Führung vermittelt werden, werden die Schüler mit vielen neuen Eindrücken konfrontiert. Die unbekannte Lernumgebung, die vielen neuen, teilweise auch lebenden Objekte, andere Sozialformen im Klassenverband und eventuell eine unbekannte Lehrperson sind alles Erfahrungen, die die Schüler von einem Ausflug mit nach Hause nehmen. Das vermittelte Fachwissen kann hierbei leicht in den Hintergrund geraten (Lewalter & Geyer, 2005). Daher ist es so bedeutsam, dass das Gelernte im Unterricht schon vorher angesprochen wurde und vor Ort einen hohen Wiedererkennungswert hat. Die Schüler können so mit dem in der Schule erworbenen Wissen direkt an das neu Erlebte anknüpfen. Werden beispielsweise die Merkmale von Säugetieren im Vorfeld besprochen und besucht die Klasse anschließend einen Zoo, können alle Besonderheiten der Säugetiere wie Fell, Zitzen oder Gebiss an den Tieren direkt beobachtet und verglichen werden. Im Anschluss an die Exkursion sollte der Lehrer diese Inhalte im Unterricht an Hand der gemeinsam beobachteten Tiere aufgreifen und wiederholen. Hier bieten sich außerdem Anknüpfungspunkte für die nächsten Unterrichtsinhalte an, wie der Vergleich der verschiedenen Säugetierordnungen oder Anpassungen der Säugetiere. Die inhaltliche Einbettung des außerschulischen Unterrichts in den regulären Unterricht, so dass der Besuch kein isoliertes Ereignis darstellt, wirken so lernfördernd und beeinflussen

auch das Interesse und die Motivation der Schüler (Glowinski, 2007; Lewalter & Geyer, 2005; Wilde & Bätz, 2006). Aber auch hier zeigten Studien, dass diese wichtige Voraussetzung für einen erfolgreichen außerschulischen Unterricht zu wenig Beachtung findet. So wurde gezeigt, dass der Besuch des außerschulischen Lernorts nur von wenigen Klassen im Unterricht vor- und nachbereitet wird (z.B. Engeln, 2004; Gottfried, 1980; Pawek, 2007; Schmidt et al., 2011) und so die Vorteile der jeweiligen außerschulischen Lernorte nicht hinreichend genutzt werden. Aber auch von außerschulischen Lernorten zur Verfügung gestellte Arbeitsmaterialien, die die Vor- und Nachbereitung im Unterricht erleichtern könnten, werden nur wenig von den Lehrkräften angenommen und geschätzt. Schmidt et al. (2011) stellten fest, dass Gymnasiallehrer angebotene Materialien von Schülerlaboren als passend und sinnvoll für ihre Schüler empfanden. Fachlehrer von Realschulen und Hauptschulen dagegen fanden das Niveau der meisten Materialien für ihre Schüler zu hoch und diese daher unbrauchbar für ihren Unterricht.

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelten Arbeitsblätter zur Vor- und Nachbereitung der Biodiversitätsführungen sollen somit zwei Lücken für Schüler und Lehrer füllen: Zum einen sollen sie für die Sekundarstufe I umfassendes Lehrmaterial sein, das sowohl alle Ebenen der Biodiversität anspricht als auch einen klaren Bezug zu den Lehrplänen bzw. Bildungsstandards hat. Eine Analyse der Autorin gängiger in Hessen eingesetzter Biologiebücher ergab, dass die Begriffe Biodiversität oder biologische Vielfalt in den Lehrbüchern so gut wie nicht vorkommen und auch die verschiedenen Ebenen nicht erwähnt werden (siehe Kapitel 3.5). Materialien, die die Biodiversität mit all ihren Facetten behandeln, werden auch im Internet nur von einzelnen Bildungseinrichtungen oder Naturschutzorganisationen angeboten (z.B. [www.bmub.bund.de](http://www.bmub.bund.de), [www.bpb.de](http://www.bpb.de)). Zum anderen soll das breit gefächerte Angebot für alle Schulstufen der Sekundarstufe I und alle Schultypen nutzbar sein, so dass die Lehrer das für ihre Klasse passende Thema und Niveau selbst wählen können. Dies soll eine ideale inhaltliche Einbettung des Besuchs des außerschulischen Lernorts ermöglichen und das Gelernte für die Schüler dauerhaft verankern.

## **2.3 Die außerschulischen Lernorte und BioFrankfurt**

### **2.3.1 Der Palmengarten Frankfurt und die Grüne Schule**

Der Palmengarten ist neben dem botanischen Garten der Goethe-Universität einer der beiden großen botanischen Gärten Frankfurts. Er entstand, wie viele andere Einrichtungen in Frankfurt auch, dank des Engagements der Bürgerschaft.

Als 1866 das Herzogtum des Herzogs Adolph von Nassau von den Preußen annektiert wurde, beauftragte der Herzog den renommierten Gartengestalter Heinrich Siesmayer (1817–1900) mit dem Verkauf seiner bekannten und bewunderten exotischen Pflanzen aus den „Biebricher Wintergärten“ in Wiesbaden. Siesmayer fand bei einigen wohlhabenden Frankfurter Bürgern Mitstreiter für seine Idee, die Pflanzen für einen neuen botanischen Garten zu gewinnen. 1868 wurde die „Wintergarten-Gesellschaft“ gegründet, die durch den Verkauf von Aktien das nötige Grundkapital zum Erwerb der herzoglichen Pflanzen und Gewächshäuser erwarb (Schoser, 1995). Die Stadt stellte für den neuen Garten ein Gelände von sieben Hektar an der Bockenheimer Landstraße zu Verfügung. Schon drei Jahre später konnte im Jahr 1871 der Palmengarten eröffnet werden und stand für die Frankfurter Bürger mit dem neuen Gesellschaftshaus und angrenzendem Palmenhaus zur Besichtigung und Erholung bereit. In den folgenden Jahren wurden unter Heinrich Siesmayer als Direktor und seinem Nachfolger August Siebert (1854–1923) viele Erweiterungen, Neubauten und

Verbesserungen des Palmengartens vorgenommen. In den Jahren des Ersten Weltkriegs 1914 bis 1918 wurde der Palmengarten sogar zum Gemüseanbau genutzt.

In der nach dem Krieg folgenden Depression geriet der Palmengarten in finanzielle Nöte, die Stadt musste Hilfe zusteuern und gewann damit an Einfluss. 1931 wurde die Stadt Frankfurt zur gänzlichen Eigentümerin des Palmengartens und legte den Schwerpunkt auf seine Nutzung als „Volksgarten“. Die Gesellschaft der Aktionäre wurde zuerst aufgelöst, fand sich dann aber neu in der Vereinigung der „Freunde des Palmengartens“ zusammen, die sich bis heute für die Förderung des Gartens engagiert (Zizka et al., 2001).



**Abbildung 11:** Das Eingangsschauhaus des Palmengartens in der Siesmayerstraße, in dem auch die Grüne Schule ihren Sitz hat (Foto: Lena Heuß)

Mit der Übernahme durch die Stadt wechselte auch die Leitung: Der ehemalige Obergärtner Otto Krauss (1865–1935) wurde vom städtischen Gartendirektor Max Bromme (1878–1974) als Direktor des Palmengartens abgelöst. Dieser ließ in den kommenden Jahren einige Erweiterungen und Erneuerungen der Gärten und Gebäude vornehmen. Doch der Zweite Weltkrieg (1939–1945) zwang die Gärtner des Palmengartens erneut zum Gemüseanbau. Nach dem Krieg wurde der Palmengarten von amerikanischen Soldaten besetzt und die Zerstörungen einiger Gebäude und der gesamten zerbrochenen Glas-

scheiben der Gewächshäuser beseitigt. Die Amerikaner nutzten den Garten als „Recreation Center“ für ihre Soldaten und öffneten ihn erst wieder langsam und etappenweise für die Frankfurter Bürger. Erst 1953 war er wieder gänzlich zugänglich und wurde der städtischen Verwaltung zurückgegeben (Schoser, 1995).

Bis zum 100jährigen Jubiläum im Jahr 1969 konnten einige Erneuerungen der zum Teil veralteten und maroden Gebäude und Konstruktionen durchgeführt werden. 1968 wurde der Nachkriegsdirektor Fritz Encke (1904–2000) von dem Botaniker Dr. Gustav Schoser (1924–2012) abgelöst. Dieser plante mit Unterstützung der Stadtverwaltung viele große Neuerungen für den Palmengarten: Die Strom-, Heiz- und Wasserversorgung wurde modernisiert, die Pflanzensammlung wurde unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten erweitert und das Tropicarium, das exotische Pflanzen in ihrer natürlichen Umgebung in großen, klimatisierten Gewächshäusern zeigen sollte, wurde geplant und 1982 bis 1987 gebaut. Die Grüne Schule, die 1980 von Schoser gegründet wurde, war die erste pädagogische Einrichtung in einem botanischen Garten in Deutschland und vermittelt seitdem den Besuchern des Palmengartens Faszinierendes über Pflanzen, ihre Biologie und auch ihren Schutz (Taudt-Repp, 2008). Der Ausbau und auch wichtige botanische Ausstellungen und Messen wie beispielsweise die 8. Welt-Orchideen-Konferenz bescherten dem Palmengarten in den kommenden Jahren neue Besucherrekorde. 1993 folgte auf Gustav Schoser die Botanikerin Dr. Isolde Hagemann als Direktorin. Sie war durch die schlechte finanzielle Lage der Stadt von Anfang an zum Sparen gezwungen, schaffte es aber durch die Gewinnung von Sponsoren, viele Kooperationen und eine geschickte Außenpräsenz den Palmengarten für Besucher attraktiv zu gestalten.

Seit 1998 arbeitet der Biologe Dr. Matthias Jenny als Direktor des Palmengartens. Er knüpft an die Idee an, finanzielle Unterstützung auch außerhalb der Stadtverwaltung zu su-

chen. Neben der Schaffung des Wasserspielplatzs, des Kinderkiosks und dem Neubau des Cafe Siesmayer und des Kindermusiktheaters Papageno ist die Renovierung des Gesellschaftshauses eines der größten Projekte der letzten Jahre. Auch das seit 2009 bestehende Projekt „Kinder im Garten“, das 3-tägige Workshops speziell für Kindergartenkinder anbietet, ist von externen Stiftungen finanziert. Die 2012 gegründete „Stiftung Palmengarten und Botanischer Garten“ soll die Finanzierung des Zusammenschlusses der beiden großen botanischen Gärten Frankfurts für die Zukunft sichern ([www.palmengarten-frankfurt.de](http://www.palmengarten-frankfurt.de)).

Die Grüne Schule des Palmengartens wurde 1980 auf Anregung des damaligen Direktors Gustav Schoser gegründet. Damit wurde der Bildung – neben Forschung und kultureller Unterhaltung eines der Hauptziele des Palmengartens – ein neuer Platz eingeräumt. Im frisch errichteten Eingangsschauhaus wurden Büros und Schulungsräume eingerichtet und zwei pädagogischen Stellen geschaffen. Die ursprüngliche Aufgabe der Grünen Schule war es, Lehrer und Schüler außerhalb des Klassenzimmers auch praktisch an die Pflanzenwelt heranzuführen. Im Laufe der Jahre jedoch wurde ein umfangreiches Angebot an Führungen für alle Altersstufen der Besucher ausgebaut, Lehrerfortbildungen und praktische Kurse wurden angeboten (Schoser, 1995). Mittlerweile gibt es nur noch eine hauptamtliche Stelle als Gartenpädagogin, die der Biologe Ditmar Breimhorst inne hat. Er wird durch Biologiestudenten und Diplombiologen als Honorarkräfte unterstützt, für deren Fortbildung und Betreuung er zuständig ist (Taudte-Repp, 2008). Von Anfang an steht die Handlungsorientierung und sinnhafte Erfahrung mit den Pflanzen im Vordergrund der pädagogischen Arbeit (Breimhorst, 2001). Wissen über Pflanzen und ihre ökologischen Zusammenhänge wird durch Sehen, Tasten, Riechen, Schmecken und auch kreatives Arbeiten mit Naturmaterialien vermittelt ([www.palmengarten-frankfurt.de](http://www.palmengarten-frankfurt.de)). Dies kann am besten in kleinen Lerngruppen mit intensiver Betreuung geschehen, weswegen die Gruppen bei Führungen und Kursen nicht mehr als 15 Teilnehmer haben.

Die Grüne Schule bietet ein breit gefächertes Angebot an verschiedenen Veranstaltungen im Palmengarten an: Führungen und Praktika zu vielen unterschiedlichen Themen für Kinder und Jugendliche aller Altersstufen, Führungen für Erwachsene, Behinderte, Sehbehinderte, Studierende, Berufsschüler und vieles mehr. Außerdem können Kindergeburtstage, Ferienprogramme, Malkurse und Sonderprogramme zu Ausstellungen gebucht werden. Fortbildungen für Lehrer, Studierende, Referendare und Erzieher werden regelmäßig durchgeführt. Darüber hinaus werden immer wieder neue Konzepte für Führungen, Kurse und auch Lehrmaterialien entwickelt und umgesetzt. Beispiele für beliebte Themen der Führungen und auch Praktika sind: Tropische Nutzpflanzen, Gewürze und Leckereien zur Weihnachtszeit, Kakaowerkstatt, Fleischfressende Pflanzen, Frühblüher, Heilpflanzen ([www.palmengarten-frankfurt.de](http://www.palmengarten-frankfurt.de)).

### **2.3.2 Das Senckenbergmuseum und die Museumspädagogik**

Das Senckenbergmuseum ist eines der größten und traditionsreichsten Naturkundemuseen Deutschlands. Seine Entstehung ist, wie auch die des Palmengartens (siehe Kapitel 2.3.1), dem Engagement und Einsatz betuchter Frankfurter Bürger zu verdanken.

Benannt ist das Senckenbergmuseum zu Ehren des Frankfurter Arztes und Naturforschers Dr. Johann Christian Senckenberg (1707–1772), der aber nicht sein Begründer war. Senckenberg investierte sein großes Vermögen in eine Stiftung, die er im Jahr 1763 gründete. Diese Dr. Senckenbergische Stiftung hatte zwei Hauptziele: Zum einen sollte die medizinische Versorgung der Frankfurter Bürger verbessert werden. Daher ließ Senckenberg das bis heute bestehende Bürgerspital bauen, das nur Frankfurts Bewohnern vorbehalten

war. Zum anderen wollte Senckenberg die medizinisch-naturwissenschaftliche Forschung fördern und vorantreiben und schuf so das medizinische Institut am Eschenheimer Turm, dem ein botanischer Garten, eine Bibliothek, eine naturhistorische Sammlung und ein chemisches Laboratorium angegliedert war (Kramer, 1967). Außerdem ließ er ein Anatomisches Theater zur medizinischen Forschung bauen. Eben jenes Anatomische Theater wurde ihm selbst zum Verhängnis. Bei einer Begehung der Baustelle fiel Senckenberg 1772 von einem Gerüst und starb wenige Stunden später an den zugezogenen Kopfverletzungen (Bauer, 2007).

Später in den 1820er Jahren fanden sich einige Naturwissenschaftler, Forschungsreisende und Mediziner zusammen, die das wissenschaftliche Erbe Senckenbergs pflegen wollten. Ihnen voran stand der Mediziner und Zoologe Dr. Philipp Jakob Cretzschmar (1786–1845), der im Anatomischen Institut der Dr. Senckenbergischen Stiftung arbeitete. Auch Johann Wolfgang von Goethe (1749–1832), der 1815 Frankfurt besuchte und den schlechten Zustand der Stiftung anprangerte, leistete so seinen Beitrag zur Gründung einer neuen Stiftung: 1817 wurde von 32 Gründungsmitgliedern die Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft (SNG) begründet, deren Ziel zum einen der Aufbau einer umfangreichen naturwissenschaftlichen Sammlung und zum anderen der Bau eines Naturkundemuseums zu deren Unterbringung war (Klausewitz, 1992). Die Sammelleidenschaft der Mitglieder und eine Sammelreise des Forschers Eduard Rüppell (1794–1884), die finanzielle Förderung einiger wohlhabender Frankfurter Familien und viel Organisationsgeschick ermöglichten es der SNG, schon 1821 das erste Senckenbergmuseum auf einem Gelände am Eschenheimer Tor zu eröffnen. Angegliedert wurden die Senckenbergische Bibliothek und der Botanische Garten.



**Abbildung 12:** Das Senckenbergmuseum in Frankfurt, das 1907 eröffnet wurde (Foto: Lena Heuß)

Schon von Anfang an war es der SNG ein wichtiges Anliegen, die im Museum gezeigten Sammlungen an Mineralien, Pflanzen, Tieren und anderen Lebewesen der Öffentlichkeit zugänglich zu machen und auch an die Jugend heranzuführen. So wurden junge Gymnasiasten dazu angeregt, das Museum zu besuchen und die Sammlungsstücke als Erscheinungen der Natur kennenzulernen (Türkay & Mosbrugger, 2008). Das Museum erfreute sich von Anfang an großer Beliebtheit und konnte auch wissenschaftlich schnell wachsen, so dass schon bald ein neues, größeres Gebäude nötig wurde: 1904 bis 1907 wurde das bis jetzt bestehende Senckenbergmuseum in der Viktoria-Allee (heute Senckenberganlage) gebaut und war damit direkt mit der kurz darauf entstehenden Johann-Wolfgang-Goethe-Universität (1914) benachbart (Schäfer, 1967).

Schon von Anfang an war es der SNG ein wichtiges Anliegen, die im Museum gezeigten Sammlungen an Mineralien, Pflanzen, Tieren und anderen Lebewesen der Öffentlichkeit zugänglich zu machen und auch an die Jugend heranzuführen. So wurden junge Gymnasiasten dazu angeregt, das Museum zu besuchen und die Sammlungsstücke als Erscheinungen der Natur kennenzulernen (Türkay & Mosbrugger, 2008). Das Museum erfreute sich von Anfang an großer Beliebtheit und konnte auch wissenschaftlich schnell wachsen, so dass schon bald ein neues, größeres Gebäude nötig wurde: 1904 bis 1907 wurde das bis jetzt bestehende Senckenbergmuseum in der Viktoria-Allee (heute Senckenberganlage) gebaut und war damit direkt mit der kurz darauf entstehenden Johann-Wolfgang-Goethe-Universität (1914) benachbart (Schäfer, 1967).

Die Mitglieder des Direktoriums unter Direktor Prof. Dr. Fritz Römer (1866–1909) beschlossen, dass in dem neuen Gebäude Forschung und Museum getrennt werden sollten. Dies sollte zum einen den Wissenschaftlern eine ruhige Arbeit in den Sammlungen ermöglichen und begründete so die Entstehung des Forschungsinstitut Senckenberg, das bis heute in vielen biologischen, paläontologischen und anderen naturwissenschaftlichen Bereichen international anerkannte Forschung betreibt.



Zum anderen sollte den Besuchern des Museums an ausgewählten Objekten die gesamte Vielfalt der Naturschätze näher gebracht werden. So wurde das Museum selbst zu einer Schausammlung, in der nach taxonomischer Systematik Pflanzen, Tiere, Fossilien und Mineralien gezeigt wurden. Biologische Zusammenhänge sollten den Besuchern durch Vorlesungen oder Unterricht von Sachkundigen näher gebracht werden. Dies gelang aber nur bedingt und so wurde das Museum in der Zeit während und nach dem Ersten Weltkrieg relativ schlecht besucht. Pläne für ein neues Museumsmodell gingen während des Zweiten Weltkriegs unter, daher konnten grundlegende Erneuerungen erst in den 1960er Jahren begonnen werden (Türkay & Mosbrugger, 2008). 1961 wurde der vielseitig interessierte und ausgebildete Dr. Wilhelm Schäfer (1912–1981) der neue Direktor des Senckenbergmuseums und führte große Umbaumaßnahmen durch. Besonders setzte er Bildgraphiken zum Verstehen wichtiger biologischer Hintergründe ein (von Flemming & Gutmann, 1992; Türkay, 2012). Das Konzept hatte Erfolg, die Besucherzahlen nahmen stark zu, aber das Museum wurde immer noch nicht als sinnvoller, einmaliger Lernort wahrgenommen. Das sollte sich durch die Arbeit der museumspädagogischen Abteilung, die 1981 gegründet wurde, verändern. Das neue Angebot an Führungen und anderen Programmen im Museum wurde gut angenommen und in den darauffolgenden Jahren kontinuierlich ausgebaut. Die Anzahl der Besucher nahm in den kommenden Jahren stetig zu, die meisten von ihnen wurden auch im Rahmen eines museumspädagogischen Angebotes betreut. Ein neuer Umbau im Jahr 2003 unter dem Direktor Dr. Fritz Steininger (geb.1939) ließ besonders den ersten Lichthof, in dem sich die großen Dinosaurierskelette befinden, in neuem Glanz erstrahlen. Die ausführlichen Graphiken und Beschreibungen an den Wänden verschwanden, die Objekte sollen „für sich“ wirken, Hintergrundinformationen können durch Computerbildschirme abgefragt werden. Die unter dem aktuellen Direktor des Instituts Prof. Dr. Dr. h.c. Volker Mosbrugger 2008 erbaute Wolfgang-Steubing-Halle im Hinterhof des Museums erweitert die Ausstellungsfläche von 6000 qm<sup>2</sup> auf fast 10 000 qm<sup>2</sup> Raum, der für Sonderausstellungen genutzt wurde. Dort gab es Ausstellungen zu den Themen „Tiefsee“, „Safari zum Urmenschen“ und „Wölfe“, in denen aktuelle Forschungsergebnisse auch aus dem Forschungsinstitut Senckenberg didaktisch aufbereitet gezeigt wurden (Szymanski, 2010).

Die SNG, die bis heute das Museum mit finanzieller Unterstützung der Stadt und des Landes betreibt, hat in den letzten Jahren einige große Veränderungen erfahren: Im Jahr 2000 kam zu den Senckenbergischen Forschungsinstituten, die in ganz Deutschland verteilt sind, das Institut für Quartärpaläontologie in Weimar. 2009 fusionierten die vormals staatlichen sächsischen Museen in Dresden und Görlitz wie auch das Deutsche Entomologische Institut in Müncheberg mit Senckenberg. 2008 erfolgte die Umbenennung in „Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung“ (SGN) ([www.senckenberg.de](http://www.senckenberg.de)). Seit 2013 findet nun die größte Umbau- und Erweiterungsphase des Museums und Forschungsinstituts seiner Geschichte statt. Unter dem Motto „Die Welt baut ihr Museum“ und Einbeziehung der angrenzenden Gebäude des physikalischen Vereins und der Universität wird das Museum in den nächsten Jahren seine Ausstellungsfläche verdoppeln. Das renovierte Museum soll die inhaltlichen Bereiche Mensch, Erde, Kosmos und Zukunft umfassen ([www.die-welt-baut-ihr-museum.de](http://www.die-welt-baut-ihr-museum.de)).

Die pädagogische Betreuung von Besuchern im Senckenbergmuseum hat eine lange Tradition: Schon 1826 finanzierte die Stadt Frankfurt Unterrichtskurse für junge Menschen, denen im Museum die Natur und ihre Phänomene näher gebracht werden sollte (Klausewitz, 1979 a, b). Aber erst 1981 wurde eine Museumspädagogische Abteilung mit finanzieller Unterstützung der Stadt Frankfurt durch die Schaffung einer vollen Stelle für einen Museumspädagogen gegründet. Der neue Museumspädagoge Dr. Gerhard Winter hatte die Planung und Durchführung pädagogischer Programme und didaktischer Maßnahmen in Zusammen-

hang mit der Schausammlung des Museums als Aufgabe (Winter, 1992). Dabei sollte die Museumspädagogik ausgehend vom Museumsobjekt und seiner Präsentation die Kommunikation zwischen Besuchern und Museumsobjekt vermitteln. Nach dieser Prämisse wurden in den ersten Jahren der museumpädagogischen Arbeit viele freie Mitarbeiter (Biologie- und Geologiestudenten, Lehramtstudenten, Diplom-Biologen und -Geologen) eingearbeitet, ein umfangreiches Führungsangebot konzipiert und organisatorische Rahmenbedingungen zur Führungsbuchung wesentlich verbessert (Mallok, 2002). Die Führungen im Museum, die vor allem von den freien Mitarbeitern betreut werden, knüpfen zum einen an die im Museum angebotenen Themen, aber auch an die Lehrpläne des hessischen Kultusministeriums an. So können Schüler, die die größte Gruppe der betreuten Museumsbesucher ausmachen, inhaltlich sinnvoll und objektbezogen das Museum erleben. Beliebte Themen sind bei Grundschulern vor allem die Dinosaurier, für ältere Schüler werden Themen rund um die Evolution oder Erdgeschichte gebucht und Abiturienten beschäftigen sich häufig mit der Entwicklung des Menschen. Um die Lernatmosphäre zu verbessern und die Führung zu einem Museumsgespräch mit interaktivem Dialog werden zu lassen, wurden die Gruppengrößen der geführten Besuchern von anfangs 40 Teilnehmer kontinuierlich auf 10 Teilnehmer herabgesetzt (Mallok & Winter, 2002). In den Führungen, die von anfangs ca. 1000 im Jahr (1981) (Winter, 1992) im Laufe der Jahre auf über 5000 (2009) (Szymanski, 2010) anstiegen, werden natürlich nicht nur Schüler, sondern auch Kindergartenkinder, Erwachsenengruppen (z.B. Betriebsausflüge, Abendveranstaltungen) und Seniorengruppen betreut. Zusätzlich wurde ein ausführliches Programm mit Kindergeburtstagsangeboten, Ferienprogrammen für Schulkinder, Mittwochabendführungen für Erwachsenen und vielen weiteren Programmpunkten ausgearbeitet und umgesetzt. Das Kernteam der Museumspädagogik wurde 1992 wegen der großen Nachfrage nach Führungen um eine weitere Mitarbeiterstelle erweitert. Die Museumspädagogen kümmern sich vor allem um die konzeptionelle Ausarbeitung neuer Programme, um die didaktisch-pädagogische Betreuung von Praktikanten, Studenten, Lehrern, behinderten Besuchern und Ausstellungskonzeptionen (Mallok, 2002). Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Netzwerkarbeit, die sich zum Beispiel in Kooperationen mit der Universität, anderen außerschulischen Lernorten in Frankfurt (z.B. Zoo, Palmengarten) und der Stadt Frankfurt (Bildungsnetzwerk KITA) ausdrückt. Hier stehen der gegenseitige Austausch, das voneinander lernen und gemeinsam erarbeitete Projekte im Vordergrund (Winter, 2006). Das wachsende Angebot und auch die wachsenden Aufgabenbereiche brachten 2006 personelle Veränderungen in der Museumspädagogik mit sich. Das Kernteam der Museumspädagogik wurde um eine Assistentenstelle und zwei wissenschaftlichen Volontariate erweitert. Das neue Team erstellte ein regelmäßiges Angebotsprogramm für Besucher aller Altersgruppen, das in einem Programmflyer alle zwei Monate veröffentlicht wird. Ein Anliegen des neuen Programms ist es dabei, den Besuchern auch direkten Kontakt zu den Wissenschaftlern des Hauses zu ermöglichen oder einen Blick hinter die Kulissen des Forschungsinstituts zu werfen. So fungiert die Museumspädagogik als Brückenbauer zwischen der Wissenschaft und den Besuchern und fördert deren lebenslanges Lernen (Szymanski, 2010). Von Anfang 2011 bis Oktober 2012 leitete der Biologe Dr. Matthias Recke den Fachbereich Museumspädagogik. Er knüpfte an das umfangreiche Angebot durch eine zielgruppenspezifische Ansprache der Besucher an. Die Begeisterung für Natur und Forschung schon im Kindesalter zu wecken und diese durch persönlichen Kontakt auszubauen und zu erhalten, sieht er als wichtige Aufgabe der museumspädagogischen Arbeit (Recke, 2012). Mittlerweile wird die Museumspädagogen-Stelle von der Biologin Dr. Eva Roßmanith besetzt, die mit ihrem Team große und kleine Besucher mit einem umfangreichen Angebot betreut ([www.senckenberg.de](http://www.senckenberg.de)). Dabei sieht sie es als Auftrag der Museumspädagogik, die Ausstellung für die Besucher

„zum Sprechen zu bringen“, also durch direkte personelle Vermittlung einen Dialog zwischen den Besuchern und den Objekten der Ausstellung zu schaffen (Mosbrugger, 2016).

### 2.3.3 Das Stadtwaldhaus und seine Pädagogik

Das Stadtwaldhaus Frankfurt ging aus einem Informationszentrum auf dem Gelände einer ehemaligen Fasanenzuchtstation hervor. Das Gelände liegt im Stadtwald zwischen dem Stadtteil Sachsenhausen und Neu-Isenburg, östlich der Commerzbank-Arena, an der Kuhpfadschneise, Nähe Isenburger Schneise. Dort betrieb das städtische Forstamt bis 1976 eine Fasanenzuchtstation, die durch ein Informationszentrum für interessierte Waldbesucher abgelöst wurde. Anlass der Einrichtung waren zum einen die allgemein zunehmende Belastung, Gefährdung und Zerstörung des Waldes und zum anderen der ständige Rückgang der Waldflächen im Ballungsgebiet Rhein/Main. In einer Blockhütte wurden Tierpräparate ausgestellt, Informationen rund um das Thema Wald vermittelt und auf Anfrage auch Führungen für Schulklassen durchgeführt (Berg, 2001).

Bedingt durch eine erhöhte Wahrnehmung des Themas Waldsterben in der breiten Öffentlichkeit in den 1980er Jahren, stieg im Informationszentrum die Zahl der Besucher stark an, eine vermehrte Nachfrage nach Führungen wurde gemeldet. So beschloss die Stadtverwaltung, ein neues, größeres Informationszentrum zu bauen, um den Besuchern einen ganzheitlichen Blick auf den Lebensraum Wald und auch seine Gefährdung zu ermöglichen. 1991 bis 1995 wurde auf dem gleichen Gelände das Stadtwaldhaus errichtet. Auch das umgebende Außengelände wurde zum Teil umgestaltet und didaktisch aufbereitet (Stadt Frankfurt am Main, 1994).

Das Gebäude des Stadtwaldhauses zeigt einige Besonderheiten, die sofort einen Bezug zum Thema Wald herstellen: zwei gegeneinander versetzte, bewachsene Pultdächer bilden einen Rahmen um eine große Eiche, die sich von innen durch das Haus bis über das Dach hinaus erhebt, wo sich noch eine Aussichtsplattform befindet. Durch eine massive Baumtür gelangt man in das Stadtwaldhaus, wo auf 600 qm<sup>2</sup> Fläche ein abwechslungsreiches Angebot für Jung und Alt geboten wird (Stadt Frankfurt am Main, 1994): Im Erdgeschoss befindet sich eine interaktive Waldausstellung, die Themen wie „Was ist ein Baum?“, „Baumgemeinschaft Wald?“ oder „Holz – Werkstoff des Menschen“ aufgreift. Desweiteren können in einem abgegrenzten Ausstellungsraum der Wald und seine Bewohner bei Nacht erfahren, erfüllt und erlebt werden. Ein Vortragsraum kann für Vorträge und Fortbildungen genutzt werden. Außerdem findet sich im Erdgeschoss der „Erlebnisraum“, ausgestattet mit einigen Tieren in Terrarien, Binokularen, Sammelgerätschaften und einem Bullauge zu einem kleinen Teich hinter dem Haus. Hier können Workshops abgehalten und Tiere bei Führungen gezeigt werden oder Besucher ihre mitgebrachten Funde (Insekten, Wasser- und Bodenlebewesen) untersuchen und bestimmen. Im ersten Stock befinden sich eine Fläche für Sonderausstellungen zu Umwelt- und Naturthemen, eine kleine Bibliothek und eine Cafeteria ([www.stadtwaldhaus-frankfurt.de](http://www.stadtwaldhaus-frankfurt.de)).



*Abbildung 13: Das Stadtwaldhaus im Stadtwald Frankfurt (Foto: Lena Heuß)*

Um das Stadtwaldhaus gibt es auf einem Gelände von 4 Hektar für Besucher aller Altersstufen viel zu entdecken. Einen Großteil der Fläche machen die Tiergehege und Volieren aus, in denen sich heimische Wildtiere und Pflanzentiere befinden. Wildschweine und Rehe, Eichhörnchen, Krähen, Waschbären, Käuze und andere Tiere können dort beobachtet werden. Am Eingang des Hauses startet der Naturerlebnispfad, der in insgesamt 14 Stationen viele Waldthemen aufgreift und das Ökosystem Wald spielerisch erfahrbar macht. Beispiele für Stationen sind: Totholz/Zersetzer, das „Baumtelefon“, die Fühlkastenstation und die Riechstation. Ebenfalls auf dem Außengelände befinden sich ein Heilpflanzenpfad, ein Bienenstand, ein Wildbienenhotel und zwei kleine Teiche.

Dieses umfassende und vielseitige Angebot weist auf alle Besucher jeden Alters als Zielgruppe des Stadtwaldhauses hin. Das ehemalige Informationszentrum wurde vorwiegend von Grundschulklassen besucht, worauf bei der Konzeption des neuen Stadtwaldhauses auch geachtet wurde. Die Exponate wurden nach kindlichen Interessen gestaltet und ausgewählt und befinden sich auf Augenhöhe der Kinder. Aber dennoch sind Schulkinder nicht die einzige Zielgruppe. Das Stadtwaldhaus bietet durch sein breit gefächertes Angebot die Möglichkeit, vieles selbst zu erleben, auszuprobieren und zu erfassen, Spannendes und Informatives für Familien, Kinder, Jugendliche und Erwachsene. Dies spiegelt sich sowohl im pädagogischen Konzept, als auch in den angebotenen Programmen wider. Die unmittelbare Naturerfahrung und Umwelterziehung stehen bei der pädagogischen Arbeit im Vordergrund. Freude am Naturerlebnis, aber auch Betroffenheit sollen der Ausgangspunkt für das Lernen sein, das im Idealfall zum Schutz der Natur führt (Berg, 2001).

Das freie, kostenlose Angebot in und rund um das Stadtwaldhaus wird durch ein pädagogisches Programm für alle Altersstufen erweitert. Der Leiter des Stadtwaldhauses, der Biologe Rainer Berg und sein Team, das vor allem aus Absolventen eines Freiwilligen Ökologischen Jahres und Bundesfreiwilligen besteht, bieten Führungen in kleinen Gruppen im und um das Stadtwaldhaus zu verschiedenen Themen (Frühlingswald, Bodenleben, Teichleben etc.), Exkursionen an Sonntagen oder Lehrerfortbildungen an. Mehrmals im Jahr werden spezielle Thementage organisiert, wie der Reptilien- und Amphibientag, die Fledermausnacht, ein Weihnachtsmarkt und vieles mehr. Bei allen Programmen stehen immer der direkte Kontakt zu Tieren und Pflanzen und die damit verbundene Handlungserfahrungen als die Voraussetzung zur Entwicklung von Umweltbewusstsein im Mittelpunkt (Berg, 2001).

### **2.3.4 Der Zoo Frankfurt und die Zoopädagogik**

Der Zoo Frankfurt ist wie der Palmengarten und das Senckenbergmuseum auch ein Beispiel für die engagierte Initiative der Frankfurter Bürger im 19. Jahrhundert.

Schon seit dem 15. Jahrhundert wurden zur Belustigung und Zerstreuung der Besucher auf der Frankfurter Messe wilde Tiere wie Elefanten, Giraffen oder Raubkatzen gezeigt. Aber erst durch die Gründung einiger naturwissenschaftlicher Vereinigungen wie dem Physikalischen Verein und der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft Anfang des 19. Jahrhunderts wurde der Wunsch nach einem Zoologischen Garten nach dem Vorbild der Menagerien der Adeligen geäußert. Einige Senckenberger, unter anderem der 2. Direktor der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft Eduard Rüppel (1794–1884), äußerten sich allerdings gegen eine Zoogründung, da ein Zoo als Konkurrenz zum Museum angesehen wurde. Dennoch engagierten sich naturkundlich interessierte Bürger dafür und gründeten in den 1850er Jahren ein Komitee zur Gründung eines Zoologischen Gartens, der den Frankfurter Bürgern Erholung und Bildung bringen sollte. Zuerst wurde ein Grundstück an der Bockenheimer Landstraße gemietet und anschließend Aktien zur Gewinnung

eines Anfangskapitals verkauft. Das aus acht Frankfurter Großbürgern bestehende Komitee bestimmte den in der Tierhaltung erfahrenen F. Leven als ersten Zoodirektor (Scherpner, 1983). Schon fünf Monate nach der Gründungsversammlung im Jahr 1858 konnte der Zoo eröffnet werden und wurde von den Frankfurtern mit großer Begeisterung aufgenommen. Bis zum Ende des Jahres besaß der Zoo schon 589 Tiere von 151 verschiedenen Arten, die er seinen Besuchern präsentierte. Der folgende Zoodirektor Dr. David Friedrich Weinland (1828–1915) führte im kommenden Jahr die Zoozeitung „Der Zoologische Garten“ ein, in der Eigenarten der Zootiere, naturwissenschaftliche Erkenntnisse und auch Informationen zu Haltung und Pflege niedergeschrieben wurden. Nachdem Weinland 1863 als Zoodirektor zurücktrat, wurde der Tierarzt Dr. Max Schmidt (1834–1888) als neuer Direktor berufen. Er musste die große Aufgabe übernehmen, einen neuen Ort für den Zoo zu finden. Das Gelände an der Bockenheimer Landstraße war für die mittlerweile 1300 Tiere zu klein geworden und der Pachtvertrag wurde nicht verlängert. Nach längerer Diskussion wurde beschlossen, die damalige Pfingstweide im Osten der Stadt zum neuen Zoo umzubauen.

Zwar wurde dies 1865 vom Senat der Stadt bewilligt, jedoch aufgrund der Besetzung Frankfurts 1866 durch die Preußen vertagt. Nach finanziellen Schwierigkeiten und einer daraus notwendigen Neugründung der Zoologischen Gesellschaft konnte die Pfingstweide allerdings später doch noch als neues Zuhause für den Zoo gewonnen werden (Scherpner, 1983).

1874 zog der Zoo von der Bockenheimer Landstraße an seinen neuen Platz. Bei der Eröffnung im Frühjahr waren aber weder alle Tiere umgezogen noch alle Gehege und Gebäude fertig. Dies wurde im Laufe der nächsten Jahre nachgeholt und auch das Gesellschaftshaus mit dem großen, repräsentativen Festsaal wurde 1876 eröffnet. Doch die unbeliebte, schlecht erreichbare Lage im Osten der Stadt führte zu einem Besucherschwund, es musste gespart werden und es konnten keine neuen Tiere gekauft werden. Bis



**Abbildung 14:** Das Gesellschaftshaus des Zoos im Frankfurter Ostend (Foto: Lena Heuß)

zum Ersten Weltkrieg konnte der Zoo nur durch finanzielle Unterstützung der Stadt weiterbetrieben werden. Zoodirektor Schmidt bemühte sich durch Sonderschauen und Musikkonzerte um den Fortbestand des Zoos, und auch die folgenden Zoodirektoren Dr. Ludwig Wunderlich, Dr. Wilhelm Haacke und Prof. Dr. Adalbert Seitz mussten wegen der schlechten finanziellen Lage einige Zugeständnisse an die vergnügungswilligen Besucher machen: Ballonfahrten starteten im Zoo, im Winter wurde der See zum Schlittschuhfahren freigegeben und Völkerschauen fanden statt. Ende des 19. Jahrhunderts waren schließlich einige dringende Um- und Neubauten nötig, die allerdings nur mit kleinem Budget durchgeführt werden konnten. Direktor Dr. Kurt Priemel (1880–1959) führte den Zoo durch die harten Jahre des Ersten Weltkriegs. Fast alle Mitarbeiter zogen ins Feld, das Futter für die Tiere wurde knapp, der Tierbestand schrumpfte. Die freien Flächen des Geländes wurden zum Futteranbau benutzt und Haustierrassen wurden vermehrt zur Nahrungsgewinnung für die Menschen gezüchtet. Alle Bemühungen konnten jedoch das finanzielle Desaster nicht abwenden, und so wurde der Zoo 1915 der Stadt Frankfurt gänzlich überschrieben (Scherpner, 1983). Erst einige Jahre nach Kriegsende und Überwindung der Finanzkrise hatte der Zoo

wieder Mittel zur Verfügung, um den Tierbestand aufzustocken und dringend notwendige Gebäuderenovierungen durchzuführen. Auch die Diskussion über einen neuen Umzug des Zoos aus Platzgründen, die durch den Ersten Weltkrieg unterbrochen wurde, kam wieder auf. Erstmals spielten die Bedürfnisse der Tiere und die Rolle von Zoos beim Artenschutz eine Rolle bei der Gestaltung neuer Gehege, was den Ruf nach einem neuen und größeren Gelände noch verstärkte. 1937 beschloss der damalige Bürgermeister Frankfurts Dr. Krebs gegen alle Vorbehalte, dass der Zoo nicht verlegt würde, sondern neue, tiergerechte Gebäude und Gehege gebaut werden sollten. Die Wirtschaftskrise vor dem Zweiten Weltkrieg verlangsamten diese geplanten Erneuerungen, das Geld wurde wieder knapp. Direktor Dr. Georg Steinbacher (1919–1979) wurde ebenso wie die meisten männlichen Mitarbeiter eingezogen. Auch Bomben trafen den Zoo hart. Bei mehreren Angriffen im Jahre 1943 und vor allem 1944 wurden Mauern, Gebäude und Gehege zerstört und viele Tiere getötet. Das Gesellschaftshaus brannte aus. Trotzdem wurde der Zoo nicht geschlossen, schon wenige Monate nach den schweren Verwüstungen öffnete er wieder seine Tore ([www.zoo-frankfurt.de](http://www.zoo-frankfurt.de)). 1945 gab es Anweisungen, den Zoo endgültig zu schließen und alle Tiere zu erschießen. Einige beherzte Mitarbeiter widersetzten sich aber dem Befehl und kümmerten sich weiter um die Tiere. Unter amerikanischer Verwaltung und einem neuen Bürgermeister gelang es dem Tierarzt und Journalisten Prof. Dr. Bernhard Grzimek (1909–1987) die Verantwortung für den Zoo zu erhalten und zum Direktor ernannt zu werden. Durch einen Werbeumzug durch die kriegszerstörte Stadt und sein Verhandlungsgeschick gelang es ihm, von den Amerikanern die Erlaubnis für die Wiedereröffnung des Zoos zu erhalten. Grzimek schaffte es mit viel Geschick und Improvisationstalent, den Zoo im wahrsten Sinne des Wortes aus Trümmern wieder aufzubauen. Notunterkünfte für die Tiere zur Überwinterung wurden gebaut, ein einfaches Lokal eröffnet und einige Attraktion in den Zoo geholt, die Besucher anlocken sollten: Er lud Schausteller und Zirkusleute auf das Zoogelände ein, ein Nachkriegskino, ein Theater und ein Zirkus kamen in den Zoo und alle Besucher mussten Eintritt für den Zoo bezahlen. So gelang es ihm bis zur Währungsreform 1948, den Zoo zur einzigen Freizeit-Attraktion im Nachkriegs-Frankfurt zu machen. 1947 wurde ihm sogar 3 Hektar Erweiterung aus dem umliegenden zerstörten Grundstück zugesprochen und zusätzlich eine benachbarte Fläche, auf der bis heute der Wirtschaftshof steht. In den kommenden Jahrzehnten konnte der Zoo wieder gänzlich aufgebaut werden, viele neue Tiere wurden angeschafft, die Grzimek zum Teil selbst von weiten Reisen mitbrachte. Bei den neuen Gehegen wurde viel Wert auf eine artgerechte Haltung der Tiere gelegt. Grzimek leitete den Zoo mit großem Geschick und durch seine Fernsehserie „Ein Platz für Tiere“, seine Tierfilme wie „Serengeti darf nicht sterben“ und sein großes Naturschutzengagement wurde er international bekannt. Neue wissenschaftliche Erkenntnisse über die Lebensweise der Wildtiere und deren Platzbedürfnisse ließen die Diskussionen nach einem größeren Zoogelände wieder aufleben. So kam es tatsächlich dazu, dass eine Dependence des Zoos an der Nidda neben dem Ginnheimer Wäldchen gebaut wurde. 1975 wurde ein Teil des Geländes eröffnet, das Elefanten, einige Huftiere und Vögel beherbergte. Die Zoologische Gesellschaft, die seit der Übernahme des Zoos durch die Stadt als Förderverein des Zoo tätig war, konnte den Neubau finanziell unterstützen. Als die Stadt dann aber auf demselben Gelände die Pläne für die Bundesgartenschau verwirklichen wollte, musste der neue Nidda-Zoo wieder weichen und die Tiere wurden aus Platzmangel an andere Zoos weitergegeben (Scherpner, 1983). Nach weiteren Überlegungen zu möglichen Außenstellen des Zoo in den 1970er und 1980er Jahren wurde der Plan dann in den 1990er Jahren ganz aufgegeben. Eine wichtige Rolle spielte dabei die Umsetzung des neuen Tierschutzgesetzes und auch des Washingtoner Artenschutzabkommens, das die Zuchtbemühungen der Zoos verstärkte. Unter dem Nachfolger Grzimeks,

dem Zoologen Dr. Richard Faust (1927–2000), wurde das Grzimek-Haus, ein großes Nachtierhaus mit Kleinsäugetern, gebaut. Aufgrund der damals noch ausstehenden Entscheidung über eine mögliche Erweiterung des Zoos wurden in den kommenden Jahren unter den Direktoren Dr. Christoph Scherpner (1928–1998) und Dr. Christian R. Schmidt (geb. 1943) nur wenige Renovierungen oder Neubauten im Zoo durchgeführt und er genügte so nicht den modernen, wissenschaftlichen Standards. Erst in den letzten Jahren wurden einige Erneuerungen durchgeführt und geplant. Seit 2008 setzt sich der Zoodirektor Prof. Dr. Manfred Niekisch (geb. 1951) unter dem Motto „Tiere erleben – Natur bewahren“ für artgerechte Neubauten im Zoo und für den Natur- und Artenschutz ein ([www.zoo-frankfurt.de](http://www.zoo-frankfurt.de)). Er sieht die Tiere als Botschafter ihrer wilden Artgenossen, die die Zoobesucher auf ihre Bedrohung durch die Zerstörung ihres Lebensraumes aufmerksam machen. Sie sind ein Symbol der Biodiversität als Grundlage allen Lebens – auch des menschlichen (Niekisch, 2012). In diesem Sinne beteiligt sich der Frankfurter Zoo sich aktuell an der WAZA (World Association of Zoos and Aquariums)-Kampagne „Biodiversität – das sind Wir“ ([www.waza.org](http://www.waza.org)).

Der Frankfurter Zoo hat sich als wissenschaftlicher Tiergarten den vier Hauptaufgaben der modernen Tiergärtnerei verpflichtet: Erholung für die Besucher, Vermittlung von Information und Bildung, naturwissenschaftliche Forschung und dem Naturschutz durch die Zucht und den Erhalt seltener Tierarten (Schmidt, 2003). Die Vermittlung von zoologischem Fachwissen besonders für Schüler war dem Zoo von Anfang an ein wichtiges Anliegen und so erhielten Schülergruppen schon seit dem Jahr 1877 ermäßigten Eintritt. Auch Lehrern wurden Ermäßigung oder sogar freier Eintritt gewährt, so dass sie einen Besuch mit ihren Schülern vorbereiten konnten. Zum Teil wurden sie auch von Zoomitarbeitern betreut, die ersten Lehrerfortbildungen fanden statt. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde von Grzimeks Sohn Michael ein kurzer Film über den Zoo gedreht, der in hessischen Schulen erfolgreich zu Werbezwecken gezeigt wurde. Aber seinem Vater war auch klar, dass sich die Haltung wilder Tiere in Zeiten von Fernsehen, Radio und umfangreichem Literaturangebot nur durch den Gedanken des Artenschutzes und auch eines abwechslungsreichen Bildungsangebots rechtfertigte. So gelang es ihm, 1960 die erste europäische Schulabteilung in einem Zoo zu gründen, die von der Biologin Dr. Ursel Kirchshofer besetzt wurde. Mithilfe eingelernter Honorarkräfte wurden Führungen und regelmäßige Lehrerfortbildungen angeboten und didaktische Materialien zur Vor- und Nachbereitung des Zoobesuchs für die Lehrer entwickelt. Auch eine Zeitschrift für Lehrer wurde regelmäßig veröffentlicht und eine Fachbibliothek eingerichtet. 1972 fand in Frankfurt eine internationale Tagung von Zoopädagogen statt, bei der die „Internationale Vereinigung der Zoopädagogen“ gegründet wurde (Scherpner, 1983). Seit 1994 leitet die Biologin Martina Weiser die Zoopädagogische Abteilung und bietet zusammen mit vielen freien Mitarbeitern ein vielseitiges Angebot an Führungen für Besucher aller Altersstufen, Lehrerfortbildungen und didaktischen Materialien an. Beliebte Themen bei Schulführungen sind „Das Dschungelbuch“, „Tiere des tropischen Regenwalds“, „Moderne Zootierhaltung – aber wie?“ und „Sozialverhalten von Primaten“. In den Ferien werden spezielle Programme für Schüler angeboten, abends finden Führungen für Erwachsene und wechselnde Vorträge besonders zu Arten- und Naturschutzthemen statt. Sei vielen Jahren gibt es auch den Zoo-Jugendclub, der sich gezielt an Jugendliche richtet und diese in einem einjährigen Programm mit Tieren, deren Bedürfnissen und möglichen Schutzmaßnahmen vertraut macht ([www.zoo-frankfurt.de](http://www.zoo-frankfurt.de)). Bei der Betreuung der Besucher, besonders von Schülern, ist es das Ziel, durch direkte Tierbeobachtungen und Wissensvermittlung ihre Neugier zu wecken und sie für den respektvollen Umgang mit dem Tier und der Umwelt zu sensibilisieren. Langfristig

soll dabei durch Erleben und Verstehen eine Verhaltensänderung bewirkt werden, aus der Engagement und Verantwortung für die lebendige Natur resultieren (Weiser, 2001).

### 2.3.5 BioFrankfurt

BioFrankfurt ist ein Netzwerk im Rhein-Main Gebiet, in dem sich mittlerweile 14 Mitglieder (Stand März 2016) aus Forschung, Bildung, Naturschutz und Entwicklungszusammenarbeit gemeinsam für die Erhaltung der Biologischen Vielfalt einsetzen und das öffentliche Bewusstsein für ihre Bedeutung stärken wollen. BioFrankfurt wurde 2004 als „Kompetenzverbund Biodiversität Frankfurt“ gegründet. Die damals acht Gründungsmitglieder setzten sich folgende Ziele: Steigerung des öffentlichen Bewusstseins für die Bedeutung der Biodiversität, durch verbesserte Kooperation und Gedankenaustausch der Einzelinstitutionen einen Mehrwert schaffen und Aufwertung des Standorts Frankfurt durch eine prägnantere Sichtbarkeit des örtlichen Engagements für Biodiversität ([www.biofrankfurt.de](http://www.biofrankfurt.de)). 2006 startete BioFrankfurt mit einer großen Auftaktveranstaltung, einer Wanderausstellung zum Thema „Gemeinsam für Vielfalt und Nachhaltigkeit“ und einer Homepage seinen öffentlichen Auftritt. Schon im gleichen Jahr traten weitere Institutionen dem Netzwerk bei. Durch die Gewinnung von Fördermitteln konnte im Mai 2007 eine Geschäftsstelle für BioFrankfurt eingerichtet werden, die von der Biologin Jenny Krutschinna besetzt wurde, die sich um den öffentlichen Auftritt des Netzwerks und Veranstaltungen und Programme rund um das Thema Biodiversität kümmert. Ebenfalls im Jahr 2007 startete die Kampagne „Biodiversitätsregion Frankfurt/Rhein-Main“, die von mehreren Förderern finanziell unterstützt wurde. Bis zum Frühjahr 2009 fanden unter dem Kampagnenmotto zahlreiche Führungen, Exkursionen, Filmvorführungen und andere Veranstaltungen statt, die Tausende von Frankfurtern erreichten. Seit 2009 erscheint auch ein Jahresprogramm mit allen von BioFrankfurt angebotenen Programmen. 2010 stand dieses unter dem Motto des von der UN ausgerufenen „Internationalen Jahr der Biodiversität“. Zusätzlich findet seitdem eine eigens von BioFrankfurt angebotene Vortragsreihe zum Jahresthema statt. Momentan hat das Netzwerk BioFrankfurt 14 Mitglieder, zu denen z.B. die Goethe-Universität Frankfurt, der Palmengarten, der Zoo Frankfurt, die Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung und andere gehören. Mittlerweile wird die Geschäftsstelle von der Geographin Stefanie Jung betreut. Seit Juli 2014 hat BioFrankfurt den Status eines gemeinnützigen Vereins ([www.bio-frankfurt.de](http://www.bio-frankfurt.de)).

Das von der UN erklärte „Jahrzehnt der Biodiversität“ 2011 bis 2020 betont die Wichtigkeit der Verantwortung gegenüber der biologischen Vielfalt und unterstreicht die Bemühungen von BioFrankfurt, sich in den Bereichen Forschung, Nachhaltige Nutzung, Schutz und Wissensvermittlung für diese Verantwortung einzusetzen (Krutschinna & Streit, 2009). Ein Beispiel für das abwechslungsreiche, interdisziplinäre Angebot des Netzwerks ist die jährlich im Mai stattfindende Biodiversitäts-Aktionswoche mit über 70 Einzelveranstaltungen (Führungen, Exkursionen, Filme, etc.) für Interessierte jeden Alters. Außerdem präsentiert das Netzwerk jedes Jahr eine „Biozahl“, mit der es auf ein aktuelles und beachtenswertes Thema aus der biologischen Vielfalt hinweisen will (z.B. 2011: „14“ als Anzahl der Fledermausarten im Frankfurter Stadtgebiet).

Ein besonderes Anliegen für BioFrankfurt ist die Bildung. Denn für die erfolgreiche Etablierung von Maßnahmen zum Schutz der Biodiversität ist eine gut informierte Öffentlichkeit und eine frühzeitige Einbeziehung biodiversitätsbezogener Themen in den schulischen Unterricht eine wichtige Voraussetzung. Daher wurden von BioFrankfurt einige Angebote für Schüler und Lehrer entwickelt, die in den Unterricht eingebunden werden oder ihn ergänzen können ([www.bio-frankfurt.de](http://www.bio-frankfurt.de)). Im Rahmen der Kampagne „Biodiversitätsregion Frankfurt/Rhein-Main“ entstand eine Arbeits- und Exkursionsmappe für Schüler und Lehrer für ein im



Frankfurter Stadtgebiet befindliches Naturschutzgebiet (Streuobstwiese Berger Hang) und es wurde ein Schülerwettbewerb für Klassen allen Alters ausgerufen, für den Biodiversitäts-Poster, -Songs und -Spiele eingereicht wurden. Als wichtiger, längerfristiger Baustein der BioFrankfurt Bildungsarbeit wurden Schulworkshops zum Thema „Biodiversität – Basis des (Über-)Lebens“ entwickelt. Diese Workshops fanden in einer Pilotphase 2008 großen Anklang und konnten im Zeitraum von März 2009 bis Januar 2011 insgesamt 65mal durchgeführt werden. Es nahmen 70 Lehrer und über 1600 Schüler von der 7. bis 12. Klassenstufe an den Workshops teil. Themen, die in den vier bis fünf-stündigen Workshops behandelt werden, sind z.B. „Was ist Biodiversität?“, „Der Wert der biologischen Vielfalt“ oder „Der ökologische Fußabdruck“. Besonderer Wert wird bei dem Projekttag darauf gelegt, dass die Schüler sich in verschiedenen Lernformen (Gruppenarbeit, Präsentation, Gruppendiskussion etc.) selbständig und fächerübergreifend mit Aspekten der Biodiversität aus den Bereichen Biologie, Erdkunde, Wirtschaft, Politik und Geschichte beschäftigen ([www.bio-frankfurt.de](http://www.bio-frankfurt.de)). In einer vergleichenden Studie wurden die Workshops als eines der wenigen Angebote in ganz Hessen beurteilt, das alle Bereiche der Biodiversität umfassend und handlungsorientiert behandelt (Gatzke, 2012).

Auch das Ringangebot „Biologische Vielfalt – Biodiversität aus vier Blickwinkeln erleben im Palmengarten, Senckenbergmuseum, Zoo und Stadtwaldhaus“, das die Grundlage der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Unterrichtsmaterialien darstellt, entstand durch die Kooperation der jeweiligen pädagogischen Mitarbeiter in der Netzwerkarbeit von BioFrankfurt ([www.bio-frankfurt.de](http://www.bio-frankfurt.de)).



### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Evaluationsdesign und Testaufbau

Zur Beantwortung der Forschungsfragen und Überprüfung der aufgestellten Hypothesen wurde eine Evaluation zur Datenerhebung anhand von Fragebögen durchgeführt. Diese Befragung fand in einem Pre/Post/Follow-Up-Design statt. Tabelle 4 zeigt den genauen Verlauf der Evaluation.

	T0			T1		T2	T3
<b>Versuchsgruppe (VG)</b>		<b>Treatment</b> (themenbezogener vorbereitender Unterricht)			<b>Treatment</b> (themenbezogener nachbereitender Unterricht)	<b>Post-Test II</b>	
<b>Kontrollgruppe (KG)</b>	<b>Pre-Test</b>		<b>Biodiversitätsführung</b> im außerschulischen Lernort	<b>Post-Test I</b>			<b>Follow-up-Test</b> (6 bis 8 Wochen später)

*Tabelle 4: Das Evaluationsdesign der Studie*

Die Stichprobe der evaluierten Schüler wurde bezüglich jedes außerschulischen Lernorts in zwei Gruppen eingeteilt: In eine Versuchsgruppe (VG) und eine Kontrollgruppe (KG). Mit der Versuchsgruppe fand vor und nach der Teilnahme an der Biodiversitätsführung Unterricht mit Hilfe der konzipierten Arbeitsmaterialien statt, die Kontrollgruppe nahm nur an der Führung teil. Somit konnte der durch den Einsatz der Materialien erzeugte Effekt auf die Motivation, die Biologieeinstellung und den Zuwachs von Wissen eindeutig erfasst werden. Der Pretest wurde zur Erfassung des „Ist-Zustandes“ eingesetzt, um später mögliche Effekte aufgrund besonderer Gruppenkonstellationen (z.B. Alter, Schultyp, Geschlechterverhältnis) ausschließen zu können. Der Aufbau des Pre/Post/Follow-up-Designs eignet sich besonders für die abgefragten Parameter der aktuellen Motivation, da die Schüler zum Zeitpunkt des Pre- und Posttests das Erlebte noch gut in Erinnerung hatten und ihre Gedanken und Gefühle leicht rekonstruieren konnten. Die Versuchsgruppe wurde an einem zusätzlichen Messzeitpunkt (T2) direkt nach dem nachbereitenden Unterricht befragt, um hier noch Aussagen über den Einfluss auf die aktuelle Motivation machen zu können und eine Rückmeldung der Schüler bezüglich der Arbeitsmaterialien zu erhalten. Der Follow-up-Test ca. 6 bis 8 Wochen nach dem Posttest diente zur Überprüfung eventueller Langzeiteffekte bei den Biologieeinstellungen, dem Lernerfolg und den Interessenshandlungen.

Die in dieser Studie eingesetzten Fragebögen stellen aus sozialwissenschaftlicher Sicht einen Test dar. Dieser ist ein Messinstrument, mit dem psychische Eigenschaften von Personen möglichst genau und objektiv erfasst werden sollen (Rost, 1996). Jeder der Fragebögen ist aus mehreren Bestandteilen aufgebaut. Fragen zur Erhebung der zu untersuchenden Parameter werden in den Sozialwissenschaften als Items bezeichnet, die in inhaltlichen Einheiten, den Skalen, zusammengefasst sind. Fragebögen bestehen oft aus Subskalen, die verschiedene inhaltliche Aspekte des zu untersuchenden Parameters durch mehrere Items abfragen (Bortz & Göring, 2006).

Aus Gründen des Datenschutzes waren alle Fragebögen anonymisiert (Bortz & Göring, 2006). Um die Fragebögen der verschiedenen Messzeitpunkte dennoch einzelnen Schülern zuordnen zu können, waren alle Fragebögen mit einem Code versehen, den die Schüler selbst eintrugen. Dieser bestand aus dem zweiten Buchstaben des Vornamens, dem zweiten Buchstaben des Nachnamens und dem Geburtstag in zwei Zahlen.

Zu Beginn jedes Fragebogens wurden nach einer kurzen Einleitung und Instruktion zum Ausfüllen einige personenbezogene Daten abgefragt. Schule, Geschlecht und Alter dienten dabei unter anderem als weitere Zuordnungskriterien der Fragebögen.

Tabelle 5 listet die an den jeweiligen Messzeitpunkten abgefragten Variablen und Skalen auf.

	T0	T1	T2	T3
Code, Schule, Geschlecht, Alter	✓	✓	✓	✓
Klassenstufe, Schulart, Biologienote im letzten Zeugnis	✓			
Vorwissen zur Biodiversität (5 Items)	✓			
FAM (18 Items)	✓	✓	✓	
Wahrgenommene Unterrichtsvariablen (12 Items)		✓		
Fachwissen zur Führung (5 Items)		✓		✓
Biologieeinstellung (9 Items)	✓		✓	✓
Bewertung der Arbeitsmaterialien (6 Items)			✓	
Interessenshandlung (3 Items)				✓

*Tabelle 5: Abgefragte Variablen zu den Zeitpunkten T0, T1, T2 und T3*

Der **Pretest** bestand aus insgesamt 39 Fragen. Nach 7 personenbezogenen Fragen wurden 5 Items zum allgemeinen Vorwissen über das Thema Biodiversität abgefragt. Im Anschluss folgte der erste Fragebogen zur aktuellen Motivation (FAM) mit 18 Items und die Skala Biologieeinstellung (9 Items) für das Interesse an Biologie allgemein und das Schulfach Biologie. Ein Beispiel für den erhobenen Pretest findet sich im Anhang unter C1.

Der **Posttest I** wurde nach Teilnahme an der Biodiversitätsführung von den Schülern ausgefüllt und umfasste insgesamt 39 Fragen. Auch hier wurden personenbezogene Fragen (4 Items) und der FAM (18 Items) abgefragt, um eventuelle Motivationsänderungen durch die Führung messen zu können. Desweiteren wurden 12 Items zu den wahrgenommenen Unterrichtsvariablen und Fachwissen zu den Inhalten der Führung (5 Items) gestellt. Der Posttest I ist im Anhang unter C2 dokumentiert.

Den **Posttest II** füllte jeweils nur die Versuchsgruppe aus. Er wurde direkt nach dem nachbereitenden Unterricht in der Schule eingesetzt und umfasste 37 Items. Er enthielt personenbezogene Fragen (4 Items), den FAM (18 Items), die Biologieeinstellung (9 Items) und außerdem Fragen zu den eingesetzten Arbeitsmaterialien (6 Items). Ein vollständiger Posttest II findet sich im Anhang unter C3.

Der **Follow-up-Test** wurde 6 bis 8 Wochen nach dem letzten Termin mit den Klassen verschickt und war mit 21 Fragen der kürzeste Fragebogen. Er diente zur Erfassung möglicher

Langzeiteffekte auf Interesse und das erworbene Wissen. Neben den personenbezogenen Fragen (4 Items) wurden das Fachwissen zu den Inhalten der Führung (5 Items), die Biologieeinstellung (9 Items) und Interessenshandlungen (3 Items) abgefragt. Der Follow-up-Test ist im Anhang unter C4 einzusehen.

Alle Fragebogen wurden in der Maske des Evaluations-Programms EvaSys © (Education Survey Automation Suite) (2011), Version 5.0 erstellt, eingescannt und die Daten zur weiteren Bearbeitung extrahiert.

### 3.2 Beschreibung der erhobenen Skalen

Die in der durchgeführten Evaluation eingesetzten Skalen wurden zum einen dem Fragebogen zur aktuellen Motivation von Rheinberg et al. (2001) entnommen und zum anderen der Studie von Pawek (2009) zum Interesse in Schülerlaboren. Die statistische Auswertung der gewonnenen Daten wurde mit Hilfe der Statistik-Software IBM SPSS Statistics 19 (2010) ausgeführt.

**Der Fragebogen zur aktuellen Motivation (FAM)** nach Rheinberg et al. (2001) wurde zur Erfassung bestimmter Motivationsfaktoren in Lern- und Leistungssituationen entwickelt. Für die hier vorliegende Studie wurden einige Items in eine schülergerechte Sprache leicht abgeändert und den Inhalten des Projekts angepasst. So sollte möglichen Missverständnissen und dadurch entstehenden Messfehlern vorgebeugt werden. Der Fragebogen enthält 4 Faktoren, die sich nach einer Faktorenanalyse ergaben:

- Der Faktor **Misserfolgsbefürchtung** enthält 5 Items, die sich mit dem negativen Anreiz des Misserfolgs beschäftigen. Dabei wird davon ausgegangen, dass Druck in Testsituationen hemmend auf das Lernen wirkt. Ein Beispielitem lautet: „Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamieren könnte.“
- Der Faktor **Erfolgswahrscheinlichkeit**, bestehend aus 4 Items (2 davon negativ gepolt), macht Aussagen darüber, wie sicher man sich ist, in der Lernsituation gut abzuschneiden. Für eine hohe Erfolgswahrscheinlichkeit spricht, dass man sich als hinreichend fähig einschätzt oder die gestellten Aufgaben für leicht hält. „Ich glaube, der Schwierigkeit des Themas Biodiversität gewachsen zu sein“ ist ein Beispiel für die Subskala Erfolgswahrscheinlichkeit.
- Der Faktor **Interesse** (5 Items) bezieht sich auf die Wertschätzung des Aufgabeninhaltes und ist hier auf die untersuchte Thematik angepasst, wie dies das Item „Ich mag solche Themen wie Biodiversität (z. B. Artenvielfalt, Naturschutz...)“ zeigt.
- Als letzter Faktor wurde die **Herausforderung** in 4 Items erfasst. Dieser erfragt, wie sehr die Aufgabensituation leistungsthematisch von den Schülern interpretiert wird. Ein Beispielitem ist „Ich bin fest entschlossen, mich beim Thema Biodiversität voll anzustrengen“ (Rheinberg et al., 2001).

Unabhängig von den an den außerschulischen Lernorten gemachten Erfahrungen sind die Schüler schon von persönlichen Interessen geprägt, bevor sie an der Studie teilnehmen. Diese ausgeprägten, stabilen Interessen beeinflussen ihre Motivation und ihr Lernverhalten in der Schule und vor Ort. Die beiden Skalen Sach- und Fachinteresse zielen daher auf die schon vorhandenen Interessen zur Thematik, um mögliche Wechselwirkungen zur aktuellen Motivation feststellen zu können.

Die Skala **Biologieeinstellungen** setzt sich zusammen aus den Skalen Sachinteresse und Fachinteresse. Die Skala Sachinteresse (7 Items) erfragt das Interesse der Schüler an allgemeinen biologischen Themen und Tätigkeiten außerhalb der Schule. Sie entstammt der Studie von Pawek (2009), der sich wiederum an Engeln (2004) und Köller et al. (2000b) orientierte. In der vorliegenden Studie wurden die Items der Skala Fachinteresse „Naturwissenschaft“ für „Biologie“ umformuliert. Ein Beispielitem lautet „Bei biologischen Sendungen im Fernsehen schalte ich immer aus oder um“ (umgepolt).

Das Fachinteresse bezieht sich ausdrücklich auf das Interesse für das Schulfach Biologie bei den Schülern. Es stammt ebenfalls aus der Studie von Pawek (2009) und besteht aus 2 Items, die heißen: „Der Biologie-Unterricht in der Schule bringt mir Spaß“ und „Ich komme im Biologie-Unterricht gut mit“. Die 2 Items der Skala Fachinteresse sind aus statistischer Sicht nur wenig aussagekräftig, so dass sie für diese Studie mit der Skala Sachinteresse zusammengefasst wurden.

Die Skala der **wahrgenommenen Unterrichtsvariablen**, die direkt nach der Teilnahme an den Biodiversitätsführungen eingesetzt wurde, bezieht sich auf die besondere Lernsituation und -umgebung während der Führung. Aufgrund der in Kapitel 2.2.4 erläuterten Merkmale dieser Lernform wurden aus der Studie von Pawek (2009) die Unterskalen Betreuung/Atmosphäre, Verständlichkeit und Zusammenarbeit entnommen. Weitere von Pawek eingesetzte Skalen wie z.B. Offenheit oder Authentizität lassen sich in der eher lehrerzentrierten, inhaltlich strukturierten Lernform der Führung nicht sinnvoll einsetzen.

Die Subskala **Betreuung/Atmosphäre** (4 Items) erfasst die von den Schülern wahrgenommene Lernatmosphäre während der Führung. Im Gegensatz zum Unterricht in der Schule wird der pädagogische Mitarbeiter eventuell eher als „echter Naturwissenschaftler“ und/oder als jüngere und weniger autoritäre Lehrperson wahrgenommen. Eine Beispielfrage ist: „Ich hatte die Möglichkeit, den Betreuern der Führung Fragen zu stellen.“

Die Subskala **Verständlichkeit** (4 Items) erlaubt Rückschlüsse auf das Verständnis der vermittelten Lerninhalte und den Schwierigkeitsgrad der Führung. Fragen und Inhalte, die als nicht zu schwer, aber dennoch als Herausforderung angesehen werden, fördern möglicherweise das Kompetenzerleben der Schüler und beeinflussen so Interesse und aktuelle Motivation. Ein Beispiel für die Subskala ist: „Ich konnte die Fragen während der Führung, die mir heute gestellt wurden, gut bewältigen.“

Die Subskala **Zusammenarbeit** (3 Items) bezieht sich auf die von den Schülern während der Führung wahrgenommene Möglichkeit, sich mit ihren Mitschülern über die Inhalte auszutauschen und dadurch von den kleineren Lerngruppen zu profitieren. „Ich habe während der Führung meinen Mitschülerinnen/Mitschülern etwas erklärt oder mir ist von ihnen etwas erklärt worden“ ist ein Beispielitem.

Die im Follow-up-Test abgefragte Skala **Interessenshandlung** (3 Items) ist der Studie von Pawek (2009) entnommen. Sie bezieht sich auf eine mögliche weitere von individuellem Interesse gesteuerte, freiwillige Beschäftigung der Schüler (Krapp, 1992b) mit dem Thema Biodiversität auch nach dem Projekt. Ein Beispielitem lautet: „Ich habe in Büchern oder im Internet nachgeschlagen, um mehr Informationen über das Thema Biodiversität zu bekommen.“

Alle oben genannten Skalen enthielten Items mit Antwortvorgaben. Dabei gab es für die Schüler Antwortmöglichkeiten nach einer 5-stufigen Likert-Skala. Diese gibt Ratingskalen vor, die von „trifft zu“ (1) bis „trifft nicht zu“ (5) reichen (Bortz & Göring, 2006).

Weitere Variablen, die abgefragt wurden, waren das Vorwissen zur Biodiversität, Fachwissen zu den Inhalten der Führung und Fragen zur Bewertung der Arbeitsmaterialien. Sie wurden für die vorliegende Studie entwickelt.

Das **Vorwissen** zum Thema Biodiversität (5 Items) sollte einen Überblick über Assoziationen, Wissen zu den Begrifflichkeiten und Verknüpfungen mit dem Thema schaffen. Eine Beispielfrage ist: „Was stellst Du Dir unter Biodiversität vor? Schreibe ein paar Stichpunkte auf“ (einzige offene Frage).

Die erste Frage des Vorwissens („Hast Du den Begriff Biodiversität schon mal gehört?“) wurde nach prozentualen Antworten (ja oder nein) ausgewertet.

Die Antworten der offenen Frage („Was stellst Du Dir unter Biodiversität vor?“) wurden inhaltlich in 5 Kategorien eingeteilt. Dabei wurde folgende Einteilung nach der Nennung der häufigsten Begriffe vorgenommen: Kategorie 1 umfasste die Begrifflichkeiten, die am ehesten (teilweise) der Definition von Biodiversität entsprachen, darunter gehören Natur/Tiere/Pflanzen/ Lebewesen/Ökologie/Umwelt- und Naturschutz. Kategorie 2 beinhaltete die Nennung des Biologieunterrichts in der Schule, Kategorie 3 Nennungen in Zusammenhang mit der Universität und Forschung. In Kategorie 4 wurden gänzlich andere Assoziationen eingeteilt, die nur einzeln genannt wurden und in Kategorie 5 die Antworten, die die Unkenntnis des Begriffes umfassten. Anschließend wurde die prozentuale Verteilung der Antwortmuster berechnet. Die Antworten der Items 3 bis 5 des Vorwissens wiesen ein multiple-choice-Antwortmuster auf und erwiesen sich aufgrund der inhomogenen Antworten als ungeeignet für weitere statistische Berechnungen.

Das **Fachwissen** zur Führung bestand jeweils aus 5 Fragen zu den Inhalten der Führung und wurde direkt nach der Führung und im Follow-up-Test 6 bis 8 Wochen nach dem Projekt eingesetzt. Die Inhalte der Fragen bezogen sich nicht auf den vorbereitenden Unterricht, so dass auch die Kontrollgruppe in der Lage sein sollte, alle Fragen richtig zu beantworten. Bei der Entwicklung wurde darauf geachtet, dass die Fragen weder zu schwer noch zu leicht waren, was aufgrund der breit gefächerten Stichprobe der Schüler (Klassenstufen 5 bis 9) wahrscheinlich nicht für alle Klassenstufen galt. Die Fragen für die jeweiligen Lernorte finden sich in den Fragebögen Posttest I (T1) im Anhang C2. Zur Auswertung wurden Punkte auf die richtigen Antworten gegeben und anschließend in ein 5-stufiges Kategoriensystem ähnlich der eingesetzten Likert-Skala eingeteilt, um diese mit den Ergebnissen der anderen gemessenen Skalen vergleichbar zu machen. Zur Erleichterung dieser Einteilung wurden die Punkte zum Teil mit Faktoren multipliziert, die die Punktezahl durch 5 teilbar machte.

Als Beispiel wird in Tabelle 6 die Umrechnung für den Palmengarten veranschaulicht:

<b>eigentl. Punktezahl</b>	0	1	2	3	4	5	6
x10	0	10	20	30	40	50	60
<b>Kategorie</b>	<b>1</b> (0-12 P)		<b>2</b> (13-24 P)	<b>3</b> (25-36 P)	<b>4</b> (37-48 P)	<b>5</b> (49-60 P)	

**Tabelle 6:** Kategorisierung der zugeteilten Punkte des Fachwissens in ein 5-stufiges System am Beispiel Fachwissen Palmengarten; P= Punkte

Alle Fragen zum Fachwissen waren Items mit Antwortvorgaben mit sogenannten Auswahlantworten (Bortz & Göring, 2006). Dabei konnte von den gegebenen Antwortmöglichkeiten entweder eine richtig sein (Single-Choice-Fragen) oder mehrere (Multiple-Choice-Fragen). Eine entsprechende Anweisung stand jeweils unterhalb der Frage (siehe Anhang C).

Die Fragen zur **Bewertung der Arbeitsmaterialien** (6 Items) dienten der Rückmeldung der Schüler zu den eingesetzten Arbeitsblättern und den jeweiligen praktischen Einheiten (genaue Beschreibung siehe Kapitel 3.5). Sie wurden im Posttest II eingesetzt, den lediglich die Versuchsgruppe, die mit den konzipierten Materialien arbeitete, ausfüllte. Durch Fragen wie „Die Abbildungen auf den Arbeitsblättern haben mir geholfen, die Aufgabe besser zu verstehen“ oder „Die Aufgaben der Arbeitsblätter fand ich zu schwer“ sollten Verständnisprobleme oder mögliche strukturelle Unzulänglichkeiten der Arbeitsblätter aus Sicht der Schüler erfasst werden. Entsprechend der Rückmeldungen wurden die Materialien anschließend angepasst und verbessert. Die Antwortmöglichkeiten waren auf einer 5-stufigen Likert-Skala von „trifft zu“ bis „trifft nicht zu“ gegeben.

### 3.3 Die Durchführung der Evaluation

Zur Gewinnung teilnehmender Klassen für die Evaluation wurden Lehrer gezielt über einen Adresspool der Abteilung Biodidaktik des Fachbereichs Biowissenschaften der Goethe-Universität und von BioFrankfurt angeschrieben. Bei der Auswahl der Klassen wurde auf ein möglichst großes Spektrum geachtet hinsichtlich Schulort (Stadtgebiet, weiteres Umland von Frankfurt), Schultyp (Hauptschule, Realschule, Gesamtschule, Gymnasium) und Klassenstufe (5 bis 9/10). So sollten diesbezüglich beeinflussende Effekte besser nachvollziehbar und die Eignung der eingesetzten Materialien für die gesamte Sekundarstufe I getestet werden. Die Evaluation fand im Zeitraum zwischen Juni 2010 und März 2011 statt.

Das Evaluationsdesign sah für jeden außerschulischen Lernort sechs zu evaluierende Klassen vor. Davon bildeten drei die Versuchsgruppe und drei die Kontrollgruppe. Bei einer durchschnittlichen Anzahl von 25 bis 30 Schülern pro Klasse ergab das eine Zahl von 75 bis 90 Schülern pro Gruppe und genügte damit vollauf den statistischen Kriterien von einem Stichprobenumfang  $N > 30$  (Bortz & Schuster, 2010).

Die beteiligten Institutionen Palmengarten, Senckenbergmuseum, Stadtwaldhaus und Zoo Frankfurt erließen allen teilnehmenden Klassen den Eintritt und teilweise auch die Führungsgebühren. Die Durchführung der Evaluation wurde aus Gründen der Vergleichbarkeit für die vier außerschulischen Lernorte so ähnlich wie möglich gestaltet, soweit dies organisatorisch und inhaltlich umsetzbar war. Außerdem wurde der Vor- und nachbereitende Unterricht in den Klassen der Versuchsgruppe ausschließlich von der gleichen Lehrperson, der Autorin, durchgeführt. Obwohl so die Schüler mit einer neuen Lehrperson konfrontiert waren und dies auch einen Effekt auf die Ergebnisse haben könnte, wurden die Vorteile der besseren Vergleichbarkeit durch den sehr ähnlich geplanten und durchgeführten Unterricht als bedeutender beurteilt.

Die Klassen der **Kontrollgruppe** füllten vor der Teilnahme an der Biodiversitätsführung den ersten Fragebogen aus. Dafür wurde in einem separaten, ungestörten Raum des außerschulischen Lernortes das Forschungsvorhaben kurz erklärt und der erste Teil des Pretests (T0) (Fragen zur Person, Vorwissen) ausgeteilt und von den Schülern ausgefüllt. Anschließend



wurde den Schülern ein 3-minütiger Film von BioFrankfurt gezeigt. Darin werden Frankfurter Bürger nach ihrem Wissen über Biodiversität, Natur in der Stadt und ihren Vorschlägen zum Erhalt der Biodiversität befragt. Ziel des Filmeinsatzes ist es, den Schülern einen kurzen Einblick in den Themenbereich Biodiversität zu geben und vorhandene aktuelle Motivation zum Thema anzuregen, ohne aber Inhalte der Führung vorwegzunehmen. Danach füllten die Schüler den zweiten Teil des ersten Fragebogens aus (FAM, Fach- und Sachinteresse). Die gesamte Einführung dauerte in der Regel 20 bis 30 Minuten. Im Anschluss daran nahmen die Schüler in Kleingruppen an der Biodiversitätsführung teil, die je nach Lernort ca. 60 bis 90 Minuten dauerte. Abschließend wurde von den Schülern der Posttest I ausgefüllt (T1) (FAM, Unterrichtsvariablen, Fachwissen zur Führung). 6 bis 8 Wochen nach der Teilnahme an der Führung erhielten die Klassen den Follow-up-Test (T3) (Fach- und Sachinteresse, Interessenshandlungen, Fachwissen zur Führung) per Post, der dann von den Schülern im Unterricht ausgefüllt und von den Lehrern zurückgeschickt wurde.

Im Gegensatz zur Kontrollgruppe wurde mit den Klassen der **Versuchsgruppe** vor und nach den Biodiversitätsführungen zielgerichteter Unterricht in der Schule durchgeführt, in dem die konzipierten Arbeitsmaterialien eingesetzt wurden. Der Anfang des vorbereitenden Unterrichts, der eine Doppelstunde (90 Minuten) dauerte, wurde genauso wie bei der Kontrollgruppe gestaltet: Zuerst wurde das Forschungsvorhaben erläutert, das Ausfüllen der Fragebogen erklärt und der erste Teil des Pretests mit den Schülern ausgefüllt (T0). Nach der Vorführung des kurzen BioFrankfurt-Films füllten die Schüler den zweiten Teil des ersten Fragebogens aus und die Fragebögen wurden eingesammelt. Dann begann der Unterricht mit der Klärung des Begriffes Biodiversität mit Hilfe des Arbeitsblattes „Was ist Biodiversität und warum ist sie so wichtig?“, das an alle Schüler ausgeteilt und gemeinsam besprochen wurde. Danach wurde, abhängig von der noch zur Verfügung stehenden Zeit, das Arbeitsblatt „Was ist ein Ökosystem?“ behandelt. Dies wurde in Partner- oder Gruppenarbeit bearbeitet und anschließend im Plenum besprochen. Der folgende Unterricht war von dem jeweiligen außerschulischen Lernort abhängig, den die Versuchsklasse besuchte. Bei allen Klassen der Versuchsgruppe wurde die entwickelte praktische Einheit zu den Biodiversitätsführungen durchgeführt, zum einen um die Methodenvielfalt der entwickelten Materialien einzusetzen und zum anderen, um diese Einheit auf ihre Umsetzbarkeit hin zu überprüfen. Nach dem vorbereitenden Unterricht nahmen die Klassen ein bis sieben Tage später an der Biodiversitätsführung in den außerschulischen Lernorten teil (Beschreibung der Führungen siehe Kapitel 3.5.2-3.5.5). Im direkten Anschluss an die Führung füllten die Schüler den Posttest I (T1) aus.

Drei bis sieben Tage nach der Führung fand in den Klassen der Versuchsgruppe der nachbereitende Unterricht in der Schule statt. Während dieser Doppelstunde wurden zu Beginn noch eventuell offene Aufgaben des vorbereitenden Unterrichts abgeschlossen wie beispielsweise Recherchearbeiten zusammengefasst oder Schülerpräsentationen durchgeführt. Im Anschluss wurde das für die Einheit entwickelte Biodiversitätsspiel für ca. 20 bis 40 Minuten mit der ganzen Klasse gespielt. Als Quizfragen wurden hierbei nur die jeweils relevanten Fragen des besuchten Lernorts ausgewählt. Zum Abschluss der Intervention füllten die Schüler den Posttest II aus (T2) (FAM, Fach- und Sachinteresse, Interessenshandlungen, Fragen zu Arbeitsblättern). Sechs bis acht Wochen nach dem nachbereitenden Unterricht erhielten die Klassen den Follow-up-Test (T3) per Post, der dann von den Schülern im Unterricht ausgefüllt und von den Lehrern zurückgeschickt wurde.

### 3.3.1 Die Durchführung der Evaluation im Palmengarten

An der Evaluation im Palmengarten nahmen insgesamt sechs Schulkassen mit ihren Lehrern teil (n= 142). Jeweils drei Klassen stellten die Versuchsgruppe und Kontrollgruppe dar.

Die Klassen der **Kontrollgruppe** erhielten keinen vor- und nachbereitenden Unterricht zur Führung, sondern nahmen lediglich an der Führung „Von der Wüste bis zum Regenwald“ im Palmengarten (genaue Beschreibung siehe Kap. 3.5.2) teil. Vor und nach der Führung und 6 bis 8 Wochen später füllten sie jeweils einen Fragebogen aus (genaue Beschreibung siehe Kapitel 3.1).

In den Klassen der **Versuchsgruppe** fand jeweils vor und nach der Führung eine Doppelstunde mit an die Führung angepasstem Unterricht in der Schule statt. In der vorbereitenden Doppelstunde wurden nach der kurzen Einführung und dem Ausfüllen des ersten Fragebogens (T0) die Arbeitsblätter „Was ist Biodiversität und warum ist sie so wichtig?“ und „Was ist ein Ökosystem?“ gemeinsam mit den Schülern bearbeitet. Im Anschluss wurde die praktische Einheit für die Führung im Palmengarten (Pflanzen ertasten und ihren tropischen Lebensräumen zuordnen) durchgeführt. Dafür durften einzelne Schüler vor der Klasse unter einem Tuch versteckte Pflanzen aus den tropischen Ökosystemen des Palmengarten-Tropicariums ertasten und den anderen Schülern beschreiben. Zusammen wurde versucht, durch gezielte Fragen den Lebensraum der jeweiligen Pflanze herauszufinden. Je nach Beschaffenheit der Blätter, Blüte, Größe oder Oberfläche wurden Rückschlüsse auf den Standort der Pflanzen erarbeitet. Eine genauere Zuordnung in die tropischen Gebiete fand mit Hilfe der Karte „Klima- und Vegetationszonen der Tropen“ statt. Als Aufgabe für die Stunden nach der Biodiversitätsführung sollten die Schüler im Internet und in Biologielexika die Steckbriefe der untersuchten Pflanzen recherchieren (Arbeitsblatt „Hier fühl ich mich wohl! – Angepasste Pflanzen in den Tropen“). In der nachbereitenden Doppelstunde nach der Teilnahme der Klassen an der Führung im Palmengarten und dem Ausfüllen des zweiten Fragebogens (T1) wurden die Steckbriefe der behandelten Pflanzen gemeinsam besprochen und mit allen Schülern ausgefüllt bzw. vervollständigt. Zur Ergebnissicherung einiger Inhalte der Führung im Palmengarten wurde außerdem das Arbeitsblatt „Der Wohlfühlfaktor – Klimazonen in den Tropen“ gemeinsam bearbeitet. Anschließend wurde das Biodiversitätsspiel für ca. 20 bis 30 Minuten gespielt. Am Ende des Unterrichts füllten die Schüler den dritten (T2) Fragebogen aus und sechs bis acht Wochen später den zugeschickten Follow-up-Test (T3).

### 3.3.2 Die Durchführung der Evaluation im Senckenbergmuseum

An der Evaluation im Senckenbergmuseum nahmen insgesamt sechs Schulkassen mit ihren Lehrern teil (n= 145). Drei Klassen bildeten die Versuchsgruppe, drei die Kontrollgruppe.

Die Klassen der **Kontrollgruppe** erhielten keinen vor- und nachbereitenden Unterricht, sondern nahmen lediglich an der Führung „Ökosysteme in Raum und Zeit“ im Senckenbergmuseum (genaue Beschreibung siehe Kap. 3.5.3) teil. Vor und nach der Führung und sechs bis acht Wochen später füllten sie jeweils einen Fragebogen aus (genaue Beschreibung siehe Kapitel 3.1).

Anders als bei der Evaluation für die drei weiteren außerschulischen Lernorte fand der vor- und nachbereitende Unterricht für die Führung im Senckenbergmuseum nicht in der jeweiligen Schule der Versuchsklassen statt. Stattdessen erfolgten sowohl der vorbereitende Unterricht, die Führung und auch der nachbereitende Unterricht im Rahmen eines Projekt-tages in den Räumen der Abteilung Biodidaktik bzw. dem nahe gelegenen Senckenbergmuseum.

Grund hierfür ist die ursprüngliche Planung der Evaluation prinzipiell als Projekttag. Als zeitliche und organisatorische Erleichterung sollte die Evaluation für alle außerschulischen Lernorte im Rahmen eines solchen Projekttag erfolgen. Dies wurde so mit den Versuchsklassen für das Senckenbergmuseum durchgeführt, aber anschließend aus mehreren Gründen als nicht praktikabel beurteilt. Die Schüler reagierten auf den Projekttag mit Überforderung, nachlassender Aufmerksamkeit und zunehmender Ermüdung beim Ausfüllen der Fragebögen (drei Stück im Laufe eines Vormittags). Daher wurde nach den gewonnenen Erfahrungen beschlossen, den Verlauf der Evaluation sowohl zeitlich als auch räumlich zu trennen und den Unterricht in der gewohnten Umgebung der Schüler in ihrer Schule durchzuführen. So sollte zum einen die Überforderung und zum anderen die Unlust Fragebogen auszufüllen verkleinert werden. Dies wurde auf die Evaluation der anderen Lernorte übertragen und umgesetzt. Aus zeitlichen und organisatorischen Gründen war es nicht mehr möglich, die Evaluation der Versuchsklassen für das Senckenbergmuseum zu wiederholen. Der durch den anderen Ablauf der Evaluation entstandene mögliche Effekt auf die Ergebnisse muss daher bei der Auswertung beachtet werden.

Der Projekttag dauerte für die Klassen der **Versuchsgruppe** dreieinhalb bis vier Stunden. Vor der Führung fand vorbereitender Unterricht von ca. 90 Minuten statt. Anschließend nahmen die Schüler an der Biodiversitätsführung im Senckenbergmuseum teil und wurden danach dort für weitere 60 Minuten unterrichtet.

Zu Beginn der vorbereitenden Unterrichtsstunde wurden nach der kurzen Einführung und dem Ausfüllen des ersten Pretests (T0) die Arbeitsblätter „Was ist Biodiversität und warum ist sie so wichtig?“ und „Was ist ein Ökosystem?“ gemeinsam mit den Schülern bearbeitet. Im Anschluss wurde die praktische Einheit durchgeführt. Die Schüler wurden dafür in Kleingruppen aufgeteilt und bildeten aus Knete kleine Blöcke, in die sie Muscheln, Schneckenhäuser u.a. drücken. Die Mulden füllten die Schüler anschließend mit angerührtem Gips und konnten nach einer Wartezeit von ca. 15 Minuten die „Fossilien“ aus dem Kneteblock lösen. Als Anleitung diente das Arbeitsblatt „Fossilien „selbstgemacht“. Während der Wartezeit wurde die Entstehung und Bedeutung von Fossilien mit Hilfe des Arbeitsblattes „Fossilien – Spuren der Vergangenheit!“ erläutert, dass von den Schülern in Gruppenarbeit bearbeitete wurde. Thematisch stellt dies eine Überleitung zu den Inhalten der Biodiversitätsführung dar. Nach einer kurzen Besprechung der selbst gemachten „Fossilien“ liefen die Klassen zum nahe gelegenen Senckenbergmuseum, wo sie an der 50minütigen Führung „Ökosysteme in Raum und Zeit“ teilnahmen. Direkt im Anschluss füllten die Schüler den Posttest I (T1) aus. Anschließend wurde in einem separaten Raum das Biodiversitätsspiel für ca. 30 Minuten gespielt und der letzte Fragebogen des Projekttag (T2) von den Schülern ausgefüllt. Sechs bis acht Wochen nach dem Projekttag wurde noch der zugeschickte Follow-up-Test (T3) ausgefüllt.

### 3.3.3 Die Durchführung der Evaluation im Stadtwaldhaus

An der Evaluation im Stadtwaldhaus nahmen insgesamt fünf Schulkassen mit ihren Lehrern teil (n= 94). Drei Klassen bildeten die Versuchsgruppe, zwei die Kontrollgruppe. Die letzte vorgesehene Klasse für die Kontrollgruppe kam am vereinbarten Termin so zu spät, so dass die Evaluation nicht mehr durchgeführt werden konnte.

Die Klassen der Kontrollgruppe erhielten keinen vor- und nachbereitenden Unterricht zur Führung, sondern nahmen ausschließlich an der Führung „Von der Wurzel bis zur Baumkrone“ im Stadtwaldhaus (genaue Beschreibung siehe Kap. 3.5.4) teil. Vor und nach der Führung und sechs bis acht Wochen später füllten sie jeweils einen Fragebogen aus (genaue Beschreibung siehe Kapitel 3.1).



**Abbildung 15:** Schüler beim Ausfüllen der Fragebögen (T1) nach der Führung im Stadtwaldhaus (Foto: Lena Heuß)

In den Klassen der **Versuchsgruppe** fand jeweils vor und nach der Führung eine Doppelstunde an die Führung angepasster Unterricht in der Schule statt. Zu Beginn des vorbereiteten Unterrichts wurden die Schüler kurz in das Thema eingeführt und füllten den ersten Fragebogen aus (T0). Im Anschluss wurden die Arbeitsblätter „Was ist Biodiversität und warum ist sie so wichtig?“ und „Was ist ein Ökosystem?“ gemeinsam mit den Schülern bearbeitet. Zur Vorbereitung der Führung wurde hier der Themenschwerpunkt „Bodenorganismen und ihre Rolle als Destruenten“ gewählt. Einleitend wurde dafür das Arbeitsblatt „Immer schön am Boden bleiben“ eingesetzt und im Plenum besprochen. Im Anschluss wurde die praktische Einheit (Bauen und Beobachten eines „Regenwurmglases“) durchgeführt. Dafür wurde die Kasse in fünf bis sechs Gruppen eingeteilt, die die mitgebrachte Erde und den Sand in ein großes Glas schichteten und mit Regenwürmern besetzten. Hierbei hatten sie auch die Gelegenheit, die Regenwür-

mer vorsichtig zu berühren und eventuell vorhandene Ekelgefühle abzubauen. Als Anleitung für den Bau des Regenwurmglases diente das Arbeitsblatt „Regenwürmer in Aktion!“. Bis zum nachbereitenden Unterricht hatten jeweils ein bis zwei Schüler jeder Gruppe die Aufgabe, sich um die Regenwürmer zu kümmern. Nach der Teilnahme an der Führung im Stadtwaldhaus und dem anschließenden Ausfüllen des zweiten Fragebogens (T1) (genaue Beschreibung siehe Kapitel 3.2) fand die nachbereitende Doppelstunde wieder in der Schule statt. Hier wurden zuerst die Regenwurmgläser in den Gruppen untersucht und die Beobachtungen auf dem Arbeitsblatt „Regenwürmer in Aktion!“ gemeinsam festgehalten. Im Anschluss daran wurde das Biodiversitätsspiel für ca. 20 bis 30 Minuten gespielt. Am Ende des Unterrichts füllten die Schüler den dritten (T2) Fragebogen aus. Falls es zeitlich möglich war, wurden die Regenwürmer noch gemeinsam auf dem Schulgelände ausgesetzt. Sechs bis acht Wochen nach dem Unterricht füllten die Schüler den zugeschickten Follow-up-Test (T3) aus.

### 3.3.4 Die Durchführung der Evaluation im Zoo

An der Evaluation im Zoo nahmen insgesamt sechs Schulkassen mit ihren Lehrern teil (n= 142). Drei Klassen bildeten die Versuchsgruppe, drei die Kontrollgruppe.

Die Klassen der **Kontrollgruppe** erhielten keinen vor- und nachbereitenden Unterricht zur Führung, sondern nahmen nur an der Führung „Anpassung von Säugetieren an Lebensräume“ im Zoo (genaue Beschreibung siehe Kap. 3.5.5) teil. Vor und nach der Führung und sechs bis acht Wochen später füllten sie jeweils einen Fragebogen aus (genaue Beschreibung siehe Kapitel 3.2).

In den Klassen der **Versuchsgruppe** fand jeweils vor und nach der Führung eine Doppelstunde an die Führung angepasster Unterricht in der Schule statt. Zu Beginn des vorbereiteten Unterrichts erhielten die Schüler eine kurze Einführung und füllten den ersten Fragebogen aus (T0). Anschließend wurden die Arbeitsblätter „Was ist Biodiversität und warum ist sie so wichtig?“ und „Was ist ein Ökosystem?“ gemeinsam mit den Schülern bearbeitet. Die Biodi-

versitätsführung im Zoo beschäftigt sich mit Säugetieren, daher wurde im Folgenden das Arbeitsblatt „3, 2, 1 – los! Säugetiere starten durch!“ in Einzelarbeit von den Schülern bearbeitet und anschließend gemeinsam besprochen. Zur Gegenüberstellung verschiedener Säugetierordnungen anhand der Schädel und Zähne wurde die für den Zoo entwickelte praktische Einheit (Zahnformeln an verschiedenen Säugetierschädeln bestimmen) durchgeführt. Zur Einführung der Erstellung einer Zahnformel füllten die Schüler zuerst das



**Abbildung 16:** Schüler beim Ausfüllen der Fragebögen (T0) vor der Führung im Zoo (Foto: Lena Heuß)

Arbeitsblatt „Vorsicht bissig! – Säugetieren ins Maul geschaut!“ gemeinsam aus und teilten sich anschließend in fünf Kleingruppen auf. Jede dieser Gruppen bearbeitete einen der mitgebrachten Schädel, indem sie die Zähne untersuchte, in das entsprechende Arbeitsblatt einzeichnete („Säugetiere im Profil: Der Hund, Das Reh, Der Biber, Der Schimpanse, Der Mensch“), die Zahnformel erstellte und über die Funktionen der Zahntypen diskutierte. Anhand mitgebrachter Lexika wurden die Steckbriefe der bearbeiteten Tiere ausgefüllt und als Hausaufgabe vervollständigt. Einige Tage nach der vorbereitenden Unterrichtsstunde nahmen die Schüler der Versuchsklassen an der Führung „Anpassung von Säugetieren an Lebensräume“ im Zoo teil und füllten im Anschluss den Posttest I aus (T1). Der nachbereitende Unterricht wiederum fand einige Tage später in der Schule statt. Hier präsentierten die Schüler die Ergebnisse der Gruppenarbeit der vorbereitenden Stunde, indem sie die Zahnformeln, die Funktionen der Zähne und die Steckbriefe der von ihnen bearbeiteten Tiere vorstellten. Abschließend für die Einheit wurden die verschiedenen Säugetierordnungen bezüglich ihrer Lebensweise, ihres Lebensraumes und der entsprechenden Anpassungen verglichen. Im Folgenden wurde der nachbereitende Unterricht mit dem Biodiversitätsspiel unter Beteiligung aller Schüler und dem Ausfüllen des Posttests II (T2) abgeschlossen. Sechs bis acht Wochen nach dem Unterricht füllten die Schüler noch den zugeschickten Follow-up-Test (T3) aus.

### 3.4 Die entwickelten Arbeitsmaterialien für die Sekundarstufe I

Im folgenden Kapitel wird die Grundidee der zu den Biodiversitätsführungen entwickelten Arbeitsmaterialien vorgestellt. Anschließend wird auf die Arbeitsmaterialien aus methodisch-didaktischer Sicht eingegangen.

Die Biodiversitätsführungen in den außerschulischen Lernorten werden nach Schulstufen gestaffelt angeboten (siehe auch Kapitel 3.5.1). Im Rahmen des vorliegenden Dissertationsprojekts wurden Materialien für den vor- und nachbereitenden Unterricht für die Führungen der Sekundarstufe I (Klasse 5 bis 9/10) konzipiert. Die Führungen für die Sekundarstufe I wurden ausgewählt, da im Gegensatz zu den Führungen für die Primarstufe (Klasse 1 bis 4) ein eindeutiger Lehrplanbezug hergestellt werden kann und im Gegensatz zu den Themen für die Sekundarstufe II (Klasse 10/11 bis 12/13) die Materialien von allen Schulformen genutzt werden können.

Die konzipierten Materialien sollen folgenden Kriterien gerecht werden:

- Die Materialien sollen für alle Klassenstufen der Sekundarstufe I geeignet sein.
- Die Materialien sollen für die Schulformen Haupt- und Realschule sowie Gymnasium einsetzbar sein.
- Die Materialien sollen einen klaren Bezug zu den Inhalten der Führungen und auch zum hessischen Lehrplan bzw. den Bildungsstandards herstellen.
- Die Materialien sollen eine möglichst große Vielfalt an einzusetzenden Methoden im Unterricht bieten.
- Die Materialien sollen vor allem im Regelunterricht, aber auch im Rahmen von Schulprojekten wie Projektwochen, Arbeitsgemeinschaften, Workshops u.a. einsetzbar sein.

Um allen oben genannten Kriterien gerecht zu werden und den Einsatz in der Schule zu erleichtern, entstand die Idee, die Materialien nach einem flexiblen Baukastenprinzip zu konzipieren und anzubieten. Ziel war ein Angebot für Lehrer, das es diesen ermöglicht, je nach Klassenstufe, Schulform und Lernniveau ihrer Klasse die passenden Arbeitsmaterialien auszuwählen.

Das Angebot der Arbeitsmaterialien zur biologischen Vielfalt besteht aus sieben Einheiten. Sechs davon dienen der Vorbereitung der Biodiversitätsführungen, die letzte der Nachbereitung nach den Führungen. Die beiden Einheiten „Was ist Biodiversität?“ und „Was ist ein Ökosystem?“ sind zur Vorbereitung aller Führungen geeignet. Sie bieten einen Einstieg in das komplexe Thema Biodiversität und leiten über zur Biodiversitäts-Ebene „Vielfalt der Ökosysteme“, die über allen Führungen für die Sekundarstufe I steht. Dabei werden die wichtigsten Fachbegriffe definiert und Inhalte bezüglich des Lehrplans vermittelt. Die weiteren vier Einheiten orientieren sich an den Inhalten der Führungen im Palmengarten, Senckenbergmuseum, Stadtwaldhaus und Zoo und vermitteln wichtige Grundkenntnisse, um der Führung gut vorbereitet folgen zu können, jedoch ohne die Inhalte der Führungen vorwegzunehmen. Dabei wird in jedem dieser Themenblöcke zusätzlich die praktische Umsetzung eines Führungsaspektes vorgeschlagen, um das Gelernte auf handlungsorientierte Weise zu verinnerlichen. Die siebte Lerneinheit, das Biodiversitätsspiel, kann nach allen Führungen eingesetzt werden und dient zu deren Nachbereitung. Dieses interaktive Spiel soll, ähnlich dem Gesellschaftsspiel „Activity“, alle Schüler der Klasse mit einbinden. Dabei werden Tipps zum Schutz der Umwelt bzw. Biodiversität entweder als Pantomime, als Zeichnung oder als mündliche Beschreibung von einzelnen Schülern den Mitschülern vorgetragen und erraten. Des Weiteren gibt es Quizfragen, die sich auf die Inhalte der Vorbereitung und Führungen beziehen. Das Spiel rundet so die Themeneinheit ab und spannt den Bogen zu aktiver Problemerkennung und Umwelthandeln durch die Erarbeitung von praktischen Umwelttipps. Eine Übersicht über alle Einheiten bietet die Tabelle unten.

<b>Einsatz</b>	<b>Themeneinheit</b>	<b>Praktische Einheit</b>
Vorbereitender Unterricht <b>Biodiversität</b>	<i>Was ist Biodiversität?</i>  (4 Arbeitsblätter)	
Vorbereitender Unterricht <b>Ökosystem</b>	<i>Was ist ein Ökosystem?</i>  (4 Arbeitsblätter)	
Vorbereitender Unterricht für die Führung im <b>Palmengarten</b>	<i>Von der Wüste bis zum Regenwald</i>  (5 Arbeitsblätter)	Pflanzen ertasten und ihren Lebensräumen zuordnen
Vorbereitender Unterricht für die Führung im <b>Senckenbergmuseum</b>	<i>Ökosysteme in Raum und Zeit</i>  (6 Arbeitsblätter)	Gipsabdrücke von „Fossilien“ herstellen
Vorbereitender Unterricht für die Führung im <b>Stadtwaldhaus</b>	<i>Vom Waldboden bis zur Baumkrone</i>  (5 Arbeitsblätter)	Bauen und Beobachten eines „Regenwurm- glases“
Vorbereitender Unterricht für die Führung im <b>Zoo Frankfurt</b>	<i>Anpassung von Säugetieren an Lebensräume</i>  (9 Arbeitsblätter)	Zahnformeln an verschiedenen Säuger- schädeln bestimmen
Nachbereitender Unterricht allgemein	Biodiversitäts-Spiel	Interaktives Spiel mit Quiz, Umwelt- und Energiespartipps

*Tabelle 7: Übersicht der Themeneinheiten der konzipierten Arbeitsmaterialien zu den Biodiversitätsführungen*

### 3.4.1 Die Materialien zur allgemeinen Vorbereitung und der Bezug zum Lehrplan

In folgender Tabelle werden die konzipierten Materialien für die Themeneinheit „Was ist Biodiversität?“ genauer vorgestellt. Dabei wird auch auf die einzusetzenden Methoden im Unterricht und die Lernziele eingegangen (Mattes, 2009). Die Arbeitsblätter finden sich im Anhang D1.

Arbeitsblatt	Titel/Thema	Lernziele	Methoden
1	Was ist Biodiversität und warum ist sie so wichtig?	Einführung und Definition des Begriffs „Biodiversität“, Bezug zum Alltag der Schüler	Lehrerimpuls
2	Genetische Vielfalt	Einführung und Definition der Begriffe „Biologische Art“ und „Biologische Rasse“, Verbildlichung der Unterschiede am Beispiel Katzen: Genetische Unterschiede bedingen Rassen und Vielfalt	Einzel- oder Partnerarbeit, anschließende Diskussion zur Ergebnissicherung
3	Vielfalt der Arten	Erklärung von Artenvielfalt, Veranschaulichung am Beispiel „Wiese“, Bezug zu einem schülernahen Ökosystem, Kennenlernen von heimischen Tier- und Pflanzenarten	Einzel- oder Partnerarbeit, anschließende Diskussion zur Ergebnissicherung
4	Vielfalt der Ökosysteme	Einführung und Definition des Begriffes „Ökosystem“, Verbildlichung an den heimischen Ökosystemen Wald, Wiese, Feld(rand), Kennenlernen neuer Tier- und Pflanzenarten	Einzel- oder Partnerarbeit, selbständige Recherche, anschließende Diskussion zur Ergebnissicherung

**Table 8:** Methoden und Lernziele der Themeneinheit „Was ist Biodiversität?“

Der Begriff Biodiversität an sich ist in den hessischen Lehrplänen kaum zu finden. Unter der Annahme aber, dass Biodiversität alle Lebewesen, Ökosysteme, Genetische Vielfalt und auch Prozesse zwischen und innerhalb dieser Ebenen und sogar deren Bedrohung und Schutz mit einschließt, kann der gesamte Inhalt der Lehrpläne auf das Thema Biodiversität bezogen werden.

Im hessischen Lehrplan für die **Hauptschule** findet sich der Begriff nicht, wird aber indirekt in den Aufgaben und Zielen des Faches formuliert: „...Daneben soll der Biologieunterricht vor allem auch zur Wertschätzung und Achtung von Lebewesen führen. Das Kennen des Reichtums der lebendigen Natur sowie ein Erleben ihrer Schönheit sind wesentliche Erfahrungen, die die Schülerinnen und Schüler zu einer kritischen Auseinandersetzung mit Fragen der Daseinsbewältigung befähigen und eine schützende Einstellung gegenüber der Natur und Umwelt sowie pflegerisches Verhalten fördern.“ (Hessisches Kultusministerium, 2011a).

Im Lehrplan für die **Realschule** findet sich in den Beschreibungen der didaktisch-methodischen Grundlagen eine Aussage zum Thema Biodiversität: „...Die Formenkunde beschränkt sich dabei nicht allein auf die Systematik der Artenvielfalt; die Grundlagen der biologischen Vielfalt in Zusammenhang mit ihrer Nutzung, Gefährdung und Erhaltung sind



in diesem Zusammenhang zu thematisieren. Dies schließt die Betrachtung der Biodiversität auf den verschiedenen Ebenen des Lebendigen ein, um ein sachliches und ethisch begründetes, Ressourcen schonendes und Folgeschäden minimierendes Verhalten des Menschen zu erzielen.“ (Hessisches Kultusministerium, 2011b).

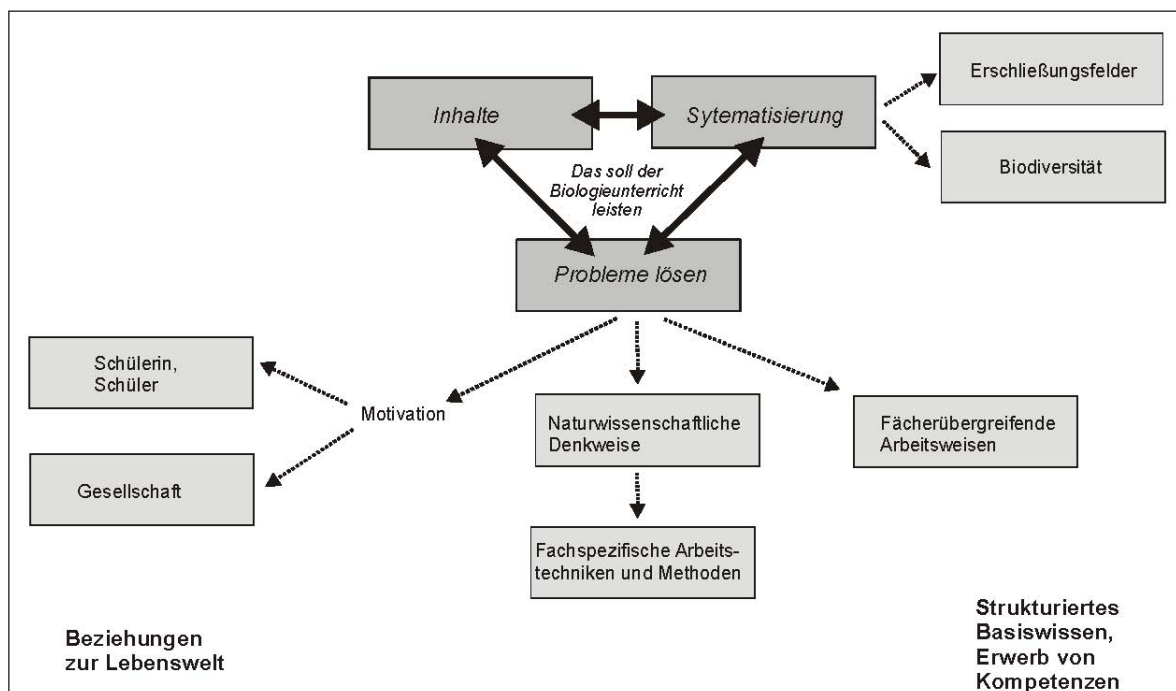
Im hessischen Lehrplan für den **gymnasialen Bildungsgang** werden bei den Aufgaben und Zielen für das Fach Biologie folgende inhaltliche Themen genannt:

„...Im Zentrum dieses kaum noch eingrenzbaeren Bereichs, eben der Biowissenschaften, stehen heute

- die Entschlüsselung und Funktionsanalyse des menschlichen Genoms und anderer Lebewesen durch Molekulargenetik, Entwicklungsphysiologie und Biochemie,
- die Aufklärung über die Leistungen des menschlichen Gehirns durch Neurophysiologie und Neuropsychologie,
- die ökologische Forschung über globale Zusammenhänge von Umweltbelastungen,
- die Entstehung, Ausbreitung und Bekämpfung sich global verbreitender Seuchen,
- Erkenntnisse über die Bedeutung anthropogener Ökosysteme für Gesundheit, Ernährung, Rohstoffressourcen und regenerative Energiegewinnung.“

(Hessisches Kultusministerium, 2011c).

All diese Themen können hierbei in das Thema der Biodiversität integriert werden. Beim Umgang mit dem Lehrplan soll der Themenbereich Biodiversität zur Erschließung der Systematisierung dienen (siehe Abbildung 17).



**Abbildung 17:** Einbettung des Themas Biodiversität in den hessischen Lehrplan des gymnasialen Bildungsgangs (Quelle: Hessisches Kultusministerium, 2011c)

Auch in den neuen hessischen Bildungsstandards ist der Begriff Biodiversität nicht zu finden, aber auch hier lassen sich die Inhaltsfelder aller Schulformen der biologischen Vielfalt zuordnen. Die Interdisziplinarität des Themas ermöglicht den Schülern den Erwerb sowohl

fächerverbindender als auch fachübergreifender Kompetenzen (Hessisches Kultusministerium 2011d, e & f).

In Tabelle 9 werden die konzipierten Materialien für die Themeneinheit „Was ist ein Ökosystem?“ erläutert. Dabei wird auch auf die einzusetzenden Methoden im Unterricht und die Lernziele eingegangen (Mattes, 2009). Die Arbeitsblätter finden sich im Anhang D2.

Arbeitsblatt	Titel/Thema	Lernziele	Methoden
1	Was ist ein Ökosystem?	Einführung und Definition der Begriffe „Ökosystem“, „Biotop“, „Biozönose“, „abiotische Faktoren“, „Biotische Faktoren“, Kennenlernen des „neuen“ Ökosystems Alpen und typischer Arten	Lehrerimpuls, Einzelarbeit, anschließende Diskussion zur Ergebnissicherung
2	Wer frisst wen im Ökosystem?	Einführung und Definition der Begriffe „Nahrungskette“ und „Nahrungsnetz“, Veranschaulichung am Beispiel Nahrungsnetz im Wald	Einzel- oder Partnerarbeit, anschließende Diskussion zur Ergebnissicherung
3	Jobs im Ökosystem	Einführung und Definition des Begriffes „Ökologische Nische“, Herstellung eines interdisziplinären, handlungsorientierten Bezugs zur Alltagswelt der Schüler (Bewerbung), Kennenlernen von heimischen Arten	Einzel- oder Partnerarbeit, selbständige Recherche, Schülerpräsentation
4	Spurensuche am Tatort	Klärung des „Konkurrenzausschlussprinzips“, Kennenlernen von heimischen Tierarten	Eigenständige Recherche, Diskussion, evtl. Schülerpräsentation

**Tabelle 9:** Methoden und Lernziele der Themeneinheit „Was ist ein Ökosystem?“

Die Vielfalt der Ökosysteme ist das große Thema über allen Biodiversitätsführungen des Ringprogramms für die Sekundarstufe I. Diese Biodiversitätsebene wurde deswegen für die Sekundarstufe I ausgewählt, weil sie im hessischen Lehrplan für diese Schulstufe gut verankert ist. Da sich die Inhalte der konzipierten Arbeitsmaterialien der Themeneinheit „Was ist ein Ökosystem?“ auf die Führungen in den außerschulischen Lernorten beziehen, ist auch die Übereinstimmung mit den hessischen Lehrplänen weitgehend identisch (siehe Kapitel 3.5).

Das Thema Ökosystem findet sich im Lehrplan für die **Hauptschule** in der Klasse 5/6 (5/6.9 Ökosysteme: Lebensräume – Lebensgemeinschaften), für die **Realschule** in Klasse 6

(6.2 Ökosystem der näheren Umgebung) und für das **Gymnasium** in der Klasse 7 (7G.4 Ökosystem a) Wald oder b) Gewässer) (Hessisches Kultusministerium, 2011a, b & c). In den hessischen Bildungsstandards lässt es sich auf die Inhaltsfelder „Wechselwirkungen im Ökosystem“, „Stoffwechsel und Regelmechanismen“ und „Vielfalt, Veränderung und Abstammung von Lebewesen“ beziehen. Die Inhaltsfelder stimmen für alle Schulformen überein (Hessisches Kultusministerium, 2011d, e & f).

### 3.4.2 Die Materialien zur Führung im Palmengarten

In der folgenden Tabelle werden die konzipierten Materialien für die Themeneinheiten „Von der Wüste bis zum Regenwald“ genauer vorgestellt. Dabei wird auch auf die einzusetzenden Methoden im Unterricht und die Lernziele eingegangen (Mattes, 2009). Die Arbeitsblätter finden sich im Anhang D3.

Arbeitsblatt	Titel/Thema	Lernziele	Methoden
1-1 1-2	Klima- und Vegetationszonen in den Tropen; Hier fühl ich mich wohl! – Angepasste Pflanzen in den Tropen	Einführung und Definition der Begriffe „Klimazone“ und „Vegetationszone“, Kennenlernen der geographischen Verteilung der tropischen Vegetationszonen, Kennenlernen charakteristischer tropischer Pflanzenarten.  <b>Arbeitsblätter für die praktische Einheit:</b> Pflanzen ertasten und ihren Lebensräumen zuzuordnen: Haptisches Erleben der Pflanzen, Beschreiben üben	Partner- oder Gruppenarbeit, selbständige Recherche, Schülerpräsentation, anschließende Diskussion zur Ergebnissicherung
2	Der Wohlfühlfaktor – Klimazonen der Tropen	Vergleich wichtiger abiotischer Faktoren in den Klimazonen der Tropen, Herstellung des Bezugs zu den Lebensbedingungen der Pflanzen	Partnerarbeit, anschließende Diskussion zur Ergebnissicherung
3	Tropische Regenwälder – Gefährdete Schatzkammern	Kennenlernen des Stockwerkbbaus in tropischen Regenwäldern, Tropische Lebensräume als Lieferant für Rohstoffe für den Menschen, Tropische Lebensräume als gefährdete Ökosysteme	Einzel, Partner- oder Gruppenarbeit, selbständige Recherche, anschließende Diskussion zur Ergebnissicherung
4	Reingefallen – Kannenpflanzen in Aktion!	Kennenlernen von Anpassungen am Beispiel Kannenpflanze, Kennlernen einer fleischfressenden Pflanze	Einzel- oder Partnerarbeit, anschließende Diskussion zur Ergebnissicherung

**Tabelle 10:** Methoden und Lernziele der Themeneinheit „Von der Wüste bis zum Regenwald“

### 3.4.3 Die Materialien zur Führung im Senckenbergmuseum

Folgende Tabelle erläutert die konzipierten Materialien für die Themeneinheiten „Ökosysteme in Raum und Zeit“ für die Biodiversitätsführung im Senckenbergmuseum. Dabei wird auch auf die einzusetzenden Methoden im Unterricht und die Lernziele eingegangen (Mates, 2009). Die Arbeitsblätter finden sich im Anhang D4.

Arbeitsblatt	Titel/Thema	Lernziele	Methoden
1-1 1-2 1-3	Leben auf der Erde – früher und heute	Kennenlernen der Erdzeitalter, Überblick über die Entwicklung von Lebewesen in der Erdgeschichte, Kennenlernen und Zuordnen verschiedener Pflanzen und Tiere in die Erdzeitalter, Erkennen der begrenzten Lebensdauer von Arten	Gruppenarbeit, Schülerpräsentation
2	Kinder, wie die Zeit vergeht...!	Veranschaulichung des Alters der Erde, Kennenlernen wichtiger Eckpunkte der Evolution	Partnerarbeit, anschließende Diskussion zur Ergebnissicherung
3	Fossilien – Spuren der Vergangenheit	Einführung und Definition des Begriffs „Fossil“, Kennenlernen der Bedeutung von Fossilien, Einblick in die Arbeit von Wissenschaftlern, Einführung in die Evolution der Pferde	Partner- oder Gruppenarbeit, anschließende Diskussion zur Ergebnissicherung
4	Fossilien „selbstgemacht“!	<b>Anleitung für die praktische Einheit:</b> Gipsabdrücke von „Fossilien“ herstellen: Kennenlernen des Prozesses der Fossilisation, Praktische Veranschaulichung der Entstehung von Fossilien	Partner- oder Gruppenarbeit, praktische Projektarbeit, anschließende Diskussion zur Ergebnissicherung

**Tabelle 11:** Methoden und Lernziele der Themeneinheit „Ökosysteme in Raum und Zeit“

### 3.4.4 Die Materialien zur Führung im Stadtwaldhaus

Folgende Tabelle erläutert die konzipierten Materialien für die Themeneinheiten „Vom Waldboden bis zur Baumkrone“ für die Biodiversitätsführung im Stadtwaldhaus. Dabei wird auch auf die einzusetzenden Methoden im Unterricht und die Lernziele eingegangen (Mattes, 2009). Die Arbeitsblätter finden sich im Anhang D5.

Arbeitsblatt	Titel/Thema	Lernziele	Methoden
1	Multitalent Wald!	Kennenlernen der verschiedenen Funktionen des Ökosystems Wald für Mensch und Natur	Einzel- oder Partnerarbeit, anschließende Diskussion zur Ergebnissicherung
2	Ich versteh' nur Hirsch...?	Kennenlernen der Aufgaben von Förstern und Jägern im Ökosystem Wald, spielerisches Kennenlernen einiger Begriffe aus der Jägersprache	Einzel- oder Partnerarbeit, anschließende Diskussion zur Ergebnissicherung
3	Voll angepasst, das Eichhörnchen!	Kennenlernen von Anpassungen am Beispiel Eichhörnchen als typisches Waldtier, Vermittlung von Fachwissen über das Eichhörnchen	Einzel- oder Partnerarbeit, Diskussion zur Ergebnissicherung
4	Immer schön am Boden bleiben!	Bedeutung von bodenlebenden Organismen als Destruenten für das Nahrungsnetz im Wald, Kennenlernen einiger bodenlebender Arten und Vergleich ihrer Häufigkeit	Einzel- oder Partnerarbeit, anschließende Diskussion zur Ergebnissicherung
5	Regenwürmer in Aktion!	<b>Anleitung für die praktische Einheit:</b> Bauen und Beobachten eines „Regenwurmglases“: Veranschaulichung der Bedeutung von Regenwürmern für die Zersetzungsprozesse im Waldboden, Umgang und Pflege von lebenden Tieren, Abbau eventuell vorhandener Ekelgefühle	Gruppenarbeit, Projektarbeit (über ein bis zwei Wochen), anschließende Diskussion zur Ergebnissicherung

**Tabelle 12:** Methoden und Lernziele der Themeneinheit „Vom Waldboden bis zur Baumkrone“

### 3.4.5 Die Materialien zur Führung im Zoo

Folgende Tabelle erläutert die konzipierten Materialien für die Themeneinheiten „Anpassung von Säugetieren an Lebensräume“ für die Biodiversitätsführung im Zoo Frankfurt. Dabei wird auch auf die einzusetzenden Methoden im Unterricht und die Lernziele eingegangen (Mates, 2009). Die Arbeitsblätter finden sich im Anhang D6.

Arbeitsblatt	Titel/Thema	Lernziele	Methoden
1	3, 2, 1 – los! Säugetiere starten durch!	Kennenlernen der fünf Wirbeltierklassen und Vergleich der wichtigsten Merkmale	Einzel- oder Partnerarbeit, anschließende Diskussion zur Ergebnissicherung
2	Höher, schneller, weiter! – Rekordhalter Säugetiere!	Einblick in die Vielfalt der Säugetiere und ihrer großen Anpassungsfähigkeit; Umgang mit Zahlen und Fakten	Einzel- oder Partnerarbeit, anschließende Diskussion zur Ergebnissicherung
3	Vorsicht bissig! – Säugetieren ins Maul geschaut!	Kennenlernen der Zahnfunktionen und -formel, Erstellen der Zahnformel am Beispiel Hauschwein	Partner-, Gruppenarbeit oder Unterrichtsgespräch
4-1 4-2 4-3 4-4 4-5	Säugetiere im Profil: Der Hund Das Reh Der Biber Der Schimpanse Der Mensch	<b>Arbeitsblätter für die praktische Einheit:</b> Zahnformeln an verschiedenen Säugerschädeln bestimmen: haptische Erfahrung mit Schädeln, Erkennen der verschiedenen Ausprägungen von Schädeln und Zähnen als Anpassung an die Lebensweise, Erstellen von Steckbriefen verschiedener Säugetiere und Vergleich der Säugetierordnungen	Gruppenarbeit, selbständige Recherche, anschließende Schülerpräsentation
5	Säugetiere global	Kennenlernen verschiedener Säugetiere aus dem Zoo und deren Anpassungen an ihre weltweit verbreiteten Lebensräume	Einzel- oder Partnerarbeit, anschließende Diskussion zur Ergebnissicherung

**Tabelle 13:** Methoden und Lernziele der Themeneinheit „Anpassung von Säugetieren an Lebensräume“

### 3.4.6 Die Materialien zur allgemeinen Nachbereitung

Folgende Tabelle erläutert das entwickelte Biodiversitätsspiel zur Nachbereitung der Biodiversitätsführungen. Dabei wird auch auf die einzusetzenden Methoden im Unterricht und die Lernziele eingegangen (Mattes, 2009). Die entsprechenden Unterlagen finden sich im Anhang D7.

Arbeitsblatt	Titel/Thema	Lernziele	Methoden
Spielfeld, Anleitung und Spielkarten	Biodiversitäts-Spiel: Zusammen schaffen wir's! Spielend retten wir die Erde!	Spielerische Wiederholung der wichtigsten Inhalte der vorherigen Einheiten und der Führungen, interaktive Erarbeitung praktischer alltagsnaher Umwelt- und Energiespartipps	Gruppenarbeit, Schülerpräsentation (Pantomime, Begriffe zeichnen, mündliche Umschreibung, Vorlesen)

*Tabelle 14: Methoden und Lernziele der Themeneinheit „Biodiversitätsspiel“*

## 3.5 Das Biodiversitätsringprogramm und der Bezug zum Lehrplan und den Bildungsstandards

### 3.5.1 Das Konzept des Biodiversitätsringprogramms

Das Ringprogramm „Biologische Vielfalt – Biodiversität aus vier Blickwinkeln erleben im Palmengarten, Senckenbergmuseum, Zoo und Stadtwaldhaus“ entstand im Rahmen der Netzwerkarbeit von BioFrankfurt und wird seit April 2008 angeboten. Der Palmengarten, das Senckenbergmuseum und der Zoo als BioFrankfurt-Mitglieder und das Stadtwaldhaus als Kooperationspartner konzipierten ein gemeinsames Angebot zum Thema Biodiversität, das den umfassenden Themenkomplex von verschiedenen Seiten beleuchten soll. So haben Lehrer die Möglichkeit, aus einem umfassenden Angebot die Führung auszuwählen, die ihrem Unterricht am besten entspricht und an verschiedene Bereiche des Lehrplans anknüpft. Die außerschulischen Lernorte sind auf bestimmte Themenbereiche spezialisiert und können so ihre Expertise einbringen, um bestimmte Teilbereiche der Biodiversität ausführlicher zu behandeln.

Die Grundidee hinter dem Führungsangebot ist es zum einen, grundlegendes Fachwissen zur Biodiversität zu vermitteln und zum anderen, dies an speziellen Beispielen vor Ort zu erläutern. Dabei gibt es an jedem außerschulischen Lernort ein Führungsthema für die Schulstufen Primarstufe, Sekundarstufe I und Sekundarstufe II, die sich wiederum an den drei definierten Ebenen der Biodiversität orientieren (siehe Kapitel 2.1). So behandeln alle Führungen für die Primarstufe die *Vielfalt der Arten*, die für die Sekundarstufe I die *Vielfalt der Ökosysteme* und für die Sekundarstufe II die *Genetische Vielfalt*. Diese Zunahme an Komplexität orientiert sich wiederum am Lehrplan und damit den im Biologieunterricht behandelten Themen. Dieses Baukastenprinzip soll Lehrer und Schüler auch dazu anregen, sich zusätzlich über den Lehrplan hinaus mit dem Thema Biodiversität zu beschäftigen und eventuell weitere der angebotenen Führungen zu besuchen. Für Schulen aus Hessen, aber auch angrenzenden Bundesländern wie Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz ist dies ein bisher einmaliges Angebot, Biodiversität an vier Einrichtungen unterschiedlicher Ausrichtung handlungsorientiert zu erleben.

Folgende Tabelle gibt eine Übersicht über alle angebotenen Führungsthemen:

	<b>Palmengarten</b>	<b>Senckenberg-museum</b>	<b>Zoo</b>	<b>Stadtwaldhaus</b>
<b>Primarstufe</b> <i>Artenvielfalt</i>	Vielfalt der tropischen Früchte	Dinos und Co.	Artenvielfalt im Regenwald	Vielfalt der Tiere und Pflanzen des Waldes
<b>Sekundarstufe I</b> <i>Vielfalt der Ökosysteme</i>	Von der Wüste bis zum Regenwald	Ökosysteme in Raum und Zeit	Anpassung von Säugetieren an Lebensräume	Vom Waldboden bis zur Baumkrone
<b>Sekundarstufe II</b> <i>Genetische Vielfalt</i>	Tropischer Regenwald mit Schwerpunkt Ökologie	Entstehung neuer Arten	Bedrohte Tierarten – Bemerkungen zu Haltung und Zucht	Forstwirtschaft und Artenvielfalt – ein Widerspruch?

*Tabelle 15: Führungsthemen des Ringangebots „Biologische Vielfalt“*

Das Angebot des Ringprogramms ist in Form eines handlichen Flyers erhältlich, welcher in allen außerschulischen Lernorten angeboten und auch durch die Öffentlichkeitsarbeit von BioFrankfurt beworben wird. Außerdem ist er auf den Homepages der Einrichtungen einsehbar ([www.biofrankfurt.de](http://www.biofrankfurt.de), [www.senckenberg.de](http://www.senckenberg.de), [www.stadtwaldhaus-frankfurt.de](http://www.stadtwaldhaus-frankfurt.de), [www.palmengarten.de](http://www.palmengarten.de), [www.zoo-frankfurt.de](http://www.zoo-frankfurt.de)).

Die Inhalte der Führungen können innerhalb der außerschulischen Lernorte je nach pädagogischem Mitarbeiter, Vorwissen der Schüler, Klassenstufe oder Schultyp leicht variieren. Im Folgenden werden die wichtigsten Inhalte der für die Studie durchgeführten Führung für die Sekundarstufe I vorgestellt und der Bezug zum Lehrplan hergestellt.

### **3.5.2 Die Führung im Palmengarten (Von der Wüste bis zum Regenwald)**

Die Biodiversitätsführung im Palmengarten für die Sekundarstufe I heißt „Von der Wüste bis zum Regenwald – Anpassung von Pflanzen an tropische Standorte“. Im Mittelpunkt stehen Pflanzen aus tropischen Vegetationszonen und ihre besonderen Anpassungen an extreme Lebensbedingungen. Anhand von praktischen Beispielen werden diese Anpassungen veranschaulicht. Die Führung findet vor allem im Tropicarium des Palmengartens statt.

Die Führung startet im Eingangsoktagon des Tropicariums. Dort befindet sich eine drehbare Weltkugel, die die Verteilung und Ausmaße tropischer Vegetationszonen auf der Erde zeigt (Taudte-Repp, 2008). Hier können zu Beginn einige wichtige Begrifflichkeiten mit Hilfe der Weltkugel und der Schautafeln erläutert werden. Zum einen wird die Verbreitung der Tropen und ihre Definition erläutert. Die Tropen sind Vegetationszonen, die sich ungefähr zwischen dem nördlichen und dem südlichen Wendekreis der Erde befinden. Aufgrund verschiedener klimatischer Bedingungen können sie grob in „Feuchte Tropen“ und „Trockene Tropen“ aufgeteilt werden und weisen eine große Vielfalt an Pflanzenformen auf (Schoser, 1987). Zum anderen wird die Definition eines Ökosystems zusammen mit den Schülern erarbeitet. Ökosysteme werden bestimmt von den abiotischen Faktoren (unbelebte Natur) wie Wasser, Wind, Boden etc., die das sogenannte Biotop bilden, und den biotischen Faktoren (belebte Natur), die die sogenannte Biozönose bilden. Biotische Faktoren sind alle Lebewesen eines Lebensraums und ihre Wechselwirkungen untereinander (Martin & Allgaier, 2011).



Nach Klärung dieser Begrifflichkeiten besuchen die Schüler zuerst die drei Schauhäuser der „Trockenen Tropen“: die Halbwüste/Wüste, die Savanne und den Dornwald.

In der **Halbwüste/Wüste** prägt ein nur spärlicher Pflanzenbewuchs das Bild. Diese Vegetationszone findet sich beispielsweise in der Sahara, den Trockengebieten Südwestasiens, den inneraustralischen Trockengebieten oder der Atacama in Südamerika. Typische Pflanzenvertreter sind Kakteen, Wolfsmilch-, Dickblatt- und Schwalbenwurzgewächse, die mit dem trockenen, heißen Klima gut zurechtkommen. Anpassungsformen gegen hohe Verdunstung sind vor allem Wasserspeicher in Spross, Blättern oder Wurzeln. Pflanzen, die diese Anpassungen zeigen, werden Sukkulenten genannt. Auch die Reduktion der wasserabgebenden Flächen (Blätter zu Dornen, Kugelform) schützt gegen Trockenheit (Steinecke & Cárdenas, 1998). Als Vertreter einer Blattsukkulente lernen die Schüler die Aloe (*Aloe vera*) kennen. Die fleischigen Blätter enthalten einen gelartigen Saft, der in konzentrierter Form gegen Verdauungsbeschwerden wirkt oder äußerlich angewendet eine wundheilende Funktion hat (Steinecke, 1999). Die Schüler dürfen an mitgebrachten, quer geschnittenen Blättern der Aloe dieses Gel betrachten, riechen und auf die Haut streichen. Sie lernen die wundheilende Wirkung dieses Extrakts kennen und stellen einen Bezug zu alltäglichen Gebrauchsgegenständen (Cremes, Reinigungsprodukte) her, die dieses Extrakt enthalten.

Im **Dornwaldhaus** wachsen viele fremdartige Pflanzen. Dornwälder gibt es in Nordost-Brasilien, Madagaskar und in geringen Ausdehnungen auch in Ostafrika, Mittelamerika und auf den Karibischen Inseln. Wie in der Halbwüste/Wüste ist das Klima durch lange Trockenperioden und hohe Temperaturen geprägt. Folglich sind die hier lebenden Pflanzen speziell an Wasserknappheit angepasst. Häufige Vertreter gehören zu den Wolfsmilch-, Wollbaum-, und Agavengewächsen, Didieraceen, Kakteen und Bromelien (Steinecke & Cárdenas, 1998). Viele Pflanzen bilden Wasserspeicherorgane aus (Stamm, Blatt) und sind mit wehrhaften Dornen besetzt. Den Schülern werden bei einem Rundgang einige Vertreter der Dornwald-Pflanzen vorgestellt und ihre speziellen Anpassungen an ihren Lebensraum, so z.B. der Flaschenbaum (*Beaucarnea recurvata*) mit seinem dicken, wasserspeichernden Stamm oder der Bleistiftstrauch (*Euphorbia tirucalli*) der sich durch den für Wolfsmilchgewächse typischen milchigen, giftigen Blattsaft gegen Fressfeinde wehrt (Schoser, 1987).

Als letzte Vegetationszone der „Trockenen Tropen“ besuchen die Schüler das **Savannen-Schauhaus**. Für dieses Ökosystem sind Pflanzengemeinschaften mit einer geschlossenen Grasschicht und einzeln stehenden Bäumen charakteristisch. Geringe Niederschläge, zum Teil nährstoffarme Böden und auch die intensive Nutzung durch den Menschen verhindern die neue Entstehung des Waldes (Vareschi, 1980). Savannen finden sich bandförmig in Mittel- und Südafrika, im östlichen Australien, mittleren Südamerika und in Indien. Das Klima zeichnet sich durch eine Regenzeit und eine etwas kühlere Trockenzeit aus. Charakteristische Pflanzen sind Süßgräser und einige Arten der Hülsenfrüchtler (Steinecke & Cárdenas, 1998). Im Savannenhaus lernen die Schüler z.B. den Leberwurstbaum (*Kigelia africana*) oder die Schwiegermutterzunge (*Sansevieria trifasciata*) mit ihren harten, widerstandsfähigen Blättern als Anpassung an den trockenen Lebensraum kennen.

Im Anschluss werden die „Feuchten Tropen“ behandelt, also die Schauhäuser des Monsun-, Tiefland- und Bergregenwaldes und der Mangrove.

Im Gegensatz zu den „Trockenen Tropen“ ist in den „Feuchten Tropen“ die Luft warm und feucht, das heißt, die hier lebenden Pflanzen müssen sich ganz anderen Bedingungen anpassen. Der **Monsunwald** ist durch ein wechselfeuchtes Klima geprägt, das durch Winde (Monsune) verursacht wird. Dies führt zu einem regenreichen Wetter im Sommer und einem trockeneren im Winter. Trotz der jahreszeitlich schwankenden Feuchtigkeit sind



**Abbildung 18:** Schüler untersuchen während der Führung eine Wasserhyazinthe im Tropicarium des Palmengartens (Foto: Lena Heuß)

die Temperaturänderungen gering. Monsunwälder sind in Indien, Südostasien, Nordaustralien, dem mittleren Afrika und einigen Regionen im nördlichen Südamerika verbreitet (Steinecke & Cárdenas, 1998). Der Baumbewuchs ist nicht so dicht wie in den tropischen Regenwäldern, daher wächst hier auch ein dichter Unterwuchs. Dieser kann aus bis zu zehn Meter hohen krautigen Trieben bestehen. Charakteristische Pflanzen für den Monsunwald sind Bananen- und Ingwergewächse. Meist sind die Wälder von einzelnen Baumarten geprägt wie z.B. Eukalyptus

(*Eucalyptus spec.*), Teak (*Tectona grandis*) oder Sal (*Shorea robusta*). Auch einige tropische Nutzpflanzen wie Papaya (*Carica papaya*) und Vanille (*Vanilla planifolia*) wachsen in den Monsunwäldern (Steinecke & Cárdenas, 1998). Aufsitzerpflanzen wie der Geweihfarn (*Platyceium bifurcatum*) sind ebenfalls dort zu finden. Manche der Wedel bilden eine Hülle um die Sprossachsen und schützen sie so vor Austrocknung und Beschädigung. Die sporentragenden Wedel sind stark geteilt und verleihen dem Farn so das Aussehen eines Hirschgeweihs.

Das folgende Schauhaus ist das der **Mangrove**. Als Mangrove werden Wälder im Gezeitenbereich der Meere bezeichnet, die periodisch überschwemmt werden. Sie sind entlang warmer Meeresströmungen in den Tropen an fast allen Küsten zu finden und erstrecken sich teilweise sogar bis in die Subtropen. Das sich ständige abwechselnde Trockenfallen und die Überschwemmungen führen zu einem sehr hohen Salzgehalt und einer Sauerstoffarmut im Boden, woran sich die dort wachsenden Lebewesen anpassen müssen. Viele der in der Mangrove lebenden Pflanzen haben besondere, aus der Erde ragende Wurzeln, mit deren Hilfe sie zusätzlich Sauerstoff „atmen“ können. Die Vegetation nimmt je nach Salzgehalt und Überschwemmungsgrad des Bodens eine typische Zonierung ein, die durch die unterschiedliche Salzverträglichkeit der Pflanzen bestimmt ist. Im Palmengarten kann man im Schauhaus zum Beispiel die Rote Mangrove (*Rhizophora mangle*) oder auch die Wasserhyazinthe (*Eichhornia crassipes*) beobachten. Diese ist eine Schwimmpflanze, die mit Hilfe von blasenartig verdickten Blattstielen, die wiederum mit einem luftgefüllten, schwammartigen Gewebe gefüllt sind, auf der Wasseroberfläche treibt (Schocher, 1987). Die Schüler können hier zusammen mit dem pädagogischen Mitarbeiter vorsichtig einen dieser Blattstiele durchschneiden und genau betrachten.

Ein weiteres Schauhaus der „Feuchten Tropen“ ist der **Bergregenwald**. Dort herrscht ein feuchtes, aber durch die Höhenlage bedingt eher kühles Klima. Bergregenwälder, auch Nebelwälder genannt, finden sich in tropischen Gebirgen in Höhen zwischen 1500 Meter und 3000 Meter Meereshöhe, so z.B. im östlichen Südamerika oder Südostasien (Steinecke & Cárdenas, 1998). Das Klima ist geprägt durch stetig hohe Niederschläge, hohe Luftfeuchtigkeit und wenig schwankende Temperaturen (Vareschi, 1980). Wegen der ständigen Nebelschleier müssen die dort lebenden Pflanzen um das wenige Licht konkurrieren, was sich durch das hohe Vorkommen an Aufsitzerpflanzen (Epiphyten) bemerkbar macht (Taudt-Repp, 2008). Außerdem ist eine große Zahl an Moosen, Farnen und Baumfarnen anzutreffen. Als Beispiel für einen feuchtigkeitsliebenden und epiphytischen Farn sei der Nestfarn

(*Asplenium nidus*) genannt, der als große „Aufsitzerkolonie“ im Schauhaus betrachtet werden kann.

Zuletzt besuchen die Schüler im Tropicarium des Palmengartens das Schauhaus des **Tieflandregenwaldes**. Der Tieflandregenwald ist durch das warme und feuchte Klima extrem arten- und formenreich. Er ist entlang des Äquators im Amazonasbecken, in Südostasien und Zentralafrika zu finden, durch massive Abholzung und Rodung aber stark bedroht. Der „Stockwerkbau“ des Regenwaldes in fünf Stockwerken beeinflusst die Feuchtigkeit und Lichtverhältnisse in den einzelnen Zonen. In das Dachgeschoss des Regenwaldes ragen die großen „Überständler“, Bäume, die bis zu 60 Meter hoch werden können und teilweise riesige Brettwurzeln ausbilden. Der Unterwuchs am Boden ist wegen des wenigen Lichts und Wassers relativ gering ausgeprägt. Die Konkurrenz um das Licht und den Regen begünstigt das Wachstum von Lianen und Aufsitzerpflanzen z.B. aus den Familien der Orchideen, Bromelien und Aronstabgewächsen. In den tropischen Tieflandregenwäldern wachsen viele unserer Nutzpflanzen wie Kakao (*Theobroma cacao*), Bananen (*Musa spec.*) oder Kaffee (*Coffea arabica*) (Steinecke, 1999). Diese und auch die Bromelien, deren berühmteste Vertreterin die Ananas (*Ananas comosus*) ist, lernen die Schüler im Schauhaus kennen (Franke, 1976).

Zur Veranschaulichung der beeindruckenden Wasserspeicherkapazität der Bromelien gehen die Schüler zum Abschluss der Führung in das Eingangsschauhaus des Palmengartens. Dort steht im ersten Stock eine große Bromelie in einem Topf, an denen die Schüler mit Hilfe einer Gießkanne selbst ausprobieren können, wie viel Wasser die fächerartig angeordneten Blätter der Bromelie aufnehmen (ca. sieben Liter). Der Versuch veranschaulicht auf eindrucksvolle Weise, wie diese Epiphyten Wasser nicht durch die Wurzel, sondern kleine Saugschuppen zwischen den Blättern aufnehmen und somit sogar für andere Organismen (z.B. Frösche) Lebensraum bieten können.

Durch die Führung im Palmengarten wird den Schülern ein umfassender Überblick über die Vielfalt der tropischen Ökosysteme, die dort lebenden charakteristischen Pflanzen und deren besondere Anpassungen an ihren Lebensraum vermittelt.

In den folgenden Tabellen wird eine Übersicht über den Bezug der Inhalte der Führung zum hessischen Lehrplan der Sekundarstufe I Biologie dargestellt. Dabei wird auf alle Schulformen eingegangen, da die Führung für alle Schüler der Sekundarstufe I konzipiert ist und je nach Vorwissen und Lernniveau an die Klassen angepasst wird.

Desweiteren wird die Führung in Bezug zu den neuen hessischen Bildungsstandards gesetzt, die seit dem Schuljahr 2011/12 verbindlich sind. Die Bildungsstandards setzen einen neuen Schwerpunkt auf die Vermittlung sogenannter Kompetenzen, die die Schüler zusätzlich zu den fachlichen Inhalten erwerben sollen. Die Gestaltung eines konkreten Lehrplans ist jeder Schule mit der Orientierung an den sogenannten Inhaltsfeldern selbst überlassen (Hessisches Kultusministerium, 2011d, e & f). In den folgenden Tabellen werden aus Gründen der Übersichtlichkeit nur die jeweils zu den Inhalten der Führung passenden Inhaltsfelder und Kompetenzbereiche genannt.

In Tabelle 16 wird der Bezug zum hessischen Lehrplan und den Bildungsstandards für den Bildungsgang Hauptschule hergestellt.

<b>Lehrplan Biologie Bildungsgang Hauptschule</b> (Hessisches Kultusministerium, 2011a)	<b>Kerncurriculum Hessen für Hauptschule (Schwerpunkt- setzung in den Inhaltsfeldern)</b> (Hessisches Kultusministerium, 2011d)	<b>Inhalte der Führung „Von der Wüste bis zum Regenwald“</b>
<p><b>5/6.7 Vielfalt der Blütenpflanzen</b></p> <p><i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verwandtschaft bei Blütenpflanzen</li> <li>• Von der Blüte zur Frucht</li> </ul> <p><i>Fakultative Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fruchttypen</li> <li>• Nutzpflanzen</li> <li>• Heilpflanzen</li> <li>• Anpassungen an Standorte</li> </ul> <p><i>Arbeitsmethoden</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterrichtsgang, Besuch eines Gewächshauses</li> </ul>	<p><b>Biologische Strukturen und ihre Funktion</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Körperformen ausgewählter Organismen (Blütenpflanzen) und deren Bedeutung für den jeweiligen Lebensraum (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation)</li> </ul> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Zusammenhänge zwischen biologischen Strukturen und deren Funktion (Erkenntnisgewinnung, Nutzung fachlicher Konzepte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen exemplarischer tropischer Pflanzenarten und Vergleich ihrer Anpassungen an ihren Standort</li> <li>• Kennenlernen einiger tropischer Früchte/Nutzpflanzen und Heilpflanzen</li> <li>• Erkundung des Tropicariums im Palmengarten als tropisches Gewächshaus</li> </ul>
<p><b>5/6.9 Ökosysteme: Lebensräume – Lebensgemeinschaften</b></p> <p><i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkundung und Charakterisierung eines ausgewählten Lebensraumes in Schulumgebung</li> <li>• Bestimmung einiger Pflanzen und Tierarten</li> <li>• Stoffkreislauf</li> <li>• Artenschutz/Naturschutz und seine Begründung</li> </ul>	<p><b>Wechselwirkungen in Ökosystemen</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiere und Pflanzen eines ausgewählten Ökosystems und deren Wechselbeziehungen: Nahrungsketten und Nahrungsnetze (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung)</li> </ul> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrfaktorielle Beziehungen in einem Ökosystem:</li> <li>• die ökologische Funktion der einzelnen Art, abiotische und biotische Faktoren, Trophieebenen</li> <li>• Erweiterung der Artenkenntnis</li> <li>• Vernetzung verschiedener Ökosysteme</li> <li>• Begründungszusammenhänge der Gefährdung von Ökosystemen durch Eingriffe des Menschen (Kommunikation, Bewertung, Nutzung fachlicher Konzepte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen verschiedener tropischer Ökosysteme</li> <li>• Kennenlernen neuer Pflanzenarten</li> <li>• Kennenlernen gefährdeter und schützenswerter Ökosysteme wie dem tropischen Regenwald</li> </ul>

<p><b>Abschlussprofil der Jahrgangsstufe 9/10</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lebewesen in Lebensgemeinschaften und umfassenderen Systemen</li> <li>• die Artenvielfalt im Tier- und Pflanzenreich und ihre Schutzbedürftigkeit</li> <li>• mögliche Folgen menschlichen Eingreifens in Ökosysteme</li> </ul>		<p>Allgemeine Ziele der Führung:</p> <p>Durch das Besprechen einiger angepasster Pflanzenarten und die Vorstellung der tropischen Ökosysteme sollen die Schüler für deren Wert und Schutz sensibilisiert werden.</p>
---	--	--

*Table 16: Bezug zum hessischen Lehrplan/Bildungsstandards der Führung im Palmengarten für die Hauptschule*

In der folgenden Tabelle werden die Inhalte der Biodiversitätsführung im Palmengarten mit dem hessischen Lehrplan und den Bildungsstandards für den Bildungsgang Realschule in Beziehung gesetzt.

<p><b>Lehrplan Biologie Bildungsgang Realschule</b> (Hessisches Kultusministerium, 2011b)</p>	<p><b>Kerncurriculum Hessen für Realschule (Schwerpunkt- setzung in den Inhaltsfeldern)</b> (Hessisches Kultusministerium, 2011e)</p>	<p><b>Inhalte der Führung „Von der Wüste bis zum Regenwald“</b></p>
<p><b>5.2 Blütenpflanzen</b> <i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Angepasstheit an Lebensraum (Luft, Wasser, Temperatur, Jahreszeiten, Boden)</li> </ul>	<p><b>Biologische Strukturen und ihre Funktion</b> <i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Körperformen ausgewählter Organismen (Blütenpflanzen) und deren Bedeutung für den jeweiligen Lebensraum (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation)</li> </ul> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Zusammenhänge zwischen biologischen Strukturen und deren Funktion (Erkenntnisgewinnung, Nutzung fachlicher Konzepte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen exemplarischer tropischer Pflanzenarten und Vergleich ihrer Anpassungen an ihren Standort</li> </ul>

<p><b>6.2. Ökosystem der näheren Umgebung</b></p> <p><i>Begründung</i> Alle Vorgänge in einem intakten Ökosystem sind aufeinander abgestimmt und führen zu einem dynamischen Gleichgewicht</p> <p><i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lebensgemeinschaften von Pflanzen und Tieren (Angepasstheit von Pflanzen und Tieren an ihren Lebensraum)</li> <li>• Einfluss abiotischer Faktoren (Wasser, Licht, Temperatur, Boden)</li> <li>• Störung des biologischen Gleichgewichts und ihre Folgen</li> </ul> <p><i>Arbeitsmethoden</i> Naturkundlicher Unterrichtsgang</p>	<p><b>Wechselwirkungen in Ökosystemen</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiere und Pflanzen eines ausgewählten Ökosystems und deren Wechselbeziehungen: Nahrungsketten und Nahrungsnetze (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung)</li> </ul> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrfaktorielle Beziehungen in einem Ökosystem:</li> <li>• die ökologische Funktion der einzelnen Art, abiotische und biotische Faktoren, Trophieebenen</li> <li>• Erweiterung der Artenkenntnis</li> <li>• Vernetzung verschiedener Ökosysteme</li> <li>• Begründungszusammenhänge der Gefährdung von Ökosystemen durch Eingriffe des Menschen (Kommunikation, Bewertung, Nutzung fachlicher Konzepte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen verschiedener tropischer Ökosysteme</li> <li>• Kennenlernen und Vergleich von Anpassungen tropischer Pflanzen an ihre Standorte</li> <li>• Kennenlernen und Vergleich der abiotischen Faktoren der tropischen Ökosysteme (Trockenheit, Hitze, Feuchtigkeit, Nährstoffmangel...)</li> <li>• Kennenlernen gefährdeter und schützenswerter Ökosysteme wie der tropische Regenwald</li> <li>• evtl. Vergleich einheimischer Ökosysteme mit den tropischen Lebensräumen</li> <li>• Erkundung des Tropicariums im Palmengarten als naturkundlicher Unterrichtsgang</li> </ul>
<p><b>9.4 Globale Umweltfragen</b></p> <p><i>Begründung</i> Die Verantwortung des Menschen muss sich auf den Zustand der gesamten Biosphäre erstrecken. Es sollen die sensiblen Abläufe in globalen Ökosystemen erkannt werden ...</p> <p><i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beeinflussung des Ökosystems durch den Menschen</li> </ul>	<p><b>Stoffwechsel und Regelmechanismen</b></p> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoffkreisläufe – wie z.B. den Kohlenstoffkreislauf – und deren Bedeutung für globale ökologische Beziehungen</li> <li>• Eingriffe des Menschen in Ökosysteme und deren systemische Folgen, wie z.B. das Artensterben (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation)</li> </ul>	<p>Allgemeine Ziele der Führung: Durch das Besprechen einiger angepasster Pflanzenarten und die Vorstellung der tropischen Ökosysteme sollen die Schüler für deren Wert und Schutz sensibilisiert werden. Auch der Einfluss des Menschen auf tropische Ökosysteme kann diskutiert werden.</p>

**Tabelle 17:** Bezug zum hessischen Lehrplan/Bildungsstandards der Führung im Palmengarten für die Realschule

Tabelle 18 zeigt den Bezug der Inhalte der Führung im Palmengarten zum hessischen Lehrplan für das Gymnasium (G8) und den Bildungsstandards.

<b>Lehrplan Biologie Gymnasialer Bildungsgang</b> (Hessisches Kultusministerium, 2011c)	<b>Kerncurriculum Hessen für Gymnasium (Schwerpunkt- setzung in den Inhaltsfeldern)</b> (Hessisches Kultusministerium, 2011f)	<b>Inhalte der Führung „Von der Wüste bis zum Regenwald“</b>
<p><b>7G.1 Bauplan und Lebenszyklus der Blütenpflanzen</b></p> <p><i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen von Wild- und Nutzpflanzen, Namensgebung (Unterrichtsgang) (auch in Zusammenhang mit 7G.4)</li> <li>• Funktion von Wurzel, Spross und Laubblatt, Organe einer Blütenpflanze, Wasser- und Mineralsalzaufnahme, Wassertransport, Transpiration</li> </ul>	<p><b>Biologische Strukturen und ihre Funktion</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Körperformen ausgewählter Organismen (Blütenpflanzen) und deren Bedeutung für den jeweiligen Lebensraum (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation)</li> </ul> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9/10</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Zusammenhänge zwischen biologischen Strukturen und deren Funktion (Erkenntnisgewinnung, Nutzung fachlicher Konzepte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen exemplarischer tropischer Pflanzenarten</li> <li>• Kennenlernen einiger tropischer Früchte/Nutzpflanzen und Heilpflanzen</li> <li>• Kennenlernen besonderer morphologischer und physiologischer Anpassungen von Pflanzen an extreme Standorte</li> </ul>
<p><b>7G.4 Ökosystem a) Wald oder b) Gewässer</b></p> <p><i>Begründung</i></p> <p>An einem Beispiel und möglichst durch direkte Begegnung mit Lebewesen in ihrer Umwelt sollen Schülerinnen und Schüler ein Ökosystem und die Beziehungen zwischen den einzelnen Lebewesen kennen lernen. Eine im Unterricht fachlich vorbereitete Exkursion ist verpflichtend.</p> <p><i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Typische Pflanzen und Tiere in den Teilbereichen (Stockwerke des Waldes einschl. Lebewesen, z.B. Insekten)</li> <li>• Beziehungen im Ökosystem</li> <li>• Nahrungsketten und Nahrungsnetze</li> <li>• Abiotische Faktoren</li> <li>• Allgemeine Bedeutung einschließlich Erholungswert</li> </ul> <p><i>Fakultative Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biotopschutz als Artenschutz (z.B. Regenwald...)</li> <li>• Übersicht über die Biodiversität (System der 5 Reiche)</li> </ul>	<p><b>Wechselwirkungen in Ökosystemen</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiere und Pflanzen eines ausgewählten Ökosystems und deren Wechselbeziehungen: Nahrungsketten und Nahrungsnetze (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung)</li> </ul> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9/10</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrfaktorielle Beziehungen in einem Ökosystem:</li> <li>• die ökologische Funktion der einzelnen Art, abiotische und biotische Faktoren, Trophieebenen</li> <li>• Erweiterung der Artenkenntnis</li> <li>• Vernetzung verschiedener Ökosysteme</li> <li>• Begründungszusammenhänge der Gefährdung von Ökosystemen durch Eingriffe des Menschen (Kommunikation, Bewertung, Nutzung fachlicher Konzepte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen verschiedener tropischer Ökosysteme</li> <li>• Kennenlernen und Vergleich von Anpassungen tropischer Pflanzen an ihre Standorte</li> <li>• Kennenlernen und Vergleich der abiotischen Faktoren der tropischen Ökosysteme (Trockenheit, Hitze, Feuchtigkeit, Nährstoffmangel...)</li> <li>• Kennenlernen gefährdeter und schützenswerter Ökosysteme wie der tropische Regenwald</li> <li>• evtl. Vergleich einheimischer Ökosysteme mit den tropischen Lebensräumen</li> </ul>

<p><b>Anschlussprofil von der Jahrgangsstufe 9G in die gymnasiale Oberstufe</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedeutung der Pflanzen für das Überleben von Tier und Mensch</li> <li>• Gesetzmäßigkeiten der Beziehungen zwischen den Lebewesen in einem Ökosystem, abiotische und biotische Faktoren,</li> <li>• Nahrungsketten und Stoffkreisläufe</li> <li>• Anpasstheit: Gestalt, Funktion der Strukturen, Verhaltenskomponenten und Lebensraumpräferenzen sind als Einheit und als das Ergebnis der bisherigen Evolution zu sehen.</li> </ul>	<p><b>Stoffwechsel und Regelmechanismen</b></p> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9/10</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoffkreisläufe – wie z.B. der Kohlenstoffkreislauf – und deren Bedeutung für globale ökologische Beziehungen</li> <li>• Eingriffe des Menschen in Ökosysteme und deren systemischen Folgen, wie z.B. das Artensterben (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen der Bedeutung tropischer Pflanzen und ihrer Früchte und Heilwirkungen für den Menschen</li> <li>• Kennenlernen verschiedenen Pflanzen in ihren Lebensräumen und der Beziehungen zu anderen Lebewesen</li> <li>• Kennenlernen verschiedener abiotischer und biotischer Faktoren und deren Vergleich</li> <li>• Kennenlernen und Vergleich von Anpassungen tropischer Pflanzen an ihre Standorte</li> </ul>
--	--	---

*Table 18: Bezug zum hessischen Lehrplan/Bildungsstandards der Führung im Palmengarten für das Gymnasium*

### 3.5.3 Die Führung im Senckenbergmuseum (Ökosysteme in Raum und Zeit)

Die Biodiversitätsführung für die Sekundarstufe I im Senckenbergmuseum heißt „Ökosysteme in Raum und Zeit“. Sie beschäftigt sich mit der Rekonstruktion vergangener Ökosysteme auf der Erde und der Verbreitung und Gefährdung der heutigen Lebensräume. Anhand plastischer Objekte aus dem Museum wird die Entstehung und Bedeutung von Versteinerungen erläutert. Außerdem wird am Beispiel einiger ausgewählter Organismen deren Bedeutung für ihre Ökosysteme diskutiert.

Zu Beginn der Führung werden die Begriffe Biodiversität und Ökosystem erklärt. Die biologische Vielfalt kann zum Beispiel im Insektensaal im zweiten Stockwerk gut veranschaulicht werden. Zum einen sind dort viele Vertreter der artenreichsten Tiergruppe zu sehen, die die Artenvielfalt gut versinnbildlichen. Zum anderen wird der „Käferkreis“ gezeigt, der die innerartliche Vielfalt einer tropischen Nashornkäferart (*Chalcosoma atlas*) zeigt. Hier sieht man die ganze Bandbreite der morphologischen Unterschiede innerhalb einer biologischen Art, da manche Käfer eher klein und unscheinbar, manche dagegen groß und mit einem beachtlichen „Geweih“ ausgestattet sind. Obwohl die großen Unterschiede eher auf eine unterschiedliche Ernährung während des Larvalstadiums als auf die genetische Varianz zurückzuführen sind, eignet sich dieses Beispiel dennoch, um auf den morphologischen „Spielraum“ genetisch festgelegter Merkmale hinzuweisen (phänotypische Plastizität) (Kutschera, 2015) (siehe auch Kapitel 2.1.3)

Die Vielfalt der Ökosysteme lässt sich anschließend gut bei den Dioramen, ebenfalls im zweiten Stock, erläutern. Dioramen sind Schaukästen mit präparierten Tieren in einer räumlich wirkenden Darstellung. Die Objekte sind oft effektiv beleuchtet und stehen vor einem meist gemalten Rundhorizont. Dadurch wird der Eindruck eines großen Raumes oder einer freien Landschaft erzeugt (Hevers, 2003). Die Dioramen des Senckenbergmuseums



zeigen verschiedene europäische Tierarten in ihrer Lebenswelt. Jedes dieser Dioramen zeigt ein anderes Ökosystem und daran angepasste Tiere. Die wichtigsten Begriffe eines Ökosystems (siehe auch 3.5.2) können hier gut veranschaulicht werden. Das Biber-Diorama beispielweise zeigt plakativ die biotischen Faktoren Biber (*Castor fiber*), Graureiher (*Ardea cinerea*) und Birke (*Betula spec.*) und abiotischen Faktoren wie Wasser, Boden, Steine des Ökosystems Wiese/Flussaue. Der Einfluss der abiotischen Faktoren auf die biotischen Faktoren wird schnell ersichtlich: Der Biber ist gut an das Leben am Wasser angepasst und baut die Burg im Wasser zum eigenen Schutz und dem der Jungtiere. Aber hier kann auch der umgekehrte Einfluss erläutert werden: Durch den Bau der Biberburg wird das Wasser des Flusses so aufgestaut, dass es eine überflutete Fläche bildet, die wiederum von andern Tieren wie Fröschen, kleinen Fischen und Graureihern als Lebensraum genutzt werden kann.

Im weiteren Verlauf der Führung soll die Rekonstruktion vergangener Ökosysteme anhand von Versteinerungen (Fossilien) erklärt werden. Hierzu eignet sich zum Beispiel der zu den Panzerfischen (Placodermen) gehörende *Dunkleosteus terelli*, dessen versteinertes Skelett im Fischsaal ebenfalls im zweiten Stock zu finden ist. Er stammt aus dem Ober-Devon (vor 360 Millionen Jahren) und trägt eine starke Panzerung, die auf mögliche Fressfeinde im Meer des Devons hinweist. Seine starke Bezahnung und extreme Körpergröße (bis zu 10 Meter) allerdings zeigen, dass er auch selbst ein gefürchteter Räuber war. Anhand der genauen Betrachtung dieses Fossils lassen sich so schon einige Aussagen über das Ökosystem des *Dunkleosteus* und seine Nahrungsbeziehungen zu anderen Organismen machen (Stanley, 1999; Ziegler, 2008).

Nach diesem Einblick in ein vergangenes Ökosystem soll die Entstehung von Fossilien und deren Bedeutung erklärt werden. Fossilien sind die aus der geologischen Vergangenheit überlieferten Überreste von Tieren und Pflanzen und können in vielen verschiedenen Formen auftreten: als Körperfossilien (Knochen, Schalen, Zähne etc.), als Spurenfossilien (Fußabdrücke, Bewegungsspuren), als Steinkerne (ausgefüllter Hohlraum eines Organismus), als Inkohlung (zu Kohlenstoff zersetzte Reste) oder Einschlüsse in Bernstein (Grotzinger et al., 2008; Ziegler, 1992). Ein guter Ort zur Erläuterung der Fossilisation ist im Senckenbergmuseum die Dinosaurierrippe im ersten Lichthof im Erdgeschoss. Diese *Brachiosaurier*-Rippe (*Brachiosaurus brancai*) vom Tendaguru (Tansania) ist ein Original-Fossil und zudem ein Schaustück, das von den Besuchern zu Demonstrationszwecken berührt werden darf. Hier kann zusammen mit den Schülern die Entstehung und auch die Bedeutung von Fossilien als Spuren von vergangenem Leben geklärt werden.

Desweiteren eignet sich die Ausstellung über die Grube Messel im Erdgeschoss ausgezeichnet, um die wichtige Bedeutung von Fossilien zu veranschaulichen. Die Grube Messel, die sich einige Kilometer nordöstlich von Darmstadt befindet, ist eine der bedeutendsten Fossilfundstätten Deutschlands. Durch besondere geologische Bedingungen sind dort Tiere, Pflanzen und andere Lebewesen eines ca. 47 Millionen Jahre alten Ökosystems versteinert und extrem gut erhalten. Dieses Ökosystem glich den heutigen tropischen Regenwäldern, wobei das Klima allerdings einen jahreszeitlichen Wechsel zeigte (von Koenigswald & Storch, 1998). Es ist möglich, mit Hilfe der gefundenen Fossilien und deren Besonderheiten (z.B. Mageninhalt, Farben an Insekten oder Hauterhaltungen) das Ökosystem der damaligen Zeit teilweise zu rekonstruieren. So können Nahrungsbeziehungen (Nahrungskette, Nahrungsnetz) am Zahnaufbau und den Mageninhalten beispielsweise der Messeler Urpferde (z.B. *Propalaeotherium parvulum*) (Traubenkerne, weiche Blätter) rekonstruiert werden. Das Messeler Urpferd ist eines der bekanntesten Funde aus der Grube Messel und eignet sich sehr gut zur Veranschaulichung von Anpassungen an den Lebensraum: Mit seiner kleinen, schlanken Statur konnte es sich unkompliziert in dichten Wäldern bewegen, die besondere

Spreizung der Zehen ermöglichte eine ideale Gewichtsverteilung auf dem weichen Boden. Außerdem weisen die Zähne und der Mageninhalt auf eine weiche und damit gänzlich andere Nahrung als die der heutigen Pferde hin (Mangel, 2011). In der Messel- Ausstellung können auch Tiere und ihre ökologische Nische wie z. B. das Messel-Fingertier (*Heterohyus nanus*) vorgestellt werden. Das Messel-Fingertier klopfte mit seinen zwei extrem verlängerten Fingern vermutlich Baumrinden ab, um darunter von Insektenlarven gegrabene Hohlräume zu finden, zu öffnen und die Insektenlarven zu fressen. Ein Tier, das heute eine ähnliche ökologische Nische in Europa besetzt, ist der Buntspecht (*Dendrocopos major*) (von Koenigswald & Storch, 1998).

All diese Beispiele zeigen die große Vielfalt vergangener Lebensformen, die es heute so nicht mehr auf der Erde gibt. Mithilfe von Fossilfunden ist es möglich, vieles über ausgestorbene Organismen und ihre Lebensweise und Beziehungen untereinander zu verstehen. Nach der Beschäftigung mit den vergangenen Arten sollen sich die Schüler mit dem warum und wie des Aussterbens beschäftigen. Im Erdgeschoss ist im Geologie-Saal eine Zeitleiste zu sehen, die alle Erdzeitalter und dazu passende Fossilien zeigt. Das Aussterben der Arten kann auf unterschiedliche Weise passiert sein. Zum einen gibt es das sogenannte „Hintergrundausterben“, das bedeutet, dass manche Arten durch verschiedene Ursachen einzeln von der Erde verschwinden. Im Laufe der Erdgeschichte fanden aber auch einige Massenaussterbe-Ereignisse statt. Durch klimatische Veränderungen, Vulkanausbrüche, Meteoriteneinschlag oder andere Gründe kam es auf der Erde vermutlich fünfmal zu solchen Ereignissen, die einen Großteil der damals lebenden Pflanzen, Tiere, Bakterien etc. auslöschten. Eines dieser Massenaussterben fand zum Ende der Kreidezeit (vor ca. 65 Millionen Jahren) statt und führte zum Verschwinden der Dinosaurier (Stanley, 1994). Und obwohl durch die Evolution auch immer wieder neue Arten entstehen und sich Ökosysteme verändern, ereignet sich seit der Industrialisierung ein neuer Prozess: ein Artensterben, das sehr schnell vorangeht und vor allem auf den Einfluss des Menschen zurückzuführen ist. Dieses Aussterben kann dazu führen, dass die Menschen durch Zerstörung wichtiger Ökosysteme ihre eigenen Lebensgrundlagen zerstören (Streit, 2007) (siehe auch Kapitel 2.1.2).

Welche Auswirkungen auch das Ausrotten einer einzelnen Art haben kann, wird den Schülern zum Schluss der Führung am Beispiel des Dodo gezeigt. Ein Skelett des Dodo oder der Dronte (*Raphus cucullatus*) befindet sich im 1. Stock des Museums im Vogelsaal. Der Dodo war ein hühnergroßer, flugunfähiger Laufvogel auf Mauritius, der auf dem Boden brütete. Durch die ersten europäischen Seefahrer, die im 16. Jahrhundert auf die Insel kamen, wurde der Dodo innerhalb von nur knapp 100 Jahren ausgerottet (Streit, 2007). Zum einen war er als Frischfleisch nach einer langen Seereise beliebt und wurde gejagt. Zum anderen wurden seine Eier von den auf den Schiffen mitreisenden Katzen und Ratten gefressen. Eine weitere, aber nicht unbedingt haltbare Theorie besagt, dass nach dem Aussterben des Dodo auch keine Calvariabäume (*Calvaia major*), eine auf Mauritius endemische Art, mehr wuchsen. Man fand heraus, dass die Samen des Calvariabaumes, die vom Dodo gefressen wurden und somit seinen Darm passierten, eben dieses „Andauern“ eventuell benötigten, um auskeimen zu können. Durch das Verschwinden des Dodo konnte so vermutlich auch keine Verjüngung des Baumbestandes mehr stattfinden (Quammen, 1999; Temple, 1977). An diesem mittlerweile prominenten Beispiel kann der Einfluss des Aussterbens eines einzelnen Gliedes eines Nahrungsnetzes auf sein Ökosystem erläutert werden. Die Führung bietet somit einen Einblick in die biologische Vielfalt vergangener Ökosysteme und die Evolution des Lebens.

In den folgenden Tabellen wird eine Übersicht über den Bezug der Inhalte der Führung im Senckenbergmuseum zum hessischen Lehrplan der Sekundarstufe I Biologie sowie den

Bildungsstandards (Inhaltsfelder) dargestellt. Dabei wird auf alle Schulformen eingegangen, da die Führung für alle Schüler der Sekundarstufe I konzipiert ist und je nach Vorwissen und Lernniveau an die Klassen angepasst wird

In Tabelle 19 wird der Bezug zum hessischen Lehrplan und den Bildungsstandards für den Bildungsgang Hauptschule hergestellt.

Lehrplan Biologie Bildungsgang Hauptschule (Hessisches Kultus- ministerium, 2011a)	Kerncurriculum Hessen für Hauptschule (Schwerpunktsetzung in den Inhaltsfeldern) (Hessisches Kultusministerium, 2011d)	Inhalte der Führung „Ökosysteme in Raum und Zeit“
<p><b>5/6.9 Ökosysteme: Lebensräume – Lebens- gemeinschaften</b></p> <p><i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wechselbeziehungen zwischen vorhandenen Lebewesen (Nahrungsnetze, biologisches Gleichgewicht)</li> <li>• Stoffkreislauf (Produzenten/ Konsumenten/ Destruenten)</li> <li>• Artenschutz/Naturschutz und seine Begründungen</li> </ul>	<p><b>Wechselwirkungen in Ökosystemen</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiere und Pflanzen eines ausgewählten Ökosystems und deren Wechselbeziehungen: Nahrungsketten und Nahrungsnetze (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung)</li> </ul> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrfaktorielle Beziehungen in einem Ökosystem:</li> <li>• die ökologische Funktion der einzelnen Art, abiotische und biotische Faktoren, Trophieebenen</li> <li>• Erweiterung der Artenkenntnis</li> <li>• Vernetzung verschiedener Ökosysteme</li> <li>• Begründungszusammenhänge der Gefährdung von Ökosystemen durch Eingriffe des Menschen (Kommunikation, Bewertung, Nutzung fachlicher Konzepte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen verschiedener Ökosysteme, sowohl rezenter als auch vergangener (z.B. Flussaue, Grube Messel)</li> <li>• Kennenlernen verschiedener biotischer und abiotischer Faktoren, Übertragung auch auf vergangene Ökosysteme</li> <li>• Aufzeigen des menschlichen Einflusses auf Ökosysteme am Beispiel Dodo</li> </ul>
<p><b>7.2 Lebewesen haben Geschichte</b></p> <p><i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entstehung von Fossilien und ihre Bedeutung als Indikatoren für die Entwicklung von Lebewesen</li> <li>• Entwicklung der Wirbeltiere</li> <li>• Saurier – beherrschende Tiergruppe des Erdmittelalters</li> </ul> <p><i>Fakultative Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vom Urpferd zum heutigen Pferd</li> </ul> <p><i>Arbeitsmethoden</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einstieg über Fragen an Fossilien, Antworten von Fossilien</li> <li>• Besuch einer Grabungsstätte und/oder eines Naturkundemuseums</li> </ul>	<p><b>Vielfalt, Veränderung und Abstammung von Lebewesen</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhang zwischen dem Körperbau, der artspezifischen Lebensweise und dem jeweiligen Lebensraum (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung)</li> </ul> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderung von Arten über längere Zeiträume:</li> <li>• Eroberung von Wasser, Land oder Luft als Lebensraum</li> <li>• Artenvielfalt und Artensterben (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen von Fossilien an verschiedenen Beispielen im Museum</li> <li>• Erläuterung von Entstehung und Bedeutung von Fossilien</li> <li>• Vergleich von Fossilien unterschiedlicher Entstehung und Erdzeitalter</li> <li>• Kennenlernen einiger wichtiger Wirbeltiere der Erdgeschichte (Panzerfische, Dinosaurier, Messel-Fossilien mit Urpferd)</li> <li>• Erkundung des Senckenbergmuseums als ein großes Naturkundemuseum mit bedeutenden Fossilien</li> </ul>

**Tabelle 19:** Bezug zum hessischen Lehrplan/Bildungsstandards der Führung im Senckenbergmuseum für die Hauptschule

In folgender Tabelle werden die Inhalte der Biodiversitätsführung im Senckenbergmuseum mit dem hessischen Lehrplan und den Bildungsstandards für den Bildungsgang Realschule in Beziehung gesetzt.

<b>Lehrplan Biologie Bildungsgang Realschule</b> (Hessisches Kultusministerium, 2011b)	<b>Kerncurriculum Hessen für Realschule (Schwerpunktsetzung in den Inhaltsfeldern)</b> (Hessisches Kultusministerium, 2011e)	<b>Inhalte der Führung „Ökosysteme in Raum und Zeit“</b>
<p><b>6.2. Ökosystem der näheren Umgebung</b></p> <p><i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lebensgemeinschaft von Pflanzen und Tieren (Angepasstheit von Pflanzen und Tieren an ihren Lebensraum)</li> <li>• Einfluss abiotischer Faktoren (Wasser, Licht, Temperatur, Boden)</li> <li>• Stoffkreislauf (Erzeuger, Verzehrter, Zersetzer)</li> <li>• Biologisches Gleichgewicht (Nahrungskette, Nahrungsnetz)</li> <li>• Störung des biologischen Gleichgewichts und ihre Folgen (Einfluss des Menschen, Naturschutzmaßnahmen)</li> </ul> <p><i>Arbeitsmethoden</i> Naturkundlicher Unterrichtsgang</p>	<p><b>Wechselwirkungen in Ökosystemen</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiere und Pflanzen eines ausgewählten Ökosystems und deren Wechselbeziehungen: Nahrungsketten und Nahrungsnetze (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung)</li> </ul> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9</i> Mehrfaktorielle Beziehungen in einem Ökosystem:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die ökologische Funktion der einzelnen Art, abiotische und biotische Faktoren, Trophieebenen</li> <li>• Erweiterung der Artenkenntnis</li> <li>• Vernetzung verschiedener Ökosysteme</li> <li>• Begründungszusammenhänge der Gefährdung von Ökosystemen durch Eingriffe des Menschen (Kommunikation, Bewertung, Nutzung fachlicher Konzepte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen verschiedener Ökosysteme, sowohl rezenter als auch vergangener (z.B. Flusssaue, Grube Messel)</li> <li>• Kennenlernen verschiedener biotischer und abiotischer Faktoren, Übertragung auch auf vergangene Ökosysteme</li> <li>• Kennenlernen von Anpassungen auch ausgestorbener Organismen an ihre Lebensräume (z.B. Panzerfisch, Messel-Tiere)</li> <li>• Aufzeigen des menschlichen Einflusses auf Ökosysteme am Beispiel Dodo</li> </ul>
<p><b>7.2 Evolution</b></p> <p><i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Theorien zur Entstehung von organischen Molekülen als Vorstufe von Lebewesen (Erdzeitalter, Fossilien/Fossilisierung)</li> <li>• Reaktionen auf Änderungen der Umweltbedingungen/verwandtschaftliche Beziehungen (Dinosaurier, Entwicklung des Pferdes)</li> </ul> <p><i>Fakultative Unterrichtsinhalte</i> Fossilien im Museum</p>	<p><b>Vielfalt, Veränderung und Abstammung von Lebewesen</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhang zwischen dem Körperbau, der artspezifischen Lebensweise und dem jeweiligen Lebensraum (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung)</li> </ul> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderung von Arten über längere Zeiträume:</li> <li>• Eroberung von Wasser, Land oder Luft als Lebensraum</li> <li>• Artenvielfalt und Artensterben (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen von Fossilien an verschiedenen Beispielen im Museum</li> <li>• Erläuterung von Entstehung und Bedeutung von Fossilien</li> <li>• Vergleich von Fossilien unterschiedlicher Entstehung und Erdzeitalter</li> <li>• Kennenlernen einiger wichtiger Wirbeltiere der Erdgeschichte (Panzerfische, Dinosaurier, Messel-Fossilien mit Urpferd)</li> <li>• Erkundung des Senckenbergmuseums als ein großes Naturkundemuseum mit bedeutenden Fossilien</li> </ul>

**Tabelle 20:** Bezug zum hessischen Lehrplan/Bildungsstandards der Führung im Senckenbergmuseum für die Realschule

Tabelle 21 zeigt den Bezug der Inhalte der Führung im Senckenbergmuseum zum hessischen Lehrplan für das Gymnasium (G8) und den Bildungsstandards.

<b>Lehrplan Biologie Gymnasialer Bildungsgang</b> (Hessisches Kultusministerium, 2011c)	<b>Kerncurriculum Hessen für das Gymnasium (Schwerpunktsetzung in den Inhaltsfeldern)</b> (Hessisches Kultusministerium, 2011f)	<b>Inhalte der Führung „Ökosysteme in Raum und Zeit“</b>
<p><b>6G.2 Evolution – Lebewesen sind an ihren Lebensraum angepasst</b></p> <p><i>Begründung</i>            ...bei der Behandlung des Themas soll darauf geachtet werden, dass eine Formenvielfalt kennen gelernt wird. Außerschulische Organisationen (Zoo und/oder Museum) sollen in die Unterrichtsarbeit mit einbezogen werden.</p> <p><i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Angepasstheit</li> </ul> <p><i>Fakultative Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rekonstruktion eines ausgestorbenen Tieres</li> <li>• Stammbaum der Reptilien</li> <li>• Gefährdung durch veränderte Umwelt</li> </ul>	<p><b>Vielfalt, Veränderung und Abstammung von Lebewesen</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhang zwischen dem Körperbau, der artspezifischen Lebensweise und dem jeweiligen Lebensraum (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung)</li> </ul> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9/10</i></p> <p>Veränderung von Arten über längere Zeiträume:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eroberung von Wasser, Land oder Luft als Lebensraum</li> <li>• Artenvielfalt und Artensterben (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen von Anpassungen auch ausgestorbener Organismen an ihre Lebensräume (z.B. Panzerfisch, Messel-Tiere)</li> <li>• Erläuterung von Entstehung und Bedeutung von Fossilien</li> <li>• Vergleich von Fossilien unterschiedlicher Entstehung und Erdzeitalter</li> <li>• Kennenlernen einiger wichtiger Wirbeltiere der Erdgeschichte (Panzerfische, Dinosaurier, Messel-Fossilien mit Urpferd)</li> </ul>
<p><b>7G.4 Ökosystem</b></p> <p><i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beziehungen im Ökosystem</li> <li>• Nahrungsketten und Nahrungsnetze</li> <li>• Abiotische Faktoren</li> </ul> <p><i>Fakultative Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übersicht über die Biodiversität (System der 5 Reiche)</li> </ul>	<p><b>Wechselwirkungen in Ökosystemen</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiere und Pflanzen eines ausgewählten Ökosystems und deren Wechselbeziehungen: Nahrungsketten und Nahrungsnetze (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung)</li> </ul> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9/10</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrfaktorielle Beziehungen in einem Ökosystem:</li> <li>• die ökologische Funktion der einzelnen Art, abiotische und biotische Faktoren, Trophieebenen</li> <li>• Erweiterung der Artenkenntnis</li> <li>• Vernetzung verschiedener Ökosysteme</li> <li>• Begründungszusammenhänge der Gefährdung von Ökosystemen durch Eingriffe des Menschen (Kommunikation, Bewertung, Nutzung fachlicher Konzepte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen verschiedener Ökosysteme, sowohl rezenter als auch vergangener (z.B. Fluss- aue, Grube Messel)</li> <li>• Kennenlernen verschiedener biotischer und abiotischer Faktoren, Übertragung auch auf vergangene Ökosysteme</li> <li>• Aufzeigen des menschlichen Einflusses auf Ökosysteme am Beispiel Dodo</li> </ul>

<p><b>Anschlussprofil von der Jahrgangsstufe 9G in die gymnasiale Oberstufe</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesetzmäßigkeiten der Beziehungen zwischen den Lebewesen in einem Ökosystem, abiotische und biotische Faktoren, Nahrungsketten und Stoffkreisläufe</li> <li>• Anpasstheit: Gestalt, Funktion der Strukturen, Verhaltenskomponenten und Lebensraumpräferenzen sind als Einheit und als das Ergebnis der bisherigen Evolution zu sehen</li> </ul>		<p>Allgemeine Ziele der Führung:</p> <p>Durch das Kennenlernen verschiedener Ökosysteme auch aus der Erdgeschichte und der Übertragung der Systeme auf die Gegenwart sollen die Schüler auf die Vielfalt der Arten und Ökosysteme aufmerksam gemacht und für ihren Wert sensibilisiert werden.</p>
--	--	--

*Tabelle 21: Bezug zum hessischen Lehrplan/Bildungsstandards der Führung im Senckenbergmuseum für das Gymnasium (G8)*

### 3.5.4 Die Führung im Stadtwaldhaus (Vom Waldboden bis zur Baumkrone)



*Abbildung 19: Schüler besuchen während der Führung die Spechtschmiede am Stadtwaldhaus (Foto: Lena Heuß)*

Die Führung „Vom Waldboden bis zur Baumkrone“ für die Sekundarstufe I im Frankfurter Stadtwaldhaus behandelt den Wald als Ökosystem, als Lebensraum für Pflanzen und Tiere und seinen Wert auch für den Menschen. Die Schüler lernen an ausgewählten Beispielen Organismen des Waldes und deren Anpassungen und Vernetzungen in ihrem Lebensraum kennen. Die Inhalte der Führung hängen stark von der jeweiligen Jahreszeit ab. Im Frühling werden so z.B. Frühblüher angesprochen, im Herbst die Rolle der Bodenorganismen als Zersetzer etc. Im Folgenden werden die häufigsten Inhalte der Führung wiedergegeben. Die Führung beginnt vor dem Stadtwaldhaus im Freigelände. Hier werden die Schüler zuerst mit dem Begriff „Ökosystem“ vertraut gemacht (siehe auch 3.5.1). Da der europäische Buchenmischwald ein den Schülern meist bekanntes Ökosystem ist, können an ihm abiotische und biotische Faktoren gut veranschaulicht werden. Es werden einige abiotische (z.B. Boden, Gestein, Wasser, Wind, Licht) und biotische Faktoren (Pflanzen in den verschiedenen

Bereichen des Waldes, Bodenlebewesen, größere Säugetiere etc.) des Waldes gemeinsam erarbeitet. Hier wird auf den besonderen Aufbau des Ökosystems Wald hingewiesen: den **Stockwerkbau**. Durch seine Aufteilung in verschiedene vertikale Ebenen können Organismen diese nebeneinander besiedeln, ohne um Nahrung, Licht, Wasser oder Nistplätze konkurrieren zu müssen. Klassischerweise wird der Wald in folgende Stockwerke eingeteilt: Wurzelschicht, Moosschicht, Krautschicht, Strauchschicht, Baumschicht (Hofmeister, 1990).

Diese Ebenen werden von den Pflanzen definiert, bieten aber auch den Tieren und anderen Lebewesen eine Vielfalt an unterschiedlichen Lebensbedingungen. In der Wurzelschicht befinden sich die Wurzeln der meisten im Wald lebenden Pflanzen. Flach- und Tiefwurzler, Knollen, Zwiebeln und andere Speicherorgane finden hier Halt. Sie bieten einen Lebensraum für viele kleine Tiere, Pflanzen, Pilze und Bakterien. Die Wurzelschicht ist stark vom Boden geprägt, der wiederum einem bestimmten Bodentyp zugeordnet wird (Hofmeister, 1990). In der Mooschicht wachsen vor allem wasserspeichernde Moose, Pilze und Flechten, die mit nur sehr wenig Licht auskommen. Darüber befindet sich die Krautschicht. Auch hier wachsen vor allem Pflanzen, die unter schwierigen Lichtbedingungen wachsen können, aber etwas größer als die der Mooschicht sind. Diese Pflanzen, beispielsweise Farne, werden Schattenpflanzen genannt. Oberhalb der Krautschicht breitet sich die Strauchschicht aus, in der junge Bäume und Sträucher leben. Ihnen steht mehr Licht zur Verfügung, das zwischen den großen Bäumen hindurch fällt. Die oberste Schicht ist die Baumschicht, in der sich vor allem die Kronen hochwachsender Bäume wie Eiche (*Quercus robur*), Buche (*Fagus sylvatica*), Kiefer (*Pinus sylvestris*), Ahorn (*Acer spec.*) oder Tanne (*Abies alba*) befinden (Hofmeister, 1990). Die Ausprägung der Schichtung ist stark von den jeweiligen Standortfaktoren wie z.B. Bodenbeschaffenheit oder klimatischen Bedingungen abhängig.

Im Frühjahr können im Wald um das Stadtwaldhaus einige frühblühende Pflanzen beobachtet werden. Sie wachsen in der Krautschicht und blühen sehr zeitig im Jahr von März bis April. Da die darüber wachsenden Bäume noch nicht begrünt sind, kann das Sonnenlicht noch bis zum Boden durchdringen und wird so von diesen Pflanzen optimal genutzt. Beispiele für Frühblüher in heimischen Buchenwäldern sind Bärlauch (*Allium ursinum*), Buschwindröschen (*Anemone nemorosa*), Hohler Lerchensporn (*Corydalis cava*) und Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria*) (Hecker, 2010).

Desweiteren lernen die Schüler direkt in der Nähe des Stadtwaldhauses eine sogenannte **Spechtschmiede** kennen. Dies sind Bäume, in deren Rindenspalten Kieferzapfen von Spechten eingeklemmt werden. So können die nahrhaften Samen bequem aus den Zapfen herausgepickt werden. Erkennen kann man die Schmiede an den vielen, am Boden liegenden, abgefressenen Zapfen unter dem Baum. Häufigster Erbauer der Spechtschmieden ist der Buntspecht (*Dendrocops major*) (Svensson et al., 1999). Zum Gelände des Stadtwaldhauses gehören auch einige Außengehege mit einheimischen und „Pflege“-Tieren. Dort beobachten die Schüler aus direkter Nähe **Tiere des Ökosystems Wald**, wie zum Beispiel das Wildschwein (*Sus scrofa*). Wildschweine gehören in heutigen Mischwäldern mit zu den größten Säugetierarten. Die Männchen (Keiler) können bis zu 1,8 Meter lang und 350 Kilogramm schwer werden. Die Weibchen (Bachen) sind etwas kleiner und leben in größeren Familienverbänden zusammen, in denen sie die Jungtiere (Frischlinge) aufziehen. Diese fallen im Gegensatz zu den braunbehaarten erwachsenen Tieren durch eine braun-beige gestreifte Fellmusterung auf. Diese Musterung stellt eine Anpassung an das Licht-Schatten-Muster auf dem Waldboden dar. Wenn sich die Frischlinge auf den Boden drücken, sind sie dort kaum zu erkennen und vor möglichen Fressfeinden geschützt. Wildschweine sind Allesfresser. Sie ernähren sich von Pflanzenteilen wie Wurzeln, Samen und Früchten, aber auch für Insektenlarven, Pilze oder kleine Säuger durchwühlen sie den Waldboden mit ihrer sensiblen Schnauze (Hecker, 2010). Durch die Zunahme der Populationen verlagern sie ihre Nahrungssuche zunehmend auf bebaute Felder (z.B. Mais) und dringen auch in besiedelte Flächen vor (Möllers, 2010). Am Beispiel der Wildschweine und der ebenfalls im Außengehege lebenden Rehe (*Capreolus capreolus*) kann ein Einflussfaktor des Menschen auf den Wald veranschaulicht werden. Durch die Ausrottung natürlicher Fressfeinde dieser Arten ist ein regulatorisches Eingreifen nötig, um einem zu großen Bestand vorzubeugen. Zusammen

mit den Schülern kann hier über die **Notwendigkeit der Jagd** diskutiert werden. Neben weiteren Tierarten wie Eichhörnchen, Kaninchen und verschiedenen Vögeln (Waldkauz, Krähe etc.) leben auch Waschbären in den Gehegen des Stadtwaldhauses. Waschbären (*Procyon lotor*) sind nicht ursprünglich in Europa vertreten, sondern wurden erst im 20. Jahrhundert aus Amerika für die Pelzzucht eingeführt. Entkommene und ausgesetzte Tiere überlebten in der freien Natur und konnten sich so erfolgreich fortpflanzen und verbreiten. Waschbären sind ein typisches Beispiel für vom Menschen in fremde Ökosysteme eingeführte Tierarten, die als **Neozoen** bezeichnet werden. Waschbären sind ca. 40 bis 70 Zentimeter große, schwarz-weiß gemusterte Säuger, die nachtaktiv sind. Dank ihrer allesfressenden Ernährungsweise (Schnecken, Insektenlarven, Pflanzen) und ihrer Flexibilität bezüglich ihres Lebensraumes (Wälder, Feldränder, aber auch in menschlichen Siedlungen) können sie sich erfolgreich fortpflanzen und räumlich schnell ausbreiten (Kowarik, 2010; Möllers, 2010).

In der Nähe der Freigehege hinter dem Stadtwaldhaus finden sich einige morsche Baumstämme. Zur Veranschaulichung der Rolle von zersetzenden **Bodenorganismen** werden diese während der Führung herangezogen. Die Schüler drehen die großen Baumstämme um und können dort typische Vertreter der Destruenten beobachten: Schnecken, Käfer, Asseln, Insektenlarven, Regenwürmer und Pilze. Im und auf dem Waldboden leben eine Vielzahl von Kleinst- und Kleinlebewesen, die in einem komplexen Nahrungsnetz aus Reduzenten (Bakterien, Pilze) und Destruenten (Pflanzen- und Tierzerkleinerer) verwoben sind. Von diesen werden alle organischen Reste wie abgestorbene Pflanzenteile, tote Tiere und Kot zu immer kleineren Partikeln zersetzt, bis sie als Humus wieder in den Nährstoffkreislauf des Waldes übergehen. So spielen diese Bodenorganismen eine essentielle Rolle im Stoffkreislauf des Ökosystems Wald (Otto, 1994).

Bei **Nahrungsbeziehungen** oberhalb des Bodens spielen Täuschen und Tarnen eine wichtige Rolle für viele Organismen, um sich vor Fressfeinden zu schützen. Die Mimese ist eine erfolgreiche Taktik dabei. Hierbei tarnt sich ein Lebewesen in Gestalt, Farbe und Haltung als ein Teil seines Lebensraumes und ist so für optisch eingestellte Feinde nicht mehr von diesen Teilen unterscheidbar (Storch & Welsch, 2005). Zur Demonstration dieser Schutzstrategie spielen die Schüler ein Spiel auf dem Gelände um das Stadtwaldhaus. Dabei werden hinter dem Rücken der Schüler in unterschiedlichen Farben bemalte Zahnstocher auf der Wiese oder im Gebüsch verteilt. Im Anschluss sollen die Schüler diese suchen und einsammeln und stellen fest, dass es schwer ist, Zahnstocher zu finden, deren Farbe dem Untergrund ähnelt, nicht aber jene, die auffällig bunt sind. Als Beispiel für einen Mimeseanwendenden Organismus beschäftigen sich die Schüler im Erlebnisraum des Stadtwaldhauses mit den Stabschrecken (*Medauroidea extradentata*), die dort in Terrarien gehalten werden. Diese ursprünglich aus Asien stammenden Insekten gleichen in Körperbau und Farbe den dünnen Ästen, auf denen sie sitzen, und sind so auf den ersten Blick kaum zu erkennen. So sind sie vor Vögeln, ihren Fressfeinden, gut getarnt.

Zum Schluss der Führung wird noch als weiterer Aspekt des Ökosystems Wald die **Nahrungsbeziehungen** der dort lebenden Organismen behandelt. Bezüglich der Nahrungsbeziehungen werden diese in Erzeuger (Produzenten), Konsumenten (Verbraucher) und Destruenten (Zersetzer) eingeteilt. Produzenten sind Pflanzen, die für viele Tiere Nahrung darstellen. Diese Tiere werden Konsumenten erster Ordnung genannt. Deren Fressfeinde wiederum sind die Konsumenten zweiter Ordnung usw. An der Spitze der sogenannten Nahrungspyramide steht der Endkonsument, der nach seinem Tod wieder von den Destruenten zersetzt wird. Diese sind die oben angesprochenen Bodenorganismen, die organische Reste zersetzen und in Form von Mineralstoffen und Humus wieder in den Stoffkreislauf des Waldes zurückführen (Wehner & Gehring, 1995). Anhand eines Spiels werden diese



Verhältnisse im Stadtwaldhaus veranschaulicht. Mithilfe von bemalten Dosen, auf denen verschiedene Waldorganismen gezeigt sind, kann eine Nahrungspyramide aufgebaut werden. Wird ein Baustein der Pyramide entfernt (z.B. durch eine Seuche, Parasiten oder auch den Einfluss des Menschen) fällt die Pyramide zusammen. So wird der Zusammenhang aller Waldlebewesen durch ihre Nahrungsbeziehungen deutlich.

Im Lauf der Biodiversitätsführung lernen die Schüler viele Aspekte des Lebensraums Wald kennen: die Bedeutung des Ökosystems, typische Vertreter aus Pflanzen- und Tierwelt und deren Anpassungen an ihren Lebensraum, die Problematiken der Jagd und der Einbürgerung neuer Arten und die Beziehungen der Waldlebewesen untereinander. So lernen sie den Wald als einen auch für den Menschen bedeutenden und schützenswerten Lebensraum kennen.

In den folgenden Tabellen wird eine Übersicht über den Bezug der Inhalte der Führung im Stadtwaldhaus zum hessischen Lehrplan der Sekundarstufe I Biologie sowie den Bildungsstandards (Inhaltsfelder) dargestellt. Dabei wird auf alle Schulformen eingegangen, da die Führung für alle Schüler der Sekundarstufe I konzipiert ist und je nach Vorwissen und Lernniveau an die Klassen angepasst wird.

In Tabelle 22 wird der Bezug zum hessischen Lehrplan und den Bildungsstandards für den Bildungsgang Hauptschule hergestellt.

<b>Lehrplan Biologie Bildungsgang Hauptschule</b> (Hessisches Kultusministerium, 2011a)	<b>Kerncurriculum Hessen für Hauptschule (Schwerpunktsetzung in den Inhaltsfeldern)</b> (Hessisches Kultusministerium, 2011d)	<b>Inhalte der Führung „Vom Waldboden bis zur Baumkrone“</b>
<b>5/6.7 Vielfalt der Blütenpflanzen</b> <i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heimische Blütenpflanzen in schulnahen Biotopen</li> <li>• Verwandtschaft bei Blütenpflanzen (Vergleich von mindestens 2 Familien)</li> </ul> <i>Fakultative Unterrichtsinhalte</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anpassungen an Jahreszeiten und Standorte</li> </ul> <i>Arbeitsmethoden</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterrichtsgang</li> </ul>	<b>Biologische Strukturen und ihre Funktion</b> <i>Jahrgangsstufe 5/6</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Körperformen ausgewählter Organismen (Blütenpflanzen) und deren Bedeutung für den jeweiligen Lebensraum (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation)</li> </ul> <i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Zusammenhänge zwischen biologischen Strukturen und deren Funktion (Erkenntnisgewinnung, Nutzung fachlicher Konzepte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen exemplarischer heimischer Pflanzenarten und ihre Anpassungen an Standort und Jahreszeit</li> <li>• Vergleich verschiedener krautartiger Pflanzen und Bäume</li> <li>• Erkundung des Waldes als heimisches Ökosystem</li> </ul>

<p><b>5/6.8 Wirbeltiere in ihrem Lebensraum</b></p> <p><i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wirbeltierklassen: Säugetiere, Vögel, Kriechtiere, Lurche und Fische</li> </ul> <p><i>Arbeitsmethoden</i></p> <p>Beobachtungen in der Natur und im Zoo</p>	<p><b>Biologische Strukturen und ihre Funktion</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Körperformen ausgewählter Organismen (Wirbeltiere) und deren Bedeutung für den jeweiligen Lebensraum (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation)</li> </ul> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Zusammenhänge zwischen biologischen Strukturen und deren Funktion (Erkenntnisgewinnung, Nutzung fachlicher Konzepte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen einiger typischer Wirbeltiere des Waldes (z.B. Wildschwein, Reh, Specht)</li> <li>• Besprechen der wichtigsten Merkmale der Tiere</li> <li>• Beobachtung der Tiere in den Gehegen und in der freien Natur</li> </ul>
<p><b>5/6.9 Ökosysteme: Lebensräume – Lebensgemeinschaften</b></p> <p><i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkundung und Charakterisierung eines ausgewählten Lebensraumes in Schulumgebung (Wald)</li> <li>• Wechselbeziehungen zwischen vorhandenen Lebewesen (Nahrungsnetze, biologisches Gleichgewicht)</li> <li>• Stoffkreislauf (Produzenten/Konsumenten/Destruenten)</li> <li>• Artenschutz/Naturschutz und seine Begründungen</li> </ul>	<p><b>Wechselwirkungen in Ökosystemen</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiere und Pflanzen eines ausgewählten Ökosystems und deren Wechselbeziehungen: Nahrungsketten und Nahrungsnetze (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung)</li> </ul> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrfaktorielle Beziehungen in einem Ökosystem:</li> <li>• die ökologische Funktion der einzelnen Art, abiotische und biotische Faktoren, Trophieebenen</li> <li>• Erweiterung der Artenkenntnis</li> <li>• Vernetzung verschiedener Ökosysteme</li> <li>• Begründungszusammenhänge der Gefährdung von Ökosystemen durch Eingriffe des Menschen (Kommunikation, Bewertung, Nutzung fachlicher Konzepte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen des Ökosystems Wald</li> <li>• Kennenlernen von Nahrungsbeziehungen im Wald anhand von Beispielorganismen</li> <li>• Kennenlernen der Stoffkreisläufe im Wald (Bodenorganismen, Raubtiere etc.)</li> <li>• Ansprechen der Probleme des menschlichen Einflusses auf den Wald</li> </ul>
<p><b>Abschlussprofil der Jahrgangsstufe 9/10</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lebewesen in Lebensgemeinschaften und umfassenderen Systemen</li> <li>• die Artenvielfalt im Tier- und Pflanzenreich und ihre Schutzbedürftigkeit</li> <li>• mögliche Folgen menschlichen Eingreifens in Ökosysteme</li> </ul>		<p>Allgemeine Ziele der Führung:</p> <p>Durch das Vorstellen beispielhafter Tiere und Pflanzen des Waldes, der Nahrungsbeziehungen und des Stoffkreislaufes sollen die Schüler für den Wert des Ökosystems Wald und seinen Schutz sensibilisiert werden.</p>

**Tabelle 22:** Bezug zum hessischen Lehrplan/Bildungsstandards der Führung im Stadtwaldhaus für die Hauptschule

In folgender Tabelle werden die Inhalte der Biodiversitätsführung im Stadtwaldhaus mit dem hessischen Lehrplan und den Bildungsstandards für den Bildungsgang Realschule in Beziehung gesetzt.

<b>Lehrplan Biologie Bildungsgang Realschule</b> (Hessisches Kultusministerium, 2011b)	<b>Kerncurriculum Hessen für Realschule</b> <b>(Schwerpunktsetzung in den Inhaltsfeldern)</b> (Hessisches Kultusministerium, 2011e)	<b>Inhalte der Führung „Vom Waldboden bis zur Baumkrone“</b>
<b>5.2 Blütenpflanzen</b> <i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Angepasstheit an Lebensraum (Luft, Wasser, Temperatur, Jahreszeiten, Boden)</li> </ul>	<b>Biologische Strukturen und ihre Funktion</b> <i>Jahrgangsstufe 5/6</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Körperformen ausgewählter Organismen (Blütenpflanzen) und deren Bedeutung für den jeweiligen Lebensraum (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation)</li> </ul> <i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Zusammenhänge zwischen biologischen Strukturen und deren Funktion (Erkenntnisgewinnung, Nutzung fachlicher Konzepte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen exemplarischer heimischer Pflanzenarten und ihre Anpassungen an Standort und Jahreszeit</li> <li>• Vergleich verschiedener krautartiger Pflanzen und Bäume</li> </ul>
<b>6.2. Ökosystem der näheren Umgebung</b> <i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lebensgemeinschaft von Pflanzen und Tieren (Angepasstheit von Pflanzen und Tieren an ihren Lebensraum)</li> <li>• Kennübungen an Pflanzen und Tieren (Grobklassifizierung von Pflanzen und Tieren)</li> <li>• Einfluss abiotischer Faktoren (Wasser, Licht, Temperatur, Boden)</li> <li>• Stoffkreislauf (Erzeuger, Verzehrter, Zersetzer)</li> <li>• Biologisches Gleichgewicht (Nahrungskette, Nahrungsnetz)</li> <li>• Störung des biologischen Gleichgewichts und ihre Folgen (Einfluss des Menschen, Naturschutzmaßnahmen)</li> </ul> <i>Arbeitsmethoden</i> Naturkundlicher Unterrichtsgang	<b>Wechselwirkungen in Ökosystemen</b> <i>Jahrgangsstufe 5/6</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiere und Pflanzen eines ausgewählten Ökosystems und deren Wechselbeziehungen: Nahrungsketten und Nahrungsnetze (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung)</li> </ul> <i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9</i> Mehrfaktorielle Beziehungen in einem Ökosystem: <ul style="list-style-type: none"> <li>• die ökologische Funktion der einzelnen Art, abiotische und biotische Faktoren, Trophieebenen</li> <li>• Erweiterung der Artenkenntnis</li> <li>• Vernetzung verschiedener Ökosysteme</li> <li>• Begründungszusammenhänge der Gefährdung von Ökosystemen durch Eingriffe des Menschen (Kommunikation, Bewertung, Nutzung fachlicher Konzepte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen des Ökosystems Wald</li> <li>• Kennenlernen exemplarischer heimischer Tier- und Pflanzenarten und ihre Anpassungen an Standort und Jahreszeit</li> <li>• Kennenlernen von Nahrungsbeziehungen im Wald anhand von Beispielorganismen</li> <li>• Kennenlernen der Stoffkreisläufe im Wald (Bodenorganismen, Raubtiere etc.)</li> <li>• Ansprechen der Probleme des menschlichen Einflusses auf den Wald</li> </ul>

**Tabelle 23:** Bezug zum hessischen Lehrplan/Bildungsstandards der Führung im Stadtwaldhaus für die Realschule

Tabelle 24 zeigt den Bezug der Inhalte der Führung im Stadtwaldhaus zum hessischen Lehrplan für das Gymnasium (G8) und den Bildungsstandards.

<b>Lehrplan Biologie Gymnasialer Bildungsgang</b> (Hessisches Kultusministerium, 2011c)	<b>Kerncurriculum Hessen für das Gymnasium (Schwerpunktsetzung in den Inhaltsfeldern)</b> (Hessisches Kultusministerium, 2011f)	<b>Inhalte der Führung „Vom Waldboden bis zur Baumkrone“</b>
<p><b>7G.1 Bauplan und Lebenszyklus der Blütenpflanzen</b></p> <p><i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen von Wild- und Nutzpflanzen, Namensgebung (Unterrichtsgang, auch in Zusammenhang mit 7G.4)</li> </ul>	<p><b>Biologische Strukturen und ihre Funktion</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Körperformen ausgewählter Organismen (Blütenpflanzen) und deren Bedeutung für den jeweiligen Lebensraum (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation)</li> </ul> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9/10</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Zusammenhänge zwischen biologischen Strukturen und deren Funktion (Erkenntnisgewinnung, Nutzung fachlicher Konzepte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen exemplarischer heimischer Pflanzenarten und ihre Anpassungen an Standort und Jahreszeit</li> <li>• Vergleich verschiedener krautartiger Pflanzen und Bäume</li> </ul>
<p><b>7G.4 Ökosystem a) Wald oder b) Gewässer</b></p> <p><i>Begründung</i></p> <p>An einem Beispiel und möglichst durch direkte Begegnung mit Lebewesen in ihrer Umwelt sollen Schülerinnen und Schüler ein Ökosystem und die Beziehungen zwischen den einzelnen Lebewesen kennen lernen. Eine im Unterricht fachlich vorbereitete Exkursion ist verpflichtend</p> <p><i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Typische Pflanzen und Tiere in den Teilbereichen (Stockwerke des Waldes einschließlich Lebewesen, z.B. Insekten)</li> <li>• Beziehungen im Ökosystem (Einfache Vegetationsaufnahme)</li> <li>• Nahrungsketten und Nahrungsnetze</li> <li>• Abiotische Faktoren</li> <li>• Allgemeine Bedeutung einschließlich Erholungswert</li> </ul> <p><i>Fakultative Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übersicht über die Biodiversität (System der 5 Reiche)</li> </ul>	<p><b>Wechselwirkungen in Ökosystemen</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiere und Pflanzen eines ausgewählten Ökosystems und deren Wechselbeziehungen: Nahrungsketten und Nahrungsnetze (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung)</li> </ul> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9/10</i></p> <p>Mehrfaktorielle Beziehungen in einem Ökosystem:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die ökologische Funktion der einzelnen Art, abiotische und biotische Faktoren, Trophieebenen</li> <li>• Erweiterung der Artenkenntnis</li> <li>• Vernetzung verschiedener Ökosysteme</li> <li>• Begründungszusammenhänge der Gefährdung von Ökosystemen durch Eingriffe des Menschen (Kommunikation, Bewertung, Nutzung fachlicher Konzepte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen des Ökosystems Wald</li> <li>• Kennenlernen exemplarischer heimischer Tier- und Pflanzenarten und ihre Anpassungen an Standort und Jahreszeit</li> <li>• Kennenlernen von Nahrungsbeziehungen im Wald anhand von Beispielorganismen</li> <li>• Kennenlernen der Stoffkreisläufe im Wald (Bodenorganismen, Raubtiere etc.)</li> <li>• Ansprechen der Probleme des menschlichen Einflusses auf den Wald</li> </ul>

<p><b>Anschlussprofil von der Jahrgangsstufe 9G in die gymnasiale Oberstufe</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedeutung der Pflanzen für das Überleben von Tier und Mensch, Fotosynthese als Grundlage der Nahrungspyramide</li> <li>• Gesetzmäßigkeiten der Beziehungen zwischen den Lebewesen in einem Ökosystem, abiotische und biotische Faktoren, Nahrungsketten und Stoffkreisläufe</li> <li>• grobe Kenntnisse systematischer Zusammenhänge bei Säugetieren und Blütenpflanzen</li> <li>• Anpasstheit: Gestalt, Funktion der Strukturen, Verhaltenskomponenten und Lebensraumpräferenzen sind als Einheit und als das Ergebnis der bisherigen Evolution zu sehen.</li> </ul>		<p>Allgemeine Ziele der Führung: Durch das Vorstellen beispielhafter Tiere und Pflanzen des Waldes, der Nahrungsbeziehungen und des Stoffkreislaufes sollen die Schüler für den Wert des Ökosystems Wald und seinen Schutz sensibilisiert werden.</p>
--	--	---

*Table 24: Bezug zum hessischen Lehrplan/Bildungsstandards der Führung im Stadtwaldhaus für das Gymnasium (G8)*

### 3.5.5 Die Führung im Zoo (Anpassung von Säugetieren an Lebensräume)

Die Biodiversitätsführung im Zoo Frankfurt steht unter dem Motto „Anpassung von Säugetieren an Lebensräume“ und zeigt an ausgewählten Beispielen die enorme Anpassungsfähigkeit der Klasse der Säugetiere, die fast alle Klima- und Vegetationszonen der Erde bewohnen. Sie kommen mit Hitze, Kälte und anderen schwierigen Lebensbedingungen zurecht. Sie leben im Meer, in der Luft, auf und unter der Erde und zeigen so, wie Biologische Vielfalt durch Evolution ermöglicht wird. Am Anfang der Führung werden die Schüler mit den wichtigsten Begriffen vertraut gemacht. Die Bedeutung von „Biodiversität“ und „Ökosystem“ wird gemeinsam mit den Schülern erarbeitet (siehe auch 3.5.2). Auch die Kennzeichen der Säugetiere werden gemeinsam besprochen. Säugetiere bilden im Tierreich eine Klasse (Mammalia), die einige Alleinstellungsmerkmale besitzen: Sie tragen echte Haare, sie haben Hautdrüsen inklusive Milchdrüsen, mit deren Sekret sie ihre Jungtiere säugen. Sie sind lebendgebärend, das heißt, die gesamte Embryonalentwicklung der Jungtiere findet im Mutterleib statt. Eine Ausnahme bilden hier die Kloakentiere (*Monotremata*) und Beuteltiere (*Marsupialia*). Außerdem haben sie evolutiv bedingt ein sogenanntes sekundäres Kiefergelenk, das mit der Entwicklung ihres guten Gehörs zusammenhängt (Storch & Welch, 2005). Das Skelett der Säugetiere geht auf einen gemeinsamen „Grundbauplan“ zurück, der aber je nach Lebensraum und besonderer Anpassung der Art variieren kann.

Besondere Abweichungen von diesem Grundbauplan kann man zum Beispiel an den im Wasser lebenden **Robben** (*Pinnipedia*) erkennen. Im Robbenbecken im Zoo leben Seehunde (*Phoca vitulina*) und Südafrikanische Zwergseebären (*Arctocephalus pusillus*). Die Gruppe der Robben ist an das Leben im Wasser optimal angepasst. Ihre Vorder- und Hinterbeine sind zu Flossen umgewandelt und ihre Körper stromlinienförmig. Ihre Augen sind



**Abbildung 20:** Schüler beobachten Seehunde am Robbenbecken des Zoos (Foto: Lena Heuß)

auf das Sehen unter Wasser optimiert, ihre Tasthaare sind extrem sensibel und sie können tief und lange tauchen (Puschmann, 2007; Westheide & Rieger, 2004). In der Robbengrotte können die Tiere unter Wasser hinter großen Scheiben beobachtet und verglichen werden. Sie zeigen einige unterschiedliche Merkmale auf, die besondere Anpassungen an ihren Lebensraum darstellen. Der Seehund gehört zur Familie der Hundsrobben (*Phocidae*) und lebt in der Nordsee, im Nordatlantik und im Nordpazifik. Er ernährt sich von Fisch und Krebsen und lebt zum Teil in großen Gruppen an Felsküsten oder Sandstränden. Seine hintere Extremität kann nicht unter den Rumpf gebracht werden, daher kann er sich an Land nur unbeholfen robhend fortbewegen. Obwohl er nur relativ wenige Unterhaare im Fell hat, ist er dennoch ideal an den kalten Lebensraum im Wasser angepasst. Er hat eine dicke Fettschicht unter der Haut, den Blubber. Dieser isoliert den Körper und hält so die Körpertemperatur aufrecht (Westheide & Rieger, 2004; [www.zoo-frankfurt.de](http://www.zoo-frankfurt.de)). Mit bis zu über 100 Kilogramm Körpergewicht und einer Größe bis zu knapp zwei Metern (Männchen)

sind sie kleiner und leichter als ihre Nachbarn im Zoo, die Südafrikanischen Zwergseebären. Diese zu den Ohrenrobben (*Otariidae*) gehörende Art kann bis zu 270 Kilogramm wiegen und 2,10 Meter lang (Männchen) werden. Zwergseebären sind in Süd- und Westafrika anzutreffen und schützen sich gegen die Kälte im Wasser mit Hilfe ihrer stark entwickelten Unterwolle. Diese krausen Haare halten eine Luftschicht direkt an der Haut, die isolierend wirkt. Unter Wasser können sie durch die Bewegung ihrer Vorderbeine durch das Wasser „fliegen“ und erreichen dabei eine Geschwindigkeit von vier m/s. Anatomisch sind sie so gebaut, dass sie die hinteren Extremitäten nach vorne unter den Körper bringen können und sich damit auch an Land schnell fortbewegen können. Auch die Seebären ernähren sich hauptsächlich von Fischen, Tintenfischen und Krebsen (Westheide & Rieger, 2004; [www.zoo-frankfurt.de](http://www.zoo-frankfurt.de)). An den beiden Robbenarten können die Schüler einerseits Anpassungen von im Wasser lebenden Säugetieren allgemein kennlernen und andererseits die unterschiedlichen Anpassungen der beiden Arten miteinander vergleichen.

Ein weiteres Beispiel für eine Tierart mit besonderer Anpassung an extreme Temperaturen sind die **Trampeltiere** (*Camelus ferus f.bactrianus*). Diese zur Familie der Kamele (*Camelidae*) gehörende, schon seit Jahrtausenden als Haustiere gezüchtete Art kann bis zu 3,4 Meter lang werden und ein Gewicht von 450 bis 650 Kilogramm erreichen. Sie leben in Asien und Nordafrika und ernähren sich von Pflanzen. Als beispielhafte Anpassung an die große Hitze ihres Lebensraumes, der Wüste, haben sie an den Füßen sogenannte Schwielensohlen ausgebildet, die ihre Füße vor dem heißen, sandigen Boden schützen. In ihren zwei Höckern auf dem Rücken befindet sich Fettgewebe als Energiespeicher für Futtermangelzeiten. Bei sehr heißer Umgebungstemperatur können Trampeltiere ihre Körpertemperatur so erhöhen, dass der Temperaturunterschied zur Luft relativ gering ist und

dadurch weniger zusätzliche Wärme aufgenommen wird. Diese Hitze kann dann in der kühleren Nacht wieder abgegeben werden (Heldmaier & Neuweiler, 2004). Auch das dichte Fell ist eine Anpassung an das Ökosystem Wüste, da es tagsüber wärmeabweisend und nachts isolierend wirkt. Dichte, lange Wimpern und auch behaarte Ohren schützen die Trampeltiere bei Sandstürmen oder Wind. Der extreme trockene Kot und konzentrierte Harn sind Anpassungen zur Wasserersparnis. All diese besonderen Eigenschaften ermöglichen es dem Trampeltier, mehrere Wochen ohne Wasser auszukommen und in einer außergewöhnlichen trockenen und heißen Umgebung zu überleben (Puschmann, 2007; Richarz, 2011; Westheide & Rieger, 2004).

Ein Tier des Zoos, das besonders durch äußere Merkmale an seinen Lebensraum angepasst ist, ist der **Sumatra-Tiger** (*Panthera tigris sumatrae*). Der zu den Großkatzen (*Pantherinae*) gehörende Sumatra-Tiger ist eine mittlerweile extrem bedrohte Unterart des Tigers, der ausschließlich auf der Insel Sumatra in Südost-Asien vorkommt. Das tag- und dämmerungsaktive Raubtier ernährt sich ausschließlich von Fleisch und lebt einzelgängerisch in Revieren. Durch die Zerstörung seines Lebensraums, den dichten tropischen Regenwald, aber auch durch Wilderei bedingt, ist die kleinste Tiger-Unterart stark vom Aussterben bedroht. Äußerlich auffällig ist das dunkel orange und schwarz vertikal gestreifte Fell, das eine ganz besondere Anpassung darstellt. Hinter dichtwachsenden Bambuspflanzen auf einem bräunlichen Boden, die seinen Lebensraum zum Großteil ausmachen, ist der Tiger kaum zu erkennen und kann sich so unbemerkt an seine Beutetiere heranschleichen (Westheide & Rieger, 2004; [www.zoo-frankfurt.de](http://www.zoo-frankfurt.de)).

Auch der **Asiatische Löwe** (*Panthera leo persica*), dessen Gehege im Katzenschungle gleich neben dem des Tigers zu finden ist, zeigt besondere äußerliche Anpassungen an seinen Lebensraum. Der Asiatische Löwe gehört ebenfalls zu den Großkatzen und stellt hier wiederum eine seltene, fast ausgestorbene Unterart dar, die nur noch in einem kleinen geschützten Gebiet in Indien (Gir-Forest-Reservat) beheimatet ist ([www.zoo-frankfurt.de](http://www.zoo-frankfurt.de)). Der in kleinen, getrennt geschlechtlichen Rudeln lebende Löwe macht in diesen Verbänden gemeinsam Jagd auf seine Beutetiere, vorwiegend Huftiere. Das einfarbig hellbraun bis dunkelocker gefärbte Fell ist eine Anpassung an seinen Lebensraum, die Savanne oder offenes Buschland. Zwischen rivalisierenden Männchen kann es zu Kämpfen kommen, die bei den bis zu 250 Kilogramm schweren und 1,9 Meter großen Tieren relativ heftig sein können. Dabei schützt sie eine weitere Eigenheit ihres Fells: Die Männchen besitzen um den Kopf eine große strahlenförmige, dunkle Mähne, die zum einen den Kopf optisch vergrößert und dadurch Macht demonstriert und zum anderen Hiebe auf den Kopf abfedert und somit das empfindliche Gesicht schützt (Westheide & Rieger, 2004; [www.zoo-frankfurt.de](http://www.zoo-frankfurt.de)).

Zum Schluss der Führung wird die **Netzgiraffe** (*Giraffa camelopardalis reticulata*) vorgestellt. Diese besonderen Paarhufer gehören zu den Wiederkäuern (*Ruminantia*) und fallen besonders durch ihre Körpergröße und -form auf. Die Männchen werden bis zu 5,8 Meter hoch und können ein Gewicht von bis zu 1900 Kilogramm erreichen (Puschmann, 2007). Auffällig sind ihre kürzeren Hinterbeine und besonders ihr langer Hals, der bis zu 2 Meter lang werden kann. Auf dem Kopf befinden sich zwei bis fünf von Haut überzogene Knochenzapfen. Die in Kenia, Somalia und Südäthiopien lebenden Netzgiraffen streifen in kleineren Herden in der Savanne umher und nutzen ihre langen Zungen und Häuse, um Blätter, Knospen und Triebe von einzeln stehenden Bäumen abzureißen. Trotz des langen Halses besitzen sie wie andere Säugetiere nur sieben Halswirbel, die aber stark verlängert sind. Der lange Hals vermeidet zum einen eine direkte Futterkonkurrenz mit anderen kleineren Tieren wie Antilopen, und bietet zum anderen Schutz vor möglichen Fressfeinden (Richarz, 2011). Durch die Höhe können Giraffen in sehr weite Entfernungen sehen und ihre getrennt beweglichen

Ohren ermöglichen zusätzlich ein optimales Richtungshören. Somit sind die Tiere optimal an ihr Ökosystem, die Savanne, angepasst.

Anhand der beschriebenen Beispieltiere kann zum einen die Vielfalt der von Säugetieren bewohnten Ökosysteme und zum anderen auch die enorme Anpassungsfähigkeit dieser Tierklasse aufgezeigt werden.

In den folgenden Tabellen wird eine Übersicht über den Bezug der Inhalte der Führung im Zoo Frankfurt zum hessischen Lehrplan der Sekundarstufe I Biologie sowie den Bildungsstandards (Inhaltsfelder) dargestellt. Dabei wird auf alle Schulformen eingegangen, da die Führung für alle Schüler der Sekundarstufe I konzipiert ist und je nach Vorwissen und Lernniveau an die Klassen angepasst wird.

In Tabelle 25 wird der Bezug zum hessischen Lehrplan und den Bildungsstandards für den Bildungsgang Hauptschule hergestellt.

<b>Lehrplan Biologie Bildungsgang Hauptschule</b> (Hessisches Kultusministerium, 2011a)	<b>Kerncurriculum Hessen für Hauptschule (Schwerpunkt- setzung in den Inhaltsfel- dern)</b> (Hessisches Kultusminis- terium, 2011d)	<b>Inhalte der Führung „Anpassung von Säugetieren an Lebensräume“</b>
<b>5/6.2 Artgerechte Tierhaltung</b> <i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heimtierhaltung – Nutztierhaltung</li> </ul> <i>Fakultative Unterrichtsinhalte</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wildformen von Haustieren</li> </ul> <i>Arbeitsmethoden</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Besuch eines Tierparks</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen des Trampeltiers als Nutztier</li> <li>• Führung ermöglicht Diskussion über Zootierhaltung allgemein</li> </ul>
<b>5/6.8 Wirbeltiere in ihrem Lebensraum</b> <i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wirbeltierklassen: Säugetiere...</li> <li>• Unterschiedsmerkmale wie Atmung, Körperbedeckung, Körperbau, Gliedmaßen</li> </ul> <i>Arbeitsmethoden</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beobachtungen in der Natur und im Zoo</li> </ul>	<b>Biologische Strukturen und ihre Funktion</b> <i>Jahrgangsstufe 5/6</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Körperformen ausgewählter Organismen (Wirbeltiere) und deren Bedeutung für den jeweiligen Lebensraum (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation)</li> </ul> <i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Zusammenhänge zwischen biologischen Strukturen und deren Funktion (Erkenntnisgewinnung, Nutzung fachlicher Konzepte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen einiger Säugetierarten und ihrer Anpassungen an die Lebensräume Wasser, Wüste, Savanne, Regenwald</li> <li>• Vergleich der körperlichen Merkmale bezüglich ihrer Anpassungen</li> <li>• Beobachten der Tiere im Zoo</li> </ul>



	<p><b>Vielfalt, Veränderung und Abstammung von Lebewesen</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhang zwischen dem Körperbau, der artspezifischen Lebensweise und dem jeweiligen Lebensraum (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen der Ökologie und speziellen Anpassungen von Säugetieren an ihren Lebensraum</li> </ul>
--	--	--

*Tabelle 25: Bezug zum hessischen Lehrplan/Bildungsstandards der Führung im Zoo Frankfurt für die Hauptschule*

In folgender Tabelle werden die Inhalte der Biodiversitätsführung im Zoo mit dem hessischen Lehrplan und den Bildungsstandards für den Bildungsgang Realschule in Beziehung gesetzt.

Lehrplan Biologie Bildungsgang Realschule (Hessisches Kultusministerium, 2011b)	Kerncurriculum Hessen für Realschule (Schwerpunktsetzung in den Inhaltsfeldern) (Hessisches Kultusministerium, 2011e)	Inhalte der Führung „Anpassung von Säugetieren an Lebensräume“
<p><b>5.3 Tiere aus dem Erfahrungsbereich der Schüler</b></p> <p><i>Begründung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschiedene biologische Phänomene, z. B. Lebensraum, Ernährung, Verhalten stehen im Vordergrund</li> </ul> <p><i>Fakultative Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebiss, Säugetier</li> <li>• Zoobesuch mit Beobachtungsauftrag z.B. Verhalten, Tierschutz, artgerechte Haltung, Arterhaltung</li> </ul>	<p><b>Biologische Strukturen und ihre Funktion</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Körperformen ausgewählter Organismen (Wirbeltiere) und deren Bedeutung für den jeweiligen Lebensraum (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation)</li> </ul> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Zusammenhänge zwischen biologischen Strukturen und deren Funktion (Erkenntnisgewinnung, Nutzung fachlicher Konzepte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen einiger Säugetierarten und ihrer Anpassungen an die Lebensräume Wasser, Wüste, Savanne, Regenwald</li> <li>• Vergleich der körperlichen Merkmale bezüglich ihrer Anpassungen</li> <li>• Beobachten der Tiere im Zoo, Diskussion über Tierhaltung möglich</li> </ul>
	<p><b>Vielfalt, Veränderung und Abstammung von Lebewesen</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhang zwischen dem Körperbau, der artspezifischen Lebensweise und dem jeweiligen Lebensraum (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen der Ökologie und speziellen Anpassungen von Säugetieren an ihren Lebensraum</li> </ul>

*Tabelle 26: Bezug zum hessischen Lehrplan/Bildungsstandards der Führung im Zoo Frankfurt für die Realschule*

Tabelle 27 zeigt den Bezug der Inhalte der Führung im Zoo zum hessischen Lehrplan für das Gymnasium (G8) und den Bildungsstandards.

<b>Lehrplan Biologie Gymnasialer Bildungsgang</b> (Hessisches Kultusministerium, 2011c)	<b>Kerncurriculum Hessen für das Gymnasium (Schwerpunktset- zung in den Inhaltsfeldern)</b> (Hessisches Kultusministerium, 2011f)	<b>Inhalte der Führung „Anpassung von Säugetieren an Le- bensräume“</b>
<p><b>5G.2 Körperbau und Lebensweise der Säugetiere</b></p> <p><i>Verbindliche Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Haltung und Pflege von Tieren</li> <li>• Nahrungsaufnahme und Verdauung</li> </ul> <p><i>Fakultative Unterrichtsinhalte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestalt, Merkmale – Verbindung von Struktur und Funktion</li> <li>• Angepasstheit an den Lebensraum: Tarnung und Wärmehaushalt z.B. des Eisbären: weißes Fell, schwarze Haut, Haare als Licht- und Wärmeleiter</li> </ul> <p>Weitere Beispiele für Angepasstheit: z.B. Meeressäuger</p> <p><i>Arbeitsmethoden</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennen des Zusammenhangs von Bau, Funktion und Angepasstheit</li> </ul>	<p><b>Biologische Strukturen und ihre Funktion</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Körperformen ausgewählter Organismen (Wirbeltiere) und deren Bedeutung für den jeweiligen Lebensraum (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation)</li> </ul> <p><i>Nach Abschluss der Jahrgangsstufe 9/10</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Zusammenhänge zwischen biologischen Strukturen und deren Funktion (Erkenntnisgewinnung, Nutzung fachlicher Konzepte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskussion über Haltung der Säugetiere möglich</li> <li>• Vorstellung der verschiedenen Nahrungsaufnahmen der vorgestellten Tiere</li> <li>• Kennenlernen einiger exemplarischer Säugetiere aus den Ökosystemen Wüste, Meer, Savanne, Regenwald</li> <li>• Kennenlernen von Anpassungen an extreme Lebensräume durch Körperbau, Physiologie und Verhaltensweise der Tiere</li> </ul>
	<p><b>Vielfalt, Veränderung und Abstammung von Lebewesen</b></p> <p><i>Jahrgangsstufe 5/6</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhang zwischen dem Körperbau, der artspezifischen Lebensweise und dem jeweiligen Lebensraum (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen der Ökologie und speziellen Anpassungen von Säugetieren an ihren Lebensraum</li> </ul>

**Tabelle 27:** Bezug zum hessischen Lehrplan/Bildungsstandards der Führung im Zoo Frankfurt für das Gymnasium (G8)

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Deskriptive Statistik

Bei den meisten Skalen der Fragebögen bestehen Antwortmöglichkeiten in Form einer 5-stufigen Likert-Skala. Niedrige Mittelwerte drücken dabei entsprechend der Antwortmöglichkeiten von 1 („trifft zu“) bis 5 („trifft nicht zu“) eher Zustimmung zu den gestellten Aussagen aus, höhere Mittelwerte eine eher ablehnende Haltung.

Der jeweilige Trennschärfekoeffizient  $r_{it}$  und das Maß der internen Konsistenz Cronbachs  $\alpha$  der Skalen bei Ausschluss einzelner Items finden sich für alle Skalen im Anhang B. Die prozentuale Häufigkeitsverteilung aller Antworten findet sich in Anhang C.

Das Vorwissen und Fachwissen wurden über andere Antwortmuster abgefragt (offene Fragen, single-choice, multiple-choice). Zur Vergleichbarkeit der Daten wurden die Antworten des Fachwissens mit Punkten bewertet und in ein 5-stufiges Kategoriensystem eingeteilt. So ist die Möglichkeit gegeben, die Daten statistisch direkt mit denen der anderen erhobenen Skalen (z.B. FAM) zu vergleichen. Hierbei entspricht im Gegensatz zu den anderen Skalen allerdings ein hoher Wert auch einem hohen Prozentsatz von richtig beantworteten Fragen.

Eine Beschreibung der angewandten statistischen Verfahren findet sich in Anhang A.

#### 4.1.1 Beschreibung der Stichproben

Bei der Auswahl der an der Studie teilnehmenden Klassen war es das Ziel, eine möglichst große Vielfalt an Klassenstufen und Schularten abzudecken. Damit sollte die Verwendbarkeit der eingesetzten Arbeitsmaterialien für die gesamte Sekundarstufe I und alle Schularten überprüft werden. Für die verschiedenen Lernorte wurden möglichst gleich große und ähnlich zusammengesetzte Stichproben ausgewählt. Hierbei war die Klassenstufe der teilnehmenden Klassen allerdings vom Lernplanbezug zu den jeweiligen Themen beeinflusst (siehe Kapitel 3.5).

Tabelle 28 bietet eine Übersicht über die Zusammensetzung der Gesamtstichprobe aller Schüler und der Stichproben an allen vier Lernorten.

		n	w (%)	m (%)	Alter MW ± s	Klassen- stufe (n)	Schulart (n)	Biolo- gienote MW ± s
<b>Gesamtstichprobe</b>	<b>KG</b>	237	139 (58,6)	98 (41,4)	12,58 ± 1,58	5 (40) 6 (108) 8 (22) 9 (67)	G(46) R (88) GS (83) a (20)	2,41 ± 0,88
	<b>VG</b>	295	173 (60,5)	113 (39,5)	12,37 ± 1,50	5 (25) 6 (139) 7 (70) 9 (52)	G (131) R (155)	2,43 ± 0,93
	<b>gesamt</b>	<b>532</b>	<b>312 (59,6)</b>	<b>211 (40,4)</b>	<b>12,46 ± 1,53</b>	<b>5 (65) 6 (247) 7 (70) 8 (22) 9 (119)</b>	<b>G (177) R (243) GS (83) a (20)</b>	<b>2,41 ± 0,90</b>
<b>PG</b>	<b>KG</b>	68	34 (50)	34 (50)	12,32 ± 0,95	5 (40) 6 (28)	G (20) R (28) a (20)	2,19 ± 0,88
	<b>VG</b>	74	45 (60,8)	29 (39,2)	13,12 ± 0,74	6 (46) 7 (28)	G (28) R (46)	2,45 ± 0,92
	<b>gesamt</b>	<b>142</b>	<b>79 (55,6)</b>	<b>63 (44,4)</b>	<b>12,74 ± 0,94</b>	<b>5 (40) 6 (74) 7 (28)</b>	<b>G (48) R(74) a (20)</b>	<b>2,33 ± 0,91</b>
<b>SE</b>	<b>KG</b>	71	48 (67,6)	23 (32,4)	14,0 ± 0,85	8 (22) 9 (49)	R (22) GS (49)	2,46 ± 0,86
	<b>VG</b>	74	46 (62,2)	28 (37,8)	13,45 ± 1,17	7 (42) 9 (32)	G (21) R (53)	2,52 ± 0,85
	<b>gesamt</b>	<b>145</b>	<b>94 (64,8)</b>	<b>51 (35,2)</b>	<b>13,70 ± 1,10</b>	<b>7 (42) 8 (22) 9 (81)</b>	<b>G (21) R (75) GS (49)</b>	<b>2,50 ± 0,85</b>
<b>SWH</b>	<b>KG</b>	38	29 (76,3)	9 (23,7)	13,89 ± 1,43	6 (20) 9 (18)	R (38)	3,10 ± 1,03
	<b>VG</b>	56	34 (60,7)	22 (39,2)	13,38 ± 1,61	6 (36) 9 (20)	R (56)	2,25 ± 0,85
	<b>gesamt</b>	<b>94</b>	<b>63 (67)</b>	<b>31 (33)</b>	<b>13,59 ± 1,56</b>	<b>6 (56) 9 (38)</b>	<b>R (94)</b>	<b>2,76 ± 0,96</b>
<b>ZOO</b>	<b>KG</b>	60	28 (46,7)	32 (53,3)	11,53 ± 0,68	6 (60)	G (26) GS (34)	2,16 ± 0,75
	<b>VG</b>	82	48 (58,5)	34 (41,5)	10,94 ± 0,64	5 (25) 6 (57)	G (82)	2,06 ± 0,84
	<b>gesamt</b>	<b>142</b>	<b>76 (53,5)</b>	<b>66 (46,5)</b>	<b>11,18 ± 0,71</b>	<b>5 (25) 6 (117)</b>	<b>G (108) GS (34)</b>	<b>2,11 ± 0,79</b>

**Tabelle 28:** Übersicht der deskriptiven Statistik zur **Gesamtstichprobe aller Lernorte** und den **Stichproben der vier evaluierten Lernorte einzeln**

PG= Palmengarten, SE= Senckenbergmuseum, SWH= Stadtwaldhaus, ZOO= Zoo Frankfurt, KG= Kontrollgruppe, VG= Versuchsgruppe, n= Stichprobengröße, w= weiblich, m= männlich, MW ± s= Mittelwert ± Standardabweichung, G= Gymnasium, R= Realschule, GS= Gesamtschule, a= andere

Die **Gesamtstichprobe** besteht aus insgesamt 523 Schülern, wobei die Kontrollgruppe sich aus 237 Schülern und die Versuchsgruppe sich aus 286 Schülern zusammensetzt. Das Geschlechterverhältnis ist insgesamt leicht zugunsten der weiblichen Schüler verschoben (59,6%). Den größten Anteil machten Schüler der 6. und 9. Klasse aus. Bezüglich der Schulart stammten die meisten Schüler von Realschulen. Die durchschnittliche Biologienote der Schüler im letzten Zeugnis unterschied sich nicht zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe.

Die Evaluation für den **Palmengarten** fand im Februar und März 2011 statt.

Die Kontroll- und Versuchsgruppe bestand jeweils aus 3 Schulklassen aus Frankfurt und der näheren Umgebung. In der Versuchsgruppe stammte eine Klasse aus einer Mädchenrealschule, so dass das Geschlechterverhältnis leicht zugunsten der weiblichen Schüler gegenüber den männlichen verschoben ist.

Die Erhebung der Daten für das **Senckenbergmuseum** fand im Juni und November 2010 statt. Die Stichprobe bestand aus je 3 Klassen in der Kontroll- und Versuchsgruppe, jeweils eine der Klassen stammte aus einer Mädchenrealschule, so dass der Anteil der weiblichen Schüler fast zwei Drittel beträgt.

Die Daten für Studie im **Stadtwaldhaus** wurden im Juni 2010 erhoben. Die Kontrollgruppe setzt sich aus 2 Schulklassen zusammen. Die ursprünglich noch eingeplante 3. Klasse konnte kurzfristig aus terminlichen Gründen nicht an der Evaluation teilnehmen. Die Versuchsgruppe besteht aus 3 Schulklassen aus Frankfurt und Umgebung.

Die Evaluation im **Zoo Frankfurt** fand im Oktober und November 2010 statt.

Die Kontrollgruppe und Versuchsgruppe der Stichprobe setzt sich wiederum aus je 3 Klassen zusammen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass fast alle Stichproben als konsistent bewertet werden können. Eine Ausnahme bildet hier das Stadtwaldhaus, da eine eingeplante Klasse der Kontrollgruppe ausgefallen ist. Das Geschlechterverhältnis ist leicht zugunsten der weiblichen Schüler verschoben, da einige reine Mädchenklassen an der Studie teilnahmen. Das durchschnittliche Alter der Schüler und auch die Klassenstufe schwanken etwas, da die Stufe der teilnehmenden Klassen von den jeweils behandelten Themen beeinflusst war (siehe oben). Die Schularten sind ungefähr gleich vertreten, allein für das Stadtwaldhaus fanden sich nur teilnehmende Klassen aus Realschulen. Die durchschnittliche Biologienote im letzten Zeugnis aller Schüler schwankt leicht zwischen 2 und 3.

#### 4.1.2 Deskriptive Statistik Vorwissen

Nicht in die statistische Auswertung mit einbezogen wurde beim Vorwissen die **Frage 1** „Hast Du den Begriff Biodiversität schon mal gehört (z.B. in den Nachrichten, einer Zeitung/Zeitschrift, in der Schule...)?“. Bei dieser Frage wurde ein dichotomer Antwortschlüssel (ja/nein) verwendet. Tabelle 29 gibt eine Übersicht über die Häufigkeitsverteilungen der gegebenen Antworten.

		Ja (%)	Nein (%)
<b>Gesamtstichprobe</b>	<b>KG</b>	49 (20,7)	182 (76,8)
	<b>VG</b>	61(20,7)	205 (69,5)
	<b>Gesamt (n=497)</b>	<b>110 (20,2)</b>	<b>387 (71)</b>
<b>PG</b>	<b>KG</b>	5 (7,9)	57 (90,5)
	<b>VG</b>	9 (13,6)	57 (86,4)
	<b>Gesamt (n=128)</b>	<b>14 (10,9)</b>	<b>114 (88,4)</b>
<b>SE</b>	<b>KG</b>	23 (32,4)	48 (67,6)
	<b>VG</b>	24 (32,4)	50 (67,6)
	<b>Gesamt (n=145)</b>	<b>47 (32,4)</b>	<b>98 (67,6)</b>
<b>SWH</b>	<b>KG</b>	15 (39,5)	23 (60,5)
	<b>VG</b>	21 (37,5)	32 (57,1)
	<b>Gesamt (n=91)</b>	<b>36 (38,3)</b>	<b>55 (58,5)</b>
<b>ZOO</b>	<b>KG</b>	6 (10,0)	45 (90,0)
	<b>VG</b>	7 (9,6)	66 (90,4)
	<b>Gesamt (n=133)</b>	<b>13 (9,8)</b>	<b>120 (90,2)</b>

**Tabelle 29:** Häufigkeitsverteilung der Antworten „ja/nein“ der Vorwissens-Frage „Hast Du den Begriff „Biodiversität“ schon mal gehört?“ der **Gesamtstichprobe** und der **Stichproben der vier evaluierten Lernorte**

PG= Palmengarten, SE= Senckenbergmuseum, SWH= Stadtwaldhaus, ZOO= Zoo Frankfurt, KG= Kontrollgruppe, VG= Versuchsgruppe, n= Stichprobengröße

Die Bewertung zeigt, dass sich zwischen den Versuchs- und Kontrollgruppen der Gesamtstichprobe und aller Lernorte einzeln keine bedeutenden prozentualen Unterschiede ergeben. Jeweils eine ähnliche Anzahl an Schülern gab an, den Begriff schon gehört/nicht gehört zu haben. Daher kann für alle Lernorte davon ausgegangen werden, dass die Kontroll- und Versuchsgruppe mit einem ähnlichen Wissensstand bezüglich dieser Frage in die Studie kamen.

Bei der Häufigkeitsverteilung zeigt sich jedoch, dass an den beiden Lernorten Senckenbergmuseum und Stadtwaldhaus einige Schüler mehr die Frage bejahten als an den anderen beiden Orten. Bei der Studie dieser Lernorte berichteten die Lehrer der Mädchen-Realschule, dass die teilnehmenden Klassen schon an einem Projekttag zur Biodiversität teilgenommen hatten und somit vermutlich den Großteil der Schüler ausmachen, die die Frage mit „Ja“ beantworteten.

Insgesamt lässt sich aber erkennen, dass maximal einem guten Drittel der Schüler der Begriff „Biodiversität“ vertraut war und ihn ein Großteil noch nie gehört hatte.

Die Antworten der offenen **Frage 2** zum Vorwissen („Was stellst Du Dir unter Biodiversität vor?“) wurden inhaltlich in 5 Kategorien eingeteilt. In Tabelle 30 sind diese Kategorien und deren Häufigkeiten der Stichprobe für alle Lernorte angegeben. Einige Schüler gaben mehrere Antworten an.

	Kategorie	1 n (%)	2 n (%)	3 n (%)	4 n (%)	5 n (%)
		Natur/Tiere/ Pflanzen/ Lebewesen/ Ökologie/ Umwelt – und Naturschutz	Biologie- Unterricht (Schule)	Universität/ Forschung	andere Antworten	Weiß nicht
Gesamtstich- probe	KG	92 (39,6)	43 (18,1)	49 (20,7)	22 (9,3)	74 (31,2)
	VG	111 (37,7)	64 (21,7)	76 (22,7)	31 (10,5)	81 (27,5)
	<b>Gesamt</b> (n=502)	<b>203 (40,4)</b>	<b>107 (19,6)</b>	<b>116 (21,3)</b>	<b>53 (9,7)</b>	<b>155 (28,4)</b>
PG	KG	26 (41,3)	5 (7,9)	13 (20,6)	4 (6,3)	28 (44,4)
	VG	25 (37,8)	12 (18,2)	10 (15,2)	9 (13,6)	29 (43,9)
	<b>Gesamt</b> (n=129)	<b>51 (39,6)</b>	<b>17 (13,2)</b>	<b>23 (17,8)</b>	<b>13 (10,1)</b>	<b>57 (44,2)</b>
SE	KG	28 (39,4)	18 (25,4)	15 (21,1)	9 (12,7)	14 (19,7)
	VG	25 (33,5)	14 (18,9)	17 (23)	9 (12,2)	24 (32,4)
	<b>Gesamt</b> (n=145)	<b>53 (36,6)</b>	<b>32 (22,1)</b>	<b>32 (22,1)</b>	<b>18 (12,4)</b>	<b>38 (26,2)</b>
SWH	KG	22 (57,9)	6 (15,8)	2 (5,3)	0 (0)	14 (36,8)
	VG	39 (69,7)	13 (23,2)	14 (25,0)	7 (12,5)	10 (17,9)
	<b>Gesamt</b> (n=94)	<b>61 (64,9)</b>	<b>19 (20,2)</b>	<b>16 (17,0)</b>	<b>7 (7,4)</b>	<b>24 (25,5)</b>
ZOO	KG	16 (26,6)	14 (23,3)	19 (31,7)	9 (15,0)	18 (30,0)
	VG	22 (29,8)	25 (33,8)	26 (35,1)	6 (8,1)	18 (24,3)
	<b>Gesamt</b> (n=133)	<b>38 (28,3)</b>	<b>39 (29,1)</b>	<b>45 (33,6)</b>	<b>15 (11,2)</b>	<b>36 (26,9)</b>

**Tabelle 30:** Häufigkeitsverteilung der Antworten auf die Frage „Was stellst Du Dir unter Bio-diversität vor?“ der **Gesamtstichprobe** und der **Stichproben der vier evaluierten Lernorte**

PG= Palmengarten, SE= Senckenbergmuseum, SWH= Stadtwaldhaus, ZOO= Zoo Frankfurt, KG= Kontrollgruppe, VG= Versuchsgruppe, n= Stichprobengröße

Die Antworthäufigkeiten der Gesamtstichprobe zeigen, dass sich knapp ein Drittel der Schüler in Bezug auf die Frage unsicher fühlte und „weiß nicht“ ankreuzte. Gleichzeitig assoziierte knapp die Hälfte der Schüler „Biodiversität“ mit Begriffen wie Tiere, Pflanzen, Lebewesen und Umwelt- und Naturschutz. Die recht hohe Assoziation mit dem Biologieunterricht in der

Schule lässt sich vermutlich auf die Teilnahme an der Studie im Rahmen des Biologieunterrichts zurückführen. Auch die Universität oder Forschung fielen relativ vielen Schülern zum Begriff „Biodiversität“ ein. Hier wird vermutet, dass die ähnlich klingenden Begriffe „Universität“ und „Biodiversität“ und zudem noch die Verbindung zu der Universitätsstudie die hohe Zahl an Antworten in Kategorie 3 begründen. 9,7% aller Antworten fielen auf andere Antworten.

Beim Vergleich von Versuchs- und Kontrollgruppe der Gesamtstichprobe lassen sich keine nennenswerten Unterschiede feststellen, wohingegen an den einzelnen Lernorten leichte Schwankungen bei manchen Antworten zu erkennen sind. Hier fällt besonders das gute Ergebnis für die Kategorie 1 im Stadtwaldhaus für beide Gruppen auf.

Die weiteren Fragen des Vorwissens wurden aufgrund ihrer Inhomogenität nicht in weiteren statistischen Untersuchungen berücksichtigt

#### 4.1.3 Deskriptive Statistik Aktuelle Motivation

Tabelle 31 zeigt die Mittelwerte, Standardabweichungen und Cronbachs  $\alpha$ -Werte der erhobenen Skalen des Fragebogens zur aktuellen Motivation an den drei Messzeitpunkten.

Wichtig ist hier zu beachten, dass alle Fragen negativ gepolt waren, ein niedriger Wert drückt also große Zustimmung zu den vorgegebenen Aussagen aus.

Skalen FAM		Misserfolgs- befürchtung		Erfolgswahr- scheinlichkeit		Interesse		Heraus- forderung	
		MW $\pm$ s	$\alpha$	MW $\pm$ s	$\alpha$	MW $\pm$ s	$\alpha$	MW $\pm$ s	$\alpha$
Gesamt stichprobe (n=523)	T0	3,97 $\pm$ 0,80	0,68	2,31 $\pm$ 0,77	0,62	2,65 $\pm$ 0,94	0,82	2,54 $\pm$ 0,81	0,60
	T1	4,05 $\pm$ 0,86	0,73	2,04 $\pm$ 0,79	0,63	2,41 $\pm$ 0,96	0,83	2,80 $\pm$ 0,93	0,65
	T2 (nur VG) (n=277)	4,19 $\pm$ 0,75	0,68	1,94 $\pm$ 0,73	0,51	2,49 $\pm$ 1,06	0,87	2,85 $\pm$ 0,96	0,68
PG (n=142)	T0	4,04 $\pm$ 0,86	0,72	2,16 $\pm$ 0,75	0,60	2,41 $\pm$ 0,91	0,85	2,42 $\pm$ 0,75	0,51
	T1	4,08 $\pm$ 0,71	0,73	2,14 $\pm$ 0,81	0,59	2,30 $\pm$ 1,06	0,86	2,71 $\pm$ 0,91	0,58
	T2 (nur VG) (n=74)	4,25 $\pm$ 0,62	0,55	1,97 $\pm$ 0,65	0,50	2,38 $\pm$ 1,01	0,83	2,74 $\pm$ 0,86	0,57
SE (n=145)	T0	3,96 $\pm$ 0,70	0,62	2,64 $\pm$ 0,71	0,58	3,02 $\pm$ 0,87	0,81	2,80 $\pm$ 0,78	0,64
	T1	4,14 $\pm$ 0,67	0,62	2,16 $\pm$ 0,75	0,64	2,65 $\pm$ 0,95	0,83	3,04 $\pm$ 0,82	0,62
	T2 (nur VG) (n=74)	4,12 $\pm$ 0,71	0,63	2,09 $\pm$ 0,75	0,41	2,67 $\pm$ 1,15	0,89	3,04 $\pm$ 1,00	0,71
SWH (n=94)	T0	3,89 $\pm$ 0,83	0,68	2,23 $\pm$ 0,75	0,50	2,77 $\pm$ 0,93	0,78	2,62 $\pm$ 0,89	0,64
	T1	4,00 $\pm$ 0,92	0,79	2,01 $\pm$ 0,80	0,62	2,43 $\pm$ 0,95	0,79	2,81 $\pm$ 1,00	0,69
	T2 (nur VG) (n=56)	4,05 $\pm$ 0,84	0,74	2,10 $\pm$ 0,79	0,55	2,77 $\pm$ 1,10	0,84	2,90 $\pm$ 1,00	0,73



<b>ZOO</b> (n=142)	T0	4,01 ± 0,84	0,70	2,15 ± 0,77	0,65	2,45 ± 1,03	0,80	2,35 ± 0,80	0,53
	T1	4,04 ± 0,98	0,76	1,87 ± 0,78	0,64	2,22 ± 0,86	0,80	2,68 ± 0,98	0,67
	T2(nur VG) (n=82)	4,33 ± 0,83	0,71	1,64 ± 0,63	0,51	2,12 ± 0,90	0,84	2,72 ± 1,00	0,69

**Tabelle 31:** Mittelwerte und Reliabilität der Subskalen des FAM zu allen drei Messzeitpunkten der **Gesamtstichprobe** und der **Stichproben der vier evaluierten Lernorte bzw. der Versuchsgruppen (T2)**

PG= Palmengarten, SE= Senckenbergmuseum, SWH= Stadtwaldhaus, ZOO= Zoo Frankfurt, MW  $\pm$ s = Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung,  $\alpha$  = Cronbachs  $\alpha$ , VG= Versuchsgruppe, n= Stichprobengröße

Der Mittelwert der Skala **Misserfolgsbefürchtung** ist für die Gesamtstichprobe und alle Lernorte einzeln zu allen Messzeitpunkten hoch, das heißt, die Schüler haben den vorgegebenen Aussagen eher nicht zugestimmt und ihre Misserfolgsbefürchtung bezüglich der gestellten Anforderungen war eher gering.

Alle Mittelwerte der Skala **Erfolgswahrscheinlichkeit** sind eher niedrig und verringern sich leicht über die Messzeitpunkte hinweg. Bezogen auf die Antwortmöglichkeiten spricht dies für eine positive Einschätzung der Schüler, die gestellten Aufgaben zu bewältigen, was sich im Lauf der Studie noch verstärkt. Im Vergleich nahmen die Schüler der Studie im Senckenbergmuseum ihre Erfolgswahrscheinlichkeit als etwas geringer wahr als in den anderen Lernorten.

Die Mittelwerte der Skala **Interesse** der Gesamtstichprobe liegen etwa im Mittel, zeugen also von einer eher neutralen Haltung der Schüler dem Thema gegenüber. Im Laufe der Studie kann man eine ganz leichte Steigerung erkennen. Bei den einzelnen Lernorten können stärkere Tendenzen erkannt werden. Im Palmengarten und Zoo zeugen sie von einem eher hohen Interesse der Schüler am behandelten Thema, das direkt nach der Teilnahme an der Führung noch leicht ansteigt und zum Ende hin wieder abnimmt. Bei den Studien im Stadtwaldhaus und besonders im Senckenbergmuseum war das Interesse bei den Schülern zu Beginn etwas niedriger, nahm aber im Lauf ebenfalls zu und sank zum Schluss wieder etwas ab. Die Streuung der Daten ist bei allen Lernorten recht hoch.

Die Mittelwerte der Skala **Herausforderung** der Gesamtstichprobe zeigen folgenden Trend für alle Lernorte: Die wahrgenommene Herausforderung der Schüler sinkt über den Verlauf der Studie leicht ab. Im Senckenbergmuseum war die wahrgenommene Herausforderung auch schon zu Beginn der Messung relativ gering, was sich an den höheren Mittelwerten erkennen lässt. Auch hier zeigt sich anhand der hohen Standardabweichung eine große Streuung der Daten.

Zur Beurteilung der internen Konsistenz der Skalen, also dem Ausmaß, in wieweit die Fragen des Tests miteinander in Beziehung stehen, wird das Cronbachs  $\alpha$  zum ersten Messzeitpunkt betrachtet. Durch die Teilnahme an der Studie und die Wiederholung des Tests kann das Cronbachs  $\alpha$  zu den weiteren Messzeitpunkten beeinflusst werden und wird aus diesem Grund nicht näher betrachtet. Allgemein werden Cronbachs  $\alpha$ -Werte ab 0,8 als gut angesehen (Bortz & Döring, 2006).

Für den FAM zeigen sich zum Messzeitpunkt T0 für die Gesamtstichprobe und die Lernorte einzeln größtenteils befriedigende Werte, die alle über 0,6 liegen. Ausnahmen bilden die schlechteren Werte für die Herausforderung im Palmengarten (0,51) und im Zoo (0,53).

Sie können eventuell durch Verständnisprobleme besonders bei jüngeren Schüler bezogen auf die Formulierungen (Begriff Herausforderung) oder Inhalte (Frage 2 und 3: Die Schüler wussten von Anfang an, dass sie nicht in einer Prüfungssituation sind) erklärt werden. Dafür sprechen auch die relativ niedrigen Trennschärfekoeffizienten  $r_{it}$  der Skala (siehe Anhang B). Bei den Daten für das Senckenbergmuseum (0,58) und das Stadtwaldhaus (0,50) weist die Subskala Erfolgswahrscheinlichkeit etwas niedrigere Werte auf, was sich vermutlich durch Verständnisprobleme bei der Frage „Ich glaube, ich war der Schwierigkeit des Themas Biodiversität gewachsen.“ besonderes bei den jüngeren Schülern erklären lässt.

#### 4.1.4 Deskriptive Statistik wahrgenommene Unterrichtsvariablen

Tabelle 32 zeigt die Mittelwerte, Standardabweichungen und Cronbachs  $\alpha$ -Werte der erhobenen Skalen zu den wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Betreuung/Atmosphäre, Verständlichkeit und Zusammenarbeit am Messzeitpunkt T1 nach der Biodiversitätsführung.

T1	Betreuung/ Atmosphäre		Verständlichkeit		Zusammenarbeit	
	MW $\pm$ s	$\alpha$	MW $\pm$ s	$\alpha$	MW $\pm$ s	$\alpha$
<b>Gesamtstichprobe</b> (n=523)	1,78 $\pm$ 0,81	0,67	1,95 $\pm$ 0,76	0,74	2,85 $\pm$ 1,04	0,63
<b>PG</b> (n=142)	1,80 $\pm$ 0,81	0,74	1,92 $\pm$ 0,80	0,78	2,81 $\pm$ 1,13	0,71
<b>SE</b> (n=145)	1,73 $\pm$ 0,61	0,65	2,04 $\pm$ 0,71	0,73	3,01 $\pm$ 1,10	0,76
<b>SWH</b> (n=94)	1,80 $\pm$ 0,73	0,68	2,02 $\pm$ 0,76	0,70	2,84 $\pm$ 1,00	0,52
<b>ZOO</b> (n=142)	1,80 $\pm$ 0,69	0,58	1,85 $\pm$ 0,75	0,72	2,73 $\pm$ 0,92	0,37

**Tabelle 32:** Mittelwerte und Reliabilität der Subskalen der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen zum Zeitpunkt T1 der **Gesamtstichprobe** und der **Stichproben der vier evaluierten Lernorte** PG= Palmengarten, SE= Senckenbergmuseum, SWH= Stadtwaldhaus, ZOO= Zoo Frankfurt, MW  $\pm$  s= Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung,  $\alpha$ = Cronbachs  $\alpha$ , n= Stichprobengröße

Der Mittelwert der Skala **Betreuung/Atmosphäre** ist für die Gesamtstichprobe und alle Lernorte einzeln niedrig, spricht also gemäß der gegebenen Antwortmöglichkeiten für eine von den Schülern als positiv wahrgenommene Betreuung und Arbeitsatmosphäre während der Biodiversitätsführung. Während der Führung hatten sie zum Großteil das Gefühl, von einer Person geführt zu werden, die von Biologie fasziniert ist, und auch Fragen stellen zu können.

Die **Verständlichkeit** wurde in der Gesamtstichprobe und in allen Lernorten einzeln etwas geringer eingeschätzt. Die Schüler hatten aber das Gefühl, den Inhalten und dem Niveau der Führung gewachsen zu sein.

Bezüglich der **Zusammenarbeit** zeigte sich bei allen vier Lernorten und der Gesamtstichprobe eine neutrale bis leicht ablehnende Haltung der Schüler zu den gemachten Aussagen. Sie hatten nicht so stark das Gefühl, mit ihren Mitschülern im Team zusammenzuarbeiten. Da die Struktur der Führung eher „lehrerzentriert“ war und die Schüler nicht aktiv zu Gruppenarbeit oder ähnlichen Sozialformen angeregt wurden, führte dies möglicherweise zu inhaltlichen Verständnisproblemen der Fragen zur Zusammenarbeit.

Dies ist auch eine möglich Erklärung für die niedrigen Cronbachs  $\alpha$ -Werte für die Skala Zusammenarbeit bei der Studie im Stadtwaldhaus und Zoo. Alle weiteren gemessenen Cronbachs  $\alpha$ -Werte sind hoch und sprechen für eine gute Korrelation der gemessenen Items.

#### 4.1.5 Deskriptive Statistik Biologieeinstellung

Tabelle 33 zeigt die Mittelwerte, Standardabweichungen und Cronbachs  $\alpha$ -Werte der erhobenen Skalen zur Biologieeinstellung (Sachinteresse und Fachinteresse) an allen Messzeitpunkten.

Skalen Biologieeinstellung		Sachinteresse		Fachinteresse	
		MW $\pm$ s	$\alpha$	MW $\pm$ s	$\alpha$
Gesamtstichprobe (n=501)	T0	2,85 $\pm$ 0,97	0,86	2,17 $\pm$ 1,02	0,70
	T2 (nur VG)	2,81 $\pm$ 0,98	0,84	2,05 $\pm$ 1,04	0,59
	T3	2,90 $\pm$ 0,94	0,86	2,08 $\pm$ 0,94	0,65
PG (n=142)	T0	2,60 $\pm$ 0,99	0,88	1,83 $\pm$ 0,89	0,75
	T2 (nur VG)	2,81 $\pm$ 1,03	0,89	1,91 $\pm$ 0,92	0,65
	T3	2,78 $\pm$ 0,12	1,00	1,88 $\pm$ 0,04	0,88
SE (n=145)	T0	3,21 $\pm$ 0,90	0,85	2,63 $\pm$ 1,00	0,68
	T2 (nur VG)	3,00 $\pm$ 0,83	0,80	2,39 $\pm$ 1,15	0,68
	T3	3,30 $\pm$ 0,84	0,86	2,46 $\pm$ 0,95	0,65
SWH (n=94)	T0	2,88 $\pm$ 0,91	0,82	2,00 $\pm$ 0,98	0,64
	T2 (nur VG)	2,92 $\pm$ 0,98	0,83	1,90 $\pm$ 0,94	0,36
	T3	2,90 $\pm$ 0,77	0,75	1,92 $\pm$ 0,86	0,45
ZOO (n=142)	T0	2,67 $\pm$ 0,68	0,85	2,10 $\pm$ 1,01	0,66
	T2 (nur VG)	2,50 $\pm$ 0,98	0,83	2,00 $\pm$ 1,10	0,54
	T3	2,58 $\pm$ 0,95	0,86	1,97 $\pm$ 0,94	0,62

**Tabelle 33:** Mittelwerte und Reliabilität der Skalen zur Biologieeinstellung zu allen drei Messzeitpunkten der Gesamtstichprobe und der Stichproben der vier evaluierten Lernorte bzw. der Versuchsgruppen (T2) für alle Lernorte

PG= Palmengarten, SE= Senckenbergmuseum, SWH= Stadtwaldhaus, ZOO= Zoo Frankfurt, MW  $\pm$  s= Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung,  $\alpha$ = Cronbachs  $\alpha$ , n= Stichprobengröße, VG= Versuchsgruppe

Die Mittelwerte der Skala **Sachinteresse** für die Gesamtstichprobe liegen tendenziell im Mittelfeld, zeugen also von einer neutralen bis leicht ablehnenden Haltung der Schüler gegenüber biologischen Themen allgemein. Dies trifft auch auf die einzelnen Lernorte zu, lediglich die Mittelwerte der Schüler im Senckenbergmuseum weisen auf ein etwas geringeres Interesse hin. Die Messung der Versuchsgruppe direkt nach der Führung schwankt sowohl leicht ins Positive (Senckenbergmuseum, Zoo) als auch ins Negative (Palmengarten, Stadtwaldhaus).

Für die Gesamtstichprobe und alle vier Lernorte ist das mittlere **Fachinteresse** am Schulfach Biologie im Vergleich zum Sachinteresse etwas höher. Die Schüler bei der Studie im Senckenbergmuseum zeigten dabei das geringste durchschnittliche Interesse, die im Palmengarten das höchste.

Die gemessenen Cronbachs  $\alpha$ -Werte der Subskalen zeigen für alle Lernorte eine ausreichende interne Konsistenz an.

#### 4.1.6 Deskriptive Statistik Interessenshandlung

Tabelle 34 zeigt die Mittelwerte, Standardabweichungen und Cronbachs  $\alpha$ -Werte der erhobenen Skala Interessenshandlung am Messzeitpunkt T3, die auf die Erfassung eines möglichen anhaltenden Interesses an den behandelten Biodiversitätsthemen abzielt.

T3	Interessenshandlung	
	MW $\pm$ s	$\alpha$
<b>Gesamtstichprobe</b> (n=440)	3,31 $\pm$ 1,13	0,73
<b>PG</b> (n=142)	3,13 $\pm$ 1,15	0,73
<b>SE</b> (n=145)	3,65 $\pm$ 1,10	0,73
<b>SWH</b> (n=94)	3,48 $\pm$ 1,00	0,62
<b>ZOO</b> (n=142)	2,97 $\pm$ 1,18	0,75

**Tabelle 34:** Mittelwert und Reliabilität der Skalen Interessenshandlung zum Messzeitpunkt T3 der **Gesamtstichprobe** und der **Stichproben der vier evaluierten Lernorte**

PG= Palmengarten, SE= Senckenbergmuseum, SWH= Stadtwaldhaus, ZOO= Zoo Frankfurt, MW  $\pm$  s= Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung,  $\alpha$ = Cronbachs  $\alpha$ , n= Stichprobengröße

Die hohen Mittelwerte dieser im Follow-up-Test gemessenen Skala weisen für die Gesamtstichprobe und alle Lernorte auf eine ablehnende Haltung der Schüler zu den gegebenen Aussagen hin. Hierbei zeigt sich die größte Ablehnung bei den Schülern der Studie im Senckenbergmuseum, die geringste im Zoo. Folglich verwandten sie nach Beendigung der Studie wenig Energie darauf, sich weiterhin mit den behandelten Inhalten zu beschäftigen. Die hohen Standardabweichungen zeigen aber auch, dass dies nicht für alle Schüler gilt.

Die Cronbachs  $\alpha$ -Werte sprechen für eine hohe interne Konsistenz der Skalen.

#### 4.1.7 Deskriptive Statistik Fachwissen

Das nach der Führung im Post-Test I und im Follow-up-Test erhobene Fachwissen zu den Inhalten der Führung wurde in ein 5-stufiges Kategoriensystem zur besseren Vergleichbarkeit eingeteilt. Tabelle 35 zeigt die Mittelwerte der Skala Fachwissen für die Gesamtstichprobe und alle Lernorte einzeln. Die Fragen können in Anhang C eingesehen werden.

Fachwissen		T1	T3
		MW $\pm$ s	MW $\pm$ s
<b>Gesamtstichprobe</b>	<b>KG</b>	3,60 $\pm$ 1,06	3,66 $\pm$ 0,92
	<b>VG</b>	3,89 $\pm$ 1,05	4,03 $\pm$ 0,91
	<b>Gesamt</b>	<b>3,77 <math>\pm</math> 1,06</b>	<b>3,87 <math>\pm</math> 0,93</b>
<b>PG</b>	<b>KG</b>	3,08 $\pm$ 1,18	3,28 $\pm$ 1,01
	<b>VG</b>	3,86 $\pm$ 1,08	4,09 $\pm$ 0,91
	<b>Gesamt</b>	<b>3,49 <math>\pm</math> 1,19</b>	<b>3,72 <math>\pm</math> 1,04</b>
<b>SE</b>	<b>VG</b>	3,88 $\pm$ 1,05	3,92 $\pm$ 0,83
	<b>KG</b>	3,86 $\pm$ 0,86	3,97 $\pm$ 0,71
	<b>Gesamt</b>	<b>3,87 <math>\pm</math> 0,96</b>	<b>3,95 <math>\pm</math> 0,77</b>

<b>SWH</b>	<b>KG</b>	3,65 ± 0,68	3,55 ± 0,93
	<b>VG</b>	3,39 ± 1,05	3,42 ± 0,92
	<b>Gesamt</b>	<b>3,48 ± 0,93</b>	<b>3,47 ± 0,93</b>
<b>ZOO</b>	<b>KG</b>	3,87 ± 1,13	3,80 ± 0,87
	<b>VG</b>	4,32 ± 0,82	4,48 ± 0,67
	<b>Gesamt</b>	<b>4,13 ± 0,98</b>	<b>4,31 ± 0,78</b>

**Tabelle 35:** Mittelwerte der Skala Fachwissen zu den Messzeitpunkten **T1** und **T3** der **Gesamtstichprobe** und der **Stichproben der vier evaluierten Lernorte**; maximal 5 Punkte erreichbar

PG= Palmengarten, SE= Senckenbergmuseum, SWH= Stadtwaldhaus, ZOO= Zoo Frankfurt, KG= Kontrollgruppe, VG= Versuchsgruppe, MW ± s= Mittelwert ± Standardabweichung, α= Cronbachs α

Die Gesamtmittelwerte der Skala Fachwissen sind für die Gesamtstichprobe und alle Lernorte zu beiden Messzeitpunkten ziemlich hoch. Folglich konnten viele Schüler einen Großteil der gestellten Fragen zu den Inhalten der Führung richtig beantworten. Interessanterweise galt dies sogar noch etwas verstärkt für den Messzeitpunkt 6-8 Wochen nach Ende der Studie. Eine Ausnahme stellen hier die Daten für das Stadtwaldhaus dar, die konstant bleiben.

Der Vergleich zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe zeigt etwas höhere Mittelwerte für die Versuchsgruppe bei den Schülern der Gesamtstichprobe und auch für die Studie im Palmengarten, niedrigere für die Studien im Stadtwaldhaus und Zoo und sehr ähnliche im Senckenbergmuseum. Die hohen Standardabweichungen aller Werte zeigen eine hohe Streuung der Daten an.

#### 4.1.8 Deskriptive Statistik Arbeitsmaterialien

Die Schüler der Versuchsgruppe beantworteten nach der zweiten Unterrichtseinheit (T2) sechs Fragen zur Beurteilung der konzipierten und eingesetzten Unterrichtsmaterialien. Diese wurden ausschließlich zur Rückmeldung zu den Materialien erhoben und sollten in keine statistischen Analysen eingehen. Im Folgenden sind die Ergebnisse der Fragen für alle Lernorte dargestellt. Die prozentuale Häufigkeitsverteilung der Antworten findet sich in Anhang C.

<b>T2</b>	„Die Texte der Arbeitsblätter habe ich gut verstanden.“	„Ich fand die Texte der Arbeitsblätter zu lang.“*	„Die Abbildungen auf den Arbeitsblättern haben mir geholfen, die Aufgabe besser zu verstehen.“	„Ich finde, man könnte die Abbildungen auch weglassen.“*	„Die Aufgaben der Arbeitsblätter fand ich zu schwer.“*	Die praktische Aufgabe hat mir geholfen, das Thema besser zu verstehen.“ <sup>1</sup>
	<b>MW ± s</b>	<b>MW ± s</b>	<b>MW ± s</b>	<b>MW ± s</b>	<b>MW ± s</b>	<b>MW ± s</b>
<b>GS</b> (n=277)	1,54 ±0,83	2,21 ± 1,31	2,20 ± 1,24	2,14 ± 1,25	1,63 ± 0,93	2,11 ± 1,35
<b>PG</b> (n=74)	1,58 ± 0,75	2,26 ± 1,31	2,07 ± 1,14	2,10 ± 1,18	1,59 ± 0,83	1,94 ± 1,17
<b>SE</b> (n=74)	1,65 ± 0,94	2,34 ± 1,39	2,13 ± 1,28	2,10 ± 1,30	1,69 ± 0,88	2,28 ± 1,54

<b>SWH</b> (n=56)	1,66 ± 0,87	2,47 ± 1,30	2,44 ± 1,26	2,41 ± 1,28	1,79 ± 1,08	1,88 ± 1,26
<b>ZOO</b> (n=82)	1,30 ± 0,70	1,84 ± 1,20	2,18 ± 1,27	2,01 ± 1,22	1,48 ± 0,94	2,29 ± 1,35

**Tabelle 36:** Mittelwerte der erhobenen Items zur Beurteilung der konzipierten und eingesetzten Unterrichtsmaterialien für die **Versuchsgruppen der Gesamtstichprobe** und der **Stichproben der vier evaluierten Lernorte**

GS= Gesamtstichprobe, PG= Palmengarten, SE= Senckenbergmuseum, SWH= Stadtwaldhaus, ZOO= Zoo Frankfurt, MW ± s= Mittelwert ± Standardabweichung, \* = Frage wurde umgepolt, <sup>1</sup>= genaue Formulierung pro Lernort siehe Text

Der **ersten Frage** nach der Verständlichkeit der Texte standen die Schüler der Gesamtstichprobe und aller vier Versuchsgruppen einzeln zustimmend gegenüber. Die im Vergleich zu den anderen Fragen relativ kleine Standardabweichung bei allen Lernorten spricht für den großen Konsens bezüglich dieser Aussage.

Bei der **zweiten Frage** „Ich fand die Texte der Arbeitsblätter zu lang.“ entstand ein generell eher neutrales Meinungsbild der Schüler. Im Zoo zeigt sich ein verstärkter Trend zu einer ablehnenden Haltung zur Aussage. Die sehr hohen Standardabweichungen in allen Fällen weisen aber auch auf ein stark differenziertes Meinungsbild der Schüler über die Textlänge hin.

Die **Fragen drei und vier** beziehen sich auf die Rolle der Abbildungen der Arbeitsblätter für die Verständlichkeit. Die Schüler zeigten hier in der Gesamtstichprobe und allen vier Lernorten in beiden Fragen eine neutrale bis eher zustimmende Haltung zu der Nützlichkeit der Abbildungen. Die hohen Standardabweichungen weisen auch hier auf eine große Streuung der Daten hin.

Für die **Frage fünf** nach der Schwierigkeit der Aufgaben ergab sich ein einheitliches Bild. Für die Gesamtstichprobe und alle vier Lernorte waren die Mittelwerte nach der Umpolung relativ niedrig, folglich wurde die Schwierigkeit der Aufgaben auf den Arbeitsblättern als nicht zu hoch eingeschätzt.

Die **sechste Frage** nach dem Mehrwert der praktischen Unterrichtseinheit für das Verständnis des Themas wurde sehr unterschiedlich beurteilt. Für die Gesamtstichprobe ergab sich ein eher neutrales Bild mit einer hohen Standardabweichung. Für die Studie im **Palmengarten** lautete die Aussage: „Das Ertasten von Pflanzen hat mir geholfen, ihre Anpassung an ihre Lebensräume besser zu verstehen.“ Sie wurde von den meisten Schülern mit Zustimmung beantwortet, was der Mittelwert zeigt. Die relativ große Standardabweichung spricht für eine hohe Streuung der Daten. Für die Arbeitsblätter, die im Unterricht für das **Senckenbergmuseum** eingesetzt wurden, lautete die Aussage: „Das Basteln der Gipsabdrücke hat mir geholfen, die Entstehung von Fossilien besser zu verstehen.“ Diese Aussage wurde uneinheitlich beantwortet, daher bewegt sich der Mittelwert um den neutralen Wert. Die Diskrepanz wird von der hohen Standardabweichung wiedergespiegelt. Für die Studie im **Stadtwaldhaus** lautete die Frage: „Das Regenwurmglas war ein spannendes Experiment.“ Ihr standen die meisten Schüler positiv gegenüber, dennoch gab es auch hier wieder einige Schüler mit anderen Meinungen, was sich in der hohen Standardabweichung ausdrückt. Die Versuchsgruppe des **Zoos** beantwortete die Frage: „Das Bestimmen der Zahnformeln von Säugetieren hat mir geholfen, ihre Lebensgewohnheiten besser zu verstehen.“ Auch hier entstand eine sehr uneinheitliche Meinung, die sich in der hohen Standardabweichung spiegelt.

Ein zusammenfassender Blick auf die Mittelwerte lässt erkennen, dass die konzipierten Arbeitsmaterialien von den Schülern im Allgemeinen gut angenommen wurden. Das Verständnis der Texte wurde als gut, die Länge der Texte als befriedigend befunden und die Aufgaben als nicht zu schwer. Der Beitrag der Abbildungen auf den Arbeitsblättern zum Verständnis wurde als größtenteils sinnvoll eingestuft, ebenso wie die Durchführung der praktischen Einheiten. Die hohen Standardabweichungen aller Werte zeigen aber auch, dass die Meinungen der Schüler stark differenziert waren.

## 4.2 Analytische Statistik

Im Folgenden werden die Ergebnisse zur analytischen Statistik der Ergebnisse zur Gesamtstichprobe und den außerschulischen Lernorten einzeln vorgestellt. Zur genaueren Betrachtung und Einschätzung der Daten wurden Korrelationen, Mittelwertvergleiche und Varianzanalysen berechnet.

### 4.2.1 Korrelationen

Um einen Überblick über die die Daten beeinflussenden Faktoren zu gewinnen und bestimmte Effekte im Vorfeld ausschließen zu können, wurden zu Beginn der analytischen Statistik Korrelationen durchgeführt. Dazu wurden die Skalen des FAM mit anderen gemessenen Skalen bzw. Variablen in bivariaten Rangkorrelationen korreliert, die durch den Rangkorrelationskoeffizient  $\rho$  nach Spearman ausgedrückt werden (Bortz & Döring, 2006).

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse für den Messzeitpunkt T0. Hier wurden Korrelationen für die Gesamtstichprobe aller Schüler aller Lernorte und für alle Lernorte separat berechnet (Tabelle 37).

n=502		Misserfolgs- befürchtung	Erfolgswahr- scheinlichkeit	Interesse	Heraus- forderung
Lernort	GS	-0,00	-0,07	-0,03	-0,05
Gruppe (KG bzw. VG)	GS	0,11*	-0,05	-0,03	0,04
Geschlecht	GS	0,04	-0,08	0,06	-0,03
	PG	0,06	0,03	<b>0,27**</b> (m<w)	0,05
	SE	0,00	0,00	<b>0,24***</b> (m<w)	0,05
	SWH	-0,05	-0,03	-0,09	-0,13
	ZOO	0,11	<b>-0,24**</b> (m>w)	-0,09	-0,06
Schulart	GS	-0,18***	0,15**	0,11*	-0,09*
	PG	<b>-0,24**</b> (G<R<a)	0,06	-0,08	<b>-0,41***</b> (G<R<a)
	SE	0,01	0,00	-0,02	-0,14
	SWH	-	-	-	-
	ZOO	<b>-0,31***</b> (G<GS)	0,18* (G>GS)	0,19* (G>GS)	-0,11
Klassenstufe	GS	0,02	<b>0,20***</b> (5>6>9>7>8)	<b>0,35***</b> (5>6>8>9>7)	<b>0,28***</b> (5>6>8>9>7)
	PG	0,07	0,02	<b>0,31***</b> (5>6>7)	0,06
	SE	-0,16	-0,05	-0,07	<b>-0,21**</b> (7<8=9)
	SWH	<b>0,35**</b> (6>9)	-0,05	<b>0,26*</b> (6>9)	<b>0,55***</b> (6>9)
	ZOO	-0,05	0,13	<b>0,37***</b> (5>6)	<b>0,21*</b> (5>6)
Biologienote	GS	-0,06	0,12**	<b>0,22***</b>	0,15***
	PG	-0,01	0,07	0,12	0,06
	SE	-0,06	0,07	<b>0,22*</b>	0,16
	SWH	-0,02	0,11	0,19	0,15
	ZOO	-0,15	0,16	<b>0,25**</b>	0,14
Sachinteresse	GS	-0,11**	<b>0,36***</b>	<b>0,73***</b>	<b>0,37***</b>
	PG	-0,18*	<b>0,34***</b>	<b>0,82***</b>	0,19*
	SE	0,02	0,17*	<b>0,47***</b>	<b>0,24**</b>
	SWH	0,02	0,14	<b>0,61**</b>	<b>0,33***</b>
	ZOO	-0,16	<b>0,43***</b>	<b>0,75***</b>	<b>0,43***</b>
Fachinteresse	GS	-0,10*	<b>0,35***</b>	<b>0,53***</b>	<b>0,34***</b>
	PG	<b>-0,21*</b>	<b>0,42***</b>	<b>0,56***</b>	0,19*
	SE	-0,06	<b>0,28***</b>	<b>0,65***</b>	<b>0,36***</b>
	SWH	0,06	0,07	<b>0,43***</b>	<b>0,41***</b>
	ZOO	-0,20*	0,39***	0,53***	0,38***

**Tabelle 37:** Ergebnisse der Korrelationen der **Gesamtstichprobe aller Lernorte** und der **Stichprobe aller Lernorte einzeln** am Messzeitpunkt **T0** zwischen den **FAM-Skalen** und **soziodemographischen Daten** und **Fach- und Sachinteresse**

Angegeben sind die **Korrelationskoeffizienten  $\rho$**  nach Spearman (**fett** ab  $\rho \geq 0,2$ = sehr geringe Korrelation), **GS= Gesamtstichprobe**, **PG= Palmengarten**, **SE= Senckenbergmuseum**,



SWH= Stadtwaldhaus, ZOO= Zoo Frankfurt, KG= Kontrollgruppe, VG= Versuchsgruppe, \*= signifikant mit  $p \leq 0,05$ , \*\*= hoch signifikant mit  $p \leq 0,01$ , \*\*\*= höchst signifikant mit  $p \leq 0,001$ , w= weiblich, m= männlich, G= Gymnasium, R= Realschule, GS= Gesamtschule, a= andere

Zuerst wurde untersucht, inwieweit die **Misserfolgsbefürchtung** von anderen gemessenen Faktoren beeinflusst wurde. Keine der untersuchten Variablen hat einen relevanten Einfluss auf die Misserfolgsbefürchtung der Gesamtstichprobe. Beim Blick auf die einzelnen Lernorte zeigt sich eine sehr geringe Korrelation zur Schulart im Palmengarten und im Zoo. Hier befürchten die Schüler der Gymnasien im Vergleich zu den anderen Schularten am wenigsten den Misserfolg. Bei der Klassenstufe zeigt sich lediglich im Stadtwaldhaus ein Zusammenhang mit der Misserfolgsbefürchtung, wobei die teilnehmenden 6. Klassen mehr Angst vor Misserfolg haben als die 9. Klassen. Bezüglich des Fachinteresses besteht ein minimaler Einfluss im Palmengarten, das heißt, je größer das Fachinteresse der Schüler ist, umso geringer ist ihre Misserfolgsbefürchtung.

Für die **Erfolgswahrscheinlichkeit** ergeben sich für die Gesamtstichprobe sehr geringe Korrelationen mit der Klassenstufe und mit dem Sach- und Fachinteresse. Die jüngeren Schüler und auch die Neuntklässler schätzen ihre Erfolgswahrscheinlichkeit höher ein als die Siebt- und Achtklässler. Bezüglich der Skalen der Biologieeinstellung lässt sich sagen, dass die wahrgenommene Erfolgswahrscheinlichkeit umso höher ist, je größer auch das Sach- und Fachinteresse sind. Ein Blick auf die einzelnen Lernorte zeigt eine sehr geringe Korrelation der Erfolgswahrscheinlichkeit mit dem Geschlecht (Mädchen geringer als Jungen) im Zoo, mit dem Sachinteresse im Palmengarten und Zoo und mit dem Fachinteresse im Palmengarten und Senckenbergmuseum.

Für das **Interesse** an den behandelten Biodiversitätsthemen ergibt sich beim Blick auf die Gesamtstichprobe ein nur sehr geringer Zusammenhang mit der Klassenstufe. Die Schüler der 5. und 6. Klassen zeigen das größte Interesse, gefolgt von den Schülern der 8., 9. und 7. Klasse. Auch die Biologienote hing leicht mit dem Interesse zusammen, wobei eine bessere Note mit einem größeren Interesse verknüpft war. Nicht erstaunlich ist, dass ein erhöhtes Interesse an den behandelten Themen auch mit einem erhöhten Sach- und Fachinteresse in Zusammenhang stand. Die Ergebnisse der einzelnen Lernorte spiegeln die der Gesamtstichprobe wieder. Zusätzlich wurde im Palmengarten und Senckenbergmuseum ein sehr geringer Zusammenhang des Interesses mit dem Geschlecht der Schüler berechnet, wobei die Mädchen mehr Interesse an den behandelten Themen zeigen als die Jungen.

Bei der letzten Skala des FAM, der **Herausforderung** zeigen sich in der Gesamtstichprobe aller Schüler nur sehr geringe Korrelationen mit der Klassenstufe und dem Sach- und Fachinteresse. Die Schüler der 5. und 6. Klassen fühlten sich vom behandelten Thema am stärksten herausgefordert, gefolgt von denen der 8., 9. und 7. Klasse. Die Ergebnisse der einzelnen Lernorte spiegeln sich in denen der Gesamtstichprobe wieder. Zusätzlich ergibt sich ein sehr geringer Zusammenhang der Herausforderung mit der Schulart für den Palmengarten. Die Schüler des Gymnasiums fühlten sich dort am wenigsten herausgefordert, gefolgt von denen der Realschule und der Schule mit Förderstufe.

**Insgesamt** kann in der Gesamtstichprobe zu Beginn der Messung kein Einfluss der Lernorte, der Gruppe, dem Geschlecht oder der Schulart festgestellt werden. Die gemessenen Korrelationen bewegen sich im sehr geringen bis geringen Bereich. Das bedeutet für die Evaluation, dass die Gesamtstichprobe wie gewünscht eine homogene Menge darstellt, die nicht stark von anderen Faktoren beeinflusst wird.

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse für den Messzeitpunkt T0 direkt nach Teilnahme an der Biodiversitätsführung. Hier wurden Korrelationen für die Gesamtstichprobe aller Schüler aller Lernorte und für alle Lernorte separat berechnet (Tabelle 38).

n=532		Misserfolgs- befürchtung	Erfolgswahr- scheinlichkeit	Interesse	Heraus- forderung
<b>Lernort</b>	<b>GS</b>	-0,00	-0,16*	-0,04	-0,02
<b>Gruppe (KG bzw. VG)</b>	<b>GS</b>	0,07	0,02	0,11*	0,08
<b>Geschlecht</b>	<b>GS</b>	0,04	-0,05	0,05	-0,03
	<b>PG</b>	0,03	0,05	0,14	-0,02
	<b>SE</b>	0,14	-0,13	<b>0,28***</b> (m<w)	0,16
	<b>SWH</b>	-0,08	0,09	-0,02	-0,16
	<b>ZOO</b>	0,02	-0,12	-0,14	-0,09
<b>Schulart</b>	<b>GS</b>	-0,16***	0,13**	0,09*	-0,10*
	<b>PG</b>	<b>-0,27***</b> (G<R<a)	0,12	0,03	<b>-0,45***</b> (G<R<a)
	<b>SE</b>	0,09	0,12	0,01	-0,08
	<b>SWH</b>	-	-	-	-
	<b>ZOO</b>	<b>-0,31***</b> (G<GS)	0,10	0,13	-0,04
<b>Klassenstufe</b>	<b>GS</b>	0,10*	0,06	<b>0,28***</b> (5>8>6 >9>7)	<b>0,32***</b> (5>6>8>9>7)
	<b>PG</b>	0,05	<b>0,20*</b> (5>6<7)	<b>0,41***</b> (5>6>7)	<b>0,28***</b> (5>6>7)
	<b>SE</b>	0,01	0,02	0,06	-0,08
	<b>SWH</b>	<b>0,43***</b> (6>9)	<b>-0,26</b> (6<9)	0,10*	<b>0,54***</b> (6>9)
	<b>ZOO</b>	0,03	-0,03	<b>0,28***</b> (5>6)	<b>0,44***</b> (5>6)
<b>Biologienote</b>	<b>GS</b>	-0,07	0,09*	<b>0,21***</b>	0,11*
	<b>PG</b>	-0,05	0,11	<b>0,22**</b>	0,11
	<b>SE</b>	0,06	0,01	<b>0,21*</b>	0,06
	<b>SWH</b>	-0,05	0,04	0,10	0,03
	<b>ZOO</b>	<b>-0,24**</b>	0,14	<b>0,22*</b>	0,17
<b>Atmosphäre/ Betreuung</b>	<b>GS</b>	<b>-0,29***</b>	<b>0,41***</b>	<b>0,50***</b>	<b>0,28***</b>
	<b>PG</b>	<b>-0,31***</b>	<b>0,46***</b>	<b>0,56***</b>	<b>0,41***</b>
	<b>SE</b>	-0,15	<b>0,41***</b>	<b>0,45***</b>	<b>0,35***</b>
	<b>SWH</b>	<b>-0,34**</b>	<b>0,35***</b>	<b>0,48***</b>	0,19
	<b>ZOO</b>	<b>-0,35***</b>	<b>0,47***</b>	<b>0,54***</b>	0,19*

<b>Verständlichkeit</b>	<b>GS</b>	<b>-0,32***</b>	<b>0,53***</b>	<b>0,54***</b>	<b>0,27***</b>
	<b>PG</b>	<b>-0,33***</b>	<b>0,55***</b>	<b>0,65***</b>	<b>0,35***</b>
	<b>SE</b>	-0,14	<b>0,50***</b>	<b>0,53***</b>	<b>0,29***</b>
	<b>SWH</b>	<b>-0,46***</b>	<b>0,51***</b>	<b>0,42***</b>	0,09
	<b>ZOO</b>	<b>-0,37***</b>	<b>0,53***</b>	<b>0,51***</b>	<b>0,23*</b>
<b>Zusammenarbeit</b>	<b>GS</b>	-0,02	0,18***	<b>0,49***</b>	<b>0,34***</b>
	<b>PG</b>	-0,10	<b>0,26***</b>	<b>0,47***</b>	<b>0,22***</b>
	<b>SE</b>	0,02	0,11	<b>0,51***</b>	<b>0,43***</b>
	<b>SWH</b>	-0,01	0,16	<b>0,58***</b>	<b>0,37***</b>
	<b>ZOO</b>	0,02	0,16	<b>0,43***</b>	<b>0,35***</b>
<b>Fachwissen</b>	<b>GS</b>	0,15***	-0,16***	-0,04	0,07
	<b>PG</b>	0,17*	-0,13	-0,05	0,18*
	<b>SE</b>	-0,12	0,04	-0,05	-0,02
	<b>SWH</b>	<b>0,20*</b>	-0,18	-0,08	0,05
	<b>ZOO</b>	<b>0,30***</b>	<b>-0,28***</b>	0,02	0,10

**Tabelle 38:** Ergebnisse der Korrelationen der **Gesamtstichprobe aller Lernorte** und der **Stichprobe aller Lernorte einzeln** am Messzeitpunkt **T1** zwischen den FAM-Skalen und soziodemographischen Daten, Unterrichtsvariablen und Fach- und Sachinteresse

Angegeben sind die Korrelationskoeffizienten  $\rho$  nach Spearman (**fett** ab  $\rho \geq 0,2$  = sehr geringe Korrelation), GS= Gesamtstichprobe, PG= Palmengarten, SE= Senckenbergmuseum, SWH= Stadtwaldhaus, ZOO= Zoo Frankfurt, KG= Kontrollgruppe, VG= Versuchsgruppe, \*= signifikant mit  $p \leq 0,05$ , \*\*= hoch signifikant mit  $p \leq 0,01$ , \*\*\*= höchst signifikant mit  $p \leq 0,001$ , w= weiblich, m= männlich, G= Gymnasium, R= Realschule, GS= Gesamtschule, a= andere

In Hinblick auf die **Misserfolgsbefürchtung** lassen sich in der Gesamtstichprobe sehr geringe negative Korrelationen mit der Atmosphäre und der Verständlichkeit beobachten. Das bedeutet, je besser die Schüler die Atmosphäre während der Führung und die Verständlichkeit der Inhalte einschätzten, umso geringer war ihre wahrgenommene Misserfolgsbefürchtung. In den einzelnen Lernorten zeigen sich zusätzlich sehr geringe Zusammenhänge mit der Schulart (Palmengarten und Zoo), der Klassenstufe (Stadtwaldhaus) und der Biologienote (Zoo). Das Fachwissen korreliert sehr gering mit der Misserfolgsbefürchtung im Stadtwaldhaus und Zoo. Das bedeutet, umso höher das Fachwissen der Schüler dort war, umso geringer war ihre Misserfolgsbefürchtung.

Auch in Hinblick auf die FAM-Skala **Erfolgswahrscheinlichkeit** wurden für die Gesamtstichprobe nur sehr geringe bzw. geringe Korrelationen mit der Atmosphäre und der Verständlichkeit berechnet. Die Schüler schätzen ihren Erfolg beim Thema Biodiversität umso besser ein, je positiver sie die Atmosphäre und die Verständlichkeit während der Führung wahrnehmen. In den einzelnen Lernorten zeigt sich noch ein zusätzlicher Zusammenhang der Erfolgswahrscheinlichkeit mit der Klassenstufe im Palmengarten und im Stadtwaldhaus und mit dem Fachwissen im Zoo (siehe Tabelle 38). Je größer hier das Fachwissen ist, umso höher auch die eingeschätzte Erfolgswahrscheinlichkeit der Schüler.

Die FAM-Skala **Interesse** korreliert in der Gesamtstichprobe aller Schüler mit der Klassenstufe, wobei die Fünftklässler das größte und die Siebtklässler das geringste Interesse an den behandelten Themen aufzeigen. Auch die Biologienote hat einen sehr geringen Einfluss: Je besser die Note der Schüler ist, desto größer war ihr Interesse. Die drei Subskalen der

Unterrichtsvariablen stehen ebenfalls in einem geringen Zusammenhang mit dem Interesse der Schüler. Je positiver Atmosphäre, Verständlichkeit und Zusammenarbeit bewertet wurden, umso höher ist auch das Interesse. Zusätzlich zu den gemessenen Korrelationen der Gesamtstichprobe, die in den einzelnen Lernorten größtenteils bestätigt wurden, ergab sich ein sehr geringer Zusammenhang mit dem Geschlecht im Senckenbergmuseum, wobei die weiblichen Schüler ein größeres Interesse zeigten als die männlichen.

In der Gesamtstichprobe zeigte die FAM-Skala **Herausforderung** eine sehr geringe Korrelation mit der Klassenstufe und den Unterrichtsvariablen. Ebenso wie beim Interesse zeigen die jüngeren Klassen die größte wahrgenommene Herausforderung, gefolgt von den 8. und 9. Klassen mit den 7. Klassen am Schluss. Die Schüler, die die Unterrichtsvariablen Atmosphäre, Verständnis und Zusammenarbeit während der Führung als positiv einschätzten, fühlten sich auch am stärksten herausgefordert. In den einzelnen Lernorten wurde im Palmengarten noch ein Zusammenhang zwischen Herausforderung und Schulart berechnet. Dabei zeigen sich die Schüler der Gymnasien am wenigsten herausgefordert, die aus der Schule mit Förderstufe am meisten. Die Klassenstufe korreliert auch im Palmengarten, Stadtwaldhaus und Zoo mit der Herausforderung und die meisten Werte der drei Unterrichtsvariablen (siehe Tabelle 38).

Wie erwartet wurde auch zum **Zeitpunkt T1** direkt nach der Teilnahme an der Führung kein Einfluss des Lernorts und einiger soziodemographischer Faktoren wie Geschlecht, Biologienote und Schulart auf die FAM-Subskalen für die Gesamtstichprobe festgestellt. Auffällig jedoch ist, dass die Gruppe (KG oder VG), in der die Schüler waren, nicht mit den FAM-Faktoren korreliert: Dies sollte allerdings nach der unterschiedlichen Behandlung der Schüler (vorbereitender Unterricht oder nicht) der Fall sein. Hier kann also kein Zusammenhang der aktuellen Motivation mit der inhaltlichen Vorbereitung der Führung erkannt werden.

#### 4.2.2 Mittelwertvergleiche

Im Folgenden wurden Mittelwertvergleiche der gemessenen Parameter zwischen den verschiedenen Messzeitpunkten nach Kontroll- und Versuchsgruppe getrennt durchgeführt. Ziel der Berechnungen war die Ermittlung möglicher signifikanter Unterschiede bei den Gruppen im Verlauf der Messung. Die Ergebnisse wurden mithilfe des t-Tests für abhängige Stichproben berechnet (Bortz & Schuster, 2010) und sind in Tabelle 39 dargestellt.

		Gesamt			PG			SE			SWH			ZOO		
		df	d	p	df	d	p	df	d	p	df	d	p	df	d	p
Misserfolgs- befürchtung (FAM)T0↔T1	KG	227	-0,10	0,10	59	-0,07	0,53	70	-0,20	0,06	36	-0,22	0,12	59	0,02	0,87
	VG	265	-0,13	<b>0,01**</b>	64	-0,11	0,36	73	-0,31	<b>0,01**</b>	53	-0,13	0,27	72	-0,01	0,94
Misserfolgs- befürchtung (FAM)T1↔T2	VG	271	-0,08	0,11	67	-0,13	0,23	71	0,04	0,67	57	-0,11	0,34	73	-0,11	0,16
Misserfolgs- befürchtung (FAM)T0↔T2	VG	254	-0,21	***	60	-0,21	0,11	71	-0,26	<b>0,02*</b>	53	-0,28	<b>0,02*</b>	67	-0,12	0,39
Erfolgswahr- scheinlichkeit (FAM)T0↔T1	KG	227	<b>0,40</b>	***	59	0,15	0,22	70	<b>0,55</b>	***	36	<b>0,93</b>	***	59	0,33	<b>0,02*</b>
	VG	265	0,33	***	64	-0,07	0,62	73	<b>0,76</b>	***	53	0,13	0,34	72	<b>0,39</b>	***
Erfolgswahr- scheinlichkeit (FAM)T1↔T2	VG	271	0,16	***	67	0,31	<b>0,01**</b>	71	-0,05	0,70	57	0,21	0,08	73	0,20	<b>0,04*</b>
Erfolgswahr- scheinlichkeit (FAM)T0↔T2	VG	254	<b>0,48</b>	***	60	0,23	0,08	71	<b>0,73</b>	***	53	0,33	<b>0,02*</b>	67	<b>0,63</b>	***
Interesse (FAM) T0↔T1	KG	227	<b>0,38</b>	***	59	0,23	<b>0,04*</b>	70	<b>0,49</b>	***	36	<b>0,71</b>	***	59	0,31	<b>0,01**</b>
	VG	265	0,33	***	64	-0,09	0,20	73	0,28	***	53	0,14	0,22	72	0,10	0,24
Interesse (FAM) T1↔T2	VG	271	0,01	0,78	67	0,09	0,25	71	-0,03	0,67	57	-0,07	0,45	73	0,06	0,44
Interesse (FAM) T0↔T2	VG	254	0,14	***	60	-0,03	0,74	71	0,21	<b>0,01**</b>	53	0,15	0,19	67	0,24	<b>0,01**</b>
Heraus- forderung (FAM) T0↔T1	KG	227	-0,24	***	59	-0,15	0,30	70	-0,34	<b>0,01**</b>	36	0,02	0,89	59	<b>-0,41</b>	***
	VG	265	<b>-0,35</b>	***	64	<b>-0,5</b>	***	73	-0,29	***	53	-0,34	***	72	-0,31	***
Heraus- forderung (FAM) T1↔T2	VG	271	0,05	0,23	67	0,09	0,32	71	0,07	0,44	57	0,05	0,54	73	0,00	0,99
Heraus- forderung (FAM) T0↔T2	VG	254	-0,28	***	60	<b>-0,47</b>	***	71	-0,20	0,07	53	-0,22	<b>0,02*</b>	67	-0,28	<b>0,01**</b>
Sachinteresse T0↔T2	VG	254	0,05	0,31	60	-0,16	0,08	71	0,17	0,06	53	0,07	0,45	67	0,10	0,30
Sachinteresse T2↔T3	VG	238	-0,12	<b>0,01**</b>	64	-0,02	0,81	61	<b>-0,38</b>	***	44	-0,02	0,86	66	-0,09	0,32
Sachinteresse T0↔T3	KG	180	-0,06	0,25	54	-0,19	<b>0,02*</b>	69	-0,10	0,28	30	0,06	0,53	24	0,20	0,39
	VG	232	-0,08	0,09	61	-0,18	0,06	62	-0,13	0,19	40	-0,08	0,50	66	0,03	0,77
Fachinteresse T0↔T2	VG	249	0,12	<b>0,01**</b>	58	-0,06	0,43	69	0,20	<b>0,02*</b>	53	0,08	0,39	66	0,19	<b>0,03*</b>
Fachinteresse T2↔T3	VG	236	-0,11	<b>0,05*</b>	64	-0,03	0,81	60	-0,24	0,07	44	-0,05	0,69	65	-0,10	0,30
Fachinteresse T0↔T3	KG	176	0,13	<b>0,04*</b>	53	-0,02	0,85	69	0,27	<b>0,01**</b>	30	0,14	0,49	21	0,10	0,67
	VG	230	0,01	0,87	60	-0,12	0,30	61	-0,02	0,58	40	0,05	0,67	66	0,11	0,20
Fachwissen T1↔T3	KG	169	-0,10	0,26	56	-0,11	0,53	57	-0,11	0,40	29	0,08	0,72	24	-0,24	0,16
	VG	249	-0,09	0,16	68	-0,21	0,16	62	0,02	0,89	45	-0,02	0,89	71	-0,16	0,23

**Tabelle 39: Mittelwertvergleiche der Kontroll- und Versuchsgruppen der Gesamtstichprobe aller Lernorte und der Lernorte einzeln zwischen den verschiedenen Messzeitpunkten T0 bis T3 für die FAM-Skalen sowie Sach- und Fachinteresse und Fachwissen (t-Test für abhängige Stichproben)**

PG= Palmengarten, SE= Senckenbergmuseum, SWH= Stadtwaldhaus, ZOO= Zoo Frankfurt,

KG= Kontrollgruppe, VG= Versuchsgruppe, df= Freiheitsgrade,

d= Effektstärke (fett ab mittlerer Effektstärke von  $d = \pm 0,35$ ), p= Irrtumswahrscheinlichkeit,

\*= signifikant mit  $p \leq 0,05$ , \*\*= hoch signifikant mit  $p \leq 0,01$ , \*\*\*= höchst signifikant mit  $p \leq 0,001$

Die Tests sollen zeigen, ob sich die gemessenen Parameter über die Messzeitpunkte verändern. In den **Kontrollgruppen** sollten sie dies idealerweise nicht, da diese „nur“ an der Führung zur Biodiversität teilgenommen haben, aber nicht am vor- und nachbereitenden Unterricht. Ein Blick auf die Gesamtstichprobe der Kontrollgruppen zeigt dennoch für den **FAM** höchst signifikante Veränderungen der Mittelwerte aller Subskalen bis auf die Misserfolgsbefürchtung zwischen dem Beginn der Messung und dem Messzeitpunkt nach der Führung. Die Erfolgswahrscheinlichkeit und das Interesse nehmen dabei mit mittlerem Effekt zu, die gefühlte Herausforderung sinkt signifikant zwischen den beiden Messzeitpunkten ab (vgl. Abbildung 21). Die Ergebnisse der einzelnen Lernorte spiegeln das der Gesamtstichprobe zum größten Teil wieder (siehe Tabelle 39). Bezüglich der **Biologieeinstellung** wurde in der Gesamtstichprobe der Kontrollgruppen lediglich ein signifikanter Unterschied zwischen T0 und T3 beim Fachinteresse gemessen, das im Lauf der Messung angestiegen ist (siehe Abbildung 22). In den einzelnen Lernorten zeigten sich ähnliche Tendenzen, die aber nur im Senckenbergmuseum signifikant waren. Das Sachinteresse veränderte sich in den einzelnen Lernorten sowohl ins Positive als auch ins Negative, immer jedoch ohne nennenswerten Effekt (siehe Tabelle 39).

Das gemessene **Fachwissen** zur Führung nahm in keinem der gemessenen Lernorte oder der Gesamtstichprobe signifikant zu (siehe Tabelle 39). Die leicht erhöhten Werte sind aber deswegen interessant, da sich der Messzeitpunkt T3 6-8 Wochen nach der letzten Intervention mit den Schülern befand, sie also nach diesem langen Zeitraum mehr Fragen richtig beantworten konnten.

Die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche der **Versuchsgruppen** über drei Messzeitpunkte sind ebenfalls in Tabelle 39 dargestellt. Für die **FAM**-Subskalen lässt sich folgendes beobachten: In der Gesamtstichprobe veränderten sich alle gemessenen Werte im Lauf der Studie signifikant, jedoch meist zwischen den Messzeitpunkten T0 und T1, also nach der Teilnahme am Unterricht und der Führung. Dabei nahmen die Misserfolgsbefürchtung ab und die Erfolgswahrscheinlichkeit und das Interesse zu. Die wahrgenommene Herausforderung der Schüler nahm zuerst ab und dann wieder etwas zu (siehe Abbildung 23). Zwischen der Teilnahme an der Führung (T1) und nach dem nachbereitenden Unterricht (T2) veränderte sich nur die Erfolgswahrscheinlichkeit statistisch signifikant, sie nahm im Lauf der Messung zu (siehe Abbildung 23). Die gemessenen Effekte waren dabei gering bis mittel (siehe Tabelle 39).

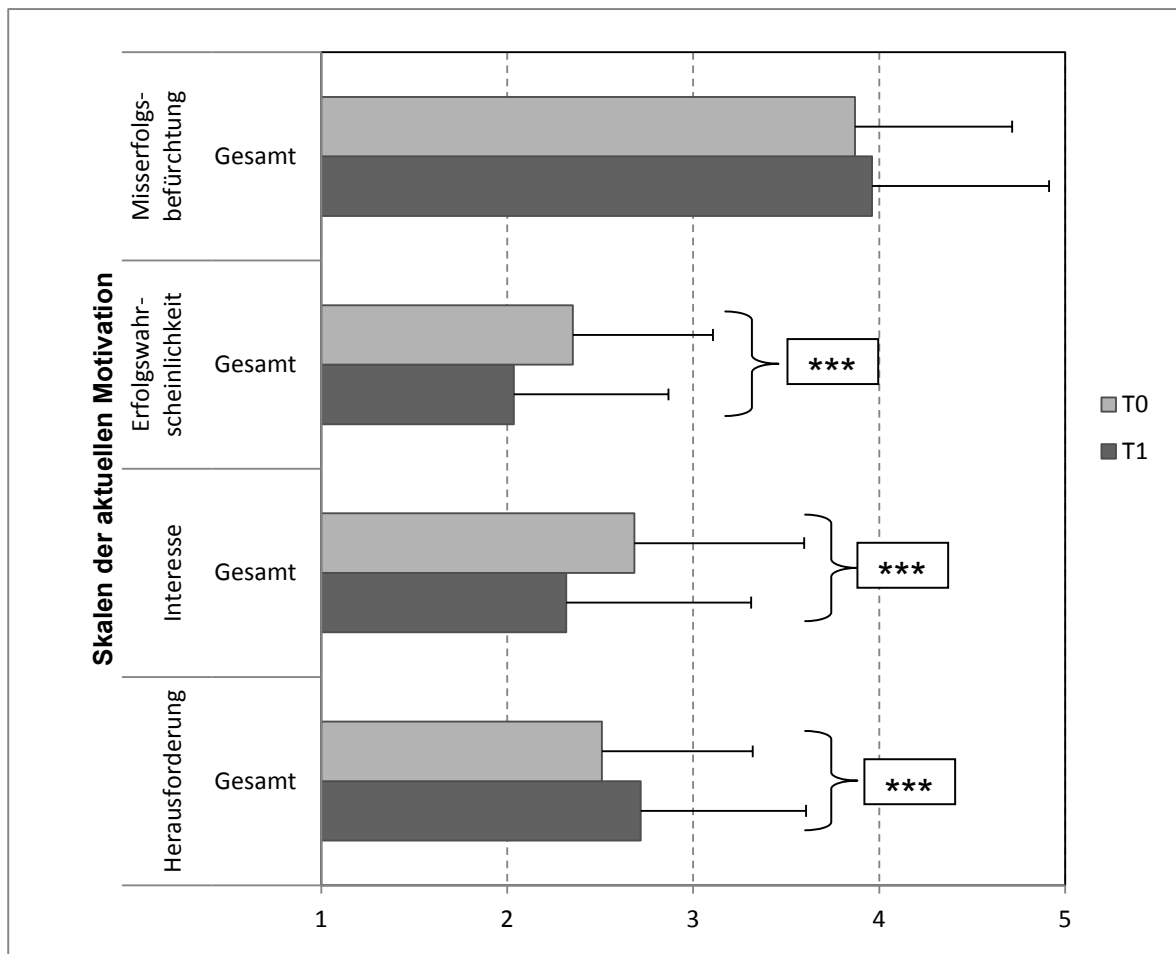
Die Ergebnisse der einzelnen Lernorte bestätigen ungefähr das der Gesamtstichprobe, im Palmengarten konnten jedoch zwei Ausnahmen beobachtet werden: Die Erfolgswahrscheinlichkeit der Schüler sank nach der Führung bei den Schülern etwas ab, stieg dann aber bis nach dem nachbereitenden Unterricht wieder signifikant an. Das Interesse an den behandelten Themen verhielt sich genauso. Es sank erst leicht ab und stieg dann nach dem Unterricht wieder (siehe Tabelle 39).

Die Subskalen der **Biologieeinstellung** veränderten sich wenig im Lauf der Messung für die Versuchsgruppen. In der Gesamtstichprobe und im Senckenbergmuseum konnte eine signifikante Abnahme des Sachinteresses zwischen T2 und T3 gemessen werden, die aber zwischen T0 und T2 auch bei den anderen Lernorten (Ausnahme Palmengarten) mit einem leichten Anstieg einherging (siehe Abbildung 24). Für das Fachinteresse lässt sich der gleiche Trend beobachten. Zwischen T0 und T2 steigt es leicht an, dann sinkt es zu T3 eher ab (siehe Abbildung 24). Für die Gesamtstichprobe, das Senckenbergmuseum und den Zoo wurden hier signifikante Unterschiede gemessen, wie in Tabelle 39 zu sehen ist. Etwas an-

dere Entwicklungen, jedoch nicht mit statistischer Relevanz wurden im Palmengarten (kontinuierliche Abnahme) und im Stadtwaldhaus (kontinuierliche Zunahme) beobachtet.

Das ermittelte **Fachwissen** der Schüler der Versuchsgruppen stieg zwischen dem Posttest I und dem Follow-up-Test in der Gesamtstichprobe und allen Lernorten leicht an. Hier konnten allerdings keine signifikanten Ergebnisse berechnet werden.

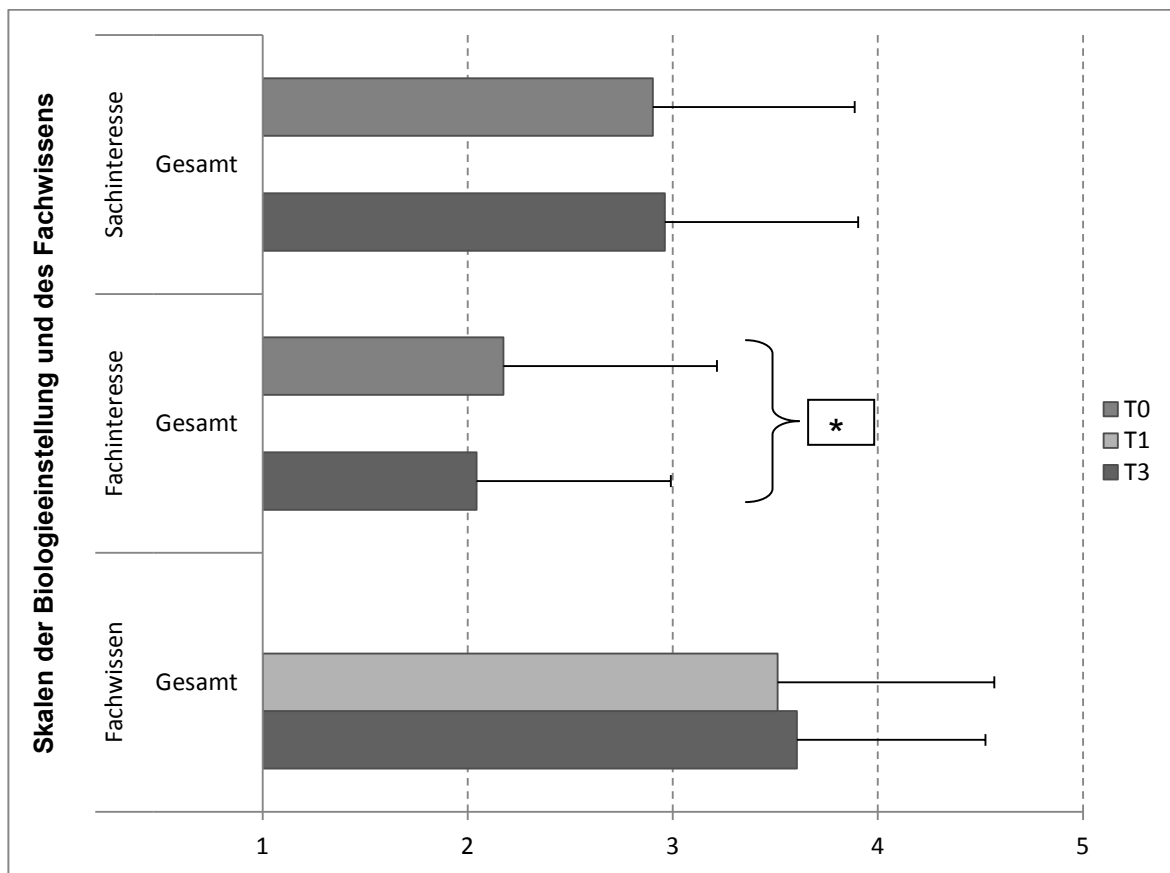
Abbildung 21 stellt die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche des FAM der Kontrollgruppen der Gesamtstichprobe graphisch dar.



**Abbildung 21: Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen des FAM der Kontrollgruppen der Gesamtstichprobe zu den Messzeitpunkten T0 und T1**

1=trifft zu, 5=trifft nicht zu, alle Items sind negativ gepolt, \*\*\*= höchst signifikant mit  $p \leq 0,001$

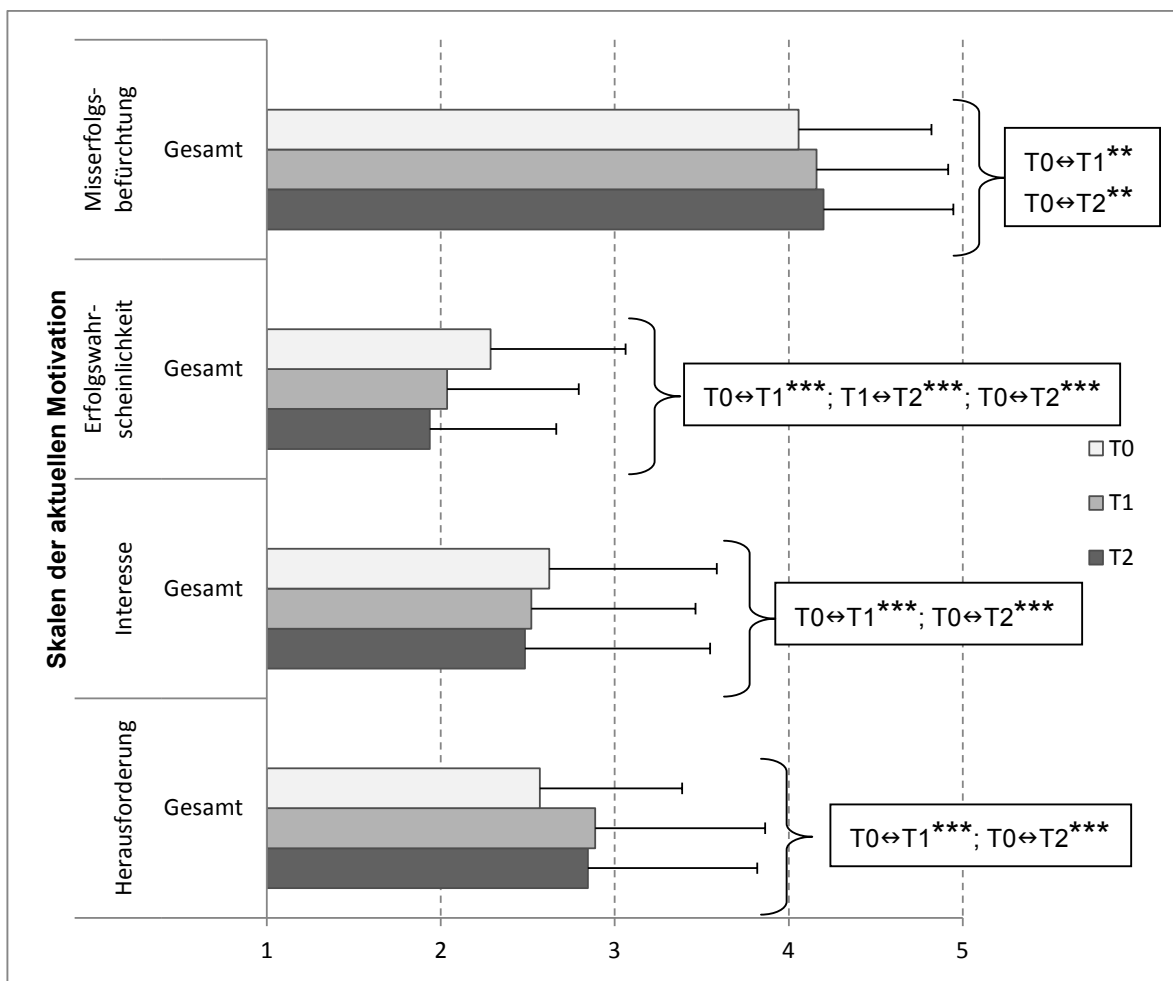
Abbildung 22 stellt die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche der Biologieeinstellung und des Fachwissens der Kontrollgruppen der Gesamtstichprobe graphisch dar.



**Abbildung 22: Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen der Biologieeinstellung und des Fachwissens der Kontrollgruppen der Gesamtstichprobe zu den Messzeitpunkten T0 bis T3**  
 Für Sach- und Fachinteresse: 1=trifft zu, 5=trifft nicht zu, alle Items sind negativ gepolt,  
 Für Fachwissen: MW der erreichten Kategorie von maximal 5, \*= signifikant mit  $p \leq 0,05$



Abbildung 23 stellt die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche des FAM der Versuchsgruppen der Gesamtstichprobe graphisch dar.

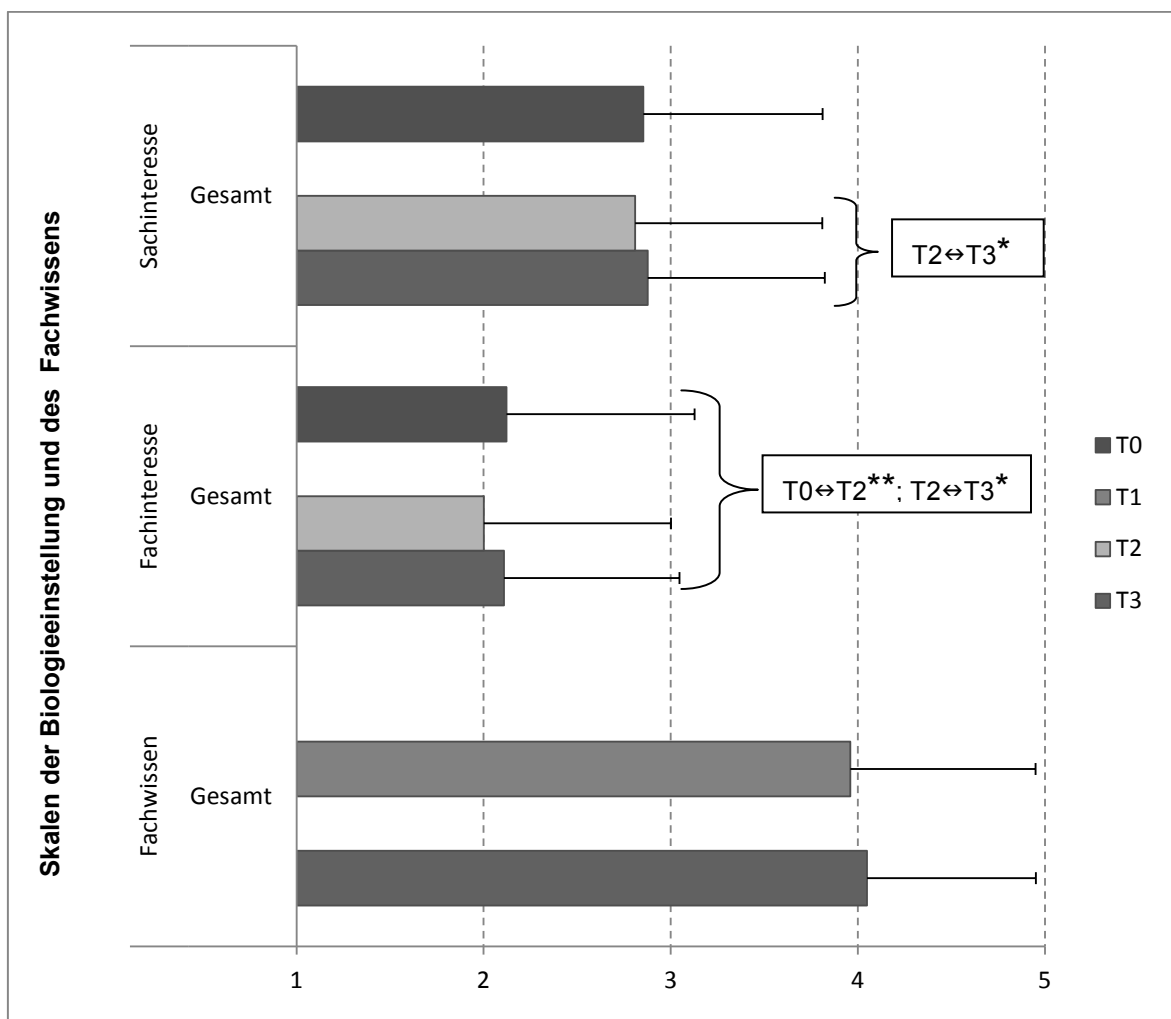


**Abbildung 23: Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen des FAM der Versuchsgruppen der Gesamtstichprobe zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2**

1=trifft zu, 5=trifft nicht zu, alle Items sind negativ gepolt,

\*\*= hoch signifikant mit  $p \leq 0,01$ , \*\*\*= höchst signifikant mit  $p \leq 0,001$

Abbildung 24 stellt die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche der Biologieeinstellung und des Fachwissens der Versuchsgruppen der Gesamtstichprobe graphisch dar.



**Abbildung 24: Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen der Biologieeinstellung und des Fachwissens der Versuchsgruppen der Gesamtstichprobe zu den Messzeitpunkten T0 bis T3**  
 Für Sach- und Fachinteresse: 1=trifft zu, 5=trifft nicht zu, alle Items sind negativ gepolt,  
 Für Fachwissen: MW der erreichten Kategorie von maximal 5,  
 \*= signifikant mit  $p \leq 0,05$ , \*\*\*= höchst signifikant mit  $p \leq 0,001$

Abschließend wurden **Mittelwertvergleiche zwischen der Kontroll- und der Versuchsgruppe** durchgeführt. Da es sich hier um unabhängige Stichproben handelt, kam der Student-t-Test zum Einsatz (Bortz & Schuster, 2010).

Ziel der Untersuchungen war es, mögliche Unterschiede der gemessenen Parameter zu den unterschiedlichen Messzeitpunkten zwischen den Kontroll- und Versuchsgruppen aufzudecken, um Aussagen über den Effekt des vor- und nachbereitenden Unterrichts treffen zu können. Idealerweise wären zu Beginn der Untersuchung (T0), da die Bedingungen für alle Schüler gleich waren, keine bedeutenden Unterschiede messbar, aber nach der Führung (T1), nach dem nachbereitenden Unterricht (T2) und eventuell auch im Posttest einige Wochen nach dem Treatment. Die Ergebnisse sind in Tabelle 40 dargestellt.

	Gesamt			PG			SE			SWH			ZOO		
	df	d	p	df	d	p	df	d	p	df	d	p	df	d	p
Misserfolgs- bef. (FAM) T0	500	0,24	<b>0,007**</b>	127	<b>0,40</b>	<b>0,03*</b>	143	0,07	0,67	92	0,02	0,93	132	<b>0,56</b>	***
Misserfolgs- bef.(FAM) T1	521	0,20	<b>0,03*</b>	136	0,31	0,07	143	-0,04	0,82	97	-0,17	0,42	139	<b>0,49</b>	***
Erfolgs- wahrsch. (FAM) T0	500	-0,07	0,42	127	-0,30	0,09	143	-0,05	0,76	92	<b>0,37</b>	0,09	132	-0,23	0,20
Erfolgs- wahrsch. (FAM) T1	521	0,02	0,82	136	-0,03	0,88	143	0,18	0,28	97	<b>1,09</b>	***	139	-0,29	0,09
Interesse (FAM) T0	500	-0,06	0,52	127	0,05	0,78	143	0,12	0,48	92	<b>0,35</b>	0,11	132	<b>-0,38</b>	<b>0,03*</b>
Interesse (FAM) T1	521	0,19	<b>0,03*</b>	136	0,33	0,06	143	-0,09	0,59	97	<b>0,82</b>	***	139	-0,20	0,24
Herausforde- rung (FAM) T0	500	0,08	0,37	127	-0,03	0,68	143	-0,27	0,10	92	-0,01	0,96	132	0,07	0,68
Herausforde- rung (FAM) T1	521	0,18	<b>0,04*</b>	136	0,32	0,07	143	-0,28	0,10	97	0,31	0,14	139	-0,06	0,73
Sach- interesse T0	499	-0,05	0,62	127	0,14	0,44	143	0,06	0,70	92	0,12	0,58	131	-0,29	0,10
Sach- interesse T3	438	-0,11	0,27	128	0,12	0,51	131	0,12	0,49	77	0,15	0,52	96	-0,20	0,40
Fach- interesse T0	491	0,00	0,98	124	0,05	0,78	142	0,08	0,63	92	-0,06	0,78	127	0,14	0,43
Fach- interesse T3	438	0,10	0,32	128	0,23	0,19	131	-0,13	0,45	77	-0,11	0,63	96	<b>0,44</b>	0,08
Betreuung/ Atmosphäre T1	520	0,12	0,16	136	-0,01	0,96	143	-0,25	0,14	97	<b>0,94</b>	<b>&lt;0,001***</b>	138	-0,34	<b>0,04*</b>
Verständlich- keit T1	521	-0,03	0,71	136	-0,11	0,53	143	0,20	0,23	97	<b>0,85</b>	<b>&lt;0,001***</b>	139	-0,32	0,06
Zusammenar- beit T1	518	0,30	***	135	0,26	0,13	142	<b>-0,55</b>	***	97	<b>0,44</b>	<b>0,03*</b>	138	0,00	0,99
Fachwissen T1	509	0,28	<b>&lt;0,002**</b>	136	<b>0,69</b>	***	131	-0,01	0,93	97	-0,30	0,18	139	<b>0,46</b>	<b>0,01**</b>
Fachwissen T3	438	<b>0,41</b>	***	128	<b>0,83</b>	***	131	0,07	0,71	77	-0,14	0,54	96	<b>0,88</b>	***
Interessens- handlung T3	438	-0,11	0,27	126	0,01	0,98	131	0,22	0,21	77	<b>0,55</b>	<b>0,02*</b>	96	-0,32	0,19
Biologienote	454	-0,01	0,94	127	0,29	0,10	125	-0,07	0,91	92	-0,61	***	105	-0,12	0,53

**Tabelle 40: Mittelwertvergleiche zwischen Versuchs- und Kontrollgruppen der Gesamtstichprobe aller Lernorte und der Lernorte einzeln an den verschiedenen Messzeitpunkten T0, T1 und T3 für die FAM-Skalen sowie weitere gemessenen Skalen (Student-t-Test für unabhängige Stichproben)**

PG= Palmengarten, SE= Senckenbergmuseum, SWH= Stadtwaldhaus, ZOO= Zoo Frankfurt, df= Freiheitsgrade, d= Effektstärke (**fett** ab mittlerer Effektstärke von  $d=\pm 0,35$ ), p= Irrtumswahrscheinlichkeit, \*= signifikant mit  $p\leq 0,05$ , \*\*= hoch signifikant mit  $p\leq 0,01$ , \*\*\*= höchst signifikant mit  $p\leq 0,001$

Zum Messzeitpunkt **T0**, also zu Beginn der Studie, zeigen sich für den **FAM** wenige signifikante Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppen. Bezüglich der Misserfolgsbefürchtung der Schüler wurden signifikante Unterschiede für die Gesamtstichprobe, den Palmengarten und den Zoo mit geringem bzw. mittlerem Effekt berechnet (siehe Tabelle 40). Dabei ist die durchschnittliche Misserfolgsbefürchtung in der Versuchsgruppe jeweils geringer (siehe auch Abbildung 25). Desweiteren ergab sich für das Interesse im Zoo für die Versuchsgruppe ein signifikant höherer Mittelwert mit mittlerem Effekt. Im Stadtwaldhaus zeigte

dagegen die Kontrollgruppe ein höheres Interesse mit mittlerem Effekt, allerdings keiner statistischen Signifikanz.

Für die Skalen der **Biologieeinstellung** zeigen sich weder für das Sach- noch das Fachinteresse zum Zeitpunkt T0 signifikante Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe, wie dies in Abbildung 27 dargestellt ist.

Auch die durchschnittliche **Biologienote** der Gesamtstichprobe unterschied sich kaum zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe, lediglich bei der Studie im Stadtwaldhaus schnitt die Kontrollgruppe signifikant schlechter ab (siehe Tabelle 40).

Die wenigen Unterschiede bezüglich aller gemessenen Parameter unterstreichen die gewünschte Voraussetzung, dass Kontroll- und Versuchsgruppe unter ähnlichen Bedingungen in die Studie gingen.

Zum Messzeitpunkt **T1**, also direkt nach Teilnahme an den Biodiversitätsführungen, füllten die Schüler noch einmal den beinahe identischen Fragebogen aus. Die Versuchsgruppen hatten mittlerweile schon die vorbereitende Unterrichtseinheit und die Führung durchlaufen, während die Kontrollgruppen nur an der Führung partizipiert hatten. Die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche für den **FAM** sind in Tabelle 40 und Abbildung 26 dargestellt. Für die Misserfolgsbefürchtung zeigten sich für die Werte der Gesamtstichprobe und im Zoo signifikante Unterschiede, hier hatte die Versuchsgruppe eine wesentlich geringere Angst vor dem Versagen als die Kontrollgruppe (im Zoo mittlerer Effekt). Für den Palmengarten ergab sich ein geringer Effekt ohne statistische Signifikanz. Die Erfolgswahrscheinlichkeit lag lediglich im Stadtwaldhaus zwischen den Gruppen signifikant auseinander, die Versuchsgruppe zeigte hier eine höchst signifikant größere Wahrscheinlichkeit auf Erfolg mit großem Effekt. Bezüglich des Interesses an den behandelten Themen zeigte sich für die Gesamtstichprobe ein signifikanter Unterschied und auch für das Stadtwaldhaus mit hohem Effekt, die Kontrollgruppe wies hier ein höheres Interesse auf. Dies galt auch in geringerem Maße für die anderen Lernorte mit Ausnahme des Zoos, in dem die Versuchsgruppe ein höheres Interesse zeigte. Für die wahrgenommene Herausforderung der Schüler ergab sich ein höchst signifikanter Unterschied für die Gesamtstichprobe. Auch für die einzelnen Lernorte zeigt sich der Trend (geringe Effekte), dass sich die Versuchsgruppe, wieder mit Ausnahmen des Zoos, etwas weniger herausgefordert fühlte als die Kontrollgruppe.

Für die Skalen der **wahrgenommenen Unterrichtsvariablen**, die ebenfalls zum Messzeitpunkt T1 erfasst wurden, zeigt sich, dass die Subskala Betreuung/Atmosphäre von den Schülern im Stadtwaldhaus gegensätzlich zum Zoo beurteilt wurde. Im Stadtwaldhaus schätzte die Kontrollgruppe die Betreuung signifikant kompetenter ein, im Zoo dagegen die Versuchsgruppe (siehe Tabelle 40). Die Verständlichkeit wurde lediglich im Stadtwaldhaus signifikant unterschiedlich beurteilt, hier hatte die Kontrollgruppe eher das Gefühl, den Inhalten und Zielen der Führung folgen zu können. Im Zoo dagegen zeigte sich ein leichter Effekt in die andere Richtung, hier schätzte die Versuchsgruppe die Verständlichkeit besser ein. Die Möglichkeit zur Zusammenarbeit mit den Mitschülern wurde an allen Lernorten von der Versuchsgruppe als geringer eingeschätzt, in der Gesamtstichprobe, im Senckenbergmuseum und Stadtwaldhaus spiegelte sich dies durch signifikante Ergebnisse mit mittlerem Effekt wieder (siehe Abbildung 28 und Tabelle 40).

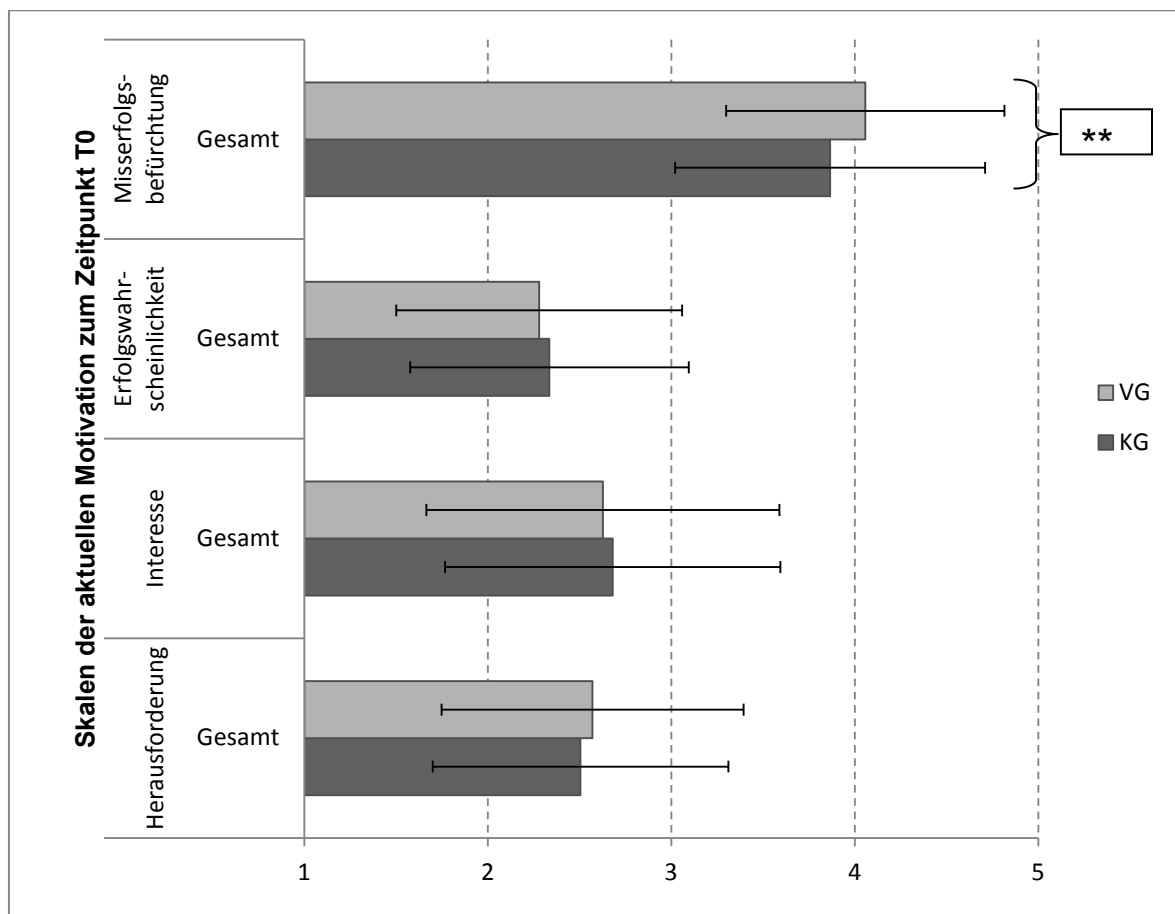
Ein weiterer Parameter, der zum Messzeitpunkt T1 zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe verglichen wurde, war das in der Führung erworbene **Fachwissen**. In der Gesamtstichprobe und an fast allen Lernorten mit Ausnahme des Stadtwaldhauses lag die mittlere erreichte Punktzahl in der Versuchsgruppe höher als in der Kontrollgruppe. In der Gesamtstichprobe, im Palmengarten und Zoo schlägt sich dies auch durch statistische Signifikanzen nieder (siehe auch Abbildung 29).

Am zweiten Messzeitpunkt des **Fachwissens**, dem Follow-up-Test 6 bis 8 Wochen nach der letzten Intervention (**T3**) spiegelt sich dasselbe Ergebnis, es finden sich keine weiteren Unterschiede. Interessant zu beobachten ist jedoch, dass die Mittelwerte leicht angestiegen sind (siehe auch Abbildung 29).

Im Follow-up-Test wurde auch noch einmal die **Biologieeinstellung** abgefragt. In Abbildung 27 lässt sich erkennen, dass sich zu diesem Messzeitpunkt ebenso wie zu T0 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kontroll- und Versuchsgruppen der Gesamtstichprobe heraus differenzierten. Allein im Zoo ergab sich für das Fachinteresse ein mittlerer Effekt, wobei die Kontrollgruppe ein höheres mittleres Fachinteresse aufweist (siehe Tabelle 40).

Zuletzt wurde noch die Skala **Interessenshandlung** eingesetzt, in der überprüft wurde, inwieweit sich die Schüler über die Studie hinaus mit den behandelten Inhalten beschäftigten. Hier lässt sich erkennen, dass die Schüler der Versuchsgruppe des Senckenbergmuseums und des Zoos (geringer Effekt) öfter die Fragen mit „stimme zu“ als die der Kontrollgruppe ankreuzten. In der Gesamtstichprobe und im Stadtwaldhaus dagegen zeigte die Kontrollgruppe mehr Engagement über die schulische Beschäftigung hinaus. Der Effekt im Stadtwaldhaus war signifikant mit mittlerem Effekt (siehe Tabelle 40). Im Palmengarten gab es keinen Unterschied zwischen den Gruppen.

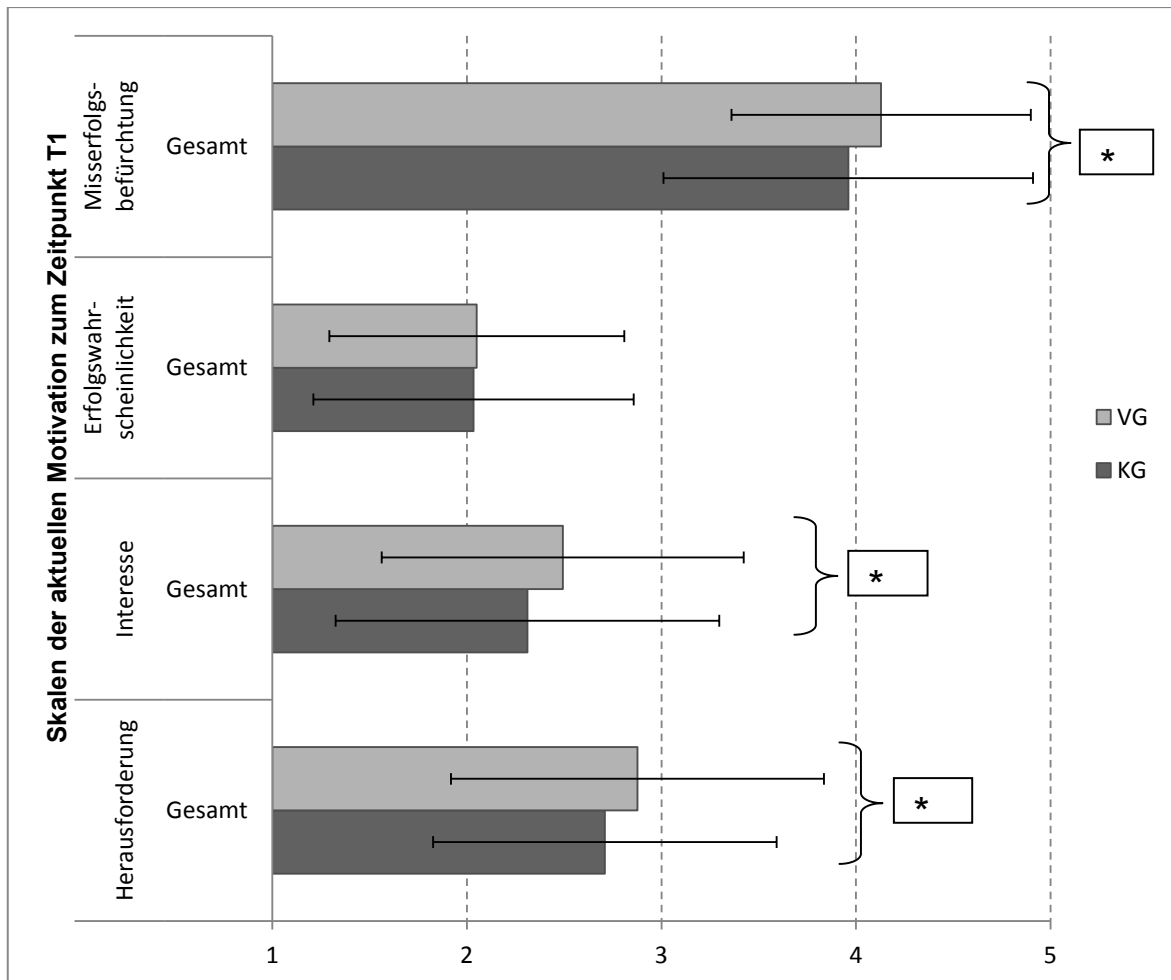
Abbildung 25 stellt die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche des FAM zwischen Kontroll- und Versuchsgruppen der Gesamtstichprobe zum Messzeitpunkt T0 graphisch dar.



**Abbildung 25: Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen des FAM der Versuchs- und Kontrollgruppen der Gesamtstichprobe zum Messzeitpunkt T0**

KG= Kontrollgruppe, VG= Versuchsgruppe, 1= trifft zu, 5= trifft nicht zu, **alle Items sind negativ gepolt**, \*\*= hoch signifikant mit  $p \leq 0,01$

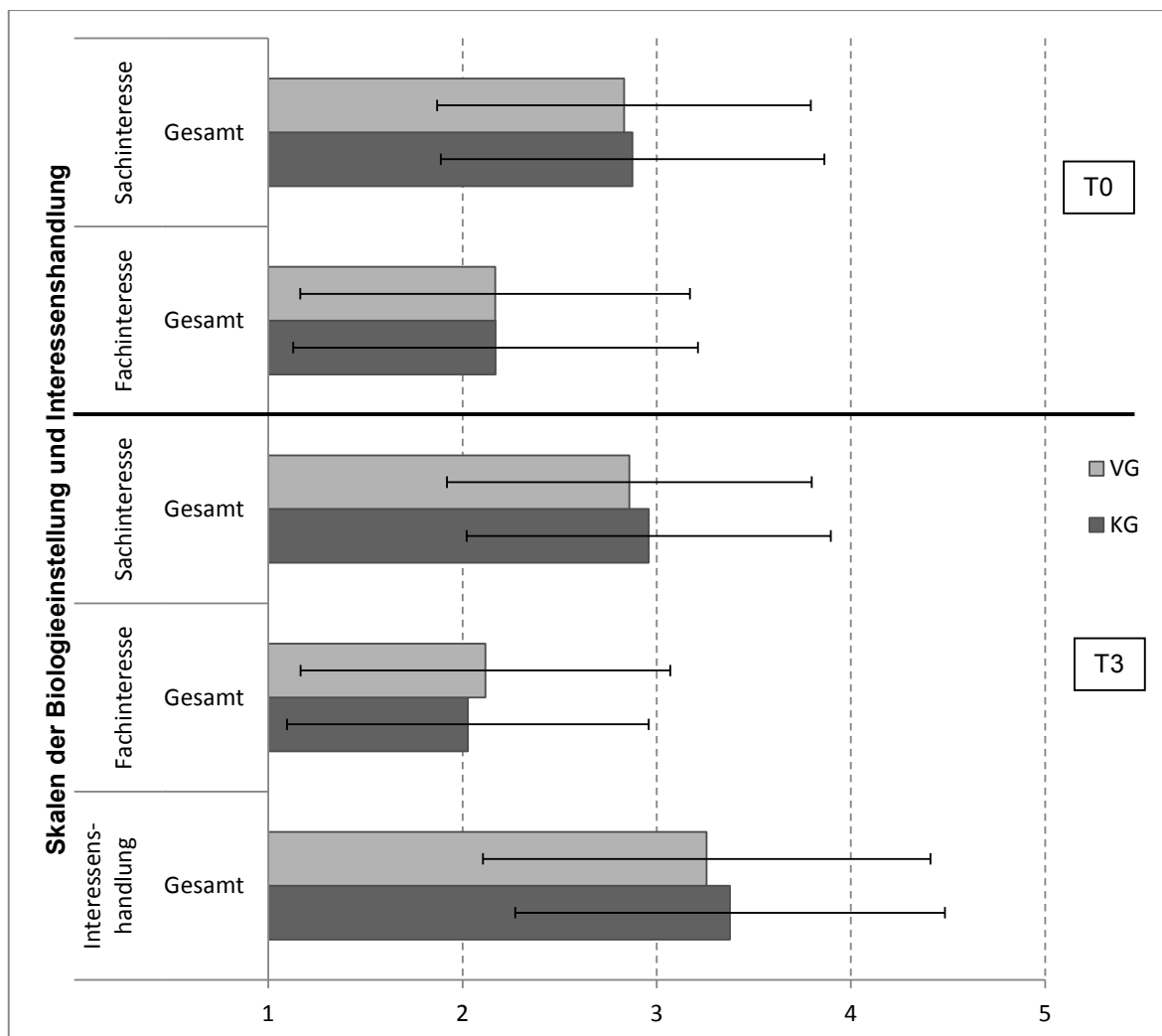
Abbildung 26 zeigt die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche zwischen Versuchs- und Kontrollgruppen zum Messzeitpunkt T1 des FAM.



**Abbildung 26: Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen des FAM der Versuchs- und Kontrollgruppen der Gesamtstichprobe zum Messzeitpunkt T1**

KG= Kontrollgruppe, VG= Versuchsgruppe, 1= trifft zu, 5= trifft nicht zu, alle Items sind negativ gepolt, \*= signifikant mit  $p \leq 0,05$ ,

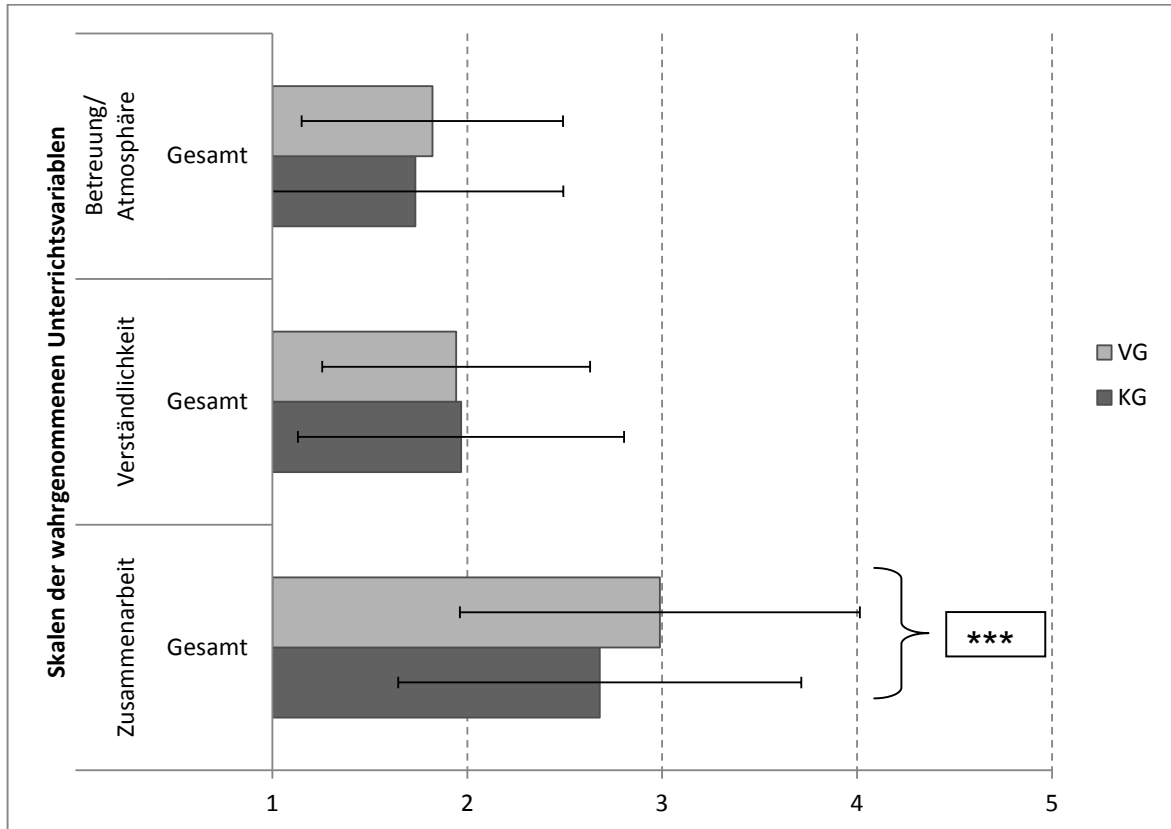
In der folgenden Abbildung 27 sind die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche zwischen Versuchs- und Kontrollgruppen der Biologieeinstellung und der Interessenshandlung dargestellt.



**Abbildung 27: Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen der Biologieeinstellung und der Interessenshandlung der Versuchs- und Kontrollgruppen der Gesamtstichprobe zu den Messzeitpunkten T0 bzw. T3**

*KG= Kontrollgruppe, VG= Versuchsgruppe, 1= trifft zu, 5= trifft nicht zu, alle Items sind negativ gepolt*

In folgender Abbildung sind die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche zwischen Versuchs- und Kontrollgruppen der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen zum Messzeitpunkt T1 dargestellt:

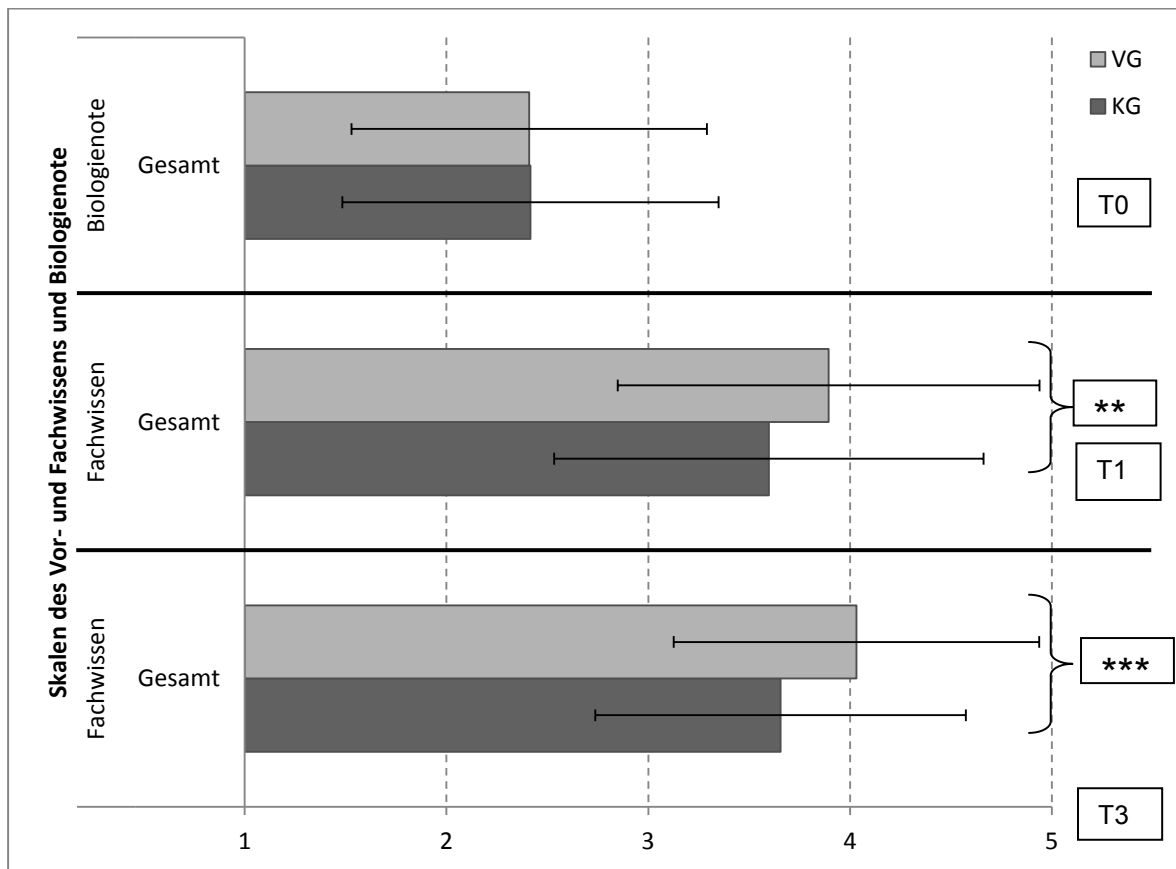


**Abbildung 28: Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen der Versuchs- und Kontrollgruppen der Gesamtstichprobe zum Messzeitpunkt T1**

KG= Kontrollgruppe, VG= Versuchsgruppe, 1= trifft zu, 5= trifft nicht zu, **alle Items sind negativ gepolt**, \*\*\*= höchst signifikant mit  $p \leq 0,001$



In folgender Abbildung sind die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche zwischen Versuchs- und Kontrollgruppen der Biologienote und des Fachwissens dargestellt.



**Abbildung 29: Mittelwerte und Standardabweichungen der Biologienote und des Fachwissens der Versuchs- und Kontrollgruppen der Gesamtstichprobe zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T3**

KG= Kontrollgruppe, VG= Versuchsgruppe, Biologienote: 1= sehr gut, 5= mangelhaft, Fachwissen: MW der erreichten Kategorie von maximal 5, \*\*= hoch signifikant mit  $p \leq 0,01$ , \*\*\*= höchst signifikant mit  $p \leq 0,001$

### 4.2.3 Varianzanalysen

Mithilfe der **Varianzanalyse** wurden **zusätzliche Mittelwertvergleiche mit dem Faktor Gruppe** (Versuchs- oder Kontrollgruppe) **unter dem Aspekt der Zeit** (Messwiederholungen) berechnet. Tabelle 41 zeigt die Ergebnisse der univariaten Varianzanalyse mit Messwiederholung für die Gesamtstichproben aller Lernorte und die Lernorte einzeln (Börtz & Schuster, 2010).

		Zeit		Gruppe (KG bzw. VG)		Zeit * Gruppe	
		F(df, df_Fehler)	p	p	F(df, df_Fehler)	F(df, df_Fehler)	p
<b>Misserfolgs- befürchtung (FAM) T0 ↔ T1</b>	<b>Gesamt</b>	(1,492)= 8,24	***	(1)= 8,34	***	(1,492)= 0,027	0,87
	<b>PG</b>	(1,123)= 1,13	0,28	(1)= 6,23	<b>0,01**</b>	(1,123)= 0,00	0,97
	<b>SE</b>	(1,143)=11,83	***	(1)= 0,01	0,90	(1,143)= 0,53	0,47
	<b>SWH</b>	(1,89)= 4,00	<b>0,05*</b>	(1)= 0,11	0,75	(1,89)= 0,42	0,52
	<b>ZOO</b>	(1,131)= 0,10	0,92	(1)= 11,70	<b>0,01**</b>	(1,131)= 0,35	0,85
<b>Erfolgswahrschein- lichkeit (FAM) T0 ↔ T1</b>	<b>Gesamt</b>	(1,492)= 61,72	***	(1)= 0,31	0,58	(1,492)= 0,86	0,35
	<b>PG</b>	(1,123)= 0,35	0,553	(1)= 1,99	0,16	(1,123)= 1,58	0,21
	<b>SE</b>	(1,143)= 51,98	***	(1)= 0,24	0,63	(1,143)= 1,65	0,2
	<b>SWH</b>	(1,89)= 18,00	***	(1)= 13,05	***	(1,89)= 8,50	<b>0,01**</b>
	<b>ZOO</b>	(1,131)= 17,03	***	(1)= 2,50	0,12	(1,131)= 0,09	0,77
<b>Interesse (FAM) T0 ↔ T1</b>	<b>Gesamt</b>	(1,492)= 50,17	***	(1)= 0,81	0,37	(1,492)= 15,94	***
	<b>PG</b>	(1,123)= 1,37	0,24	(1)= 1,370	0,24	(1,123)= 6,27	<b>0,01**</b>
	<b>SE</b>	(1,143)= 33,84	***	(1)= 0,00	0,95	(1,143)=2,46	0,11
	<b>SWH</b>	(1,89)= 20,67	***	(1)= 8,83	***	(1,89)=7,82	<b>0,01**</b>
	<b>ZOO</b>	(1,131)= 8,29	<b>0,01**</b>	(1)= 2,86	0,09	(1,131)= 2,15	0,15
<b>Herausforderung (FAM) T0 ↔ T1</b>	<b>Gesamt</b>	(1,492)= 55,41	***	(1)= 2,62	0,11	(1,492)= 2,45	0,12
	<b>PG</b>	(1,123)= 13,64	***	(1)= 0,79	0,38	(1,123)= 4,23	<b>0,04*</b>
	<b>SE</b>	(1,143)= 19,14	***	(1)= 3,35	0,07	(1,143)=0,02	1,00
	<b>SWH</b>	(1,89)= 4,24	<b>0,04*</b>	(1)= 0,49	0,49	(1,89)=5,17	<b>0,03*</b>
	<b>ZOO</b>	(1,131)= 19,75	***	(1)= 0,01	0,94	(1,131)=0,77	0,38
<b>Sachinteresse T0 ↔ T3</b>	<b>Gesamt</b>	(1,412)=4,06	<b>0,05*</b>	(1)= 1,30	0,26	(1,412)=0,08	0,79
	<b>PG</b>	(1,115)= 8,98	<b>0,003**</b>	(1)= 1,02	0,32	(1,115)= 0,025	0,87
	<b>SE</b>	(1,131)= 2,90	0,09	(1)= 0,61	0,44	(1,131)= 0,02	0,88
	<b>SWH</b>	(1,70)= 0,02	0,90	(1)= 0,05	0,83	(1,70)= 0,89	0,38
	<b>ZOO</b>	(1,90)= 1,09	0,30	(1)= 1,70	0,20	(1,90)= 0,58	0,45
<b>Fachinteresse T0 ↔ T3</b>	<b>Gesamt</b>	(1,406)=2,84	0,09	(1)= 0,01	0,92	(1,406)=2,16	0,14
	<b>PG</b>	(1,113)= 0,74	0,39	(1)= 80	0,37	(1,113)= 0,35	0,56
	<b>SE</b>	(1,130)= 2,12	0,15	(1)= 0,36	0,85	(1,130)= 3,06	0,08
	<b>SWH</b>	(1,70)= 0,72	0,40	(1)= 1,12	0,29	(1,70)= 0,13	0,73
	<b>ZOO</b>	(1,87)= 1,12	0,29	(1)= 4,06	0,05*	(1,87)= 0,01	0,91
<b>Fachwissen T1 ↔ T3</b>	<b>Gesamt</b>	(1,418)=3,16	0,07	(1)= 30,16	***	(1,418)=0,00	0,95
	<b>PG</b>	(1,124)= 1,92	0,17	(1)= 34,82	***	(1,124)= 0,12	0,74
	<b>SE</b>	(1,119)= 0,21	0,65	(1)= 0,03	0,86	(1,119)= 0,44	0,51
	<b>SWH</b>	(1,74)= 0,03	0,86	(1)= 0,59	0,45	(1,74)= 0,13	0,72
	<b>ZOO</b>	(1,95)= 3,64	0,06	(1)= 23,56	***	(1,95)= 0,49	0,49

**Tabelle 41:** Ergebnisse der **Varianzanalyse zwischen Versuchs- und Kontrollgruppen an den verschiedenen Messzeitpunkten** für die FAM-Skalen sowie Sach- und Fachinteresse und Fachwissen (Univariate Varianzanalyse mit Messwiederholung)

PG= Palmengarten, SE= Senckenbergmuseum, SWH= Stadtwaldhaus, ZOO= Zoo Frankfurt, KG= Kontrollgruppe, VG= Versuchsgruppe, F= Prüfgröße F, df= Freiheitsgrade,

df\_Fehler = Fehler der Freiheitsgrade, p= Irrtumswahrscheinlichkeit,

\*= signifikant mit  $p \leq 0,05$ , \*\*= hoch signifikant mit  $p \leq 0,01$ , \*\*\*= höchst signifikant mit  $p \leq 0,001$

Bezüglich des **FAM** zeigt sich, dass der Faktor Zeit für die Subskala **Misserfolgsbefürchtung** höchst signifikante bzw. signifikante Auswirkungen in der Gesamtstichprobe sowie im Senckenbergmuseum und Stadtwaldhaus hatte. Das bedeutet, dass sich die Mittelwerte zwischen den Messzeitpunkten messbar verändert haben. Die Gruppenzugehörigkeit in Versuchs- oder Kontrollgruppe spielte bei der Gesamtstichprobe dabei auch eine Rolle, jedoch

nicht im Senckenbergmuseum und Stadtwaldhaus. Genau umgekehrt verhält es sich mit den Lernorten Palmengarten und Zoo: Hier spielt die Gruppe eine Rolle und beeinflusste das Ergebnis für die Misserfolgsbefürchtung, nicht aber der Messzeitpunkt. Der kombinierte Faktor Zeit\*Gruppe hatte weder in der Gesamtstichprobe noch an einem der Lernorte einen Einfluss.

Bezüglich der **Erfolgswahrscheinlichkeit** zeigen sich höchst signifikante Effekte beim Faktor Zeit für die Gesamtstichprobe und fast alle Lernorte. Einzig im Stadtwaldhaus spielt auch die Gruppenzugehörigkeit und die Kombination aus beiden Faktoren eine Rolle. Hier wurde die Einschätzung der Schüler auf ihren Lernerfolg also sowohl vom Messzeitpunkt und als auch Gruppenzugehörigkeit beeinflusst und es konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden (siehe auch Tabelle 40).

Auch das **Interesse** an den behandelten Themen zeigt sich in der Gesamtstichprobe und an den Lernorten Senckenbergmuseum, Stadtwaldhaus und Zoo vom Messzeitpunkt beeinflusst, aber wieder nur im Stadtwaldhaus auch von der Gruppe. Der Faktor Zeit\*Gruppe veränderte sich höchst bzw. hoch signifikant für die Gesamtstichprobe, den Palmengarten und das Stadtwaldhaus.

Die von den Schülern wahrgenommene **Herausforderung** während der Studie wurde in der Gesamtstichprobe und an allen vier Lernorten signifikant bis höchst signifikant durch die Zeit beeinflusst. Im Palmengarten und im Stadtwaldhaus gab es jeweils auch einen messbaren Effekt des Faktors Zeit\*Gruppe.

Wie auch schon die Mittelwertvergleiche zeigten, gab es im Lauf der Studie nur recht geringe Schwankungen bezüglich der Subskalen der **Biologieeinstellung**. Das Sachinteresse der Schüler an biologischen Themen allgemein wurde in der Gesamtstichprobe und im Palmengarten von der Zeit beeinflusst. Das Fachinteresse am Schulfach Biologie wurde nur im Zoo unterschiedlich eingeschätzt, hier gab es einen signifikanten Unterschied zwischen der Versuchs- und Kontrollgruppe (siehe Tabelle 40).

Das erhobene **Fachwissen** zeigte gruppenspezifische Unterschiede für die Gesamtstichprobe, den Palmengarten und den Zoo, wie dies auch durch die Mittelwertvergleiche berechnet wurde (siehe Tabelle 40).

### 4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse der statistischen Untersuchungen der Gesamtstichprobe und aller Lernorte einzeln zusammengefasst:

Die **Gesamtstichprobe** aller Schüler aller Lernorte besteht aus insgesamt 523 Schülern, wobei die Kontrollgruppe sich aus 237 Schülern und die Versuchsgruppe sich aus 286 Schülern zusammensetzt. Das Geschlechterverhältnis ist insgesamt leicht zugunsten der weiblichen Schüler verschoben (59,6%). Das durchschnittliche Alter der Schüler betrug 12,46 Jahre. Den größten Anteil machten Schüler der 6. und 9. Klasse aus, bezüglich der Schulart stammten die meisten Schüler von Realschulen. Die durchschnittliche Biologienote unterschied sich nicht zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe. Die Gesamtstichprobe weist eine leicht inhomogene Zusammensetzung auf, was aber auch im Sinne der Studie ist. Die entwickelten und getesteten Arbeitsmaterialien sollen für die gesamte Bandbreite der Klassenstufen 5 bis 9 und alle Schularten geeignet sein und wurden daher möglichst breitgefächert eingesetzt (siehe Tabelle 28).

In die statistische Auswertung der Fragebögen ging das abgefragte **Vorwissen** der Schüler zum Thema Biodiversität nicht mit ein. Nur 20,2% aller befragten Schüler hatten den

Begriff Biodiversität schon einmal gehört (siehe Tabelle 29), 40,4% ordneten ihn anschließend der Kategorie „Natur/Tiere/Pflanzen/ Lebewesen/Ökologie/Umwelt- und Naturschutz“ zu (siehe Tabelle 30).

Die zu Beginn der statistischen Auswertung vorgenommenen Korrelationen sollen zeigen, inwieweit die untersuchte **aktuelle Motivation** der Schüler von anderen Messparametern beeinflusst wird. Zum Messzeitpunkt T0 zu Beginn der Studie zeigt sich für alle vier Subskalen des FAM kein Einfluss der Lernorte, der Gruppe, des Geschlechts oder der Schulart. Lediglich die Misserfolgsbefürchtung bildet mit einer signifikanten, aber sehr geringen Korrelation mit der Schulart eine Ausnahme. Einzelne gemessene Korrelationen mit der Klassenstufe, der Biologienote, dem Sach- und Fachinteresse bewegen sich im sehr geringen bis geringen Bereich (siehe Tabelle 37).

Wie erwartet wurde auch zum Zeitpunkt T1 direkt nach der Teilnahme an der Führung kein Einfluss des Lernorts und einiger soziodemographischer Faktoren wie Geschlecht, Biologienote und Schulart auf die FAM-Subskalen für die Gesamtstichprobe festgestellt. Geringe bis mittlere Korrelationen wurden für die Klassenstufe, die Biologienote und die Unterrichtsvariablen gemessen. Auffällig ist, dass die Gruppe (KG oder VG), in der die Schüler waren, nicht mit den FAM-Subskalen korreliert (siehe Tabelle 38). Dies sollte allerdings nach der unterschiedlichen Behandlung der Schüler (vorbereitender Unterricht oder nicht) eigentlich der Fall sein.

Die Mittelwertvergleiche der Kontroll- und Versuchsgruppe getrennt zeigen, dass sich die Skalen der aktuellen Motivation zwischen den Messzeitpunkten sowohl in der Kontrollgruppe als auch in der Versuchsgruppe signifikant zwischen den Messzeitpunkten verändern (Ausnahme Misserfolgsbefürchtung) (siehe Tabelle 39, Abbildung 21, Abbildung 23). Dies zeigt, dass die Intervention (Führung) an sich, unabhängig ob mit oder ohne Vorbereitung, Effekte auf die aktuelle Motivation der Schüler hat. Dabei sank die Misserfolgsbefürchtung, die Erfolgswahrscheinlichkeit und das Interesse nahmen zu und die Herausforderung sank erst ab und nahm dann in der Versuchsgruppe wieder zu. Die Mittelwertvergleiche zwischen der Kontroll- und Versuchsgruppe (siehe Tabelle 40) sollten erwartungsgemäß zum Messzeitpunkt T0 keine signifikanten Unterschiede aufweisen. Dies ist auch bei drei FAM-Subskalen der Fall, lediglich die Misserfolgsbefürchtung wurde in der Versuchsgruppe signifikant geringer gemessen als in der Kontrollgruppe, jedoch ohne nennenswerten Effekt (siehe Abbildung 25). Zum Messzeitpunkt T1, also nach unterschiedlicher Behandlung beider Gruppen, wurden gemessene Unterschiede erwartet. Hier wurden für die Versuchsgruppe eine hoch signifikant geringere Misserfolgsbefürchtung und auch ein höchst signifikant geringeres Interesse und Herausforderung, jeweils mit mittlerem Effekt, gemessen (siehe Abbildung 26). Dies ist ein unerwartetes Ergebnis, da hier die Kontrollgruppe von der Führung eher positiv bezüglich der Motivation beeinflusst scheint als die Versuchsgruppe, die noch zusätzlichen Unterricht erhielt. Auch die Werte der Varianzanalyse bestätigen, dass der Zeitverlauf einen höheren Einfluss auf die aktuelle Motivation der Schüler hatte als die Gruppenzugehörigkeit. Wie in den Mittelwertvergleichen auch spielt die Gruppenzugehörigkeit lediglich bei der Misserfolgsbefürchtung eine Rolle (siehe Tabelle 41).

Die Skalen der **Biologieeinstellung** veränderten sich sowohl in der Kontroll- als auch in der Versuchsgruppe über die Zeit leicht. Das Sach- und Fachinteresse schwankte über den Messzeitraum, in der Versuchsgruppe nahm es zuerst zu und dann ab. In der Kontrollgruppe nahm es leicht zu (siehe Tabelle 39, Abbildung 22, Abbildung 24). Zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe gab es dabei allerdings keine signifikanten Unterschiede (siehe Tabelle 40, Abbildung 27). Die Ergebnisse werden durch die Varianzanalyse bestätigt (siehe Tabelle 41).

Das getestete **Fachwissen** wies bei den Mittelwertvergleichen weder in der Versuchs- noch in der Kontrollgruppe eine signifikante Änderung zwischen den Messzeitpunkten T1 und T3 auf (siehe Tabelle 39). Tendenziell konnten aber zum späteren Zeitpunkt T3 mehr Fragen von den Schülern beantwortet werden. Der Vergleich zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe ergab bei den Mittelwertvergleichen an beiden Messzeitpunkten T1 und T3 und der Varianzanalyse hoch bis höchst signifikante Ergebnisse, die Versuchsgruppe schnitt dabei jeweils besser ab (siehe Tabelle 40, Abbildung 29, Tabelle 41).

Der Vergleich der **wahrgenommenen Unterrichtsvariablen** zeigte für die Versuchsgruppe signifikant niedrigere Werte für die Zusammenarbeit, auch die Betreuung und die Verständlichkeit waren geringer, jedoch nicht im signifikanten Ausmaß (siehe Tabelle 40, Abbildung 28). Die **Interessenshandlung** und die **Biologienote der Schüler** zeigten bei den Mittelwertvergleichen keine bedeutenden Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe (siehe Tabelle 40).

Die mit der Biodiversitätsführung in den Lernorten abgestimmten **Arbeitsmaterialien**, die mit der Versuchsgruppe im Unterricht getestet wurden, stießen bei den meisten Schülern auf große Zustimmung. Das Verständnis der Texte und Aufgaben wurde als gut beurteilt und die Abbildungen als zumeist sinnvoll erachtet. Die durchgeführten praktischen Einheiten wurden im Durchschnitt von den Schülern als gute Hilfe für das Verständnis eingeschätzt (siehe Tabelle 36). Insgesamt wurden die Arbeitsmaterialien von den Schülern als sinnvolle Begleitung zu den Inhalten der Führung angesehen.

Insgesamt nahmen an der Studie für den **Palmengarten** 142 Schüler aus 6 Klassen der Schulstufen 5, 6 und 7 statt. In Bezug auf das Geschlecht, das Alter, die Schulart und die Biologienote weisen beide Gruppen ähnliche deskriptive Werte auf, so dass eine gute Vergleichbarkeit gegeben ist (siehe Tabelle 28).

Die berechneten Korrelationen zeigen bestehende Zusammenhänge zwischen den Subskalen des Fragebogens zur **aktuellen Motivation** und anderen bei den Schülern gemessenen Faktoren auf. Hier ergaben sich zum Zeitpunkt T0 signifikante Einflüsse der Schulart auf die Misserfolgsbefürchtung und die Herausforderung, der Klassenstufe auf das Interesse und des Sach- und Fachinteresses auf alle vier Skalen der aktuellen Motivation (siehe Tabelle 37). Zum zweiten Messzeitpunkt T1 änderte sich der signifikante Einfluss der Klassenstufe, der sich hier auf die Erfolgswahrscheinlichkeit, Herausforderung und das Interesse auswirkte, welches auch noch mit der Biologienote positiv korrelierte. Desweiteren waren alle Subskalen von den wahrgenommenen Unterrichtsvariablen signifikant beeinflusst. Eine Ausnahme bildete die Möglichkeit zur Zusammenarbeit, die sich nicht auf die Misserfolgsbefürchtung auswirkte, die aber wiederum vom erworbenen Fachwissen signifikant beeinflusst wurde (siehe Tabelle 38). Im Hinblick auf die Skalen der aktuellen Motivation ergab sich bei den Mittelwertvergleichen für die Kontrollgruppe zwischen den Messzeitpunkten T0 zu Beginn der Studie und T1 nach der Führung ein signifikanter Anstieg bezüglich des Interesses (siehe Tabelle 39). Die Versuchsgruppe zeigte signifikante Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten bezüglich der Erfolgswahrscheinlichkeit ( $T1 < T2$ ) und der wahrgenommenen Herausforderung ( $T0 > T1$ ;  $T0 > T2$ ). Dies wird sowohl in den Mittelwertvergleichen (siehe Tabelle 39) als auch in der Varianzanalyse bestätigt (siehe Tabelle 41). Der Vergleich zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe ergab zum Zeitpunkt T0 eine signifikant niedrigere Misserfolgsbefürchtung für die Versuchsgruppe als einzigen Unterschied. Dies weist auf sehr ähnliche Bedingungen hin, unter denen die Schüler beider Gruppen in die Studie starteten (siehe Tabelle 40). Zum Messzeitpunkt T1 nach der Teilnahme an der Biodiversitätsführung zeigten sich für die Studie im Palmengarten in den Mittelwertvergleichen keine signifikanten

Unterschiede in Bezug auf alle Motivationsfaktoren (vgl. Tabelle 40). Bei der Varianzanalyse unter zusätzlicher Beachtung der Zeit wurden für die Gesamtstichprobe Unterschiede bezüglich der Gruppe für die Misserfolgsbefürchtung (VG < KG) berechnet. Für den Faktor Zeit ergaben sich für die Herausforderung signifikante Unterschiede (siehe Tabelle 41), was sich auch mit den Ergebnissen für die Versuchsgruppe deckt. Zusätzlich ergaben sich für den Einfluss der Gruppe kombiniert mit der Zeit signifikante Ergebnisse für das Interesse und die Herausforderung.

Bei den gemessenen Skalen zur **Biologieeinstellung** ergab sich bei den Mittelwertvergleichen in der Kontrollgruppe eine signifikante Verringerung des Fachinteresses zwischen T0 und T3 (Follow-up-Test) (siehe Tabelle 39), die sich auch in der Varianzanalyse über die Zeit widerspiegelte (siehe Tabelle 41). Keine Veränderungen zeigten sich sowohl bei den Mittelwertvergleichen als auch in der Varianzanalyse für die Versuchsgruppe (siehe Tabelle 39 und Tabelle 41). Der Vergleich zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe ergab bei den Mittelwertvergleichen ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zu beiden Messzeitpunkten T1 und T3 (siehe Tabelle 40).

Das getestete **Fachwissen** wies bei den Mittelwertvergleichen weder in der Versuchsnach noch in der Kontrollgruppe eine signifikante Änderung zwischen den Messzeitpunkten T1 und T3 auf (siehe Tabelle 39). Der Vergleich zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe ergab bei den Mittelwertvergleichen an beiden Messzeitpunkten T1 und T3 und der Varianzanalyse höchst signifikante Ergebnisse, die Versuchsgruppe schnitt dabei jeweils besser ab (siehe Tabelle 40, Tabelle 41).

Der Vergleich der **wahrgenommenen Unterrichtsvariablen**, der **Interessenshandlung** und der **Biologienote der Schüler** zeigte bei den Mittelwertvergleichen keine bedeutenden Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe (siehe Tabelle 40).

Die mit der Biodiversitätsführung im Palmengarten abgestimmten **Arbeitsmaterialien**, die mit der Versuchsgruppe im Unterricht getestet wurden, stießen bei den meisten Schülern auf große Zustimmung. Das Verständnis der Texte und Aufgaben wurde als gut beurteilt und die Abbildungen als zumeist sinnvoll erachtet. Die durchgeführte praktische Einheit, in der Pflanzen ihren Lebensräumen zugeordnet wurden, wurde im Durchschnitt von den Schülern als gute Hilfe für das Verständnis eingeschätzt (siehe Tabelle 36). Insgesamt wurden die Arbeitsmaterialien von den Schülern als sinnvolle Begleitung zu den Inhalten der Führung angesehen.

An der Studie für das **Senckenbergmuseum** nahmen insgesamt 145 Schüler teil, wovon 74 Schüler die Versuchs- und 71 Schüler die Kontrollgruppe, bestehend aus je drei Schulklassen, bildeten. Die ähnlichen Werte bezüglich Geschlecht, Alter, Schulart und Biologienote weisen auf eine gute Vergleichbarkeit der Gruppen hin (siehe Tabelle 28).

Die berechneten Korrelationen der Subskalen der **aktuellen Motivation** ergaben zum Zeitpunkt T0 signifikante Einflüsse des Geschlechts und der Biologienote auf das Interesse, der Klassenstufe auf die wahrgenommene Herausforderung und des Fach- und Sachinteresses auf alle Skalen bis auf die Misserfolgsbefürchtung (siehe Tabelle 37). Zum zweiten Messzeitpunkt T1 veränderten sich die Einflüsse von Geschlecht und Biologienote auf das Interesse nicht, die Klassenstufe zeigte allerdings keinen Effekt mehr auf die Herausforderung. Die nach der Führung gemessenen Unterrichtsvariablen Verständlichkeit und Atmosphäre zeigten eine Auswirkung auf alle Motivationsskalen bis auf die Misserfolgsbefürchtung. Die Möglichkeit zur Zusammenarbeit beeinflusste das Interesse und die Herausforderung der Schüler (siehe Tabelle 38). Bei den Mittelwertvergleichen der Kontrollgruppe zwischen den

Messzeitpunkten T0 und T1 ergaben sich für die Skalen der aktuellen Motivation höchst signifikante Anstiege der Erfolgswahrscheinlichkeit und des Interesses und ein hoch signifikanter Abfall der Herausforderung (siehe Tabelle 39). In der Versuchsgruppe wurden signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Messzeitpunkten T0, T1 und T2 bezüglich der Misserfolgsbefürchtung, der Erfolgswahrscheinlichkeit, des Interesses und der Herausforderung berechnet (siehe Tabelle 39). Diese signifikanten bis höchst signifikanten Ergebnisse über die Zeit spiegeln sich auch in der Varianzanalyse wider (siehe Tabelle 41).

Die Mittelwertvergleiche zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe ergaben zum Zeitpunkt T0 keine signifikanten Unterschiede der Motivationsskalen, was auf gleiche Startbedingungen für beide Gruppen zu Beginn der Studie schließen lässt (siehe Tabelle 40). Auch zum Messzeitpunkt T1 nach der Teilnahme an der Biodiversitätsführung zeigten sich für die Studie im Senckenbergmuseum in den Mittelwertvergleichen keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf alle Motivationsfaktoren. Bei der Varianzanalyse unter zusätzlicher Beachtung der Zeit wurden für die Gesamtstichprobe ebenfalls keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Gruppe ermittelt. Signifikante Werte ergaben sich dagegen für die Zeit für alle vier Subskalen (siehe Tabelle 41). Nach der Teilnahme an der Biodiversitätsführung waren folglich die Mittelwerte der Motivationsskalen alle verändert, dies geschah jedoch unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit der Schüler.

Bei den gemessenen Skalen zur **Biologieeinstellung** ergab sich bei den Mittelwertvergleichen in der Kontrollgruppe eine signifikante Verringerung des Fachinteresses zwischen T0 und T3 (Follow-up-Test) (siehe Tabelle 39). Bei den Mittelwertvergleichen für die Versuchsgruppe zeigten sich ein signifikanter Anstieg des Fachinteresses zwischen T0 und T2 und ein signifikanter Abfall des Sachinteresses zwischen T2 und T3 (siehe Tabelle 39). Diese Veränderung über die Zeit wurde auch in der Varianzanalyse für die Versuchsgruppe bestätigt (siehe Tabelle 41). Beim Vergleich der Versuchs- und Kontrollgruppe ergaben sich sowohl bei den Mittelwertvergleichen als auch bei der Varianzanalyse keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf das Fach- und Sachinteresse (siehe Tabelle 40 und Tabelle 41).

Das getestete **Fachwissen** wies bei den Mittelwertvergleichen weder in der Versuchs- noch in der Kontrollgruppe eine signifikante Änderung zwischen den Messzeitpunkten T1 und T3 auf (siehe Tabelle 39). Der Vergleich zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe ergab sowohl bei den Mittelwertvergleichen als auch bei der Varianzanalyse kein signifikantes Ergebnis (siehe Tabelle 40, Tabelle 41).

Der Vergleich der **wahrgenommenen Unterrichtsvariablen** zeigten bei den Mittelwertvergleichen zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe eine erhöhte wahrgenommene gute Zusammenarbeit in der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 40).

Der Mittelwertvergleich der **Interessenshandlung** und der **Biologienote der Schüler** zeigte keine bedeutende Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe (siehe Tabelle 40).

Die begleitend zur Biodiversitätsführung im Senckenbergmuseum konzipierten **Arbeitsmaterialien**, die mit der Versuchsgruppe im Unterricht getestet wurden, stießen bei den meisten Schülern auf große Zustimmung. Das Verständnis der Texte und Aufgaben wurde als gut beurteilt und die Abbildungen als zumeist sinnvoll erachtet. Die durchgeführte praktische Einheit, in der Abdrücke von Fossilien nachgeahmt wurden, wurde im Durchschnitt von den Schülern als sinnvolle Hilfe für das Verständnis eingeschätzt (siehe Tabelle 36). Insgesamt wurden die Arbeitsmaterialien von den Schülern als überzeugende Begleitung zu den Inhalten der Führung angesehen.

Von den insgesamt 94 Schülern, die an der Studie für das **Stadtwaldhaus** teilnahmen, stellten 56 Schüler (3 Klassen) die Versuchsgruppe und 38 Schüler (2 Klassen) die Kontrollgruppe. In Bezug auf das Geschlecht, das Alter und die Schulart weisen Versuchs- und Kontrollgruppe nur geringe Unterschiede auf, so dass die Vergleichbarkeit beider Gruppen gewährleistet ist (siehe Tabelle 28). Die Biologienote im letzten Zeugnis war in der Versuchsgruppe etwas besser, was sich auch in den Mittelwertvergleichen durch einen signifikanten Unterschied niederschlägt (siehe Tabelle 40). Die geringere Gruppengröße in der Kontrollgruppe war durch eine kurzfristige Absage der dritten eingeplanten Klasse bedingt.

Die berechneten Korrelationen ergaben zum Zeitpunkt T0 keine nennenswerten Einflüsse des Geschlechts, der Schulart und der Biologienote auf die Subskalen der **aktuellen Motivation**. Die Klassenstufe zeigte jedoch einen signifikanten Einfluss auf die Misserfolgsbefürchtung, das Interesse und die Herausforderung. Fach- und Sachinteresse wirkten sich jeweils auf das Interesse und die Herausforderung aus (siehe Tabelle 37). Zum zweiten Messzeitpunkt T1 zeigten sich dieselben Effekte für Geschlecht, Klassenstufe, Schulart und Biologienote wie zum Zeitpunkt T0. Die Unterrichtsvariablen Verständnis und Betreuung/ Atmosphäre wirkten sich mit Ausnahme der Herausforderung auf alle Motivationsskalen aus, die Zusammenarbeit auf das Interesse und die Herausforderung. Ein Effekt durch das abgefragte Fachwissen über Inhalte der Führung zeigte sich nur für die Misserfolgsbefürchtung (siehe Tabelle 38).

Bei den Mittelwertvergleichen der Kontrollgruppe zwischen den Messzeitpunkten T0 und T1 ergaben sich für die Skalen der aktuellen Motivation höchst signifikante Anstiege der Erfolgswahrscheinlichkeit und des Interesses (siehe Tabelle 39). In der Versuchsgruppe wurden signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Messzeitpunkten T0, T1 und T2 bezüglich der Misserfolgsbefürchtung, der Erfolgswahrscheinlichkeit und der Herausforderung berechnet (siehe Tabelle 39). Diese signifikanten bis hoch signifikanten Ergebnisse über die Zeit finden sich auch in der Varianzanalyse wieder (siehe Tabelle 41).

Die Mittelwertvergleiche zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe ergaben zum Zeitpunkt T0 keine signifikanten Unterschiede der Motivationsskalen, was auf gleiche Startbedingungen für beide Gruppen zu Beginn der Studie schließen lässt (siehe Tabelle 40). Zum Messzeitpunkt T1 nach der Teilnahme an der Biodiversitätsführung zeigten sich für die Studie im Stadtwaldhaus in den Mittelwertvergleichen höchst signifikante Anstiege in der wahrgenommenen Erfolgswahrscheinlichkeit und dem Interesse der Schüler der Kontrollgruppen (siehe Tabelle 39). Die ermittelte Varianzanalyse bestätigt diese Ergebnisse in Bezug auf die Gruppe und auch auf den Faktor Zeit\*Gruppe (siehe Tabelle 41). Darüber hinaus wurden von der Zeit abhängige Unterschiede für alle vier Motivationsskalen berechnet, für die Herausforderung zusätzlich ein Unterschied bezüglich des Faktors Zeit\*Gruppe.

Bei den gemessenen Skalen zur **Biologieeinstellung** ergaben sich bei den Mittelwertvergleichen weder in der Kontrollgruppe noch in der Versuchsgruppe signifikante Veränderungen zwischen den Messzeitpunkten (siehe Tabelle 39). Auch beim Vergleich der Versuchs- und Kontrollgruppe ergaben sich sowohl bei den Mittelwertvergleichen als auch bei der Varianzanalyse keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf das Fach- und Sachinteresse (siehe Tabelle 40).

Das getestete **Fachwissen** wies bei den Mittelwertvergleichen weder in der Versuchs- noch in der Kontrollgruppe eine signifikante Änderung zwischen den Messzeitpunkten T1 und T3 auf (siehe Tabelle 39). Der Vergleich zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe ergab sowohl bei den Mittelwertvergleichen als auch bei der Varianzanalyse ebenfalls kein signifikantes Ergebnis (Tabelle 40 und Tabelle 41).



Die **Unterrichtsvariablen** wurden von den Schülern der Versuchsgruppe und Kontrollgruppe nach der Führung unterschiedlich beurteilt. Im Vergleich zur Kontrollgruppe beurteilte die Versuchsgruppe die Atmosphäre/Betreuung, die Verständlichkeit und die Möglichkeit zur Zusammenarbeit während der Führung signifikant schlechter (siehe Tabelle 40).

Auch die **Interessenshandlung** im Follow-up-Test (T3) wurden von der Versuchsgruppe als signifikant geringer beurteilt (siehe Tabelle 40).

Die begleitend zur Biodiversitätsführung im Stadtwaldhaus konzipierten **Arbeitsmaterialien**, die mit der Versuchsgruppe im Unterricht getestet wurden, stießen wie bei den anderen Lernorten auch bei den meisten Schülern auf große Zustimmung. Das Verständnis der Texte und Aufgaben wurde als gut beurteilt und die Abbildungen als zumeist sinnvoll erachtet. Die durchgeführte praktische Einheit, in der die Aktivitäten lebender Regenwürmer beobachtet wurden, wurde im Durchschnitt von den Schülern als sehr wertvolle Hilfe für das Verständnis eingeschätzt (siehe Tabelle 36). Insgesamt wurden die Arbeitsmaterialien von den Schülern als überzeugende Begleitung zu den Inhalten der Führung angesehen.

An der Studie für den **Zoo Frankfurt** nahmen insgesamt 142 Schüler teil, wovon 60 Schüler die Versuchs- und 82 Schüler die Kontrollgruppe, bestehend aus je drei Schulklassen, bildeten. Die Gruppen weisen bezüglich des Alters und der Biologienote ähnliche Werte auf. Der Anteil an weiblichen Schülern ist in der Versuchsgruppe leicht erhöht (siehe Tabelle 28).

Die berechneten Korrelationen für die **aktuelle Motivation** ergaben zum Zeitpunkt T0 signifikante Einflüsse des Geschlechts auf die Erfolgswahrscheinlichkeit, der Schulart auf die Misserfolgsbefürchtung sowie der Klassenstufe auf das Interesse und die Herausforderung. Darüber hinaus standen Biologienote und Interesse der Schüler in einem positiven Zusammenhang. Das Sachinteresse wirkte sich auf alle Motivationsskalen aus, das Fachinteresse auf alle bis auf die Misserfolgsbefürchtung (siehe Tabelle 37). Zum zweiten Messzeitpunkt T1 zeigten sich Einflüsse der Schulart auf die Misserfolgsbefürchtung, der Klassenstufe auf das Interesse und die Herausforderung und der Biologienote auf die Misserfolgsbefürchtung und das Interesse. Die Unterrichtsvariablen Betreuung/Atmosphäre und Verständnis beeinflussten alle Motivationsskalen, die Zusammenarbeit nur das Interesse und die Herausforderung. Das getestete Fachwissen nach der Prüfung stand in signifikantem Zusammenhang mit der Misserfolgsbefürchtung und der Erfolgswahrscheinlichkeit (siehe Tabelle 38).

Bei den Mittelwertvergleichen der Kontrollgruppe zwischen den Messzeitpunkten T0 und T1 ergaben sich für die Skalen der aktuellen Motivation signifikante Anstiege der Erfolgswahrscheinlichkeit und des Interesses und ein höchst signifikanter Abfall der Herausforderung (siehe Tabelle 39). In der Versuchsgruppe wurden signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Messzeitpunkten T0, T1 und T2 bezüglich der Erfolgswahrscheinlichkeit, des Interesses und der Herausforderung berechnet (siehe Tabelle 39). Diese signifikanten bis höchst signifikanten Ergebnisse über die Zeit spiegeln sich auch in der Varianzanalyse wider (siehe Tabelle 41).

Die Mittelwertvergleiche zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe ergaben zum Zeitpunkt T0 signifikante Unterschiede bezüglich der Misserfolgsbefürchtung und des Interesses (siehe Tabelle 40). Am zweiten Messzeitpunkt T1 nach der Biodiversitätsführung zeigt nur noch die Misserfolgsbefürchtung einen signifikanten Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe (siehe Tabelle 40), was auch in der berechneten Varianzanalyse bestätigt wird. Hier ergaben sich weiterhin signifikante Unterschiede über die Zeit, aber unabhängig von der Gruppe, für die Erfolgswahrscheinlichkeit, das Interesse und die Herausforderung (siehe Tabelle 41).

Bei den gemessenen Skalen zur **Biologieeinstellung** ergaben sich bei den Mittelwertvergleichen in der Kontrollgruppe keine signifikanten Veränderungen (Tabelle 39). Bei den Mittelwertvergleichen für die Versuchsgruppe zeigte sich lediglich ein signifikanter Anstieg des Fachinteresses zwischen T0 und T2 (siehe Tabelle 40). Beim Vergleich der Versuchs- und Kontrollgruppe ergab sich bei den Mittelwertvergleichen kein signifikanter Unterschied in Bezug auf das Fach- und Sachinteresse. Für das Fachinteresse zum Zeitpunkt T3 wurde allerdings ein mittlerer Effekt gemessen (siehe Tabelle 40). Dieser zeigt sich in der Varianzanalyse als signifikanter Effekt bezüglich der Gruppe wieder (siehe Tabelle 41).

Das getestete **Fachwissen** wies bei den Mittelwertvergleichen weder in der Versuchs- noch in der Kontrollgruppe eine signifikante Änderung zwischen den Messzeitpunkten T1 und T3 auf (siehe Tabelle 39). Der Vergleich zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe ergab sowohl bei den Mittelwertvergleichen als auch bei der Varianzanalyse höchst signifikante Unterschiede, dabei schnitt die Versuchsgruppe jeweils besser ab (siehe Tabelle 40, Tabelle 41).

Der Vergleich der **wahrgenommenen Unterrichtsvariablen** während der Führung zeigte bei den Mittelwertvergleichen zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe eine von den Schülern besser wahrgenommene Atmosphäre in der Versuchsgruppe (siehe Tabelle 40).

Der Vergleich der **Interessenshandlung** und der **Biologienote der Schüler** zeigten bei den Mittelwertvergleichen keinen bedeutenden Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe (siehe Tabelle 40).

Die begleitend zur Biodiversitätsführung im Zoo konzipierten **Arbeitsmaterialien**, die mit der Versuchsgruppe im Unterricht getestet wurden, stießen bei den meisten Schülern auf große Zustimmung. Alle untersuchten Kriterien (Verständlichkeit, Textlänge, Nutzen der Abbildungen) wurden im Durchschnitt besser als in den anderen Studien beurteilt. Die durchgeführte praktische Einheit, das Bestimmen von Zahnformeln, wurde im Durchschnitt von den Schülern als weniger wertvolle Hilfe für das Verständnis als in den anderen Studien eingeschätzt (siehe Tabelle 36). Insgesamt wurden die Arbeitsmaterialien von den Schülern als überzeugende Begleitung zu den Inhalten der Führung angesehen.

## 5 Diskussion

Die Kernfragen des hier durchgeführten Projektes lauten: Können die Lernmotivation und andere Aspekte beim Lernen an außerschulischen Lernorten durch unterrichtliche Vor- und Nachbereitung beeinflusst werden? Welche weiteren Faktoren spielen bei der Entwicklung von aktueller Motivation am außerschulischen Lernort eine Rolle?

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die aktuelle Motivation der Schüler, die Biologieeinstellung und auch das erworbene Fachwissen im Lauf der Messung signifikant verändert haben. Diese Veränderungen entsprechen jedoch nicht immer den erwarteten Ergebnissen und sind auch oft nicht eindeutig auf die unterrichtliche Vor- und Nachbereitung zurückzuführen. Der Besuch des außerschulischen Lernortes an sich scheint einen stärkeren Einfluss auf die gemessenen Parameter zu haben.

Weiterhin haben das Alter, die Biologieeinstellung und gemessenen Unterrichtsvariablen einen geringen bis mittleren Einfluss auf die aktuelle Motivation der Schüler am außerschulischen Lernort. Das Geschlecht, die Schulart, die Biologienote und das erworbenen Fachwissen zeigen keine nennenswerte Geltung bei der Entstehung der aktuellen Motivation der Schüler.

Für die einzelnen außerschulischen Lernorte zeigen sich leicht abweichende Ergebnisse von der Gesamtstichprobe, was vermutlich auf die unterschiedlichen Typen der Lernorte und abweichende Inhalte der Führungen vor Ort zurückzuführen ist. Auch die Gruppenzusammensetzung hatte offensichtlich einen Einfluss auf die Ergebnisse.

Im Folgenden wird auf die in Kapitel 1 postulierten Fragestellungen und Hypothesen im Einzelnen eingegangen und im Kontext zur aktuellen Forschung diskutiert.

### 5.1 Einfluss der unterrichtlichen Vor- und Nachbereitung auf getestete Variablen von Schülern an außerschulischen Lernorten (F1)

Die erste Forschungsfrage bezieht sich auf den zentralen Aspekt der vorliegenden Arbeit:

*Inwieweit beeinflusst die unterrichtliche Vor- und Nachbereitung die aktuelle Motivation an Biodiversitätsthemen, die Biologieeinstellung und das erworbene Fachwissen von Schülern an außerschulischen Lernorten?*

Durch die Evaluation der Schüler sollte herausgefunden werden, inwiefern die neu konzipierten Unterrichtsmaterialien die oben genannten Faktoren am außerschulischen Lernort beeinflussen.

#### 5.1.1 Einfluss der unterrichtlichen Vor- und Nachbereitung auf die aktuelle Motivation an außerschulischen Lernorten (H1)

Ausgehend von einem positiven Effekt der unterrichtlichen Vor- und Nachbereitung auf die aktuelle Motivation wurde die erste Hypothese aufgestellt:

*Durch eine unterrichtliche Vor- und Nachbereitung wird die aktuelle Motivation von Schülern, sich mit Biodiversitätsthemen an außerschulischen Lernorten auseinanderzusetzen, erhöht.*

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Mittelwerte der Subskala **Misserfolgsbefürchtung** zum Zeitpunkt T1, also nach der Teilnahme an der unterrichtlichen Vorbereitung und der

Führung in der Gesamtstichprobe signifikant zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe unterscheiden (siehe Tabelle 40, Abbildung 26). Wider Erwarten tritt auch schon ein signifikanter Unterschied zum Messzeitpunkt T0, also zu Beginn der Messung auf (vgl. Tabelle 40, Abbildung 25). In der Kontrollgruppe sinkt die Misserfolgsbefürchtung der Schüler im Lauf der Studie ab, jedoch nicht signifikant, in der Versuchsgruppe dagegen schon (siehe Abbildungen 21 und 23). Die Misserfolgsbefürchtung ist die einzige Subskala, für die zu T0 in der Korrelation (siehe Tabelle 37) und in der Varianzanalyse ein geringer Einfluss der Gruppenzugehörigkeit (vgl. Tabelle 41) berechnet wurde. Für die Misserfolgsbefürchtung kann also zu Beginn der Studie nicht von gänzlich gleichen Bedingungen für beide Gruppen ausgegangen werden.

Dass dies auf die gemessenen Variablen Schulart, Fach- und Sachinteresse zurückzuführen ist, kann ausgeschlossen werden. Diese zeigen zu T0 zwar signifikante Einflüsse, allerdings mit sehr geringem Korrelationskoeffizienten (siehe Tabelle 37).

Wahrscheinlicher ist es, dass die Schüler beider Gruppen mit so unterschiedlichen Erwartungen in das Projekt starten, dass sich dies auf die Misserfolgsbefürchtung auswirkt. Die Versuchsgruppe füllte den ersten Fragebogen nach einer kurzen Erklärung in ihrem vertrauten Klassenzimmer aus. Den Schülern war bewusst, dass sie zusätzlich zum Besuch des außerschulischen Lernorts Unterricht durch die Projektleiterin erhielten. Die Kontrollgruppe wurde am jeweiligen außerschulischen Lernort direkt begrüßt und füllte nach derselben kurzen Erklärung den ersten Fragebogen aus. Dies konnte dazu geführt haben, dass sie durch die neue, unbekannte Lernumgebung und die Unsicherheit, was sie dort erwarten würde, von vornherein eine höhere Misserfolgsbefürchtung zeigten. Verschiedene Studien zeigen, dass Schüler bei Ausflügen zu außerschulischen Lernorten durch die ungewohnten Sozialformen und die neue räumliche Umgebung von den vermittelten Inhalten eher abgelenkt und überfordert sind (z.B. Cox-Petersen et al., 2003; Lewalter & Geyer, 2005). Eine Studie von Orion & Hofstein (1994), die sich auf den Erfolg von außerschulischem Lernen bezieht, nennt drei Faktoren, die die sogenannte „novelty space“, also die Neuheit des Lernortes, definieren: Den kognitiven, den geographischen und den psychologischen Faktor. Wird diese novelty space vor dem Besuch des außerschulischen Lernorts verringert, ist der Lernerfolg des Besuchs höher. Im Bezug auf die Misserfolgsbefürchtung war zu T0 vermutlich besonders der psychologische Faktor für die beiden Gruppen unterschiedlich. Da sich Versuchsgruppe in ihrer gewohnten Umgebung befand und wusste, dass sie in ein umfangreicheres Projekt eingebunden sein würde, schätzte sie ihre Misserfolgsbefürchtung vermutlich geringer ein, die sich dann im Lauf der Studie durch den Einfluss des vorbereitenden Unterrichts und die Führung noch weiter signifikant senkte.

Darüber hinaus kamen die Autoren des FAM Vollmeyer & Rheinberg (2006) zu dem Ergebnis, dass sich die Subskala Misserfolgsbefürchtung in verschiedenen Lernsituationen nicht gut als Indikator zur Vorhersage von Leistung eignet. Die Werte waren oft sehr gering, weil die Lernsituationen eventuell nicht anspruchsvoll genug waren. Auch in der vorliegenden Studie sind die Mittelwerte der Misserfolgsbefürchtung im Vergleich zu den anderen Skalen wesentlich geringer (siehe Tabelle 31) und dasselbe Argument könnte daher zutreffen. In Studien, in der die Kurzskala zur intrinsischen Motivation (KIM) beim Lernen im Museum zum Einsatz kam, zeigte sich hier die Subskala Anspannung/Druck als weniger valide und reliabel als die anderen eingesetzten Skalen (Härting, 2014; Wilde et al., 2009). Sie ist in etwa mit der hier verwendeten Kurzskala Misserfolgsbefürchtung vergleichbar. Die Autoren vermuten, dass der Museumsbesuch an sich eher fördernd als hemmend wirkt und so nicht ausreichend Druck und Spannung zur relevanten Messung erzeugt wurden. Auch von anderen Autoren wird die korrekte Messung der Misserfolgsbefürchtung in Leistungssituationen angezweifelt (Bunstein & Heckhausen, 2006; Freund et al., 2011). So ist auch im vor-

liegenden Fall ist eine überwiegend positive Einstellung zum außerschulischen Lernort eine mögliche Erklärung für die insgesamt gering wahrgenommene Misserfolgsbefürchtung aller Schüler über den gesamten Verlauf der Studie hinweg. Zu T0 wird sie in der Kontrollgruppe eventuell durch die Neuheit des Lernortes überlagert.

Eng verknüpft mit der Misserfolgsbefürchtung ist die Subskala **Erfolgswahrscheinlichkeit**. Zu T0 unterschieden sich Kontroll- und Versuchsgruppe erwartungsgemäß nicht signifikant (vgl. Abbildung 25). Während der Studie stieg für beide Gruppen die Erfolgswahrscheinlichkeit signifikant an (siehe Tabelle 39). Jedoch konnte wider Erwarten zum Zeitpunkt T1 kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden. Die Korrelationen und die Varianzanalysen zeigen keinen Einfluss der Gruppenzugehörigkeit (mit/ohne Vor- und Nachbereitung) auf das Ergebnis (siehe Tabelle 37, 38 und 41). Dies zeigt, dass für beide Gruppen vermutlich eher die Führung und andere Faktoren als die unterrichtliche Vorbereitung ausschlaggebend waren, um die Erfolgswahrscheinlichkeit zu erhöhen. Der vorbereitende Unterricht in der Versuchsgruppe war vermutlich zu kurz und hob sich nicht stark genug vom regulären Unterricht ab, um einen messbaren Einfluss auf die eingeschätzte Erfolgswahrscheinlichkeit zu haben. Eventuelle Effekte wurden besonders zum Zeitpunkt T1 direkt nach der Führung möglicherweise durch den stärkeren Eindruck des Besuchs des außerschulischen Lernorts an sich überdeckt.

Die hohen Mittelwerte der Erfolgswahrscheinlichkeit in beiden Gruppen sprechen generell dafür, dass die Inhalte des Unterrichts und der Führung für die Schüler sehr gut bewältigbar oder sogar zu leicht waren (siehe Tabelle 31). In der oben erwähnten Studie von Wilde et al. (2009) stellte die Subskala „wahrgenommene Kompetenz“ der KIM einen vergleichbaren Faktor zur Erfolgswahrscheinlichkeit dar. Hier zeigte sich, dass die Schüler ihre wahrgenommene Kompetenz direkt nach freiem Lernen im Museum als recht hoch einschätzten, was vergleichbar mit dem Lernen während der Führung in der vorliegenden Studie zu sein scheint. Obwohl die Führung von einem Mitarbeiter des außerschulischen Lernortes inhaltlich und auch räumlich geführt wird, haben die Schüler mehr Wahlfreiheiten bezüglich der besprochenen Themen und auch die Möglichkeit, sich freier im Raum zu bewegen als im regulären Schulunterricht. Durch Fragen werden Diskussionen in kleinen Gruppen angeregt. So kommen die Besonderheiten des informellen Lernens an außerschulischen Lernorten zum Tragen, was dem Bedürfnis der Schüler nach Autonomie und Kompetenz stärker entspricht (Härting, 2014).

Das **Interesse** ist beim Lernerfolg ein vielbeachteter Faktor. In der vorliegenden Untersuchung zeigte sich für beide Gruppen der Gesamtstichprobe im Verlauf der Studie ein signifikanter Anstiegs des Interesses an den behandelten Biodiversitätsthemen (siehe Tabelle 39). Zum Zeitpunkt T0 ließ sich kein Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe messen, so wie dies auch gewünscht war. Erstaunlicherweise zeigte sich zwischen den Gruppen zum Messzeitpunkt T1 nach der Führung ein signifikant höheres Interesse bei der Kontrollgruppe (nur Führung) an den Themen (vgl. Tabelle 40).

Die Korrelationen zeigen zu T0 keinen Einfluss des Lernorts und der Gruppe auf die Ergebnisse, zum Zeitpunkt T1 einen sehr geringen signifikanten Einfluss der Gruppe (siehe Tabelle 37, 38). Die Varianzanalyse bestätigt die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche mit einem signifikanten Unterschied über die Zeit und dem kombinierten Faktor Zeit\*Gruppe (siehe Tabelle 41).

Die Steigerung des Interesses der Schüler an den behandelten Themen in beiden Gruppen spricht, wie die Ergebnisse der anderen Subskalen des FAM auch, für eine motivati-

onsfördernde Wirkung des Besuchs des außerschulischen Lernorts. In einigen Studien mit ähnlichen Settings wurde die positive Wirkung außerschulischer Lernorte auf das Interesse von Schülern bestätigt (vgl. Lewalter & Geyer, 2005, Wilde et al., 2009, Pawek, 2009).

Bemerkenswert ist der gemessene signifikante Unterschied des Interesses zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe zum Zeitpunkt T1. Eher erwartet wäre ein höheres Interesse bei der Versuchsgruppe, die ja zusätzlich zur Führung noch vorbereitendem Unterricht teilgenommen hat und sich dadurch thematisch schon etwas mit den Inhalten der Führung beschäftigt hatte. Für das höhere Interesse in der Kontrollgruppe gibt es zwei mögliche Begründungen.

Zum einen war die Versuchsgruppe eventuell durch die Vorbereitung so gut auf die Inhalte der Führung eingestellt, dass sie diese nur als Wiederholung und langweilig empfand oder von zu hohen Erwartungen enttäuscht wurde. Zwar bestätigen Autoren zum Teil die positive Wirkung unterrichtlicher Vorbereitung im kognitiven Bereich, also dem Faktenwissen, beim Lernen an außerschulischen Lernorten (z.B. Orion & Hofstein, 1994), wie dies auch der Vergleich von Versuchs- und Kontrollgruppe hier zeigt (siehe Kapitel 5.1.3). Dennoch gibt es im Bereich des motivational-affektiven Bereichs das Problem, das die Neuheit des Lernorts zwar einerseits zu Überforderung durch Orientierungsschwierigkeiten führen kann, andererseits aber auch als anregend und motivierend empfunden wird (Lewalter & Geyer, 2005). Eine Vorbereitung auf die Inhalte der Führung kann so zwar die Überforderung etwas abmildern, aber ebenfalls die anfängliche Anregung und positive Überraschung senken. So konnten die Erwartungen der Schüler, die diese durch die Vorbereitung aufgebaut hatten, vielleicht nicht erfüllt werden und/oder sie empfanden sie Führung als langweilig und ihr Interesse nahm weniger zu als das der Kontrollgruppe. Salmi (1993) stellte in einer Studie zum Museumslernen fest, dass Schüler gut bekannte Museen als langweilig empfanden.

Eine andere mögliche Erklärung für die signifikanten Unterschiede des Interesses sind weitere gemessene Einflussfaktoren. Ein Blick auf die Korrelationen zeigt Einflüsse der Klassenstufe zum Zeitpunkt T1, an dem die Mittelwertunterschiede des Interesses signifikant waren (siehe Tabelle 38). Dass das Interesse für naturwissenschaftliche Schulfächer und Themen mit dem Alter der Schüler stark schwankt, wurde schon in einigen Studien bestätigt (z.B. Erten, 2008; Fend, 1997; Urhahne et al., 2004). Ein besonders geringes Interesse für naturwissenschaftliche Inhalte zeigten Schüler in der Regel in der Pubertät, also zwischen der 6. und 8. Klasse (Erten, 2008). Da die Verteilung der Schulklassen in der Kontroll- und Versuchsgruppe in der vorliegenden Studie nicht ganz gleich ist, könnte dies zu Verschiebungen der Mittelwerte des Interesses führen (siehe Tabelle 28). Der Einfluss dieses Faktors wird nochmals ausführlicher in Kapitel 5.2.3 diskutiert. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass hier kein erkennbarer Einfluss der unterrichtlichen Vorbereitung auf das Interesse der Schüler an den behandelten Themen gemessen wurde, jedoch ein allgemeiner Anstieg über den Verlauf der Studie erkennbar ist.

Die vierte Subskala des FAM ist die wahrgenommene **Herausforderung** der Schüler, die sich auf die gefühlte Kompetenz der Teilnehmer bezieht. Der vorbereitende Unterricht und auch die Führung sind eher lehrerzentrierte Lehrmethoden. Dennoch haben die Schüler durch Gruppenarbeit und Präsentationen während des Unterrichts und während der Führung in Kleingruppen die Möglichkeit, gemäß der Selbstbestimmungstheorie von Deci & Ryan (1993) Autonomie, Kompetenz und soziale Eingebundenheit in einem eingeschränkten Rahmen zu erleben. Die Ergebnisse zeigen, dass die wahrgenommene Herausforderung sowohl in der Kontroll- als auch in der Versuchsgruppe der Gesamtstichprobe im Lauf der Studie signifikant abnahm (siehe Tabelle 39), was auch durch die Varianzanalyse bestätigt

wurde (siehe Tabelle 41). Die mittlere durchschnittliche Herausforderung zu T0 (siehe Tabelle 31) zeigt, dass die Inhalte und Aufgaben von den meisten Schülern zu Beginn der Studie als gut bewältigbar eingeschätzt wurden. Die allgemeine Abnahme im Verlauf der Studie weist darauf hin, dass die behandelten Inhalte anschließend von den Schülern als noch leichter wahrgenommen wurden. Dieses Ergebnis passt mit dem von den Autoren des FAM postulierten Bezug zur Erfolgswahrscheinlichkeit zusammen. Die Erfolgswahrscheinlichkeit ist hier relativ hoch (siehe oben) und bestätigt so, dass die gestellten Aufgaben nicht stark als leistungsthematische Anregung erlebt wurden (Rheinberg et al., 2001).

Zum Messzeitpunkt T0 zeigt sich wie erwartet kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen für die Herausforderung, aber zum Zeitpunkt T1. Hier ist die Herausforderung der Kontrollgruppe signifikant höher als in der Versuchsgruppe (siehe Tabelle 40), was dem erwarteten Ergebniss widerspricht. Der signifikante Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe ist eventuell durch den Effekt der unterrichtlichen Vorbereitung zu erklären. Die Versuchsgruppe ist schon mit den Themen der Führung vertrauter und empfindet sie daher eher als zu leicht und folglich langweilig (Krombass & Harms, 2006).

Eine andere mögliche Begründung für den signifikanten Unterschied ist der Einfluss der Klassenstufe bzw. des Alters der Schüler auf die Ergebnisse. Wie beim Interesse auch, ergaben die Korrelationen zu beiden Messzeitpunkten für diese Variable signifikante Zusammenhänge (vgl. Tabelle 37 und 38). Bezüglich der Klassenstufe sind die Versuchs- und Kontrollgruppe nicht ganz gleich verteilt, was zum einen mit der Erprobung der Arbeitsmaterialien und zum anderen mit dem Bildungsstandards zusammenhängt. Obwohl das Durchschnittsalter ungefähr gleich ist, sind in der Versuchsgruppe etwas mehr ältere Schüler der 7.-9. Klasse vertreten (42,66%) als in der Kontrollgruppe (37,55%) (siehe Tabelle 28). Diese Einflüsse machten sich zu T0 durch die Neuheit der Testsituation noch nicht in Gruppenunterschiede bemerkbar, zeigen aber zu T1 eventuell signifikante Einflüsse. Das sich in der Jugendzeit entwickelnde Selbstkonzept beinhaltet auch das Vertrauen, in einem bestimmten Kompetenzbereich leistungsstark und erfolgreich zu sein, was natürlich eng mit der wahrgenommenen Herausforderung verknüpft ist (acatech et al., 2014). Das MINT-Nachwuchsbarometer 2014 hat gezeigt, dass das Selbstkonzept bezüglich Naturwissenschaften zwischen der 5. und 9. Klasse kontinuierlich abnimmt (acatech et al., 2014). Dies bekräftigt den hier vorhandenen Einfluss auf die geringere Herausforderung in der Versuchsgruppe. Das geringere Interesse der Versuchsgruppe lässt sich möglicherweise durch den engen Bezug zum Selbstkonzept erklären.

**Zusammenfassend zur aktuellen Motivation** lässt sich sagen, dass sich durch die Intervention mit den Schülern in der Gesamtstichprobe eine messbare Veränderung in der Motivation ergab. Allerdings findet sich diese sowohl in der Versuchs- als auch in der Kontrollgruppe wieder und die Hypothese 1 kann daher nicht bestätigt werden. Ein möglicher Einfluss der unterrichtlichen Vorbereitung in der Versuchsgruppe ist als alleiniger Faktor nicht immer haltbar. Für die Subskalen Misserfolgsbefürchtung, Interesse und Herausforderung ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen nach der Führung, die jedoch nicht unbedingt den erwarteten Ergebnissen entsprechen und eher auf andere Einflussfaktoren zurückzuführen sind. Die Skala Misserfolgsbefürchtung erwies sich als in der untersuchten Lernsituation eher ungeeignet. Die zum Teil abweichenden Ergebnisse an den einzelnen außerschulischen Lernorten werden in Kapitel 5.3 diskutiert.

### 5.1.2 Einfluss der unterrichtlichen Vor- und Nachbereitung auf die Biologieeinstellung und die Interessenshandlung von Schülern an außerschulischen Lernorten (H2)

Die unterrichtliche Vor- und Nachbereitung der Schüler der Versuchsgruppe zur Führung ist eine relativ kurze Intervention, weswegen nicht mit einem langanhaltenden Effekt auf die Biologieeinstellung und die Interessenshandlung der Schüler gerechnet wird. Es wurde folgende Hypothese aufgestellt:

*Bezüglich der Einstellung zur Biologie und der Interessenshandlung werden kurzfristige Effekte aufgrund der Vor- und Nachbereitung erwartet, die jedoch nicht langfristig nachweisbar sind.*

Für die Kontrollgruppe der Gesamtstichprobe zeigen die Ergebnisse zwischen den Messzeitpunkten T0 und T3 keine Veränderung für das **Sachinteresse**, jedoch einen signifikanten Anstieg des **Fachinteresses**. Das bedeutet, dass die Schüler zum Zeitpunkt des Follow-up-Tests einige Wochen nach der Führung ein erhöhtes Interesse am Schulfach Biologie zeigten (siehe Abbildung 22). Für die Versuchsgruppe zeigte sich zwischen T2 und T3, also direkt nach der Führung und einige Wochen später ein hoch signifikant geringeres Interesse an biologischen Themen allgemein. Das Fachinteresse am Schulfach Biologie schwankt im Laufe der Studie. Erst nimmt es zwischen T0 und T2 hoch signifikant zu und dann zum Messzeitpunkt T3 des Follow-up-Tests signifikant ab (siehe Abbildung 24). Zwischen den Gruppen zeigen sich zu den Messzeitpunkten T0 und T3 allerdings keine signifikanten Unterschiede (siehe Abbildung 27). Diese Ergebnisse zeigen, dass sich sowohl das Sach- als auch das Fachinteresse wie in der Hypothese angenommen, kurzfristig verändern, allerdings kann hier ebenso wie bei der aktuellen Motivation die Veränderung nicht klar auf die Vor- und Nachbereitung zurückgeführt werden, da sich zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe keine Unterschiede zeigten.

Die Zunahme des Fachinteresses in der Kontrollgruppe kann auf den Besuch des außerschulischen Lernorts an sich zurückzuführen sein, so dass die Primärerfahrungen und originalen Begegnungen eine allgemein stimulierende Wirkung für das Fachinteresse am Schulfach Biologie auf die Schüler hatte. Wilde et al. (2009) zeigten, dass das Lernen an außerschulischen Lernorten viele motivationale Faktoren wie auch das Interesse begünstigt. Andererseits hatten die Schüler zu T3 mittlerweile auch schon andere Themen im Biologieunterricht besprochen, die das Interesse beeinflusst haben könnten. Dies ist hier leider nicht klar zu trennen. Das Ergebnis der Versuchsgruppe spricht eher für einen kurzfristigen Effekt des Besuchs des außerschulischen Lernorts. Hier waren Sach- und Fachinteresse direkt nach der Teilnahme an der Führung leicht erhöht, sanken dann aber wieder bis zum Follow-up-Test ab. So konnte durch die Teilnahme an der Studie nur eine kurzfristige Stimulation bewirkt werden. Auch in einer Studie über Interessen in Schülerlaboren zeigte Pawek (2009), dass durch den Besuch im Schülerlabor das Sachinteresse an Naturwissenschaften erhöht wird, diese Erhöhung im Posttest jedoch nicht mehr nachweisbar ist.

Auch die Ergebnisse der **Interessenshandlung** bestätigen diese Annahme. Diese wurde im Follow-up-Test überprüft und zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen (siehe Abbildung 27). Also waren die Schüler der Versuchsgruppe trotz der Vor- und Nachbereitung nicht stärker daran interessiert, sich mit den in der Führung behandelten Themen freiwillig ausgiebiger zu beschäftigen als die der Kontrollgruppe. Der insgesamt hohe Mittelwert weist darauf hin, dass alle Schüler einige Wochen nach der Studie nur ein geringes En-



agement zeigten, sich mit den Themen weiterhin auseinanderzusetzen (siehe Tabelle 34). Die Theorie über die Manifestierung dauerhafter, individueller Interessen (Schiefele, 2009; Wild et al., 2006) sagt aus, dass eine große Bedeutung für den Interessensgegenstand und eine freiwillige Beschäftigung damit vonnöten sind, um intrinsisches Interesse auszubilden. Dies war hier nicht der Fall. In einer Studie von Bogner (1998) wurde gezeigt, dass kurze Interventionen wie Ein-Tagesausflüge keine langfristigen Auswirkungen auf das Umweltdenken und -Handeln haben und hier längerer Interventionen von mindestens fünf Tagen vonnöten sind, um eine langfristiges Umdenken und Verhaltensänderungen zu bewirken.

**Zusammenfassend** kann über die Biologieeinstellung gesagt werden, dass der Besuch des außerschulischen Lernorts teilweise kurzfristig das Fach- und Sachinteresse der Schüler beeinflusst. Ein direkter Einfluss der Vor- und Nachbereitung ist allerdings nicht nachweisbar. Die Interessenshandlung einige Wochen nach der Intervention ist durch die Vor- und Nachbereitung nicht beeinflusst. Folglich lässt sich die aufgestellte Hypothese 2 durch die Ergebnisse nicht bestätigen.

### 5.1.3 Einfluss der unterrichtlichen Vor- und Nachbereitung auf erlernte Führungsinhalte von Schülern an außerschulischen Lernorten (H3)

Zu den Messzeitpunkten T1 direkt nach der Führung und T3 im Follow-up-Test wurden den Schülern Fragen zu den Inhalten der Führungen gestellt. Es wird davon ausgegangen, dass die unterrichtliche Vor- und Nachbereitung den Schülern der Versuchsgruppe half, diese besser zu beantworten. Daher lautete die dritte Hypothese:

*Es zeigen sich kurz- und langfristige Unterschiede zwischen der Kontroll- und Versuchsgruppe bezüglich der bei der Führung erlernten Führungsinhalte.*

Die Ergebnisse bestätigen, dass die Aufgaben für die meisten Schüler gut lösbar waren, was am relativ hohen Mittelwert insgesamt erkennbar ist (siehe Tabelle 35). Weder in der Kontroll- noch in der Versuchsgruppe veränderten sich die Ergebnisse über die Zeit signifikant (siehe Tabelle 39). Allerdings deutet ein leicht erhöhter Mittelwert auf bessere Leistung der Schüler zum Zeitpunkt T3 hin. Der Vergleich beider Gruppen der Gesamtstichprobe zeigt höchst signifikante Unterschiede zu beiden Messzeitpunkten, hierbei ist die erreichte Punktzahl in der Versuchsgruppe jeweils höher (siehe Abbildung 29). Auch die Varianzanalyse bestätigt einen höchst signifikanten Einfluss des Faktors Gruppe, aber keinen der Zeit (siehe Tabelle 41).

Diese Ergebnisse betätigen die aufgestellte Hypothese, da zu beiden Messzeitpunkten die Versuchsgruppe in den Wissensfragen besser abschnitt. In einigen Studien wurde nachgewiesen, dass sich eine inhaltliche Vorbereitung positiv auf das erlernte Wissen bei Schülern auswirkt (z.B. Gilbert & Priest, 1997; Lewalter & Geier, 2005; Wilde & Bätz, 2006). Auch eine inhaltliche Nachbereitung, besonders wenn sie mit positiven Emotionen verknüpft ist, erhöht den Wissenserwerb bei Schülern an außerschulischen Lernorten (Dieser, 2015), wofür auch das erhöhte Fachwissen der Versuchsgruppe zum Zeitpunkt T3 spricht. In der zitierten Studie von Dieser (2015) beinhaltete die Nachbereitung ein interaktives Spiel ebenso wie in der hier durchgeführten Nachbereitung, wobei der emotionssteigernde und kompetitive Charakter ihrer Meinung nach einen positiven Effekt auf die Wissenssteigerung hat.

Dennoch stellt das Ergebnis für das ermittelte Fachwissen einen Widerspruch zu den Ergebnissen der FAM-Subskala Interesse dar. Dort zeigte die Kontrollgruppe nach der Führung erhöhtes Interesse an den behandelten Themen, jedoch einen signifikant geringeren

Mittelwert für das Fachwissen. In einigen Studien dagegen wird hohes Interesse auch mit verbessertem Lernen von fachlichen Inhalten verbunden (z.B. Glowinski, 2007).

Im vorliegenden Fall muss das Ergebniss aufgrund der wenigen und recht einfachen Fragen mit einiger Vorsicht betrachtet werden. Der thematische Schwerpunkt der Evaluation lag hier auf der Messung der aktuellen Motivation und das abgefragte Fachwissen soll nur zusätzliche Informationen liefern. Hier bestätigt es zum einen auch die Ergebnisse der gering wahrgenommenen Herausforderung und der hohen Erfolgswahrscheinlichkeit der Schüler und zum anderen, dass die Inhalte der Führung und des Fachwissens für alle Altersstufen gut lösbar waren. Da sich die gestellten Fragen nur auf die Inhalte der Führung und nicht des vorbereiteten Unterrichts bezogen, kann auch hier das Ergebnis nicht eindeutig auf den Unterricht zurückzuführen sein. Andere Einflussfaktoren auf das erworbene Wissen können auch das Alter der Schüler oder die Schulart sein, diesbezüglich waren die Gruppen nicht ganz homogen (siehe Tabelle 28). Bezüglich des Alters der Schüler lässt sich feststellen, dass in der Versuchsgruppe etwas mehr ältere Schüler vertreten waren (siehe Tabelle 28). Obwohl dies zu gesteigerter Unlust an naturwissenschaftlichen Themen führen kann (siehe Kapitel 5.1.1), haben die Schüler jedoch schon länger Biologieunterricht in der Schule und damit ein höheres Fachwissen, das ihnen bei der Beantwortung der Fragen förderlich war. In der Versuchsgruppe waren auch wesentlich mehr Gymnasiasten vertreten als in der Kontrollgruppe und zudem keine Gesamtschüler. In Vergleichsstudien wie der internationalen PISA-Studie wurde gezeigt, dass Schüler entsprechend der Schultypen unterschiedliche Leistungen zeigen. Gymnasiasten schnitten dabei stets am besten ab (OECD, 2012). Auch van Ophuysen (2008) bestätigte in ihrer Studie, dass das emotional/motivationale Potenzial, das an der Hauptschule existiert, nicht in Leistung umgesetzt wird.

Desweiteren kann auch das **Vorwissen** über Biodiversitäts-Themen das Lernen der Führungsinhalte beeinflusst haben. Das Vorwissen wird neben dem Interesse, der Motivation und den Vorerfahrungen als Einflussfaktor des schulischen und außerschulischen Lernens gesehen (Krombass & Harms, 2006). Das hier erworbene Vorwissen bezog sich auf Biodiversität allgemein und diente eher der Einordnung und Vergleichbarkeit der Versuchs- und Kontrollgruppe. Ein Blick auf die erhobenen Daten zeigt, dass in beiden Gruppen ein vergleichbarer Anteil der Schüler den Begriff Biodiversität schon mal gehört hatte (siehe Tabelle 29) und auch die Einordnung des Begriffes ähnlich erfolgte (siehe Tabelle 30). So kann hier von einem ähnlichen (niedrigen) Wissensstand beider Gruppen zu Beginn der Studie ausgegangen werden und ein Einfluss des Vorwissens ausgeschlossen werden.

Für die erhobenen **Inhalte zur Führung lässt sich zusammenfassend** sagen, dass die Ergebnisse den Erwartungen entsprechen und die aufgestellte Hypothese bestätigt werden kann. Die Versuchsgruppe schneidet zu beiden Messzeitpunkten signifikant besser ab als die Kontrollgruppe, was vermutlich auf die unterrichtliche Vor- und Nachbereitung zurückzuführen ist. Weitere Einflussfaktoren können aber nicht ausgeschlossen werden.

#### **5.1.4 Einfluss der unterrichtlichen Vorbereitung auf Unterrichtsvariablen beim Lernen an außerschulischen Lernorten (H4)**

Nach der Teilnahme an der Biodiversitätsführung wurden die Schüler zur Lernatmosphäre während der Führung befragt. Dabei sollten sie die Betreuung/Atmosphäre, das Verständnis der vermittelten Inhalte und die Möglichkeit der Zusammenarbeit mit Ihren Mitschülern beurteilen. Es wird davon ausgegangen, dass die Schüler der Versuchsgruppe durch die inhaltliche Vorbereitung die Lernbedingungen positiver beurteilten. Folgende Hypothese wurde aufgestellt:

*Durch eine unterrichtliche Vorbereitung werden Unterrichtsvariablen der Führung am außerschulischen Lernort positiv beeinflusst.*

Die errechneten Ergebnisse zeigen, dass sich in der Gesamtstichprobe weder für die Betreuung/Atmosphäre noch für das Verständnis signifikante Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe ergeben. Lediglich bei der wahrgenommenen Zusammenarbeit gab es messbare Unterschiede, hier zeigte die Versuchsgruppe wider Erwarten einen signifikant geringeren Wert (siehe Tabelle 40, Abbildung 28).

Wie bei der aktuellen Motivation auch könnte eine unterschiedliche Lerneinstellung zwischen den Gruppen der Grund für das unerwartete Resultat sein. Durch die Vorbereitung nahm die Versuchsgruppe die Teilnahme an der Studie eventuell stärker als normalen Schulunterricht wahr, die Schüler fühlten sich „unfreier“, empfanden mehr Leistungsdruck oder langweilten sich sogar. Die Kontrollgruppe dagegen erlebte den außerschulischen Lernort eher als „Erlebnisort“ (Wilde et al., 2003) und die Führung als Ausflug vom normalen Schulalltag mit Freizeitcharakter und stufte daher die Möglichkeit zur Zusammenarbeit höher ein. Dies spiegelt auch das Ergebnis der Subskalen Interesse und Herausforderung der aktuellen Motivation wieder, die in der Versuchsgruppe jeweils signifikant geringer waren (siehe Kapitel 5.1.1) und eng mit den Unterrichtsvariablen zusammenhängen, wie dies die berechneten Korrelationen beweisen (siehe Kapitel 5.2.3).

Andererseits bestätigt das unerwartete Ergebnis auch die für die Subskalen der aktuellen Motivation und der Biologieeinstellung aufgestellte These, dass andere Faktoren wie das Alter, das Geschlecht etc. einen stärkeren Einfluss auf das Lernklima am außerschulischen Lernort haben, als eine eher kurze inhaltliche Vorbereitung auf die Führung (siehe Kapitel 5.1.1. und 5.1.2). Wie schon oben diskutiert, waren in der Versuchsgruppe etwas mehr älterer Schüler der 7.-9. Klasse (42,66%) vertreten als in der Kontrollgruppe (37,55%). Schüler in der Pubertät orientieren sich zunehmend als Zeichen ihrer Autonomieentwicklung an Gleichaltrigen (Peers) (Reinders, 2015). Daher legte die Versuchsgruppe eventuell mehr Wert auf die Möglichkeit der Zusammenarbeit und betrachte diese während der Führung kritischer als die etwas jüngeren Schüler der Kontrollgruppe.

Einen maßgeblichen Einfluss auf das Ergebnis der Unterrichtsvariablen haben aber sicherlich auch die pädagogischen Mitarbeiter des jeweiligen außerschulischen Lernortes, die die Führungen angeleitet haben. Wie Härting (2014) zeigte, spielt die Einstellung und das Verhalten des Mitarbeiters eine entscheidende Rolle für das Lernklima. Da der Einfluss des pädagogischen Mitarbeiters auf das Lernklima bei den Führungen nicht Gegenstand der Untersuchung war, können keine genauen Aussagen dazu gemacht werden, dennoch sollte dieser bei den Betrachtungen der Ergebnisse mitberücksichtigt werden. Auf jeden Fall konnte ein enger Zusammenhang der Unterrichtsvariablen mit der aktuellen Motivation der Schüler nachgewiesen werden (siehe auch Kapitel 5.2.3)

Für den Einfluss der unterrichtlichen Vorbereitung auf die Unterrichtsvariablen lässt sich **zusammenfassend** sagen, dass die Ergebnisse nicht den Erwartungen entsprechen und die Hypothese somit nicht bestätigt werden kann. Bezüglich der Betreuung/Atmosphäre und des Verständnisses ergaben sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen, die Möglichkeit der Zusammenarbeit war in der Kontrollgruppe höher. Mögliche Ursache dafür kann eine unterschiedliche Lerneinstellung zwischen den Gruppen oder der Einfluss anderer Faktoren, besonders des Alters sein.

## 5.2 Einfluss gemessener Faktoren auf die aktuelle Motivation der Schüler im Hinblick auf das Lernen an außerschulischen Lernorten (F2)

Die zweite Forschungsfrage dient zur Eruierung etwaiger Einflüsse auf die Ergebnisse der ersten Forschungsfrage:

*Welche Faktoren beeinflussen die aktuelle Motivation der Schüler im Hinblick auf das Lernen an außerschulischen Lernorten?*

Es wurde anhand von Korrelationen untersucht, von welchen Faktoren die Ergebnisse der Versuchs- und Kontrollgruppe insgesamt beeinflusst wurden.

### 5.2.1 Einfluss verschiedener soziodemographischer Faktoren (Geschlecht, Schulart, Klassenstufe, Biologienote) auf die aktuelle Motivation der Schüler (H5)

In verschiedenen Studien wurden die Einflüsse des Geschlechts, des Alters und anderer Faktoren auf die Lernmotivation bei Schülern untersucht (z.B. Fend, 1997; Holstermann & Bögeholz, 2007; Schiefele & Schreyer, 1994). Dabei wurden verschiedene Zusammenhänge ermittelt. So wird auch für die vorliegende Untersuchung postuliert:

*Die aktuelle Motivation der Schüler wird beeinflusst durch verschiedene soziodemographische Faktoren (Geschlecht, Schulart, Biologienote, Klassenstufe).*

Für das **Geschlecht** wurden weder zum Zeitpunkt T0 noch T1 relevante Zusammenhänge der Gesamtstichprobe mit den FAM-Subskalen berechnet (vgl. Tabelle 37 und 38). In vergleichbaren Studien, in denen die Lernmotivation an außerschulischen Lernorten untersucht wurde, wurden ebenfalls keine maßgeblichen Einflüsse berechnet. Beispiele finden sich bei Härting (2014) und Wilde et al. (2009). Die letztgenannten Autoren berechneten allerdings eine höher wahrgenommene Kompetenz bei den männlichen Schülern, was ungefähr der hier untersuchten Erfolgswahrscheinlichkeit entspricht. Sie erklären dies durch ein typisches, altersgeprägtes Verhalten der Jungen in der 5. Jahrgangsstufe.

Andere Studien postulieren einen Zusammenhang des Geschlechts besonders mit den Lerninhalten bestimmter Schulfächer, die sich dann in unterschiedlichen Interessen niederschlagen (z.B. Holstermann & Bögeholz, 2007). Dies lässt sich hier auf die Inhalte der unterschiedlichen Lernorte beziehen und wird in Kapitel 5.3 ausführlich diskutiert.

Eine weitere mögliche Erklärung für keinen vorhandenen geschlechtsspezifischen Effekt bietet ein eventuell bestehender Zusammenhang mit dem Alter der Schüler. Löwe (1992) stellte fest, dass Alterseffekte auf das Biologieinteresse bei Schülern zwischen der 5. und 8. Klasse geschlechtsspezifische Effekte überdecken. Das Verschwinden geschlechtsspezifischer Interessensunterschiede zu Beginn der Sekundarstufe I erklärt er durch die pubertätsbedingte Suche und Festlegung einer sexuellen Geschlechtsidentität und Antizipation von Rollendifferenzierung in Beruf und Familie. Die Abgrenzung der Geschlechter gewinnt zum Ende der Pubertät, also ca. in der 8. Klassenstufe wieder an Bedeutung und zeigt sich durch manifestierte geschlechtsspezifische Interessen. Da die hier untersuchte Schülergruppe genau in diese Altersgruppe fällt, ist dies eine wahrscheinliche Erklärung für den mangelnden geschlechtsspezifischen Effekt auf die Lernmotivation. Dies bestätigen auch die Korrelationen in Zusammenhang mit der Klassenstufe (siehe unten).

Relevante Zusammenhänge zwischen der **Schulart** und der aktuellen Motivation wurden an beiden Messzeitpunkten in der Gesamtstichprobe nicht berechnet (siehe Tabelle 37 und 38). Die nicht ganz gleichmäßige Verteilung der Schularten in den einzelnen Lernorten (siehe Tabelle 28) scheint sich in der Gesamtstichprobe wieder auszugleichen. Diese Annahme wird bestätigt durch das Ergebnis für den Palmengarten und den Zoo, wo Unterschiede zwischen den Schularten bezüglich der Misserfolgsbefürchtung und der Herausforderung gemessen (nur PG) wurden (siehe Tabelle 37 und 38). Die Diskussion zum Einfluss der Schulart an diesen Lernorten findet sich in Kapitel 5.3.

Ein weiterer untersuchter Faktor in Bezug auf die Motivation ist das **Alter bzw. die Klassenstufe** der Schüler. Es wird davon ausgegangen, dass das Alter der Schüler und die Lernmotivation zusammenhängen. So zeigen auch die Ergebnisse der Korrelationen der Gesamtstichprobe geringe Korrelationen der Erfolgswahrscheinlichkeit, des Interesses und der Herausforderung mit der Klassenstufe zu T0 (siehe Tabelle 37) und des Interesses und der Herausforderung zu T1 (siehe Tabelle 38). Aus den Ergebnissen kann folgender Trend herausgearbeitet werden: Die jüngeren Schüler der 5. und 6. Klasse zeigen die höchste Erfolgswahrscheinlichkeit, aber auch die größte wahrgenommene Herausforderung und das größte Interesse. In der 7. und 8. Klasse nimmt die wahrgenommene Herausforderung ab und steigt dann in der 9. Klasse wieder etwas an. Das Interesse und die Herausforderung dagegen sind in der 7. Klasse am geringsten und nehmen dann in der 8. bis zur 9. Klasse wieder etwas zu. Diese Ergebnisse bestätigen die Erkenntnisse anderer Autoren, dass z.B. die Interessen an tier- und pflanzenkundlichen Themen im Lauf der Schullaufbahn absinken und sich erst wieder in der neunten Klasse manifestieren (Urhahne et al., 2004). Auch Fend (1997) fand in einer Längsschnittuntersuchung den stärksten negativen Einbruch in der Einstellung zur Schule beim Wechsel zwischen Klasse sechs und sieben. Er erklärt dies mit dem Zusammentreffen von beginnender Pubertät und Lehrerwechsel und der zusätzlichen Einführung einer zweiten Fremdsprache.

Auch wenn die hier berechneten Korrelationen nur sehr gering bis gering sind, scheint der Trend bestätigt zu werden, dass sich Schüler pubertätsbedingt zunehmend bis zur siebten Klasse weniger für biologische Themen motivieren lassen. Im Verlauf der nächsten Jahre steigt die Lernmotivation für biologische Themen wieder leicht an. Zwischen den in den außerschulischen Lernorten behandelten Inhalten zeigen sich auch Unterschiede im Bezug auf das Alter der Schüler, dies wird in Kapitel 5.3 behandelt.

Auch die **Biologienote** der Schüler wurde in Zusammenhang mit der Lernmotivation gesetzt. Da eine hohe Lernmotivation als Voraussetzung für gute Schulleistung gesehen wird (z.B. Brunstein & Heckhausen, 2006; Wild et al., 2006), wird hier auch davon ausgegangen, dass die aktuelle Motivation und die Note im Fach Biologie zusammenhängen. Tatsächlich zeigen die Ergebnisse aber, dass sich für die Gesamtstichprobe lediglich für das Interesse eine sehr geringe Korrelation an beiden Messzeitpunkten ergibt (siehe Tabelle 37 und 38). Die anderen Subskalen zeigen z.T. zwar Signifikanzen, stehen aber wegen eines sehr niedrigen Korrelationskoeffizienten in keinem nennenswerten Zusammenhang mit der Note.

In der vorliegenden Studie steht das Interesse an den behandelten Inhalten und die Note im Fach Biologie in so fern in Zusammenhang, als dass Schüler mit besseren Noten schon mit einem größeren Interesse in die Evaluierung starten, was aber wiederum nicht unbedingt Bedingung für erfolgreichen Abschneiden beim (leichten) Wissenstest nach der Führung ist. Trotzdem ist das höhere Interesse eine Voraussetzung für die Fähigkeit zu lernen, in dem es zu einer Fokussierung und Intensivierung der kognitiven Funktionen in einer konkreten Lern-

situation und somit zu einer besseren Erinnerungsleistung führt. So schlägt sich vorhandenes Interesse in langfristigen Lernerfolgsindikatoren wie Schulnoten nieder (Pawek, 2009). Freund et al. (2011) ermittelten in einer Studie unter Einsatz des FAM, dass das Interesse die einzige Subskala war, die eine Vorhersage über das Abschneiden in einem Logiktest erlaubte. Dies erklärt auch den hier ermittelten Zusammenhang mit der Biologienote der Schüler.

### **5.2.2 Einfluss der erlernten Führungsinhalte auf die aktuelle Motivation der Schüler (H6)**

In der Literatur wird die Lernmotivation als Voraussetzung für den Lernerfolg angesehen (z.B. Brunstein & Heckhausen, 2006; Wild et al., 2006). Für die vorliegende Studie wurde daher folgende Hypothese aufgestellt:

*Zwischen der aktuellen Motivation und den in der Führung gelernten Inhalten besteht ein Zusammenhang.*

Die Ergebnisse der Korrelationen zeigen in der Gesamtstichprobe zum Messzeitpunkt T1 höchst signifikante Zusammenhänge zwischen den erlernten Führungsinhalten und der Misserfolgsbefürchtung und der Erfolgswahrscheinlichkeit. Die errechneten Korrelationskoeffizienten sind dabei allerdings nur sehr gering und damit statistisch nicht relevant. Zwischen den anderen Subskalen des FAM und dem Fachwissen wurden keine Korrelationen berechnet (siehe Tabelle 38).

Diese Ergebnisse widersprechen der gängigen Meinung in der Literatur, dass Faktoren der Lernmotivation mit einem positiven Lernerfolg verknüpft sind (Rheinberg et al., 2001; Vollmeyer & Rheinberg, 2005). Die Autoren des FAM Rheinberg und Vollmeyer fanden allerdings auch heraus, dass sich die Subskalen Interesse und Herausforderung bei fragengeführtem Faktenlernen nicht zur Vorhersage der Lernleistung eignen (Vollmeyer & Rheinberg, 2005). Auch die hier vorhandene Lernsituation während des Unterrichts und auch während der Führung entspricht eher dem fragengeführtem Faktenlernen als dem selbstgesteuerten Verständnislernen und bestätigt so die Ergebnisse der FAM-Autoren. Die Subskalen Misserfolgsbefürchtung und Erfolgswahrscheinlichkeit zeigten sich beim Faktenlernen jedoch als Indikatoren für das erfolgreiche Abschneiden bei Wissenstests (Rheinberg et al., 2001). Die hier gemessenen Ergebnisse bestätigen dies so nicht, da die berechneten signifikanten Korrelationskoeffizienten zu gering sind. Eine Studie von Schiefele und Schreyer (1994) untersuchte in einer Metaanalyse den Zusammenhang zwischen intrinsischer und extrinsischer Lernmotivation und dem Lernerfolg von Schülern und Studenten. Hier zeigte sich, dass eher Faktoren der intrinsischen Motivation mit den Lernleistungen und Noten zusammenhängen, als die der extrinsischen. In Bezug auf den hier eingesetzten FAM und die vorgegebene faktenbezogene Lernsituation wird auch eher von einer extrinsischen Lernmotivation ausgegangen. So könnte auch hier der gering gemessene Zusammenhang zustande gekommen sein. Zusätzlich werden aber auch andere Einflussfaktoren auf die Motivation beim Lernen wie das Alter, Geschlecht, die Lerninhalte und die Lernsituation hervorgehoben.

Rheinberg et al. (2001) postulierten allerdings auch, dass sich die Erfolgswahrscheinlichkeit und Misserfolgsbefürchtung vermutlich dann besonders zur Leistungsvorhersage eignen, wenn den Lernenden genau klar ist, wie die bevorstehenden Aufgabe aussehen wird. Obwohl die Schüler eine inhaltliche (Versuchsgruppe) und auch organisatorische Einführung in die Studie erhielten, waren manchen von der neuen Lernsituation/bzw. der fremden Lehrperson vielleicht so abgelenkt, dass sie auf den bevorstehenden Ablauf nicht vorbereitet waren. Dies dürfte besonders für die Kontrollgruppe gelten, die mit dem ersten Fragenbogen

direkt am außerschulischen Lernort konfrontiert wurde. Dieser Punkt wurde auch im Zusammenhang mit dem Effekt der Vor- und Nachbereitung diskutiert (siehe Kapitel 5.1.1).

Die oben **aufgestellte Hypothese** lässt sich mit den hier gewonnenen Ergebnissen so nicht bestätigen, es wurde kein Zusammenhang zwischen der aktuellen Motivation und dem Fachwissen der Schüler ermittelt.

### **5.2.3 Einfluss der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen auf die aktuelle Motivation der Schüler (H7)**

Neben den oben behandelten möglichen Einflüssen auf die aktuelle Lernmotivation spielt die besondere Lernatmosphäre am außerschulischen Lernorte auch eine große Rolle. Die Schüler sind mit einem neuen Ort, einer neuen Lehrperson, neuen Inhalten und einem andern Sozialgefüge als in der Schule konfrontiert. Als Schlussfolgerung aus weiteren Studien zum Lernen an außerschulischen Lernorten (z.B. Engeln, 2004; Glowinski, 2007; Härting, 2014; Pawek, 2009) wird davon ausgegangen, dass die Lernumgebung einen Einfluss auf die aktuelle Motivation hat. So wurde folgende Hypothese aufgestellt:

*Die aktuelle Motivation der Schüler nach der Führung steht in Beziehung zu den wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Atmosphäre/Betreuung, Zusammenarbeit und Verständlichkeit.*

Die Ergebnisse der Korrelationen des FAM mit den untersuchten Unterrichtsvariablen zum Messzeitpunkt T1 ergaben für die Gesamtstichprobe die höchsten gemessenen Korrelationen. Die Atmosphäre/Betreuung zeigte mit allen vier Subskalen geringe bis mittlere Korrelationen, der größte Zusammenhang bestand mit dem Interesse. Die Verständlichkeit der vermittelten Inhalte stand ebenfalls in Beziehung mit allen vier FAM-Faktoren, am stärksten mit der Erfolgswahrscheinlichkeit und dem Interesse. Die Zusammenarbeit der Schüler korrelierte mit dem Interesse und der Herausforderung im mittleren bzw. geringen Bereich (siehe Tabelle 38).

Diese Ergebnisse bestätigen die oben diskutierte Theorie, dass die besondere Lernsituation in einem außerschulischen Lernort an sich einen größeren Einfluss auf die aktuelle Motivation der Schüler hat als der vor- und nachbereitende Unterricht, den die Versuchsgruppe bekam. Auch wenn die gemessenen Korrelationskoeffizienten nur gering bis mittel sind, zeigen sie dennoch einen durchgehenden Zusammenhang im Gegensatz zu anderen gemessenen Faktoren wie dem Lernort, der Gruppenzugehörigkeit oder dem Geschlecht. Die besondere Lernatmosphäre und die Betreuung durch eine neue Lehrperson am außerschulischen Lernort wirken im positiven Fall förderlich für das aufgebrachte Interesse, die Erfolgswahrscheinlichkeit und die wahrgenommenen Herausforderung der Schüler und hemmend auf die Misserfolgsbefürchtung. Auch die gute Verständlichkeit der vermittelten Inhalte wirkt sich positiv auf die aktuelle Motivation aus. Die Möglichkeit der Zusammenarbeit, die in einer der eher lehrerzentrierten Führung etwas eingeschränkter vorhanden ist, kann aber dennoch interessensfördernd wirkend und auch die Herausforderung der Schüler erhöhen. Diese Ergebnisse werden auch in anderen Studien über das Lernen an außerschulischen Lernorten bestätigt. So zeigte Pawek (2009), dass das Interesse von Schülern im Schülerlabor vor allem durch die Variablen Betreuung/Atmosphäre und Verständlichkeit beeinflusst wurden.

Auch wenn die in dieser Studie gemessene aktuelle Motivation eher extrinsischen Charakter hat, können die Ergebnisse in Bezug zu den von Decy und Ryan postulierten „basic needs“ der Selbstbestimmungstheorie gesetzt werden (Deci & Ryan, 1993; Deci & Ryan,

2000a; Deci & Ryan, 2000b). Autonomie, Kompetenz und soziale Eingebundenheit gelten laut den Autoren als Bedingung für das Zustandekommen intrinsischer Motivation und bestätigen so die hier gewonnenen Ergebnisse für Atmosphäre/Betreuung und Zusammenarbeit.

Der positive Zusammenhang bedeutet aber auch, dass schlecht beurteilte Unterrichtsvariablen die Motivation der Schüler senken können und dies auch stark von der Führungsperson am außerschulischen Lernort abhängt. Dies untersuchte Härting (2014), die aufgrund der Kategorisierung von Museumsführern den Einfluss dieser auf die Motivation von Schülern und damit auch die Lernsituation am außerschulischen Lernort aufzeigte. So konnten strenge, disziplinierende Museumsführer auch das Schülerinteresse an den vermittelten Inhalten schmälern, während souveräne, engagierte Museumsführer die Schüler mit ihrer Begeisterung „ansteckten“ und somit zu einem höheren Interesse an den Inhalten und Exponaten führten. Die hier ermittelten Mittelwerte der untersuchten Unterrichtsvariablen sind recht niedrig (siehe Tabelle 32) und lassen besonders für die Skalen Betreuung/Atmosphäre und Verständlichkeit auf eine positive Rückmeldung und damit auch Bestärkung der Motivation schließen. Für die Möglichkeit zur Zusammenarbeit ist der Gesamtmittelwert etwas höher und zeigt damit an, dass hier eine weniger starke positive Rückkoppelung mit den Subskalen Interesse und Herausforderung stattfand.

**Insgesamt** lässt sich die oben aufgestellte Hypothese mit Hilfe der gewonnenen Ergebnisse eindeutig bestätigen.

#### **5.2.4 Einfluss der Biologieeinstellung (Fach- und Sachinteresse) auf die aktuelle Motivation der Schüler nach der Führung (H8)**

Die dauerhaften, individuellen Interessen der evaluierten Schüler spielen eine nicht zu vernachlässigende Rolle bei der Entwicklung aktueller Motivation im außerschulischen Lernort. Daher wurde untersucht, inwiefern das Interesse am Schulfach Biologie und das Interesse an biologischen Themen allgemein die Ergebnisse der Studie beeinflussen. Folgende Hypothese wurde aufgestellt:

*Die aktuelle Motivation der Schüler steht in Beziehung zu ihrer Biologieeinstellung (Fach- und Sachinteresse).*

Zum Messezeitpunkt T0 zeigen Fach- und Sachinteresse geringe bis hohe Korrelationen mit den Subskalen Erfolgswahrscheinlichkeit, Interesse und Herausforderung für die Gesamtstichprobe. Besonders auffällig ist hierbei der hohe Zusammenhang zwischen dem Sachinteresse und der Subskala Interesse. Für die Subskala Misserfolgsbefürchtung bestand kein nennenswerter Zusammenhang (siehe Tabelle 37). Sie scheint sich wie im Zusammenhang mit anderen gemessenen Parametern nicht als passende Variable zu eignen (vgl. Kapitel 5.1.1).

Insgesamt bedeutet das Ergebnis, dass die Schüler, die schon ein großes intrinsisches Interesse an biologischen Sachinhalten und auch am Schulfach Biologie mitbrachten, an der Studie mit einer höheren aktuellen Motivation teilnahmen als die weniger interessierten Schüler. Die Entwicklung intrinsischer, dauerhafter Interessen bei Schülern für die vermittelten Lerninhalte und damit erhöhte Lernmotivation und -erfolg zu generieren, ist der Inhalt vieler Theorien und Studien (z.B. Krapp, 2005a; Krapp, 2005b; Wild et al., 2006). Immer wieder betont wird dabei die Erfüllung der drei grundlegenden psychologischen Bedürfnisse nach Kompetenz, Autonomie und sozialer Eingebundenheit als Voraussetzung für die Entstehung langanhaltender Interessen (z.B. Deci & Ryan, 2000a). Ob diese für die hier evaluierten Schüler im regulären Schulunterricht erfüllt sind, kann hier nicht direkt überprüft werden. Der



eher mittlere bis große Mittelwert des Sach- und Fachinteresses der Gesamtstichprobe zu T0 spricht nicht unbedingt dafür (siehe Tabelle 33). Hier darf aber auch der Einfluss anderer Faktoren wie des Alters und des Geschlechts auf die Entwicklung von Schülerinteressen nicht vergessen werden (vgl. oben).

Für den Verlauf der Studie wurden aber zum einen die Unterrichtsvariablen und zum anderen die aktuelle Motivation untersucht, die die individuellen Interessen beeinflussen. Die gemessenen Unterrichtsvariablen weisen auf ein gutes Lernklima während der Evaluierung hin, lediglich die gering vorhandene Möglichkeit der Zusammenarbeit könnte die Grundbedingungen negativ beeinflusst haben. Für die aktuelle Motivation, deren Subskala Erfolgswahrscheinlichkeit mit dem Bedürfnis nach Kompetenz vergleichbar ist, zeigen sich im Durchschnitt eher mittlere Werte (siehe Tabelle 31). Dies bestätigt den Zusammenhang mit den mittleren Werten des Sach- und Fachinteresses. Für die aktuelle Motivation zeigen sich jedoch Veränderungen im Lauf der Studie, die Misserfolgsbefürchtung und die Herausforderung sinken, das Interesse und die Erfolgswahrscheinlichkeit steigen. Der leichte Anstieg des Fach- und Sachinteresses im Lauf der Studie (vgl. Tabelle 33) zeigt einen ähnlichen Trend, ist aber nicht dauerhaft ausgeprägt. Weder in der Kontroll- noch in der Versuchsgruppe zeigen sich langanhaltende Effekte (siehe auch Kapitel 5.1.2). Ähnliche Entwicklungen zeigten sich auch in einer Studie von Schmitz (2006), die einen positiven Zusammenhang zwischen der Teilnahme an einem Schülerlabor und dem entsprechenden Schulfach ermittelte. Als Einflussfaktoren auf das Interesse an den vor Ort behandelten Themen ermittelte sie unter anderem das Lernklima und ein allgemeines Interesse an Naturwissenschaften.

**Abschließend** lässt sich sagen, dass eine Wechselwirkung zwischen den bereits bestehenden individuellen Interessen der Schüler am Fach Biologie und allgemeinen biologischen Themen und der aktuellen Motivation am außerschulischen Lernort besteht. Somit kann die Hypothese 8 bestätigt werden.

### **5.3 Besondere Merkmale der einzelnen außerschulischen Lernorte in Bezug auf die Wirkung der Vor- und Nachbereitung und Einflüsse verschiedener Faktoren**

Im folgenden Kapitel wird auf Besonderheiten der einzelnen untersuchten außerschulischen Lernorte eingegangen. Dabei werden von der Gesamtstichprobe abweichende Ergebnisse im Bezug auf die Gegebenheiten des jeweiligen Lernorts diskutiert.

#### **5.3.1 Besondere Merkmale des Palmengartens in Bezug auf die Wirkung der Vor- und Nachbereitung und Einflüsse verschiedener Faktoren**

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse für den Palmengarten findet sich in Kapitel 4.3. Beim Blick auf die Entwicklung der **aktuellen Motivation** in der Kontrollgruppe und Versuchsgruppe separat fällt auf, dass sich für beide Gruppen weniger signifikante Veränderungen ergeben als für die Gesamtstichprobe (vgl. Tabelle 39). Auch der Vergleich zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe weist lediglich einen signifikanten Unterschied auf, und zwar zum Zeitpunkt T0 für die Misserfolgsbefürchtung (siehe Tabelle 40). Dies lässt sich entweder durch die etwas unterschiedlichen Bedingungen für die Gruppen beim Ausfüllen des ersten Fragebogens erklären oder durch die mangelnde Eignung der Subskala Misserfolgsbefürchtung für die gegebene Testsituation (siehe auch Kapitel 5.1.1). Insgesamt zeigen sich für die aktuelle Motivation im Palmengarten ähnliche Tendenzen wie für die Gesamtstichprobe aller

Lernorte, jedoch weniger stark ausgeprägt. Der Einfluss der unterrichtlichen Vorbereitung und des Besuchs des Palmengartens an sich schien sich weniger gravierend auf die Motivation der Schüler auszuwirken. Diese Beobachtung kann auch auf die gemessenen Parameter **Fach- und Sachinteresse und Interessenshandlung** übertragen werden (siehe Tabelle 39 und 40). Eine mögliche Erklärung für diese Ergebnisse liefern die behandelten Themen im Unterricht und der Führung für den Palmengarten. In zahlreichen Untersuchungen wurde gezeigt, dass Schüler verschiedenen Alters für Tiere als Unterrichtsthema wesentlich größeres Interesse aufbringen als für Pflanzen (z.B. Holstermann & Bögeholz, 2007; Hummel et al., 2012; Gebhard, 2013). Hummel et al. (2012) wiesen nach, dass selbst praktische Unterrichtseinheiten zu botanischen Themen von geringerem Interesse sind als zu zoologischen Themen. Da der Palmengarten der einzige der untersuchten Lernorte ist, der sich ausschließlich mit Pflanzen beschäftigt, ist dies ein Alleinstellungsmerkmal und kann die Erklärung für die sich wenig verändernde aktuelle Motivation der Schüler im Lauf der Studie sein.

Die drei untersuchten **Unterrichtsvariablen** unterschieden sich zum Messzeitpunkt T1 nicht signifikant zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe und zeigen hier keinen erkennbaren Einfluss der unterrichtlichen Vorbereitung auf das Lernklima während der Führung (siehe Tabelle 40).

Weiterhin wurden noch einige Korrelationen mit anderen möglichen Einflussfaktoren berechnet (siehe Tabelle 37 und 38).

So zeigten sich zu T0 geringe Einflüsse des **Geschlechts** auf das Interesse der Schüler. Das höhere Interesse der weiblichen Schüler an den behandelten botanischen Themen spiegelt sich auch in anderen Studien wider. So zeigten Holstermann und Bögeholz (2007), dass bei Schülern der 10. Jahrgangsstufe Landwirtschaft und Pflanzen tatsächlich das am wenigsten interessante auszuwählende Thema war, dem die männlichen Schüler einen noch geringeren Stellenwert einräumten als die weiblichen.

Der Einfluss der **Schulart** auf die Misserfolgsbefürchtung und die Herausforderung wurde für den Palmengarten zu beiden Messzeitpunkten ermittelt. Hier gab es die Besonderheit, dass in der Kontrollgruppe eine 5. Klasse aus einer Schule mit Förderstufe teilnahm (siehe Tabelle 28), was sich anscheinend auf die beiden Subskalen auswirkte. Auch in anderen Untersuchungen konnten motivationale und leistungsbezogene Unterschiede zwischen verschiedenen Schularten festgestellt werden. So wurde in einer langjährigen Studie zur Schulfreude gezeigt, dass Hauptschüler oft eine größere Schulfreude als Gymnasiasten aufweisen, dieses emotional/motivationale Potential allerdings oft nicht in Leistung umgesetzt wird. Hier wird der Einfluss der Mitschüler und Lehrer als sehr hoch eingeschätzt (van Ophuysen, 2008). Im vorliegenden Fall sind die Gymnasiasten in Bezug auf ihre Leistungserwartung am selbstsichersten und weisen die geringste Misserfolgsbefürchtung auf. Sie schätzen die gestellten Aufgaben allerdings auch am leichtesten ein, was sich in der geringsten Herausforderung niederschlägt. Auch Härting (2014) konnte zeigen, dass der Schultyp in Zusammenhang mit dem Interesse und dem Druck beim Lernen in Museumführungen steht. Je höher das Leistungsniveau der Schüler war, umso ein höheres Interesse an den Themen zeigten sie und umso weniger Druck nahmen sie wahr. Dieses Ergebnis ist gut mit der geringen Misserfolgsbefürchtung vergleichbar.

Die berechneten Korrelationen der aktuellen Motivation mit der **Klassenstufe** und den untersuchten **Unterrichtsvariablen** für den Palmengarten sind mit denen der Gesamtstichprobe vergleichbar (siehe Tabelle 37 und 38) und werden in Kapitel 5.2.2 und 5.2.4 ausführlich diskutiert.

Bezüglich des **Fachwissens** ergaben sich ebenfalls ähnliche Ergebnisse wie in der Gesamtstichprobe, diese sind in Kapitel 5.1.3 und 5.2.3 besprochen.

### 5.3.2 Besondere Merkmale des Senckenbergmuseums in Bezug auf die Wirkung der Vor- und Nachbereitung und Einflüsse verschiedener Faktoren

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse für das Senckenbergmuseum findet sich in Kapitel 4.3.

Die Durchführung der Evaluation für die Versuchsgruppe unterschied sich hier etwas von der in den anderen Lernorten. Aus praktischen Gründen fand der vor- und nachbereitenden Unterricht für die Schüler im Rahmen eines Projekttages direkt vor und im Anschluss an die Führung im Museum statt (genaue Beschreibung siehe Kapitel 3.3.2).

Dennoch zeigt ein Blick auf die Ergebnisse, dass sich kaum Abweichungen von der Gesamtstichprobe ergeben. Die **aktuelle Motivation** der Kontroll- und Versuchsgruppe separat (siehe Abbildung 21 und 23) entwickelt sich im Lauf der Stufe fast identisch wie in der Gesamtstichprobe. Die einzige Abweichung ist die geringer wahrgenommenen Erfolgswahrscheinlichkeit in der Versuchsgruppe zu T0 (siehe Abbildung 23). Hier könnte im Gegensatz zu den anderen Lernorten die Neuheit des Ortes (nicht Schule) zum Tragen kommen und wie von Orion & Hofstein (1994) argumentiert wird, zu räumlicher, psychologischer und kognitiver Ablenkung führen (vgl. Kapitel 5.1.1). Der Vergleich der Versuchs- und Kontrollgruppe zeigt so wie im Palmengarten auch für alle Subskalen keine signifikanten Unterschiede zum Zeitpunkt T1 nach der Führung. Auch hier war also kein eindeutiger Effekt des vorbereitenden Unterrichts erkennbar. Insgesamt fällt auf, dass die Mittelwerte für die Erfolgswahrscheinlichkeit, das Interesse und die Herausforderung an beiden Messzeitpunkten im Vergleich zu den anderen Lernorten jeweils am geringsten war. Dafür gibt es mehrere mögliche Begründungen. Zum einen kann auch hier das Argument der „novelty space“ nach Orion & Hofstein (1994) genannt werden, das sich tatsächlich aber nur auf die Versuchsgruppe anwenden lässt, da die Kontrollgruppen an allen Lernorten unter gleichen Bedingungen die Fragebögen ausfüllten. Zum anderen könnte auch das Alter der Schüler eine entscheidende Rolle spielen. An der Studie im Senckenbergmuseum nahmen ausschließlich Schüler der Klassen 7 bis 9 statt, das Durchschnittsalter war am höchsten (siehe Tabelle 28). Die Korrelationen zeigen für das Senckenbergmuseum zum Zeitpunkt T0 einen geringen Zusammenhang mit der Herausforderung (vgl. Tabelle 37). Hier wird teilweise das Argument bestätigt, dass Schüler der 7. Klasse die geringste Lernmotivation für naturwissenschaftliche Themen aufbringen (siehe Kapitel 5.2.2). Obwohl der direkte Vergleich mit Schülern der 5. und 6. Klasse für das Senckenbergmuseum nicht möglich ist, zeigen die Ergebnisse der Gesamtstichprobe deutlich den Abfall der Erfolgswahrscheinlichkeit, des Interesses und der Herausforderung zur 7. Klasse mit anschließender Zunahme (siehe Tabelle 37). So kann davon ausgegangen werden, dass die geringen Werte im Senckenbergmuseum stark von der Klassenstufe der Schüler beeinflusst sind, wie dies auch in vergleichbaren Studien bestätigt wird (z.B. Fend, 1997; Urhahne et al., 2004). Das gemessenen **Fachinteresse** am Schulfach Biologie, das hier auch die geringsten Mittelwerte ausweist (vgl. Abbildung 22, 24, 27), untermauert zusätzlich diese Hypothese. Auch das **Sachinteresse** und die **Interessenshandlung** sind auffällig gering, was eventuell zusätzlich an den behandelten Themen im Senckenbergmuseum liegen kann. Während die Schüler in den anderen Lernorten mit lebenden Tieren und Pflanzen zu tun hatten und sich größtenteils in der freien Natur aufhielten, waren die Themen im Museum wie Fossilisation, ausgestorbenen Tiere oder geologische Zeiträume etwas abstrakter und weniger greifbar für die Schüler. Dass Evolution ein allgemein eher unbeliebtes Thema bei Jugendlichen ist, zeigte auch Löwe (1992).

Die Mittelwertvergleiche und Korrelationen der **Unterrichtsvariablen** zu T1 sind mit den Ergebnissen der Gesamtstichprobe vergleichbar (siehe Tabelle 38 und 40) und werden in Kapitel 5.1.4 und 5.2.4 ausführlich diskutiert. Das **Fachwissen** zeigt im Gegensatz zur

Gesamtstichprobe keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen (siehe Abbildung 29). Auch die Korrelationen zeigen bis auf einen geringen Einfluss des **Geschlechts** auf das Interesse zu T0 und T1 (siehe Tabelle 37, 38) keine stärkeren Abweichungen von den Ergebnissen der Gesamtstichprobe. Dass etwas höhere Interesse der Mädchen kann vermutlich auf die in der Führung behandelten Themen zurückgeführt werden. Der Vergleich zeigte in einer Studie von Holstermann und Bögeholz (2007), dass Mädchen ein höheres Interesse aufwiesen bei Themen wie Naturphänomenen und Tieren, die auch im Senckenbergmuseum behandelt wurden.

### 5.3.3 Besondere Merkmale des Stadtwaldhauses in Bezug auf die Wirkung der Vor- und Nachbereitung und Einflüsse verschiedener Faktoren

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse für das Stadtwaldhaus findet sich in Kapitel 4.3.

Ein Blick auf die Entwicklung der **aktuellen Motivation** in der Versuchs- und Kontrollgruppe separat zeigt weder in der Kontroll- noch in der Versuchsgruppe große Abweichungen von der Gesamtstichprobe (siehe Abbildung 21 und 23). In der Kontrollgruppe zeigt die Gruppe im Stadtwaldhaus ein etwas größeres Interesse an den behandelten Themen und keinen signifikanten Abfall der wahrgenommenen Herausforderung der Schüler (siehe Abbildung 21). Auch die Versuchsgruppe zeigt ein etwas höheres durchschnittliches Interesse, das sich aber im Gegensatz zur Gesamtstichprobe nicht signifikant verändert (siehe Abbildung 23). Der Vergleich beider Gruppen zeigt eine ähnliche Entwicklung wie in den anderen Lernorten. Auch hier hatte die Führung anscheinend einen größeren Effekt auf die aktuelle Motivation der Schüler der Kontrollgruppe als der Versuchsgruppe: Zu T1 war die Erfolgswahrscheinlichkeit der Kontrollgruppe signifikant höher und ebenso das Interesse (siehe Abbildung 26). So kann auch im Stadtwaldhaus kein eindeutiger Effekt der unterrichtlichen Vorbereitung auf die Lernmotivation erkannt werden.

Die Entwicklung des **Fach- und Sachinteresses** zeigt keine bedeutenden Abweichungen von dem der Gesamtstichprobe (siehe Tabelle 39 und 40). Die **Interessenhandlung** dagegen zeigt allein im Stadtwaldhaus einen signifikanten Unterschied zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe zu T3 mit mittlerem Effekt (siehe Abbildung 27). Die Kontrollgruppe weist einen wesentlich höhere Bereitschaft auf, sich mit den behandelten Themen auch nach dem Projekt auseinanderzusetzen. Auch die **Biologienote** ist in der Kontrollgruppe signifikant besser und das ermittelte **Fachwissen** zu beiden Testzeitpunkten in der Kontrollgruppe höher (siehe Abbildung 29). Im Gegensatz zur Gesamtstichprobe zeigten sich im Stadtwaldhaus ebenso signifikante Unterschiede aller drei **Unterrichtsvariablen**, hierbei zeigte die Kontrollgruppe höhere Mittelwerte für Atmosphäre/Betreuung, Verständnis und Zusammenarbeit mit z.T. hohen Effektstärken (siehe Tabelle 40). All diese Ergebnisse weisen auf einen Einflussfaktor hin, der die unerwarteten Unterschiede erklärt. Ein Blick auf die Korrelationen zeigt abweichend von der Gesamtstichprobe einen geringen bis mittleren Effekt der Klassenstufe auf drei Subskalen der aktuellen Motivation (siehe Tabelle 37). Dies kann aber keine Erklärung für die auffallenden Ergebnisse in der Kontrollgruppe sein, da die Altersverteilung in beiden Gruppen gleich ist (siehe Tabelle 28).

Ein möglicher Einflussfaktor auf die gute Note und das hohe Fachwissen könnte sein, dass eine der beiden Klassen der Kontrollgruppe aus einer Mädchenrealschule stammte, in der das Thema Biodiversität schon in verschiedenen Workshops besprochen wurde. Die Mädchen zeigten eine hohe allgemeine Lernmotivation. Dies schlägt sich auch in der hohen Erfolgswahrscheinlichkeit und dem hohen Interesse in der Kontrollgruppe nieder (siehe Abbildung 21). Wobei hier beachtet werden muss, dass die Mittelwerte für zwei Klassen berechnet wurden. Auch wenn der Einfluss der hoch motivierten und guten Klasse sehr wahr-

scheinlich vorhanden ist, darf er als nicht zu hoch eingeschätzt werden. Zum einen zeigt sich für die Kontrollgruppe im Stadtwaldhaus kein auffällig hohes Vorwissen (siehe Tabelle 29 und 30). Hier konnten weder mehr Schüler die Frage nach dem Kennen des Begriffs Biodiversität mit ja beantworten, noch zeigte sich für die Kontrollgruppe eine bessere Einordnung des Begriffs. Zum anderen ist die Kontrollgruppe im Stadtwaldhaus durch den Ausfall der letzten eingeplanten Klasse von der Stichprobengröße eher klein, so dass die statistische Relevanz der Ergebnisse etwas eingeschränkt ist. Dies schlägt sich auch im niedrigeren Cronbachs- $\alpha$ -Wert der Interessenhandlung nieder, der die Aussagekraft des Ergebnisses verringert.

Die schon angesprochene Korrelation der aktuellen Motivation mit der **Klassenstufe** (siehe Tabelle 37) lässt sich wie in der Gesamtstichprobe auch vermutlich durch eine pubertätsbedingte Veränderung der Schuleinstellung erklären (siehe auch Kapitel 5.2.2). Der Einfluss der **Unterrichtsvariablen** zu T1 auf die FAM-Subskalen ist mit den Ergebnissen der Gesamtstichprobe vergleichbar (siehe Tabelle 38) und wird in Kapitel 5.2.4 ausführlich diskutiert.

### 5.3.4 Besondere Merkmale des Zoos Frankfurt in Bezug auf die Wirkung der Vor- und Nachbereitung und Einflüsse verschiedener Faktoren

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse für den Zoo findet sich in Kapitel 4.3.

Bezüglich der Entwicklung der **aktuellen Motivation** in der Kontroll- und Versuchsgruppe separat zeigen sich keine Abweichungen von der Gesamtstichprobe (siehe Abbildung 21 und 23). Auch der Vergleich beider Gruppen zeigt bis auf das Interesse keine Ausnahme (siehe Abbildung 25 und 26). Das Interesse ist bei den Schülern im Zoo schon zu Beginn der Evaluation in der Kontrollgruppe signifikant geringer als in der Versuchsgruppe. Auch beim Messzeitpunkt T1 nach der Führung ist das Interesse in der Kontrollgruppe geringer, wenn auch nicht mehr signifikant (siehe Abbildung 26). Bezüglich der aktuellen Motivation entsprechen die Ergebnisse im Zoo also stärker den gestellten Erwartungen als die der Gesamtstichprobe. Ob dies allerdings allein auf den Einfluss der unterrichtlichen Vorbereitung zurückzuführen ist, kann nicht klar gesagt werden, da sowohl in der Gesamtstichprobe als auch in den anderen Lernorten der Einfluss anderer gemessener Faktoren zu erkennen ist (z.B. Geschlecht, Alter).

Auch das **Fach- und Sachinteresse** entwickelte sich bei der Evaluation im Zoo anders als in den anderen Lernorten (vgl. Abbildung 27). Das Sachinteresse war zu beiden Messzeitpunkten in der Versuchsgruppe höher, allerdings auch schon zu T0. Das Fachinteresse am Schulfach Biologie dagegen wie in der Gesamtstichprobe auch in der Versuchsgruppe geringer, wenn auch nie signifikant. Die **Interessenshandlung** dagegen war in der Versuchsgruppe höher, aber auch hier nicht mit signifikantem Unterschied. Für das Fach- und Sachinteresse und die Interessenshandlung entstand so ein uneinheitliches Bild, das keine klare Entwicklung in beiden Gruppen erkennen lässt. Auch die Mittelwertunterschiede für die gemessenen **Unterrichtsvariablen** zeigten abweichende Ergebnisse von den anderen Lernorten und der Gesamtstichprobe. Bei der Betreuung/Atmosphäre und Verständlichkeit war der Mittelwert der Versuchsgruppe jeweils signifikant höher, bei der Zusammenarbeit gleich hoch (siehe Tabelle 40).

Für diese abweichenden Ergebnisse gibt es mehrere Erklärungsmöglichkeiten. Zum einen bestand die Versuchsgruppe nur aus Gymnasialklassen, was zu einem erhöhten Grundinteresse an dem Projekt im Vergleich zu den anderen Lernorten führen könnte. Wie auch für den Palmengarten (siehe Kapitel 5.3.1) diskutiert, zeigen Schüler aus Schulen mit höherem Leistungsniveau in einer vergleichbaren Studie in der Regel ein höheres Interesse und weniger wahrgenommenen Druck beim Lernen (Härtling, 2014).

Zum anderen war die „Anpassung von Säugetieren an Lebensräume“ im Vergleich vermutlich das attraktivste Thema für die Schüler. Wie Hummel (2012) in einer Studie mit praktischen Unterrichtseinheiten zeigte, sind Tiere von signifikant größerem Interesse als Pflanzen, weniger langweilig und sorgen für mehr Wohlbefinden beim Lernen. Holstermann & Bögeholz (2007) untersuchten außerdem den Einfluss des Geschlechts auf die Schülerinteressen. Tiere und Körperfunktionen fanden dabei bei Mädchen einen größeren Anklang als bei Jungen. Da in der Versuchsgruppe der Studie im Zoo etwas mehr Mädchen (58,5%) als in der Kontrollgruppe (46,7%) (vgl. Tabelle 28) vertreten waren, schlug sich dies vermutlich auch in den Ergebnissen wieder.

Auch bei den Korrelationen zeigten sich einige Abweichungen von der Gesamtstichprobe. Das **Geschlecht** der Schüler stand nur im Zoo mit der Erfolgswahrscheinlichkeit in Zusammenhang. Hierbei schätzten die weiblichen Schüler ihre Wahrscheinlichkeit, erfolgreich abzuschneiden geringer ein als die männlichen. In einer vergleichbaren Studie mit Schülern im Museum kamen Wilde et al. (2009) auf das gleiche Ergebnis: Sie berechneten eine höher wahrgenommene Kompetenz bei den männlichen Schülern der 5. Klasse, was ungefähr der hier untersuchten Erfolgswahrscheinlichkeit entspricht. Sie erklären dies durch ein typisches, altersgeprägtes Verhalten der Jungen in der 5. Jahrgangsstufe. Auch Freund et al. (2011) fanden eine geringere Misserfolgsbefürchtung und höhere Erfolgswahrscheinlichkeit bei männlichen Testpersonen beim Lösen einer Aufgabe. Einen Einfluss auf das Abschneiden beim Test hatte jedoch nur die Subskala Interesse. Der Zusammenhang mit dem Geschlecht der Schüler ist zum Zeitpunkt T1 nach der Führung nicht mehr nachweisbar (siehe Tabelle 38).

Von der **Schulart** war die Subskala Misserfolgsbefürchtung im Zoo mit geringem Effekt beeinflusst (vgl. Tabelle 37). Ebenso wie im Palmengarten zeigten die Gymnasiasten die geringste Misserfolgsbefürchtung. Der Einfluss der Schulart wird dort ausführlich diskutiert (siehe Kapitel 5.3.1).

Die **Klassenstufe** steht im Zusammenhang mit dem Interesse und der wahrgenommenen Herausforderung der Schüler im Zoo. Hier wird wiederum die abfallende Lernmotivation durch den Einfluss der beginnenden Pubertät der Schüler in der Sekundarstufe bestätigt (siehe Kapitel 5.2.2).

Die **Biologienote** der Schüler im Zoo steht im positiven Zusammenhang mit dem Interesse für die behandelten Inhalte (siehe Tabelle 37). Das heißt, je besser die Note umso höher das Interesse. Dies bestätigt die Aussage, dass die Subskala Interesse den größten Einfluss auf den Lernerfolg hat, wie dies auch z.B. Freund et al. (2011) feststellte. Zum zweiten Messzeitpunkt T1 bestand auch ein geringer Zusammenhang der Subskala Misserfolgsbefürchtung und der Biologienote (siehe Tabelle 38).

Die berechneten Korrelationen zwischen den FAM-Subskalen und dem **Fach- und Sachinteresse** zu T0 stimmen ungefähr mit denen in der Gesamtstichprobe überein und werden dort ausführlich diskutiert (siehe Kapitel 5.2.5).

Auch die Korrelationen der aktuellen Motivation mit den Skalen der **untersuchten UnterrichtsvARIABLEN** weichen nicht bedeutend von denen der Gesamtstichprobe ab (siehe Tabelle 38).

Das **Fachwissen** zu den Inhalten der Führung zeigt im Zoo interessanterweise einen geringen Zusammenhang mit der Misserfolgsbefürchtung und der Erfolgswahrscheinlichkeit (siehe Tabelle 38). Diese Ergebnisse entsprechen den Erkenntnissen der FAM-Autoren Rheinberg und Vollmeyer. Sie fanden beim Vergleich unterschiedlicher Lerntests bezüglich des FAMs heraus, dass sich die Subskalen Misserfolgsbefürchtung und Erfolgswahrscheinlichkeit beim Faktenlernen als Indikatoren für das erfolgreiche Abschneiden bei Wissenstests

eignen, die anderen Subskalen jedoch nicht (Rheinberg et al., 2001). Der hier durchgeführte Wissenstest, der sich auf kürzlich erlernte Inhalte bezieht, kann offensichtlich nicht mit langfristigen Leistungen wie der Biologienote verglichen werden, auf die andere Motivationsfaktoren einwirken.

### 5.3.5 Zusammenfassung zu den außerschulischen Lernorten

Das obige Kapitel zeigt, dass jeder der untersuchten außerschulischen Lernorte seine Besonderheiten aufweist. Die gewonnenen Ergebnisse in Bezug auf die aktuelle Motivation der Schüler und Einflussfaktoren darauf weichen zum Teil von denen der Gesamtstichprobe signifikant ab. Wünschenswert ist es aber, allgemeine und auch spezifische Aussagen über das Lernen an außerschulischen Lernorten machen können.

In Tabelle 42 und Tabelle 43 finden sich eine Gegenüberstellung der Ergebnisse und der jeweiligen Besonderheiten für jeden Lernort. Dies erlaubt Rückschlüsse über den Einfluss des vorbereitenden Unterrichts und den Aufenthalt bezüglich der Lernmotivation.

Hierbei wird noch einmal auf die große Bedeutung der Einflussfaktoren wie **Geschlecht, Schulart, Biologienote und vor allem Alter** der Schüler hingewiesen. Da die Stichproben an den einzelnen Lernorten nicht ganz homogen verteilt waren, spielen diese Faktoren bei den Ergebnissen eine wichtige Rolle (vgl. Tabelle 28, Tabelle 37, Tabelle 38)

Ergebnisse		Palmengarten	Senckenbergmuseum	SWH	Zoo
	<b>Aktuelle Motivation</b>	Besuch und Führung allgemein: + Effekt durch Vorbereitung: -	Besuch und Führung allgemein: + Effekt durch Vorbereitung: - Motivation aller Lernorte hier am geringsten: -	Besuch und Führung allgemein: + Effekt durch Vorbereitung: - Motivationssteigerung in der Kontrollgruppe signifikant höher: -	Besuch und Führung allgemein: + Effekt durch Vorbereitung: +
	<b>Biologieeinstellung (Sach- und Fachinteresse) und Interessenshandlung</b>	Keine Effekte der Zeit und Vorbereitung: -	Leichte Schwankungen im Sach- und Fachinteresse: + Keine Effekte der Vorbereitung: -	Keine Effekte der Zeit und Vorbereitung: -	Keine Effekte der Zeit und Vorbereitung: -
	<b>Fachwissen</b>	Signifikante Erhöhung durch Vor- und Nachbereitung: +	Kein Effekt durch Vor- und Nachbereitung: -	Kein Effekt durch Vor- und Nachbereitung: -	Signifikante Erhöhung durch Vor- und Nachbereitung: +
	<b>Unterrichtsvariablen</b>	Keine Effekte der Zeit und Vorbereitung: -	Keine Effekte der Zeit und Vorbereitung für Verständnis und Betreuung: - Zusammenarbeit in Kontrollgruppe größer: -	Alle Unterrichtsvariablen in der Kontrollgruppe signifikant höher: -	Betreuung und Verständnis der Versuchsgruppe höher: +
	<b>Einflussfaktoren auf die aktuelle Motivation</b>	<b>Geschlecht, Schulart, Alter, Sach- und Fachinteresse, Biologienote, Unterrichtsvariablen</b>	<b>Geschlecht, Alter, Sach- und Fachinteresse, Biologienote, Unterrichtsvariablen</b>	<b>Alter, Sach- und Fachinteresse, Unterrichtsvariablen, Fachwissen</b>	<b>Geschlecht, Schulart, Alter, Biologienote, Sach- und Fachinteresse, Unterrichtsvariablen, Fachwissen</b>

**Tabelle 42: Kurz-Zusammenfassung der Ergebnisse der einzelnen außerschulischen Lernorte**

+ = gemessener Effekt entsprechend der aufgestellten Hypothese, - = gemessener Effekt entgegen der aufgestellten Hypothese, Einflussfaktoren  $\rho \geq 0,2$  = geringe Korrelation am Messzeitpunkt T0 und/oder T1 für mind. eine Subskala der aktuellen Motivation, **fett** = in Kapitel 5.3.1 bis 5.3.4 näher diskutierte Einflussfaktoren

		<b>Palmengarten</b>	<b>Senckenbergmuseum</b>	<b>SWH</b>	<b>Zoo</b>
<b>Besonderheiten der Lernorte</b>	<b>Räumliche Struktur/ Architektur</b>	Innen (Gewächshaus) → räumlich begrenzt, übersichtlich, leicht erreichbare Infrastruktur, wetterunabhängig: + Objekte bewegen sich nicht → sind gut zu betrachten: +	Innen → räumlich begrenzt, übersichtlich, leicht erreichbare Infrastruktur, wetterunabhängig: + Museum oft sehr voll: - Objekte bewegen sich nicht → sind gut zu betrachten: +	im Freien: unübersichtlich, schlecht erreichbare Infrastruktur, wetterabhängig, längere Wegstrecken → Orientierung schwerer: - Aufenthalt im Freien verleiht eher „Ausflugscharakter“: + behandelte Objekte bewegen sich teilweise, sind nicht immer gut sichtbar: - Verhalten von Tieren kann beobachtet werden: +	im Freien: unübersichtlich, schlecht erreichbare Infrastruktur, wetterabhängig, längere Wegstrecken → Orientierung schwerer: - Aufenthalt im Freien verleiht eher „Ausflugscharakter“: + behandelte Objekte bewegen sich teilweise, sind nicht immer gut sichtbar: - Verhalten von Tieren kann beobachtet werden: +
	<b>Behandeltes Thema</b>	exotische Pflanzen, Gewürz- und Heilpflanzen in Ersatzlebensräumen: -/+ Verschiedene Ebenen der Biodiversität: + Wenig Bezug zu Bedrohung und Schutzmaßnahmen: - Herstellung von Alltagsbezug zu den exotischen Pflanzen: +	Behandelte Tiere und Lebensräume sind eher exotisch und/oder fossil: -/+ geringer Bezug zum Alltag der Schüler: - Evolution ist nicht beliebt: - Verschiedene Ebenen der Biodiversität: +	Es werden Pflanzen UND Tiere behandelt: + Arten sind (zumeist) einheimisch und werden in ihrem authentischen Umfeld beobachtet: -/+ Alltagsbezug für die Schüler ist groß: + Verschiedene Ebenen der Biodiversität: + globale Aspekte werden nicht thematisiert: -	Behandelte Tierarten und Lebensräume sind eher exotisch: -/+ geringer Bezug zum Alltag der Schüler: - große Faszination bei Schülern für Tiere: + Verschiedene Ebenen der Biodiversität: +

**Tabelle 43: Übersicht über Besonderheiten der einzelnen außerschulischen Lernorte**

+ = positiv eingestufte(r) Aspekt aufgrund der Literatur und der hier gewonnenen Ergebnisse,  
- = negativ eingestufte(r) Aspekt aufgrund der Literatur und der hier gewonnenen Ergebnisse

Die in Tabelle 42 dargestellte **Zusammenfassung der Ergebnisse** zeigt, dass für alle Lernorte eine Motivationssteigerung berechnet wurde. Diese lässt sich durch positive Aspekte des Lernens an außerschulischen Orten an sich erklären. Hier spielen beispielsweise Faktoren wie multisensorisches Lernen und die originale Begegnung mit dem Objekt eine Rolle (Killermann et al., 2009). Im Palmengarten und Stadtwaldhaus kommt noch die Primärerfahrung mit Pflanzen/und Tieren hinzu (Spörhase-Eichmann & Ruppert, 2004). Ausführliche Diskussionen zu den Ergebnissen finden sich in den Kapiteln 5.3.1 bis 5.3.4.

Die **Kategorisierung der Lernorte** in Tabelle 43 wurde aufgrund von Bezügen zur vorhandenen Literatur und der durch die Studie gewonnenen Erfahrungen vorgenommen. Hier wurden hauptsächlich zwei Kategorien entwickelt, in die sich die vier untersuchten Lernorte aufteilen lassen.

Zum einen auf der Ebene der **räumlichen Beschaffenheit/der Architektur**. Das Stadtwaldhaus und der Zoo stehen hier mit Ausstellungsflächen überwiegend im Freien dem Palmengarten (in diesem Fall) und dem Senckenbergmuseum mit Ausstellungen in geschlossenen Räumen gegenüber. Mehrere Studien zeigen, dass die räumliche Orientierung an



außerschulischen Lernorten eine große Rolle für den Lernerfolg spielen kann (z.B. Anderson & Lucas, 1997; Gries, 1996; Orion & Hofstein, 1991). Dazu zählen auch der Einfluss des Wetters, die Länge der zurückzulegenden Wegstrecken und die Erreichbarkeit der Infrastruktur wie Toiletten und Garderobe (Birney, 1995; Falk & Dierking, 2000). All diese Faktoren beeinflussen das physische Wohlbefinden der Schüler und haben ein nicht zu vernachlässigendes Gewicht auf die Lernmotivation vor Ort (Anderson & Lucas, 1997). Auf der anderen Seite werden Lernorte im Freien von den Schülern stärker als „Erlebnisort“ wahrgenommen, da sie sich dadurch mehr vom Lernen in der Schule absetzen (Wilde et al., 2003).

Die Tatsache, ob die behandelten Objekte lebendig sind oder nicht, spielt besonders bei der Möglichkeit zur ruhigen Beobachtung eine Rolle. Lebende Tiere wie im Stadtwaldhaus oder Zoo sind dabei oft schlechter zu sehen und zu betrachten, können aber in Bezug auf ihr Verhalten und ihre Bewegungen untersucht werden. Im Gegensatz dazu bieten statische Objekte wie im Senckenbergmuseum und die Pflanzen im Stadtwaldhaus und Palmengarten die Gelegenheit, diese in Ruhe und detailliert zu betrachten (Birney, 1995).

Zum anderen können die Lernorte bezüglich der **behandelten Themen** in der Führung kategorisiert werden. Hier kann zwischen Pflanzen und Tieren unterschieden werden. Im Senckenbergmuseum und Zoo werden vorwiegend Tiere behandelt, im Stadtwaldhaus beides und im Palmengarten ausschließlich Pflanzen. Wie schon oben ausführlich diskutiert, sind Tiere für Schüler aller Altersgruppen von größerem Interesse als Pflanzen (z.B. Holstermann & Bögeholz, 2007; Hummel et al., 2012; Gebhard, 2013). Zusätzlich ergab eine Analyse von Biodiversitätsprogrammen von Gatzke (2012) an außerschulischen Lernorten in Hessen, dass Kurse, in den Organismen behandelt werden, wesentlich häufiger Tiere (25,8%) thematisieren als Pflanzen (14,5%). Tiere und Pflanzen wurden in 11,0% der Kurse behandelt. Dies entspricht somit eher den Interessen der Schüler, ist aber insofern zu beanstanden, da es einerseits nicht dem Lehrplan entspricht (Hessisches Kultusministerium, 2011a-f) und es daher für Schüler und Lehrer weniger Möglichkeiten gibt, pflanzlichen Themen außerhalb des Klassenzimmers zu behandeln. Andererseits wird so Biodiversität verschoben dargestellt, da Pflanzen einen Großteil der Arten der Erde darstellen ([www.iucn-redlist.org](http://www.iucn-redlist.org)). Auch auf der Ebene der Ökosysteme findet eine verzerrte Darstellung statt. Die oben genannte Studie zeigt auch, dass von den Kursen, die an einem außerschulischen Lernort ein Ökosystem behandeln, 20,6% ein hessisches Ökosystem und nur 2,8% ein Ökosystem außerhalb Deutschlands behandeln (Gatzke, 2012). Dieses einseitige Angebot ist wohl teilweise der nahen Lage vieler Lernorte direkt an einem einheimischen Ökosystem und zum Teil den Forderungen des Lehrplans nach Alltagsbezug (Hessisches Kultusministerium, 2011a-f) zuzuschreiben. Unter den hier behandelten Lernorten sticht diesbezüglich der Palmengarten hervor, der in der Biodiversitätsführung nicht nur fremde, sondern auch viele verschiedene Ökosysteme behandelt und durch die Thematisierung von Nutzpflanzen einen Alltagsbezug für die Schüler herstellt (siehe Kap.3.5.2). Auch im Zoo und Senckenbergmuseum werden anhand von ausgewählten Beispielorganismen „fremde“ Ökosysteme behandelt (siehe Kap.3.5.2 und 3.5.5).

Für alle vier untersuchten Lernorte kann **zusammenfassend** festgestellt werden, dass der Besuch und die Teilnahme an der Führung die Motivation der Schüler, sich mit dem Themenkomplex Biodiversität auseinanderzusetzen, erhöht. Der Grad der Steigerung der Motivation ist von den behandelten Themen und dem Alter, Geschlecht und der Schulart der Schüler maßgeblich beeinflusst. Der Effekt der inhaltlichen Vorbereitung auf die Motivation und das erworbene Fachwissen konnte nur für den Zoo relativ deutlich nachgewiesen werden. Vermutlich war die durchgeführte Schul-Doppelstunde zu kurz, um einen nachhaltigen Effekt zu

bewirken und wurde von den anderen Faktoren überdeckt. Die Ergebnisse an den anderen Lernorten sprechen allerdings auch dafür, dass die Vorbereitung den Aspekt des „Neuen, Anregenden, Überraschenden“ sogar etwas abschwächt. Hier muss der Vorteil der Vorbereitung (höheres Fachwissen) mit den Nachteilen (geringeres Interesse und Herausforderung) abgewogen werden. Besonders an außerschulischen Lernorten, die sich im Freien befinden und durch ein großes, unübersichtliches Areal eher für physisches Unbehagen sorgen (siehe Tabelle 42) scheint aber die inhaltliche Vorbereitung empfehlenswert zu sein, wie dies die Ergebnisse im Zoo bestätigen.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Der Themenkomplex **Biodiversität** schließt alle biologischen Bereiche des Schullehrplans mit ein und knüpft darüber hinaus an ökologische, ökonomische und ethisch/moralische Themen an (vgl. Kapitel 2.1). Dennoch wird dieser Begriff als solches in den hessischen Kerncurricula und Bildungsstandards kaum erwähnt (siehe Kapitel 3.5).

Initiiert durch das Biodiversitätsnetzwerk BioFrankfurt bieten die vier außerschulischen Lernorte **Palmengarten, Senckenbergmuseum, Stadtwaldhaus und Zoo Frankfurt** ein in der Region Rhein-Main einzigartiges Angebot an sich ergänzenden Führungen an. Dabei werden die verschiedenen Ebenen der Biodiversität aus unterschiedlichsten Blickwinkeln für alle Schulstufen veranschaulicht (siehe Kapitel 2.3).

**Das Lernen in außerschulischen Lernorten** bietet Schülern aller Altersstufen und Schularten besondere Bedingungen, die stark vom schulischen Lernen abweichen. Originale Begegnung, Primärerfahrung, handlungsorientiertes Lernen und Erlebnisorientierung sind Beispiele für Vorteile des Lernens an außerschulischen Lernorten, die die Lernmotivation der Schüler und den Wissenserwerb positiv beeinflussen sollen (siehe Kapitel 2.2).

Zum Abbau der Hemmschwelle vor dem Themenkomplex Biodiversität für Lehrer und auch zur Steigerung der oben genannten Vorteile wurden im Rahmen der vorliegenden Dissertation begleitende **Arbeitsmaterialien für die Führungen der Sekundarstufe I** entwickelt. Diese können nach einem Baukastenprinzip von den Lehrern zur Vor- und Nachbereitung der Führungen an den vier außerschulischen Lernorten genutzt werden (vgl. Kapitel 3.4).

So entstand die **Fragestellung** der Studie, inwiefern diese unterrichtliche Vor- und Nachbereitung die aktuelle Motivation an Biodiversitätsthemen, die Biologieeinstellung und das erworbene Fachwissen von Schülern an außerschulischen Lernorten beeinflusst. Weiterhin sollte untersucht werden, welche Einflussfaktoren die aktuelle Motivation der Schüler am außerschulischen Lernort beeinflussen. Ziel war es, aus den gewonnenen Kenntnissen praktische Rückschlüsse für den Besuch eines außerschulischen Lernortes und den Nutzen von Vor- und Nachbereitung zu ziehen.

An der **Durchführung der Studie** nahmen insgesamt 523 Schüler aus 23 Klassen der Klassenstufen 5 bis 9 teil. An allen vier Lernorten wurden die Schüler in eine Versuchsgruppe (VG) und eine Kontrollgruppe (KG) eingeteilt. Mit der Versuchsgruppe fand vor und nach der Teilnahme an der Biodiversitätsführung Unterricht mit Hilfe der konzipierten Arbeitsmaterialien statt. Die Kontrollgruppe nahm nur an der Führung teil.

Somit konnte der durch den Einsatz der Materialien erzeugte Effekt auf die Motivation, die Biologieeinstellung und den Zuwachs von Wissen eindeutig erfasst werden. Die Datenerhebung fand mit Hilfe von Fragebögen nach einem Pre/Post/Follow-Up-Design statt. Der Pretest wurde zur Erfassung des „Ist-Zustandes“ zu Beginn der Studie eingesetzt (T0). Direkt nach der Teilnahme an der Biodiversitätsführung füllten die Schüler den zweiten Fragebogen zur aktuellen Motivation aus (T1). Die Versuchsgruppe wurde an einem zusätzlichen Messzeitpunkt (T2) direkt nach dem nachbereitenden Unterricht befragt, um weitere Aussagen über den Einfluss auf die aktuelle Motivation machen zu können und eine Rückmeldung der Schüler bezüglich der Arbeitsmaterialien zu erhalten. Der Follow-up-Test ca. 6 bis

8 Wochen nach dem Posttest diente zur Überprüfung eventueller Langzeiteffekte bei der Biologieeinstellung, dem Lernerfolg und den Interessenshandlungen (T3) (siehe Kapitel 3.1).

Zu unterschiedlichen Messzeitpunkten wurden unterschiedliche **Variablen** abgefragt, eine Übersicht dazu findet sich in Kapitel 3.1. Die wichtigsten Variablen sind der Fragebogen zur Aktuellen Motivation (FAM) nach Rheinberg et al. (2001), die Biologieeinstellung (Fach- und Sachinteresse), die wahrgenommenen Unterrichtsvariablen (Atmosphäre/Betreuung, Verständnis und Zusammenarbeit) und die Interessenshandlung nach Pawek (2009) (siehe Kapitel 3.2). Ein detaillierter Ablauf der Evaluation findet sich in Kapitel 3.3.

Die **Ergebnisse** sind zum einen für die Gesamtstichprobe aller Lernorte berechnet und dargestellt. Dies soll allgemeingültige Aussagen zur Lernmotivation der Schüler und den anderen gemessenen Parametern erlauben. Zum anderen wurden die Berechnungen mit den Stichproben der vier Lernorte separat durchgeführt, um eventuell abweichende Ergebnisse und Besonderheiten zu ermitteln (siehe Kapitel 4).

In der **Gesamtstichprobe** veränderten sich sowohl in der Versuchs- als auch in der Kontrollgruppe die Subskalen der **aktuellen Motivation** im Lauf der Studie größtenteils signifikant. Dabei sanken die Misserfolgsbefürchtung und die Herausforderung, das Interesse und die Erfolgswahrscheinlichkeit der Schüler stiegen hingegen an (siehe Tabelle 39). Dies weist auf einen motivationsfördernden Effekt des Besuchs des außerschulischen Lernorts an sich hin. Zum Messzeitpunkt T1 nach der Führung zeigte der Vergleich zwischen den Gruppen ebenfalls signifikante Unterschiede. Jedoch wies die Kontrollgruppe ohne vorbereitenden Unterricht nach der Führung signifikant erhöhte Misserfolgsbefürchtung, Interesse und Herausforderung auf (siehe Tabelle 40). Diese Ergebnisse widersprechen den Erwartungen nach einem motivationsfördernden Effekt der unterrichtlichen Vorbereitung. Die berechneten Korrelationen zeigen geringe bis mittlere Zusammenhänge der Motivationssubskalen mit der Klassenstufe, dem Fach- und Sachinteresse und den wahrgenommenen Unterrichtsvariablen (siehe Tabelle 37 und 38).

Die Skalen der **Biologieeinstellung** veränderten sich sowohl in der Kontroll- als auch in der Versuchsgruppe über die Zeit leicht. Das Sach- und Fachinteresse nahm über den Messzeitraum zu und in der Versuchsgruppe wieder ab (siehe Tabelle 39). Zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe gab es dabei allerdings zu T1 nach der Führung keine signifikanten Unterschiede (siehe Tabelle 39).

Das getestete **Fachwissen** wies bei den Mittelwertvergleichen weder in der Versuchs- noch in der Kontrollgruppe eine signifikante Änderung zwischen den Messzeitpunkten T1 und T3 auf (siehe Tabelle 39). Der Vergleich zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe ergab bei den Mittelwertvergleichen an beiden Messzeitpunkten hoch bis höchst signifikante Ergebnisse, die Versuchsgruppe schnitt dabei jeweils besser ab (siehe Tabelle 40).

Der Vergleich der **wahrgenommenen Unterrichtsvariablen** zeigte für die Versuchsgruppe signifikant niedrigere Werte für die Zusammenarbeit, auch die Betreuung und die Verständlichkeit waren geringer, jedoch nicht im signifikanten Ausmaß (siehe Tabelle 40). Die **Interessenshandlung und die Biologienote** der Schüler zeigten bei den Mittelwertvergleichen keine bedeutenden Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe (siehe Tabelle 40).

Die mit der Biodiversitätsführung in den Lernorten abgestimmten **Arbeitsmaterialien**, die mit der Versuchsgruppe im Unterricht getestet wurden, stießen bei den meisten Schülern auf große Zustimmung. Das Verständnis der Texte und Aufgaben wurde als gut beurteilt und die Abbildungen als zumeist sinnvoll erachtet. Die durchgeführten praktischen Einheiten

wurden im Durchschnitt von den Schülern als gute Hilfe für das Verständnis eingeschätzt (siehe Tabelle 36). Insgesamt wurden die Arbeitsmaterialien von den Schülern als wertvolle Begleitung zu den Inhalten der Führung angesehen.

Die Ergebnisse der **einzelnen außerschulischen Lernorte** weichen von denen der Gesamtstichprobe zum Teil ab. Dabei zeigen die Lernorte Palmengarten, Senckenbergmuseum und Stadtwaldhaus ähnliche Tendenzen wie die Gesamtstichprobe. Ein deutlicher Effekt der unterrichtlichen Vor- und Nachbereitung auf die aktuelle Motivation und andere gemessenen Parameter der Schüler ist nicht erkennbar. Lediglich das erlernte Fachwissen zeigt im Palmengarten und Senckenbergmuseum die erwarteten Werte. Im Zoo entsprechen die berechneten Ergebnisse eher den aufgestellten Hypothesen zur aktuellen Motivation, Biologieeinstellung, Unterrichtsvariablen und Fachwissen. Hier zeigt die Versuchsgruppe die jeweils erwarteten Werte, wenn auch zumeist nicht mit signifikanten Unterschieden zur Kontrollgruppe (vgl. Kapitel 4).

Die Ergebnisse werden in der **Diskussion** mit denen anderer Studien verglichen und in Beziehung gesetzt. Für die **Gesamtstichprobe** bestätigt sich der auch in anderen Studien gewonnene Befund, dass der Besuch eines außerschulischen Lernortes für Schüler der Sekundarstufe I **motivationsfördernd** wirkt (z.B. Lewalter & Geyer, 2005, Wilde et al., 2009, Pawek, 2009). Auf die Versuchsgruppe mit unterrichtlicher Vorbereitung des Besuchs im Rahmen eines doppelstündigen Unterrichts zeigte sich jedoch kein zusätzlicher positiver Effekt, sondern zum Teil sogar ein negativer auf die Lernmotivation der Schüler. Ein Grund dafür könnte die geringe Schwierigkeit der gestellten Aufgaben und Fragen während der Führung sein, was zu Langeweile seitens der vorbereiteten Schüler der Versuchsgruppe führte (Salmi, 1993). Zusätzlich könnte die Vorbereitung den positiven, anregenden Überraschungseffekt des Besuchs abmildern und dadurch eher motivationshemmend wirken. Eine andere Begründung könnte der Einfluss des Alters der Schüler sein, der den Effekt der unterrichtlichen Vorbereitung überdeckt. Da in der Versuchsgruppe eine etwas größere Zahl von Schülern der 7. bis 9. Klasse ist, kann sich dies pubertätsbedingt mindernd auf die allgemeine Lernmotivation niederschlagen und so die schlechteren Ergebnisse der Versuchsgruppe möglicherweise erklären (Erten, 2008; Fend, 1997; Urhahne et al., 2004) (vgl. Kapitel 5.1.1).

Die nicht ganz einheitlichen Resultate für **Biologieeinstellung** (Sach- und Fachinteresse) und **Interessenshandlung** sprechen für einen kurzfristigen positiven Effekt des Besuchs des außerschulischen Lernortes allgemein. Ein eindeutiger Einfluss der unterrichtlichen Vor- und Nachbereitung ist jedoch nicht erkennbar. Die Entwicklung der Interessenshandlung in beiden Gruppen und der Abfall des Fach- und Sachinteresses bei der Versuchsgruppe zu T2 bestätigen den kurzfristigen Effekt der relativ kurzen Intervention, wie dies auch in anderen Studien gezeigt wurde (z.B. Bittner, 2003; Pawek, 2009). Für die Manifestierung dauerhafter, individueller Interessen wäre eine längere, freiwillige Beschäftigung mit dem Interessensgegenstand vonnöten (Schiefele, 2009; Wild et al., 2006). Dies kann in diesem Fall jedoch durch einen halb-tägigen Ausflug nicht initiiert werden (vgl. Kapitel 5.1.2).

Das getestete **Fachwissen**, das sich auf die in der Führung behandelten Inhalte bezog, schneidet im Gegensatz zu den anderen gemessenen Variablen den Erwartungen entsprechend ab. Bezüglich der fachlichen Inhalte kann ein signifikanter Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe gemessen werden. Dies kann entweder durch den Einfluss der unterrichtlichen Vor- und Nachbereitung oder durch das Alter oder die Schulart der Schüler erklärt werden. Bezüglich der letztgenannten Faktoren waren Versuchs- und Kontrollgruppe nicht ganz homogen (vgl. Kapitel 5.1.3). In Zusammenhang mit der aktuellen Motivation zeigt

ten sich die vier Subskalen als nicht gut geeignet, um das Abschneiden beim Fachwissen vorherzusagen, da es sich eher um fragengeführtes Faktenlernen als um selbstgesteuertes Verständnislernen handelt (Rheinberg et al., 2001).

Zur Einschätzung, ob die Führung an den außerschulischen Lernorten von beiden Gruppen unterschiedlich wahrgenommen wurde, wurden als Aspekte des Lernklimas die **Unterrichtsvariablen** Betreuung/Atmosphäre, Verständnis und Zusammenarbeit abgefragt. Hier zeigte sich nur für die Zusammenarbeit ein nennenswert niedriger Wert für die Versuchsgruppe. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass sich die Versuchsgruppe, bedingt durch die Vorbereitung, während der Führung stärker langweilte oder diese eher ähnlich dem Schulunterricht empfand, wohingegen die Kontrollgruppe den außerschulischen Lernort stärker als „Erlebnisort“ empfand (Wilde, 2013). Aber auch hier könnten anderer Einflussfaktoren wie das Alter der Schüler oder die Führungsperson einen starken Einfluss auf die Ergebnisse haben (vgl. Kapitel 5.1.4).

Für die Gesamtstichprobe ergaben sich bezüglich der **Korrelationen** einige niedrige bis mittlere Zusammenhänge. Interessanterweise zeigten sich keine Korrelationen zwischen der Gruppenzugehörigkeit der Schüler und den Subskalen der aktuellen Motivation, was wiederum den stärkeren Einfluss anderer Faktoren auf die Ergebnisse bekräftigt. Hier wurden Einflüsse des **Alters der Schüler, des individuellen Fach- und Sachinteresses und der getesteten Unterrichtsvariablen** auf die Lernmotivation berechnet. Die leicht unterschiedliche Altersverteilung in der Versuchs- und Kontrollgruppe könnte eine Erklärung für die geringere Motivation in der Versuchsgruppe sein, da Schüler in den Klassenstufen zwischen der 6. und 7. Klassenstufe das geringste Interesse an naturkundlichen Themen aufzeigen (Urhahne et al., 2004) (vgl. Kapitel 5.2.1). Der Einfluss des Sach- und Fachinteresses der Schüler auf die Lernmotivation am außerschulischen Lernort zeigt, dass vorhandene individuelle Interessen auch die Einstellung zu den behandelten Themen vor Ort beeinflussen. Das bedeutet, dass die Schüler, die schon ein großes intrinsisches Interesse an biologischen Sachinhalten und auch am Schulfach Biologie mitbrachten, an der Studie mit einer höheren aktuellen Motivation teilnahmen als die weniger interessierten Schüler (vgl. Kapitel 5.2.4). Für die wahrgenommenen Unterrichtsvariablen wurden die durchgehend stärksten Korrelationen mit der aktuellen Motivation der Schüler berechnet. Dies bestätigt zum einen den engen Zusammenhang zwischen Lernklima und Lernmotivation (Pawek, 2009) und zum anderen den großen Einfluss, den auch die Führungsperson am außerschulischen Lernort auf die Lernatmosphäre während der Führung hat (Härting, 2014) (vgl. Kapitel 5.2.3). Bemerkenswert ist die Tatsache, dass für das evaluierte Fachwissen kein Zusammenhang zu den Skalen der aktuellen Motivation ermittelt wurde. Das bedeutet, dass hier andere Faktoren wie evtl. das vorhandene Vorwissen, das Alter, die Lerninhalte etc. eine größere Rolle beim Abschneiden des Tests spielten (Schiefele und Schreyer, 1994). Allerdings spricht auch einiges dafür, dass der hier verwendete FAM nicht der geeignete Test zur Vorhersage von Lernleistung ist (Rheinberg et al., 2001) (vgl. Kapitel 5.2.2).

Die Ergebnisse der **einzelnen außerschulischen Lernorte**, die den Entwicklungen der Gesamtstichprobe im Allgemeinen entsprechen, zeigen stärkere Einflüsse einzelner Einflussfaktoren aufgrund der kleineren Stichproben. So zeigten sich für einige Lernorte als weiteren Einflussfaktor zum Alter das Geschlecht, die Schulart und auch die Biologienote auf die aktuelle Motivation. Als Erklärung für diese Abweichungen dient meist die etwas inhomogene Zusammensetzung der Stichproben, die zum Teil Klassen aus verschiedenen Altersstufen und Schularten enthielt. Ein klarer Einfluss des vor- und nachbereitenden Unterrichts kann an keinem Lernort eindeutig nachgewiesen werden. Auch für den Zoo, für den

die Ergebnisse eher den aufgestellten Hypothesen entsprechen, ist dies nur unter Hinweis auf weitere Einflussfaktoren möglich (vgl. Kapitel 5.3).

Eine **Gegenüberstellung der vier evaluierten außerschulischen Lernorte** bezüglich der Lernmotivation der Schüler vor Ort ergab zwei Hauptkomponenten, in denen sie sich kategorisieren lassen. Eine Komponente ist die **Architektur der Lernorte**. Hier spielen Faktoren wie drinnen/draußen, Größe und Erreichbarkeit der Infrastrukturen wie Toilette und Garderobe eine große Rolle für die räumliche Orientierung (Gries, 1996; Orion & Hofstein, 1991) und somit das physische Wohlbefinden der Schüler, was wiederum eine Voraussetzung für eine hohe Lernmotivation ist (Anderson & Lucas, 1997). Die Tatsache, ob die behandelten Objekte lebendig sind oder nicht, ist besonders bei der Möglichkeit zur ruhigen Beobachtung von Bedeutung. Lebende Tiere wie im Stadtwaldhaus oder Zoo sind dabei oft schlechter zu sehen und zu betrachten, können aber im Idealfall in Bezug auf ihr Verhalten und Ihre Bewegungen untersucht werden. Im Gegensatz dazu bieten statische Objekte wie im Senckenbergmuseum und die Pflanzen im Stadtwaldhaus und Palmengarten die Gelegenheit, diese in Ruhe und detailliert zu betrachten (Birney, 1995).

Die andere Hauptkomponente ist das am Lernort **behandelte Thema**. Hier kann grob zwischen Pflanzen und Tieren unterschieden werden. Pflanzen wurden in mehreren Studien von den Schülern als weniger attraktiv eingeschätzt (z.B. Holstermann & Bögeholz, 2007; Hummel et al., 2012; Gebhard, 2013). Damit erreichen Lernorte wie der Zoo und das Senckenbergmuseum schon im Vorfeld mehr Sympathien, was aber insofern zu beanstanden ist, da es einerseits nicht dem Lehrplan entspricht (Hessisches Kultusministerium, 2011a-f) und es so auch für Schüler und Lehrer weniger Möglichkeiten gibt, pflanzlichen Themen außerhalb des Klassenzimmers zu behandeln. Zusätzlich wird so Biodiversität verschoben dargestellt, da Pflanzen einen Großteil der Arten der Erde darstellen ([www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)) (vgl. Kapitel 5.3.5). Alle Lernorten eignen sich sehr gut, um die verschiedenen Biodiversitätsebenen zu behandeln, dabei kommt je nach Standort der globale Aspekt weniger oder mehr zum Tragen.

Aufgrund der oben beschriebenen Ergebnisse und der Diskussion können die in der Einleitung aufgestellten Hypothesen und Forschungsfragen der Studie beantwortet werden.

### **1. Inwieweit beeinflusst die unterrichtliche Vor- und Nachbereitung die aktuelle Motivation an Biodiversitätsthemen, die Biologieeinstellung und das erworbene Fachwissen von Schülern an außerschulischen Lernorten?**

**Hypothese 1:** Durch eine unterrichtliche Vor- und Nachbereitung wird die aktuelle Motivation von Schülern, sich mit Biodiversitätsthemen an außerschulischen Lernorten auseinanderzusetzen, erhöht.

Die Interventionen mit den Schülern in der Gesamtstichprobe ergaben messbare Veränderung in der Motivation. Allerdings findet sich diese sowohl in der Versuchs- als auch in der Kontrollgruppe wieder und die Hypothese 1 kann daher nicht bestätigt werden. Ein möglicher Einfluss der unterrichtlichen Vorbereitung in der Versuchsgruppe ist als alleiniger Faktor nicht haltbar. Der motivationsfördernde Effekt des Besuches eines außerschulischen Lernortes an sich überdeckt somit mögliche Einflüsse unterrichtlicher Vorbereitung. Für die Subskalen Misserfolgsbefürchtung, Interesse und Herausforderung ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen nach der Führung, die jedoch zum Teil den Er-

wartungen einer Motivationssteigerung widersprechen und eher auf andere Einflussfaktoren zurückzuführen sind. Diese Faktoren wie das Alter der Schüler, die Schulart, das individuellen Fach- und Sachinteresses und die getesteten Unterrichtsvariablen spielen eine größere Rolle als angenommen. Die Skala Misserfolgsbefürchtung erwies sich in der untersuchten Lernsituation als eher ungeeignet.

**Hypothese 2:** Bezüglich der Einstellung zur Biologie und der Interessenshandlung werden kurzfristige Effekte aufgrund der Vor- und Nachbereitung erwartet, die jedoch nicht langfristig nachweisbar sind.

Der Besuch des außerschulischen Lernorts beeinflusst in der Gesamtgruppe teilweise kurzfristig die Biologieeinstellung (Fach- und Sachinteresse) der Schüler. Ein direkter Einfluss der Vor- und Nachbereitung ist allerdings nicht nachweisbar. Die Interessenshandlung einige Wochen nach der Intervention ist durch die Vor- und Nachbereitung nicht beeinflusst. Folglich lässt sich die aufgestellte Hypothese 2 durch die Ergebnisse nicht bestätigen.

**Hypothese 3:** Es zeigen sich kurz- und langfristige Unterschiede zwischen der Kontroll- und Versuchsgruppe bezüglich der bei der Führung erlernten Führungsinhalte.

Die Ergebnisse bezüglich der Inhalte zur Führung entsprechen den Erwartungen und die aufgestellte Hypothese kann bestätigt werden. Die Versuchsgruppe der Gesamtstichprobe schneidet zu beiden Messzeitpunkten signifikant besser ab als die Kontrollgruppe, was vermutlich auf die unterrichtliche Vor- und Nachbereitung zurückzuführen ist. Weitere Einflussfaktoren können aber nicht ausgeschlossen werden.

**Hypothese 4:** Durch eine unterrichtliche Vorbereitung werden Unterrichtsvariablen der Führung am außerschulischen Lernort positiv beeinflusst.

Die Ergebnisse für die Unterrichtsvariablen als Aspekte des Lernklimas entsprechen in der Gesamtstichprobe nicht den Erwartungen und die Hypothese kann somit nicht bestätigt werden. Bezüglich der Betreuung/Atmosphäre und des Verständnisses ergaben sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen, die Möglichkeit der Zusammenarbeit war in der Kontrollgruppe höher. Mögliche Ursache dafür kann eine unterschiedliche Lerneinstellung zwischen den Gruppen oder der Einfluss anderer Faktoren, besonders des Alters sein. Hier muss auch die Bedeutung des pädagogischen Mitarbeiters des jeweiligen außerschulischen Lernortes erwähnt werden, dessen Einstellung und Verhalten eine entscheidende Rolle für das Lernklima spielt.

## **2. Welche Faktoren beeinflussen die aktuelle Motivation der Schüler im Hinblick auf das Lernen an außerschulischen Lernorten?**

**Hypothese 5:** Die aktuelle Motivation der Schüler wird beeinflusst durch verschiedene soziodemographische Faktoren (Geschlecht, Schulart, Biologienote, Klassenstufe).

In der Gesamtstichprobe ergaben sich keine Korrelationen zwischen dem **Geschlecht** und der aktuellen Motivation. Entweder ist hier wie in anderen Studien auch kein Zusammenhang vorhanden, oder der eventuell vorhandenen geschlechtsspezifische Interessensunterschied wird durch Alterseffekte in der Pubertät überdeckt.



Relevante Zusammenhänge zwischen der **Schulart** und der aktuellen Motivation wurden an beiden Messzeitpunkten in der Gesamtstichprobe nicht berechnet. Die nicht ganz gleichmäßige Verteilung der Schularten in den einzelnen Lernorten scheint sich in der Gesamtstichprobe wieder auszugleichen. Diese Annahme wird bestätigt beispielsweise durch das Ergebnis für den Palmengarten und den Zoo, wo Unterschiede zwischen den Schularten bezüglich einiger Motivationsskalen gemessen wurden.

Durch die Korrelationen der FAM-Subskalen mit dem **Alter bzw. der Klassenstufe** der Schüler zeichnet sich folgender Trend ab: Die jüngeren Schüler der 5. und 6. Klasse zeigen die höchste Erfolgswahrscheinlichkeit, aber auch die größte wahrgenommene Herausforderung und das größte Interesse. In der 7. und 8. Klasse nimmt die wahrgenommene Herausforderung ab und steigt dann in der 9. Klasse wieder etwas an. Das Interesse und die Herausforderung dagegen sind in der 7. Klasse am geringsten und nehmen dann in der 8. bis zur 9. Klasse wieder etwas zu. Auch wenn die hier berechneten Korrelationen nur gering sind, lässt sich bestätigen, dass sich Schüler pubertätsbedingt zunehmend bis zur siebten Klasse weniger für biologische Themen motivieren lassen. Im Verlauf der nächsten Jahre steigt die Lernmotivation für biologische Themen wieder leicht an.

Für die **Biologienote** ergab sich für die Gesamtstichprobe lediglich für das Interesse eine sehr geringe Korrelation an beiden Messzeitpunkten. In der vorliegenden Studie steht das Interesse an den behandelten Inhalten und die Note im Fach Biologie in so fern in Zusammenhang, als dass Schüler mit besseren Noten schon mit einem größeren Interesse in die Evaluierung starten. Dies ist wiederum nicht zwingend Bedingung für erfolgreiches Abschneiden beim (leichten) Wissenstest nach der Führung.

**Hypothese 6:** Zwischen der aktuellen Motivation und den in der Führung gelernten Inhalten besteht ein Zusammenhang.

In der vorliegenden Studie wurden für die Gesamtstichprobe keine nennenswerten Zusammenhänge zwischen den FAM-Subskalen und den erlernten Führungsinhalten berechnet. Damit widersprechen diese Ergebnisse der gängigen Meinung in der Literatur, dass Faktoren der Lernmotivation mit einem positiven Lernerfolg verknüpft sind. Die Hypothese kann somit nicht bestätigt werden. Eine Begründung der Ergebnisse könnte der extrinsische Charakter der eingesetzten Motivationsskalen sein, der weniger mit der Lernleistung und den Noten in Zusammenhang steht. Aber auch eine Überforderung in der neuen, ungewohnten Lernsituation am außerschulischen Lernort könnte eventuell dazu geführt haben, dass sich der FAM nicht zur Vorhersage der Lernleistung eignet. Auch hier muss aber auch wieder die Rolle anderer Einflussfaktoren wie das Alter, Geschlecht, die Lerninhalte und die Lernsituation hervorgehoben werden.

**Hypothese 7:** Die aktuelle Motivation der Schüler nach der Führung steht in Beziehung zu den wahrgenommenen Unterrichtsvariablen.

Für die wahrgenommenen Unterrichtsvariablen wurden in der Gesamtstichprobe die durchgehend stärksten Korrelationen zur aktuellen Motivation der Schüler berechnet. Dies bestätigt den engen Zusammenhang zwischen Lernklima und Lernmotivation. Die besondere Lernatmosphäre und die Betreuung durch eine neue Lehrperson am außerschulischen Lernort, die Verständlichkeit der vermittelten Inhalte und die Möglichkeit zur Zusammenarbeit

wirken im positiven Fall förderlich auf die aktuelle Motivation aus. Weiterhin unterstreichen die Ergebnisse den großen Einfluss, den auch die Führungsperson am außerschulischen Lernort auf die Lernatmosphäre während der Führung hat. Die aufgestellte Hypothese kann bestätigt werden.

**Hypothese 8:** Die aktuelle Motivation der Schüler steht in Beziehung zu ihrer Biologieeinstellung.

Der gemessene Einfluss des Sach- und Fachinteresses (Biologieeinstellung) der Schüler auf die Lernmotivation am außerschulischen Lernort zeigt, dass vorhandene individuelle Interessen auch die Einstellung zu den behandelten Themen vor Ort beeinflussen. Das bedeutet, dass die Schüler, die schon ein großes intrinsisches Interesse an biologischen Sachinhalten und auch am Schulfach Biologie mitbrachten, an der Studie mit einer höheren aktuellen Motivation teilnahmen als die weniger interessierten Schüler. Somit kann die Hypothese 8 bestätigt werden.

Die oben beschriebenen und diskutierten Ergebnisse bestätigen den **motivationsfördernden Effekt eines Besuchs eines außerschulischen Lernortes** für Schüler der Sekundarstufe I. So wie auch andere Autoren (z.B. Lewalter & Geyer, 2005, Wilde et al., 2009, Pawek, 2009) zeigten, erhöht die neue Lernumgebung, eine fremde Lehrperson und ein anderes Sozialgefüge die Bereitschaft der Schüler, sich mit den behandelten Themen auseinanderzusetzen. Eine Überforderung durch die oben genannten Faktoren, wie dies z.B. Cox-Petersen et al. (2003), Lewalter & Geyer (2005) und Orion & Hofstein (1994) diskutieren, konnte für keinen der Lernorte eindeutig festgestellt werden. So kann der Besuch eines außerschulischen Lernortes bezüglich der Motivation und auch anderer gemessener Faktoren wie Fachwissen, Biologieeinstellung und Lernklima unbedingt empfohlen werden.

Dabei beeinflussen „äußere“ Kriterien der Lernorte wie die Architektur (drinnen/draußen), die Größe, die Weglängen, die behandelten Themen (Tier/Pflanzen) vor Ort, das Wetter, die Gruppengröße bei Führungen etc. die Lernmotivation der Schüler maßgeblich. Beim Besuch eines außerschulischen Lernortes sind selbstverständlich auch praktische Überlegungen zu bedenken, wie die gute und schnelle Erreichbarkeit mit den öffentlichen Verkehrsmitteln, die pädagogische Betreuung vor Ort, die Dauer des Ausfluges und andere organisatorische Kriterien.

Da die hier erzielten Effekte auf die aktuelle Motivation und besonders die Biologieeinstellung eher kurzfristig waren und im Post-Test keine anhaltende Interessenshandlungen der Schüler gemessen wurden, empfiehlt sich zum einen ein längerer Aufenthalt an einem außerschulischen Lernort (Bittner, 2003; Bogner, 1998). Alternativ werden in dem hier untersuchten Ringangebot vier Führungen für verschiedene Altersstufen angeboten, die sich jeweils an einem anderen Lernort mit Teilaspekten der Biodiversität beschäftigen. Wenn Klassen an allen vier Führungen beispielsweise im Laufe eines Schuljahres teilnehmen, kann an vorhandenes Wissen angeknüpft werden und dieses erweitert werden. So bestünde auch die Möglichkeit, die vorhandene Lernmotivation weiter anzuregen und aufrechtzuerhalten. Dies kann im Idealfall zur Verankerung eines sensibilisierten Umweltbewusstseins (Bögeholz, 1999; Bögeholz, 2006) und der Manifestierung dauerhafter, individueller Interessen führen (Schiefele, 2009; Wild et al., 2006).

Für den **vor- und nachbereitenden Unterricht kann nur eine eingeschränkte Empfehlung** ausgesprochen werden. Die gemessenen Effekte der kurzen Vor- und Nachbereitung

waren durch den stärkeren Einfluss anderer Faktoren wie dem Alter der Schüler, der Schulart, der Biologienote und z.T. dem Geschlecht überdeckt. Einzig auf das ermittelte Fachwissen zu den Führungen zeigte die Vor- und Nachbereitung einen erkennbaren positiven Effekt. In einigen anderen Studien wird eine inhaltliche Vor- und Nachbereitung für gut geheißen und empfohlen (Sauerborn & Brühne, 2010; Waltner & Wiesner, 2009). Auch Schüler und Lehrer wünschen sich dies und fordern auch ergänzenden Materialien, wie dies Schmidt et al. (2001) zeigten. Die Beurteilung der in dieser Studie eingesetzten Arbeitsmaterialien durch die Schüler fiel durchwegs in allen Lernorten positiv aus.

So bietet sich auch die **Entwicklung weiterer Unterrichtsmaterialien** für die Primarstufe und die Sekundarstufe II an. Entsprechend des Ringprogramms der Biodiversitätsführungen wären Materialien zu den Biodiversitätsebenen „Vielfalt der Arten“ für die Primarstufe und „Vielfalt der Gene“ für die Sekundarstufe II eine sinnvolle Ergänzung und ein attraktives Angebot für Lehrer und Schüler.

Auf der Basis dieser Materialien könnten **weitere Untersuchungen** zur Vor- und Nachbereitung durchgeführt werden. Die untersuchten Altersgruppen der Schüler sollten sich dabei besonders bezüglich des Alters stärker ähneln, da sich dies als der stärkste Einflussfaktor herausgestellt. Idealerweise sind dabei die Schüler nicht in der Pubertät, da hier wichtige Veränderungen der Lerneinstellungen und individueller Interessen stattfinden (Erten, 2008; Urhahne et al., 2004).

Für weitere Vergleiche zum Lernen an außerschulischen Lernorten bietet sich die Gegenüberstellung nur zweier Lernorten an, die sich in weniger Kriterien als die hier vier untersuchten unterscheiden. Beispiele wären der Palmengarten und der Zoo, die sich beide vor allem auf weitläufigem Außengelände befinden, sich aber bezüglich der Objekte in Pflanzen und Tiere unterscheiden lassen. Auch das Senckenbergmuseum und der Zoo wären für eine direkte Gegenüberstellung geeignet, da in beiden vor allem Tiere gezeigt werden, im Museum jedoch in geschlossenen Gebäuden und im Zoo hauptsächlich im Freien.



## Literatur

- Acatech, Körber-Stiftung, Dialogik gGmbH (Hrsg.) (2014): MINT-Nachwuchsbarometer. Der Trendreport zu individuellen Motivationen und gesellschaftlichen Entwicklungen bei MINT-Studiengängen und -Berufen.
- Anderson, D. & Lucas, K.B. (1997): The effectiveness of orienting students to the physical features of a science museum prior to visitation. *Research in Science Education*, 27/4 (485-495).
- Atkinson, J.W. (1957): Motivational determinants of risk-taking behavior. *Psychological Review*, 64/1 (359-372).
- Back, G. & Türkay, M. (2001): Quantifizierungsmöglichkeiten der Biodiversität. In: Janich, P., Gutmann, M. & Prieß, K. (Hrsg.): *Biodiversität. Wissenschaftliche Grundlagen und gesellschaftliche Relevanz*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Barthlott, W. & Winiger, M. (1998): *Biodiversity – A challenge for development research and policy*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Barthlott, W., Erdelen, W.R. & Rafiqpoor, M.D. (2014): Biodiversity and technical innovations: bionics. In: Lanzerath, D. & Friele, M. (Hrsg.): *Concepts and Values in Biodiversity*. Routledge Studies in Biodiversity Politics and Management. Routledge, London, New York.
- Bauer, T. (2007): *Johann Christian Senckenberg. Eine Frankfurter Biographie 1707-1772*. Societäts-Verlag, Frankfurt.
- Baur, B., Ewald, K.C., Freyer, B. & Erhardt, A. (1992): *Ökologischer Ausgleich und Biodiversität*. Birkhäuser-Verlag, Basel, Boston, Berlin.
- Baur, B. (2010): *Biodiversität*. UTB Profile. Haupt-Verlag, Bern, Stuttgart, Wien.
- Beierkuhnlein, C. (2007): *Biogeographie*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Berck, H. & Starosta, B. (1990): Lernorte außerhalb der Schule. In: Killermann, W. & Staeck, L. (Hrsg.): *Methoden des Biologieunterrichts*. Aulis Verlag Deubner und Co. KG, Köln.
- Berg, R. (2001): StadtWaldHaus – Informationszentrum, „Waldmuseum“ und Lernort für Aktive. In: Lehnert, H.-J. & Ruppert, W. (Hrsg.): *Frankfurter Beiträge zur biologischen Bildung 3*, Shaker Verlag, Aachen.
- BioFrankfurt (2007): Biozahl 2007, zugänglich unter [www.biofrankfurt.de](http://www.biofrankfurt.de).
- Birney, B.A. (1995): Children, Animals, and Leisure Settings. *Society and Animals*, 3/2 (171-187).
- Bitgood, S. (1989): School field trips: An overview. *Visitor Behavior*, 4/2 (3-6).
- Bittner, A. (2003): *Außerschulische Umweltbildung in der Evaluation. Wirkungen kurzzeitpädagogischer Maßnahmen auf Umwelt- und Naturschutzinteressen von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe 1*. Verlag Dr. Kovač, Hamburg.

Blessing, K. (2010): Artenwissen als Basis zur Erhaltung der Biodiversität – analysiert am Beispiel repräsentativer Schulbücher in Baden-Württemberg. In: Hutter, C.-P. & Blessing, K. (Hrsg.): Artenwissen als Basis für Handlungskompetenz zur Erhaltung der Biodiversität. Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden Württemberg, Band 49, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart.

BMELV (Hrsg.)(2009): Agrobiodiversität erhalten, Potenziale der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft erschließen und nachhaltig nutzen. Eine Strategie des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz für die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt für die Ernährung, Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft. Bonn, 2009.

BMU (Hrsg.)(2007): Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin.

BMU (Hrsg. )(2009): Bericht der Bundesregierung zu Lage der Natur für die 16. Legislaturperiode. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin.

BMU (Hrsg.)(2010a): Das neue Bundesnaturschutzgesetz. Einheitlich und bürgernah. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin.

BMU (Hrsg.)(2010b): Handbuch Biodiversitätsmanagement. Ein Leitfaden für die betriebliche Praxis. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin.

BMUB (Hrsg.)(2014): Umweltbewusstsein in Deutschland 2014. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Berlin.

BMUB (Hrsg.)(2015a): Naturschutz-Offensive 2015. Für biologische Vielfalt! Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Berlin.

BMU (Hrsg.)(2015b): Umweltbericht der Bundesregierung 2015. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin.

Bögeholz, S. (1999): Qualitäten primärere Naturerfahrungen und ihr Zusammenhang mit Umweltwissen und Umweltdenken. Leske + Budrich, Opladen.

Bögeholz, S. (2006): Nature experience and its importance for environmental knowledge, values and action: recent German empirical contributions. *Environmental Education Research*, 12/1(65-84).

Bogner, F.X. (1998): The influence of short-term outdoor ecology education on long-term variables of environmental perspective. *The Journal of Environmental Education*, 29/4 (17-29).

Bortz, J. & Döring, N. (2006): Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. 4. Auflage, Springer-Verlag, Heidelberg.

Bortz, J. & Schuster, C. (2010): Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. 7. Auflage, Springer-Verlag, Heidelberg. Online-Ausgabe.

Brämer, R. (2010): Natur: Vergessen? Erste Befunde des Jugendreports 2010. Broschüre, Bonn, Marburg.

Breimhorst, D. (2001): Die Grüne Schule Palmengarten. In: Lehnert, H.-J. & Ruppert, W. (Hrsg.): Frankfurter Beiträge zur biologischen Bildung 3, Shaker Verlag, Aachen.

Brunstein, J.C. & Heckhausen, H.(2006): Leistungsmotivation. In: Heckhausen, J. & Heckhausen, H. (Hrsg.): Motivation und Handeln, Springer Verlag, Heidelberg.

Brunstein, J.C., Schultheiss, O.C. & Grässmann, R. (1998): Personal goals and emotional well-being: the moderating role of motive dispositions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 75/2 (494-508).

Bühl, A. (2010): PASW 18. Einführung in die modernen Datenanalyse. 12. Auflage, Pearson Studium, München.

Bühner, M. (2006): Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion. 2. Auflage, Pearson Studium, München.

Butler, R. A. & Laurance, W .F. (2008): New strategies for conserving tropical rainforests. *Trends in Ecology and Evolution*, 23/9 (469-472).

Burck, K.-H. & Claussen, C.(Hrsg.)(1994): Lernorte außerhalb des Klassenzimmers I. Didaktische Grundlegung und Beispiele. Beiträge zur Reform der Grundschule 45, Arbeitskreis Grundschule e.V., Frankfurt.

Cabauatan, P.Q., Cabunagan, R.C. & Choi, I.-R. (2009): Rice viruses transmitted by the brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål. In: Heong K.L. & Hardy B. (Hrsg.): Planthoppers: New threats to the sustainability of intensive rice production systems in Asia. International Rice Research Institute, Los Baños (Philippines).

Cade, T.J. (1992): Wiedereinbürgerung von in der Natur verschwundenen Arten durch Einsatz von Wissenschaft und Technologie. In: Wilson, E.O. (Hrsg.): Ende der biologischen Vielfalt? Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, New York.

Campbell, N. A.(1997): Biologie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford.

CEPF (Hrsg.)(2013): Annual report. Critical Ecosystem Partnership Fund.

Cerman, Z., Barthlott, W. & Nieder, J. (2005): Erfindungen der Natur. Bionik – Was wir von Pflanzen und Tieren lernen können. Rowohlt Taschenbuch-Verlag, Reinbek.

Chazdon, R.L., Peres, C.A., Dent, D., Sheil, D., Lugo A.E., Lamb, D., Stork, N.E. & Miller, S.E. (2009): The Potential for Species Conservation in Tropical Secondary Forests. *Conservation Biology*, 23/6 (1406-1417).

Conway, W. (1992): Können Technologien zur Arterhaltung beitragen? In: Wilson, E.O. (Hrsg.): Ende der biologischen Vielfalt? Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, New York.

Constanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K. Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. & van den Belt, M. (1997): The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387 (253-260).

Cox-Peterson, A.M., Marsh, D.D., Kisiel, J. & Melber, L.M. (2003): Investigation of guided school tours, student learning and science reform recommendations at museum of natural history. *Journal of Research in Science Teaching*, 40/2 (200-218).

Csikszentmihalyi, M. & Schiefele, U. (1993): Die Qualität des Erlebens und der Prozess des Lernens. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39/2 (207-221).

Csikszentmihalyi, M. & Csikszentmihalyi, I.S. (2006) (Hrsg.): A life worth living: contributions to positive psychology. Oxford University Press, Online-Ausgabe.

Darwin, C. (1859): Die Entstehung der Arten. Neuausgabe 2008. Nikol-Verlagsgesellschaft, Hamburg.

DAISIE (2009): Handbook of alien species in Europe. Springer-Verlag, Dordrecht.

Deci, E. & Ryan, R.M. (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39/2 (223-238).

Deci, E.L. & Ryan, R.M. (2000a): The "what" and "why" of goal pursuits: human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11/4 (227-268).

Deci, E.L. & Ryan, R.M. (2000b): Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55/1 (68-78).

De Queiroz, K. (2007): Species concepts and species delimitation. *Systematic Biology*, 56/6 (879-886).

Dierßen, K. & Huckauf, A. (2008): Biodiversität – Karriere eines Begriffs. *APuZ*, 3/2008 (3-10).

Dieser, O. (2015): Kognitive Leistungen, Einstellungen und Assoziationen: Eine erlebnisorientierte Interventionsstudie am außerschulischen Lernort Nationalpark. Dissertation, Bayreuth.

DMB (Hrsg.) (2010): Museen und Lebenslanges Lernen – Ein europäisches Handbuch. Deutscher Museumsbund, Berlin.

EASAV (Hrsg.) (2009): Ecosystem services and biodiversity in Europe. European Academies Sciences Advisory Council. Policy Report 09, zugänglich unter [www.easac.eu](http://www.easac.eu).

Eccles, J.S. (2004): Schools, academic motivation and stage-environment fit. In: Lerner, R.M. & Steinberg, L. (Hrsg.): Handbook of adolescent psychology. John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey.

Ehrlich, P.R. (1992): Der Verlust der Vielfalt. In: Wilson, E.O. (Hrsg.): Ende der biologischen Vielfalt? Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, New York.



- Emde, F. A. (2007): Biologische Vielfalt – das Netz des Lebens. Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.), Bonn.
- Engeln, K. (2004): Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Logos-Verlag, Berlin.
- Erten, S. (2008): Interests of 5<sup>th</sup> through 10<sup>th</sup> grade students toward human biology. H.U. Journal of Education, 35 (135-147).
- Erwin, D.H. (1998): The end and the beginning: recoveries from mass extinctions. Trends in Ecology and Evolution, 13 (344-349).
- Eschenhagen, D., Kattmann, U. & Rodi, D. (Begr.)(2006): Fachdidaktik Biologie. 7. Aulis Verlag Deubner, Köln.
- Eshach, H. (2007): Bridging in-school and out-of-school learning: formal, non-formal, and informal education. Journal of Science Education and Technology, 16/2 (171-190).
- Esser, H. (1978): Der Biologieunterricht. Inhalte, Strukturen, Verfahren. Hermann Schroedel-Verlag, Hannover, Dortmund, Darmstadt, Berlin.
- Europäische Kommission (Hrsg.)(2002): Mitteilung der Kommission: Einen europäischen Raum des lebenslangen Lernens schaffen. Brüssel.
- Fabricant, D.S. & Farnsworth, N.R. (2001): The value of plants used in traditional medicine for drug discovery. Environmental Health Perspectives, 109 (suppl.1) (69-75).
- Falk, J.H. & Dierking, L.D. (2000): Learning from museums. Visitor experiences and the making of meaning. Alta Mira Press, Lanham, USA.
- FAO (2014): The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (2011): State of the world's forest. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Farnsworth, N.R. (1992): Die Suche nach neuen Arzneistoffen in der Pflanzenwelt. In: Wilson, E.O.: Ende der biologischen Vielfalt?. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, New York.
- Fend, H. (1997): Der Umgang mit der Schule in der Adoleszenz. Aufbau und Verlust von Lernmotivation, Selbstachtung und Empathie. Huber, Bern.
- Fisher, R. A. (1999): The genetical theory of natural selection. A complete variorum edition. Oxford University Press, Oxford, New York.
- Franke, W. (1976): Nutzpflanzenkunde, Nutzbare Gewächse der gemäßigten Breiten, Subtropen und Tropen. Thieme-Verlag, Stuttgart.

Frankel, O.H. & Soulé, M. (1981): Conservation and evolution. Cambridge University Press, Cambridge.

Freund, P.A., Kuhn, J.-T. & Holling, H. (2011): Measuring current achievement motivation with the QCM: Short form development and investigation of measurement invariance. *Personality and Individual Differences*, 51 (629-634).

Gaston, K.J. (Hrsg.)(1996): Biodiversity – A biology of numbers and difference. Blackwell Science, Oxford.

Gaston, K.J. & Spicer, J.I. (1998): Biodiversity – An introduction. Blackwell Science, Oxford.

Gatzke, J. (2012): Vielfalt oder Einfachheit? Webbasierte Angebotsanalyse der Biodiversitätsbildungskurse didaktisch gestalteter, außerschulischer Lernorte Hessens. Masterarbeit am Institut für Ökologie, Evolution und Diversität; Abteilung Didaktik der Biowissenschaften; Johann Wolfgang Goethe Universität, Frankfurt am Main.

Gebhard, U. (2013): Kind und Natur. Die Bedeutung der Natur für die psychische Entwicklung. Springer VS, Wiesbaden.

GISP (2009): Annual report. Global Invasive Species Programme, zugänglich unter [www.gisp.org](http://www.gisp.org).

Gottfried, J. (1980): Do children learn on school field trips? *Curator*, 23/3 (165-174).

Görg, C., Hertler, C., Schramm, E. & Weingarten, M. (Hrsg.)(1999): Zugänge zur Biodiversität. Disziplinäre Thematisierungen und Möglichkeiten integrierender Ansätze. Metropolis-Verlag, Marburg.

Graf, E. (Hrsg.)(2004): Biologiedidaktik für Studium und Unterrichtspraxis. Auer-Verlag, Donauwörth.

Greenfield, T. A. (1995): Sex differences in science museum exhibit attraction. *Journal of Research in Science Teaching*, 32/9 (925–938).

Gregorius, H.-R., Kissling, I. & Ott, K. (2007): Biodiversität als Lebensgrundlage – Grundprinzipien zu Schutz und Nutzung. In: Potthast, T. (Bearbeiter): Biodiversität? – Schlüsselbegriff im 21. Jahrhundert? Bundesamt für Naturschutz, Reihe Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 48, Bonn, Bad Godesberg.

Gries, B. (1996): Das Naturkundemuseum als außerschulischer Lernort. *Berichte des Instituts für Didaktik der Biologie* 5, IDB Münster.

Groom, M. J., Meffe, G.K. & Carroll, C.R. (2006): Principles of conservation biology, third edition. Sinauer Associates, Sunderland.

Groß, J. (2009): Die Vermittlung der Nationalparkidee – außerschulische Umweltbildung und BNE in der Evaluation. In: Lucker, T. & Kölsch, O. (Bearbeiter): Naturschutz und Bildung

für nachhaltige Entwicklung. Fokus: Außerschulische Lernorte. Bundesamt für Naturschutz, Reihe Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 74, Bonn, Bad Godesberg.

Grotzinger, J.; Jordan, T.H.; Press, F. & Siever, R. (2008): Press/Siever: Allgemeine Geologie. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin, Heidelberg.

Gruber, H., Prenzel, M. & Schiefele, H. (2006): Spielräume für Veränderung durch Erziehung. In: Krapp, A. & Weidenmann, B. (Hrsg.): Pädagogische Psychologie. Beltz-Verlag, Basel.

Gudjons, H. (2008): Handlungsorientiert Lehren und Lernen. Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn.

Härtig, J., Pütz, N. & Wilde, M. (2010): Lernen im Naturkundemuseum: Führungen, aber wie? Museumskunde, Band 74, 2/09. Deutscher Museumsbund, Berlin.

Härtig, J. (2014): Lernen im Museum: Evaluation von Führungen im Naturkundemuseum. Verlag Dr. Kovač, Hamburg.

Hanemann, W. M. (1992): Die Wirtschaftswissenschaften und die Erhaltung der biologischen Vielfalt. In: Wilson, E.O.: Ende der biologischen Vielfalt?. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, New York.

Hannah, L., Lovejoy, T.E. & Schneider, S. H. (2005): Biodiversity and climate change in context. In: Lovejoy, T. E. & Hannah, L. (Hrsg.): Climate change and biodiversity, Yale University Press, New Haven, London.

Hansen, M.C., Stehmann, S.V., Potapov, P.V., Loveland, T.R., Townshend, J.R.G., DeFries, R.S., Pittmann, K.W., Arunarwati, B., Stolle, F., Steinger, M.K.; Carroll, M. & DiMiceli, C. (2008): Humid tropical forest clearing from 2000 to 2005 quantified by using multitemporal and multiresolution remotely sensed data. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 105 (9439-9444).

Hardt, T., Herkner, B. & Menz, U. (2009): Safari zum Urmenschen. Kleine Senckenberg-Reihe 51. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Hecker, F. (2010): Tiere und Pflanzen des Waldes. Kosmos Naturführer. Franckh-Kosmos-Verlag, Stuttgart.

Heckhausen, J. & Heckhausen, H. (2006): Motivation und Handeln: Einführung und Überblick. In: Heckhausen, J. & Heckhausen, H. (Hrsg.): Motivation und Handeln, Springer Verlag, Heidelberg.

Heldmaier, G. & Neuweiler, G. (2004): Vergleichende Tierphysiologie. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Henze, C. (2009): Grundlagen für Handlungspotentiale und Entwicklungschancen außerschulischer Lernorte im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung. In: Lucker, T. & Kölsch, O. (Bearbeiter): Naturschutz und Bildung für nachhaltige Entwicklung. Fokus: Außer-

schulische Lernorte. Bundesamt für Naturschutz, Reihe Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 74, Bonn, Bad Godesberg.

Herrmann, M. (1998): Verinselung der Lebensräume von Carnivoren – Von der Inselökologie zur planerischen Umsetzung. Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg1 (45-49).

Hertler, C. (1999): Aspekte der historischen Entstehung von Biodiversitätskonzepten in den Biowissenschaften. In: Görg, C., Hertler, C., Schramm, E. & Weingarten, M. (Hrsg.): Zugänge zur Biodiversität. Disziplinäre Thematisierungen und Möglichkeiten integrierender Ansätze. Metropolis-Verlag, Marburg.

Hessisches Kultusministerium (2011a): Lehrplan Biologie, Bildungsgang Hauptschule, Jahrgangsstufen 5 bis 9/10.

Hessisches Kultusministerium (2011b): Lehrplan Biologie, Bildungsgang Realschule, Jahrgangsstufen 5 bis 10.

Hessisches Kultusministerium (2011c): Lehrplan Biologie, Gymnasialer Bildungsgang, Jahrgangsstufen 5G bis 9G und Gymnasiale Oberstufe.

Hessisches Kultusministerium (2011d): Bildungsstandards und Inhaltsfelder, Das neue Kerncurriculum für Hessen, Sekundarstufe I – Hauptschule, Biologie.

Hessisches Kultusministerium (2011e): Bildungsstandards und Inhaltsfelder, Das neue Kerncurriculum für Hessen, Sekundarstufe I – Realschule, Biologie.

Hessisches Kultusministerium (2011f): Bildungsstandards und Inhaltsfelder, Das neue Kerncurriculum für Hessen, Sekundarstufe I – Gymnasium, Biologie.

Hevers, J. (2003): Braunschweiger Dioramen – Tiere in ihrer natürlichen Umgebung. Staatliches Naturkundemuseum Braunschweig (Hrsg.).

Hewitt, G.M. & Nichols, R.A. (2005): Genetic and evolutionary impacts of climate change. In: Lovejoy, T.E. & Hannah, L. (Hrsg.): Climate change and biodiversity, Yale University Press, New Haven, London.

Hey, J., Fitch, W.M. & Ayala, F.J. (Hrsg.) (2005): Systematics and the origin of species. On Ernst Mayr's 100<sup>th</sup> anniversary. The National Academies Press, Washington, D.C.

Heywood, V.H. (Hrsg.) (1995): Global Biodiversity Assessment. Veröffentlicht für das United Nations Environment Programme. University Press, Cambridge.

Hobohm, C. (2000): Biodiversität. Quelle und Meyer-Verlag, Wiebelsheim.

Hoegh-Guldber, O. (1999): Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. Marine Freshwater Research, 50 (839-866).

Hoekstra, J.M., Boucher, T.M., Ricketts, T.H. & Roberts, C. (2005): Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. Ecology Letters, 8 (23-29).

Hofer, M., Reinders, H., Fries, S., Clausen, M., Schmid, S., Dietz, F. (2005): Die Theorie motivationaler Handlungskonflikte. Ein differenzieller Ansatz zum Zusammenhang zwischen Werten und schulischer Lernmotivation. *Zeitschrift für Pädagogik*, 5/3 (326-341).

Hoffmann, M., Hilton-Taylor, C., Angulo, A., Böhm, M., Brooks, T.M., Butchart, S.H.M., Carpenter, K.E., Chanson, J., Collen, B., Cox, N.A., Darwall, W.R.T., Dulvy, N.K., Harrison, L.R., Katariya, V., Pollock, C.M., Quader, S., Richman, N.I., Rodrigues, A.S.L., Tognelli, M.F., Vié, J.-C., Aguiar, J.M., Allen, D.J., Allen, G.R., Amori, G., Ananjeva, N.B., Andreone, F., Andrew, P., Ortiz, A.L.A., Baillie, J.E.M., Baldi, R., Bell, B.D., Biju, S.D., Bird, J.P., Black-Decima, P., Blanc, J.J., Bolano, F., Bolivar-G, W., Burfield, I.J., Burton, J.A., Capper, D.R., Castro, F., Cattullo, G., Cavanagh, R.D., Channing, A., Chao, N.L., Chenery, A.M., Chiozza, F., Clausnitzer, V., Collar, N.J., Collett, L.C., Collette, B.B., Cortez Fernandez, C.F., Craig, M.T., Crosby, M.J., Cumberlidge, N., Cuttelod, A., Derocher, A.E., Diesmos, A.C., Donaldson, J.S., Duckworth, J.W., Dutson, G., Dutta, S.K., Emslie, R.H., Farjon, A., Fowler, S., Freyhof, J., Garshelis, D.L., Gerlach, J., Gower, D.J., Grant, T.D., Hammerson, G.A., Harris, R.B., Heaney, L.R., Blair Hedges, S., Hero, J.-M., Hughes, B., Hussain, S.A., Icochea M, J., Inger, R.F., Ishii, N., Iskandar, D.T., Jenkins, R.K.B., Kaneko, Y., Kottelat, M., Kovacs, K.M., Kuzmin, S.L., Marca, E.L., Lamoreux, J.F., Lau, M.W.N., Lavilla, E.O., Leus, K., Lewison, R.L., Lichtenstein, G., Livingstone, S.R., Lukoschek, V., Mallon, D.P., McGowan, P.J.K., Mclvor, A., Moehlman, P.D., Molur, S., Alonso, A.M., Musick, J.A., Nowell, K., Nussbaum, R.A., Olech, W., Orlov, N.L., Papenfuss, T.J., Parra-Olea, G., Perrin, W.F., Polidoro, B.A., Pourkazemi, M., Racey, P.A., Ragle, J.S., Ram, M., Rathbun, G., Reynolds, R.P., Rhodin, A.G.J., Richards, S.J., Rodriguez, L.O., Ron, S.R., Rondinini, C., Rylands, A.B., Sadovy de Mitcheson, Y., Sanciangco, J.C., Sanders, K.L., Santos-Barrera, G., Schipper, J., Self-Sullivan, C., Shi, Y., Shoemaker, A., Short, F.T., Sillero-Zubiri, C., Silvano, D.L., Smith, K.G., Smith, A.T., Snoeks, J., Stattersfield, A.J., Symes, A.J., Taber, A.B., Talukdar, B.K., Temple, H.J., Timmins, R., Tobias, J.A., Tsytsulina, K., Tweddle, D., Ubeda, C., Valenti, S.V., Paul van Dijk, P., Veiga, L.M., Veloso, A., Wege, D.C., Wilkinson, M., Williamson, E.A., Xie, F., Young, B.E., Akçakaya, R.H., Bennun, L., Blackburn, T.M., Boitani, L., Dublin, H.T., da Fonseca, G.A.B., Gascon, C., Lacher, Jr., T.E., Mace, G.M., Mainka, S.A., J., McNeely, J.A., Mittermeier, R.A., Reid, G.M., Rodriguez, J.P., Rosenberg, A.A., Samways, M.J., Smart, J., Stein, B.A. & Stuart, S.N. (2010): The impact of conservation on the status of the world's vertebrates. *Science*, 330/6010 (1503-1509).

Hofmeister, H. (1990): *Lebensraum Wald*. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin.

Holstermann, N. & Bögeholz, S. (2007): Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13 (71-86).

Hummel, E., Glück, M., Jürgens, R., Weisshaar, J., Randler, C. (2012): Interesse, Wohlbefinden und Langeweile im naturwissenschaftlichen Unterricht mit lebenden Organismen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18 (99-3116).

Hunter, M. L. JR. & Gibbs, J. (2010): *Fundamentals of conservation biology*. Third edition. Blackwell Publishing, Malden, Oxford, Carlton.

Ingold, P. (2005): *Freizeitaktivitäten im Lebensraum der Alpentiere. Konfliktbereiche zwischen Mensch und Tier*. Haupt-Verlag, Bern.

IPCC (2014): Climate change 2014. Synthesis report. Approved summary for policymakers IPCC Secretariat, Genf.

IUCN/UNEP/WWF (Hrsg.)(1991): Caring for the earth. A strategy for sustainable living. Gland.

Jäckel, L. (2010): Vielfalt intensiv erleben, genießen, wertschätzen – Nachhaltigkeit praktisch lernen. In: Hutter, C.-P. & Blessing, K. (Hrsg.): Artenwissen als Basis für Handlungskompetenz zur Erhaltung der Biodiversität. Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden Württemberg, Band 49, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart.

Janich, P., Gutmann, M. & Prieß, K. (Hrsg.)(2001): Biodiversität. Wissenschaftliche Grundlagen und gesellschaftliche Relevanz. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Johnson, C. (2009): Megafaunal decline and fall. *Science*, 326 (1072-1073).

Jung, S., Schenck, C. und Streit, B. (2012): Die Wahrnehmung des Biodiversitätskonzepts in der Öffentlichkeit. Ergebnisse einer Repräsentativbefragung aus den Jahren 2007-2011. *Zeitschrift für Naturschutz und Landschaftspflege*, 87/11(483-88).

Karl, T.R. & Trenberth, K.E. (2005): What ist climate change? In: Lovejoy, T.E. & Hannah, L. (Hrsg.): *Climate change and biodiversity*, Yale University Press, New Haven, London.

Kessels, U. (2005): Fitting into the stereotype: how gender-stereotyped perceptions of prototypic peers relate to liking for school subjects. *European Journal of Psychology of Education*, 20/3 (309-323).

Killermann, W., Hierung, P. & Starosta, B. (2009): *Biologieunterricht heute. Eine moderne Fachdidaktik*. Auer-Verlag, Donauwörth.

Kirschner, T. (2008): Der außerschulische Lernort „Zoo“ als Lernort für Schüler/innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt für Sonderpädagogik, Hannover.

Klausewitz, W. (1979a): *Senckenbergische Museumspädagogik – einst und jetzt*. *Natur und Museum*, Band 109, Heft 5 (139-148).

Klausewitz, W. (1979b): Bildungsfaktoren im naturhistorischen Museum dargestellt am Frankfurter Senckenberg-Museum. In: Spickernagel, E. & Walbe, B. (Hrsg.): *Das Museum. Lernort contra Musentempel*. Sonderband der Zeitschrift „Kritische Berichte“. Anabas-Verlag, Gießen.

Klausewitz, W. (1992): Chronik der Gesellschaft 1967-1992. In: *175 Jahre Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft, Jubiläumsband 1*. Verlag Waldemar Kramer, Frankfurt am Main.

Köller, O., Daniels, Z., Schnabel, K.U., Baumert, J. (2000a): Kurswahlen von Mädchen und Jungen im Fach Mathematik: Zur Rolle von fachspezifischem Selbstkonzept und Interesse. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 14/1 (26-37).

Köller, O., Baumert, J. & Schnabel, K. (2000b): Zum Zusammenspiel von schulischem Interesse und Lernen im Fach Mathematik: Längsschnittanalysen in den Sekundarstufen I und II. In: Schiefele, U. & Wild, K.-P. (Hrsg.): Interesse und Lernmotivation: Untersuchungen zu Entwicklung, Förderung und Wirkung. Waxmann Verlag, Münster, New York, München, Berlin.

Kontoleon, A. & Swanson, T. (2003): The willingness to pay for property rights for the giant panda: can a charismatic species be an instrument for nature conservation? *Land Economics*, 79 (483-499).

Kowarik, I. (2010): Biologische Invasionen. Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Kramer, W. (1967): Chronik der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft 1817-1966. Verlag Waldemar Kramer, Frankfurt am Main.

Krapp, A. (1992a): Das Interessenkonstrukt. Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus Sicht einer Personen-Gegenstands-Konzeption. In: Krapp, A. & Prenzel, M. (Hrsg.): Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessensforschung. Aschendorff Verlag, Münster.

Krapp, A. (1992b): Interesse, Lernen, Leistung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 38/5 (747-770).

Krapp, A. (1992a): Konzepte und Forschungsansätze zur Analyse des Zusammenhangs von Interesse, Lernen und Leistung. In: Krapp, A. & Prenzel, M. (Hrsg.): Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessensforschung. Aschendorff Verlag, Münster.

Krapp, A. (1999): Intrinsische Lernmotivation und Interesse. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45/3 (387-406).

Krapp, A. (2005a): Psychologische Bedürfnisse und Interesse. Theoretische Überlegungen und praktische Schlussfolgerungen. In: Vollmeyer, R. & Brunstein, J. (Hrsg.): Motivationspsychologie und ihre Anwendung. W. Kohlhammer, Stuttgart.

Krapp, A. (2005b): Basic needs and the development of interest and intrinsic motivational orientations. *Learning and Instruction*, 15 (381-395).

Krapp, A. (2010): Interesse. In: Rost, D.H. (Hrsg.): Handwörterbuch Pädagogische Psychologie. Beltz Verlag, Weinheim Basel.

Krombass, A. & Harms, U. (2006): Ein computergestütztes Informationssystem zur Biodiversität als motivierende und lernfördernde Ergänzung der Exponate eines Naturkundemuseums. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12 (7-22).

Krutschinna, J. & Streit, B. (2009): The biodiversity network BioFrankfurt: An innovative strategic approach to integrative research, conservation and education. *BioRisk*, 3 (21-25).

Kühbauch, W. (1998): Loss of biodiversity in european agriculture during the 20th century. In: Barthlott, W. & Winiger, M.: Biodiversity – A challenge for development research and policy. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Kuhl, J. (1996): Wille und Freiheitserleben: Formen der Selbststeuerung. In: Kohl, J. & Heckhausen, H. (Hrsg.): Enzyklopädie der Psychologie: Motivation, Volition und Handlung, Serie 4/4, Hogrefe, Göttingen.

Kutschera, U. (2015): Evolutionsbiologie. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Lerch, A. (2001): Naturkapital und Nachhaltigkeit – Normative Begründungen unterschiedlicher Konzepte der nachhaltigen Entwicklung. In: Held, M. & Nutzinger, H.G. (Hrsg.): Nachhaltiges Naturkapital – Ökonomik und zukunftsfähige Entwicklung. Campus-Verlag, Frankfurt, New York.

Lewalter, D. & Geyer, C. (2005): Evaluation von Schulklassenbesuchen im Museum. Zeitschrift für Pädagogik, 51/6 (774-785).

Ling, C., Tiongco, E.R. & Aguiero, V.M. (1978): Rice ragged stunt, a new virus disease. Plant Disease Reporter, 62/8 (701-705).

Löhne, C., Friedrich, K. & Kiefer, I. (2009): Natur und Nachhaltigkeit. Innovative Bildungsangebote in Botanischen Gärten, Zoos und Freilichtmuseen. Bundesamt für Naturschutz, Reihe Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 78, Bonn, Bad Godesberg.

Löwe, B. (1992): Biologieunterricht und Schülerinteresse an Biologie. Deutscher Studienverlag, Weinheim.

Lovejoy, T.E. (1980): Changes in biodiversity. In: Barney, O.G. (Hrsg.): The global 2000 report to the president, Vol. 2. A report prepared by the Council on Environmental Quality and the Department of State. Penguin Books, Harmondsworth.

Lubchenco, J., Olsen, A.M., Brubaker, L.B., Carpenter, S.R., Holland, M.M., Hubbell, S.P., Levin, S.A., MacMahon, J.A., Matson, P.A., Melillo, J.M., Mooney, H.A., Peterson, C.H., PULLIAM, H.R., Real, L.A., Regal, P.J. & Risser, P.G. (1991): The sustainable biosphere initiative: an ecological research agenda: a report from the ecological society of America. Ecology, 72/2 (371-412).

Ludwig, K.-H. (2006): Eine kurze Geschichte des Klimas. Von der Entstehung der Erde bis heute. Verlag C.H. Beck, München.

MA (2005)(Hrsg.): Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis. Millennium Ecosystem Assessment. World Resources Institute, Washington.

Magurran, A. E. & McGill, B. J. (2011): Biological diversity. Frontiers in measurement and assessment. Oxford University Press, Oxford.

Malberg, H. (2007): Meteorologie und Klimatologie. Eine Einführung. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.



- Mangel, G. (2011): Faszination Welterbe Grube Messel – Zu Besuch in einer Welt vor 47 Millionen Jahren. Kleine Senckenberg-Reihe 52. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Mattes, W.(2009): Methoden für den Unterricht. 75 kompakte Übersicht für Lehrende und Lernende. Schöningh-Verlag, Paderborn.
- Mallok, J. (2002): 20 Jahre Museumspädagogik im Senckenberg – Werdegang, Leistungen und Ausblick. Natur und Museum, Band 132, Heft 10 (381-388).
- Mallok, J. & Winter, G. (2002): Das Internet als Ergänzung der realen Schausammlung. Praxis Schule 5-10, Heft 1/2002 (16-22).
- Martin, K. & Allgaier, C. (2011): Ökologie der Biozönosen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Martín-López, B., Montes, C., Ramírez, L. & Benayas, J. (2009): What drives policy decision-making related to species conservation? *Biological Conservation*, 142/7 (1370-1380).
- Mayr, E. (1988): The why and how of species. *Biology and Philosophy*, 3 (431-441).
- Mayr, E. (1999): *Systematics and the origin of species from the viewpoint of a zoologist – With a new introduction by the author.* Harvard University Press, Cambridge, London.
- McNeill, J.R. (2005): *Blue Planet. Die Geschichte der Umwelt im 20. Jahrhundert.* Bundeszentrale für politische Bildung, Bonn.
- Midgley, C., Kaplan, A. & Middleton, M. (2001): Performance-approach goals: Good for what, for whom, under what circumstances, and at what cost? *Journal of Educational Psychology*, 93/1 (77-86).
- Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G. & Robles Gil, P. (Hrsg.)(1997): *Megadiversity: Earth's biologically wealthiest nations.* CEMEX, Mexico City.
- Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G. & Robles Gil, P. (Hrsg.)(1999): *Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions.* CEMEX, Mexico City.
- Mittermeier, R.A., Robles Gil, P., Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C.G., Lamoreux, J. & da Fonseca, G. (2004): *Hotspots revisited.* CEMEX, Mexico City.
- Mosbrugger, V. (2012): Die Natur retten durch Naturmuseen? *Natur, Forschung, Museum. Das Senckenberg-Wissenschaftsmagazin*, 5/6 2012 (166-173).
- Mosbrugger, V. (Hrsg.)(2016): *Lernort Museum. Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum. Informationsbroschüre der Museumspädagogik.*
- Moosbrugger, H. & Kelava, A. (2012): *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. 2. Auflage.* Springer-Verlag, Heidelberg. Online-Ausgabe.

Möllers, F. (2010): *Wilde Tiere in der Stadt – Inseln der Artenvielfalt*. Knesebeck-Verlag, München.

Mora, C., Tittensor, D.P., Adl, S., Simpson, A.G.B. & Worm, B. (2010): How many species are there on earth and on the ocean? *PLoS Biol*, 9(8): e1001127.

Myers, N. (1988a): Threatened biotas: "hot-spots" in tropical forests. *The Environmentalist*, 8/3 (187-208).

Myers, N. (1988b): *Tropische Wälder und ihre Arten. Dem Ende entgegen?* In: Wilson, E.O.: *Ende der biologischen Vielfalt?*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, New York.

Myers, N. (1990): The biodiversity challenge: expanded hot-spots Analysis. *The Environmentalist*, 10/4 (243-256).

Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B. & Kennet, J. (2000): Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403 (853-858).

Nentwig, W. (2010): *Invasive Arten*. UTB Profile. Haupt-Verlag, Bern, Stuttgart, Wien.

Nettke, T. (2010): *Handlungsmuster museumspädagogischer Führungen – eine interaktionsanalytisch-erziehungswissenschaftliche Untersuchung in Naturkundemuseen*. Dissertation, Frankfurt.

Newmann, M. C. (2010): *Fundamentals of ecotoxicology*. Third edition. CRP Press, Boca Raton, London, New York.

Niekisch, M. (2012): *Tiere und Menschen im Zoo verbinden – aber wie?* *Natur, Forschung, Museum. Das Senckenberg-Wissenschaftsmagazin*, 5/6 2012 (166-173).

Noss, R. F. (2006): Hierarchical indicators for monitoring changes in biodiversity. In: Groom, M.J. et al.: *Principles of conservation biology*, third edition. Sinauer Associates, Sunderland.

Oberthür, S. (2008): *Internationale Umweltpolitik. Informationen zur politischen Bildung*, 287 (68-73).

OECD (2012): *Programme for international Student assessment (PISA). PISA 2012 Ergebnisse, Deutschland*. zugänglich unter [www.oecd.org](http://www.oecd.org).

Oehlmann, J., Galluba, S., Oetken, M. & Schulte-Oehlmann, U. (2010): *Wirkungen von Xenohormonen auf aquatische Organismen*. In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): *Screeningverfahren zur Erfassung endokriner Wirkungen in der aquatischen Umwelt*. BfG-Veranstaltungen, 5/2010, Koblenz (7-14).

Oetmann-Mennen, A. (1999): *Biologische Vielfalt in der Landwirtschaft. Luxus oder Notwendigkeit?* In: Görg, C., Hertler, C., Schramm, E. & Weingarten, M. (Hrsg.): *Zugänge zur Biodiversität. Disziplinäre Thematisierungen und Möglichkeiten integrierender Ansätze*. Metropolis-Verlag, Marburg.

Orion, N. & Hofstein, A. (1991): Factors which influence learning ability during a scientific field trip in a natural environment. *Journal of research in science teaching*, 31 (1097-1119).

Otto, H.-J. (1994): *Waldökologie*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Overwien, B. (2005): Stichwort: Informelles Lernen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 3/2005 (339-355).

Pawek, C. (2009): *Schülerlabore als interesselördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe*. Dissertation, Kiel.

Pearson, R. (2011): *Driven to extinction. The impact of climate change on biodiversity*. Sterling Publishing, New York, London.

Petermann, F. & Winke, S. (2007): *Fragebogen zur Leistungsmotivation für Schüler der 7.-13. Klasse (FLM 7-13)*. Harcourt Test Services, Frankfurt am Main.

Piechocki, R. (2007): Biodiversität – Zur Entstehung und Tragweite eines neuen Schlüsselbegriffs. In: Potthast, T. (Bearbeiter): *Biodiversität? – Schlüsselbegriff im 21. Jahrhundert?* Bundesamt für Naturschutz, Reihe Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 48, Bonn, Bad Godesberg.

Phillips, B. & Harrison, P. (1999): Overview of the endocrine disrupters issue. In: Harrison, R.M. & Hester, R.E. (Hrsg.): *Endocrine disrupting chemicals*. Royal Society of Chemistry, Cambridge, Ebook.

Pimentel, D., Wilson, C., McCullum, C., Huang, R., Dwen, P., Flack, J., Tran, Q., Saltman, T. & Cliff, B. (1997): Economic and environmental benefits of biodiversity. *BioScience*, 47/11 (747-757).

Pimentel, D., McNair, S., Janecka, J., Wightman, J., Simmonds, C., O'Connell, C., Wong, E., Russel, L., Zern, J., Aquino, T. & Tsomondo, T. (2010): Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 84 (1-20).

Pohl, C. (2008): *Die Bedeutung außerschulischer Lernorte für den Biologieunterricht*. Schöningh-Verlag, Münster.

Pott, R. (2005): *Allgemeine Geobotanik. Biogeosysteme und Biodiversität*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Potthast, T. (1999): *Die Evolution und der Naturschutz*. Campus-Verlag, Frankfurt, New York.

Prenzel, M. (1988): *Die Wirkungsweise von Interesse. Beiträge zur psychologischen Forschung* 13. Westdeutscher Verlag, Opladen.

Prieß, K. (2004): Biodiversität im interdisziplinären Diskurs: Versuch einer Begriffserklärung. In: Korn, H. & Feit, U. (Bearbeiter): *Treffpunkt Biologische Vielfalt IV. Interdisziplinärer For-*

schungsaustausch im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt. Bundesamt für Naturschutz, Bonn, Bad Godesberg.

Primack, R. B. (2010): Essentials of conservation biology, fifth edition. Sinauer Associates, Sunderland.

Puschmann, W. (2007): Zootierhaltung – Tiere in menschlicher Obhut, Säugetiere. Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch, Frankfurt am Main.

Quammen, D. (1999): Der Gesang des Dodo. Eine Reise durch die Evolution der Inselwelten. Claassen-Verlag, München.

Ramey-Gassert, L. (1997): Learning science beyond the classroom. The Elementary School Journal, 97/4 (433-450).

Raup, D.M. (1978): Cohort analysis of generic survivorship. Paleobiology, 4/1 (1-15).

Recke, M. (2012): Zu Besuch im Senckenberg. Im Kleinen das unendlich Große entdecken! Natur, Forschung, Museum. Das Senckenberg-Wissenschaftsmagazin, 5/6 2012 (166-173).

Reinders, H. (2015): Sozialisation in der Gleichaltrigengruppe. In: Hurrelmann, K., Grundmann, M., Walper, S. & Bauer, U. (Hrsg.): Handbuch Sozialisationsforschung. Beltz-Verlag, Weinheim.

Rheinberg, F. (2006): Intrinsische Motivation und Flow-Erleben. In: Heckhausen, J. & Heckhausen, H. (Hrsg.): Motivation und Handeln, Springer Verlag, Heidelberg.

Rheinberg, F. & Vollmeyer, R. (2000): Sachinteresse und leistungsthematische Herausforderung – zwei verschiedenartige Motivationskomponenten und ihr Zusammenwirken beim Lernen. In: Schiefele, U. & Wild, K.-P. (Hrsg.): Interesse und Lernmotivation: Untersuchungen zu Entwicklung, Förderung und Wirkung. Waxmann Verlag, Münster, New York, München, Berlin.

Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B.D. (2001): FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. Diagnostica, 47/2 (57-66).

Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Engeser, S. (2003): Die Erfassung des Flow-Erlebens. In: Stiensmeier-Pelster, J. & Rheinberg, F. (Hrsg.): Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept. Hogrefe, Göttingen.

Rheinberg, F. & Krug, S. (2005): Motivationsförderung im Schulalltag. Hogrefe, Göttingen, Bern, Toronto, Seattle, Oxford, Prag.

Rheinberg, F., Manig, Y., Kliegl, R., Engeser, S. & Vollmeyer, R. (2007): Flow bei der Arbeit, doch Glück in der Freizeit. Zielausrichtung, Flow und Glücksgefühle. Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 51/3 (105-115).

Rheinberg, F. & Vollmeyer, R. (2012): Motivation. Grundriss der Psychologie, Band 6, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart.

Riemeier, T. (2007): Moderater Konstruktivismus. In: Krüger, D. & Vogt, H. (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Richarz, K. (2011): Erdmännchen und Co. – Säugetiere im Zoo. Ulmer-Verlag, Stuttgart.

Riedel, W. & Trommer, G. (Hrsg.)(1981): Didaktik der Ökologie. Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln.

Rost, J. (1996): Lehrbuch Testtheorie – Testkonstruktion. Verlag Hans Huber, Bern.

Ruppert, W. & Lehnert, H.-J. (2001): Handlungsorientierung im Biologieunterricht. In: Lehnert, H.-J. & Ruppert, W.(Hrsg.): Frankfurter Beiträge zur biologischen Bildung 3, Shaker Verlag, Aachen.

Sauerborn, P. & Brühne, T. (2010): Didaktik des außerschulischen Lernens. Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler.

Schäfer, W. (1967): Geschichte des Senckenberg-Museums im Grundriß. Verlag Waldemar Kramer, Frankfurt am Main.

Schemel, H.-J. & Wilke, T. (Bearb.)(2008): Kinder und Natur in der Stadt. Spielraum Natur: Ein Handbuch für Kommunalpolitik und Planung sowie Eltern und Agenda-21-Initiativen. Bundesamt für Naturschutz-Skripten 230, Bonn-Bad Godesberg.

Scherpner, C. (1983): Von Bürgern für Bürger – 125 Jahre Zoologischer Garten Frankfurt am Main. Zoologischer Garten der Stadt Frankfurt am Main (Hrsg.).

Schiefele, H. (1981): Interesse. In: Schiefele, U. & Krapp, A. (Hrsg.): Handlexikon zur Pädagogischen Psychologie. Ehrenwirth, München.

Schiefele, U. & Schreyer, I. (1994): Intrinsische Lernmotivation und Lernen: Ein Überblick zu Ergebnissen der Forschung. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 8/1 (1-13).

Schiefele, U. (2009) Motivation. In: Wild, E. & Möller, J. (Hrsg.): Pädagogische Psychologie. Springer Verlag, Heidelberg.

Schiefele, U. & Köller, O. (2010): Intrinsische und extrinsische Motivation. In: Rost, D.H. (Hrsg.): Handwörterbuch Pädagogische Psychologie. Beltz Verlag, Weinheim Basel.

Schifferdecker, B. (2010): Biodiversität. Methoden zur monetären Bewertung. AVM-Verlag, München.

Schmeil, O. (1913): Über die Reformbestrebungen auf dem Gebiet des naturgeschichtlichen Unterrichts. 10. Auflage. Quelle & Meyer, Leipzig.

Schmid, S., Hofer, M., Dietz, F., Reinders, H., Fries, S. (2005): Value orientations and action conflicts in students' everyday life: An interview study. European Journal of Psychology of Education, 20/3 (243-257).

Schmidt, C.R. (2003) (Hrsg.): Zoo Frankfurt – Ein Platz für Tiere und Menschen. Stadt Frankfurt am Main.

Schmidt, I., Di Fucca, D.S. & Ralle, B. (2011): Außerschulische Lernstandorte. Erwartungen, Erfahrungen und Wirkungen aus der Sicht von Lehrkräften und Schulleitungen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 64/06 (362-369).

Schmitt-Scheerso, A. (2003): „Spielregeln der Natur“ (Prinzipien der Ökologie). Entwicklung eines fachdidaktischen Konzepts für eine moderne Ökologieausstellung unter besonderer Berücksichtigung Neuer Medien. Dissertation, Bonn.

Schooser, G. (1987): Tropicarium Palmengarten. Stadt Frankfurt am Main (Hrsg.).

Schooser, G. (1995): Palmengarten Frankfurt – Eine Welt der Pflanzen. Freunde des Palmengartens, Palmengarten-Gesellschaft (Hrsg.), Frankfurt am Main.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2014): Global Biodiversity Outlook 4, Montréal.

Smith, T.M. & Smith, R.L. (2009): Ökologie. Pearson Studium, München.

Spörhase-Eichmann, U. & Ruppert, W. (2004): Biologie-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. Cornelsen Verlag Scriptor, Berlin.

Stadler, J. (2007): Das Übereinkommen über die Biologische Vielfalt – Entstehung, Struktur, Arbeitsweise. In: Potthast, T. (Bearbeiter): Biodiversität? – Schlüsselbegriff im 21. Jahrhundert? Bundesamt für Naturschutz, Reihe Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 48, Bonn, Bad Godesberg.

Stadt Frankfurt am Main (Hrsg.) (1994): Stadtwald Frankfurt. Dezernat für Umwelt, Energie und Brandschutz, Frankfurt am Main.

Stanley, S. M. (1999): Historische Geologie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford.

Steinecke, H. & Cárdenas, V. (1998): Klima- und Vegetationszonen im Tropicarium des Palmengartens. *Der Palmengarten*, 62/1 (39-69).

Steinecke, H. (1999): Wichtige Tropische Nutzpflanzen stellen sich vor. In: Tropische Nutzpflanzen von Ananas bis Zimt. *Der Palmengarten*, Sonderheft 30 (35-79).

Steiner, G. (2006): Lernen und Wissenserwerb. In: Krapp, A. & Weidenmann, B. (Hrsg.): Pädagogische Psychologie. Beltz-Verlag, Basel.

Steininger, F.F. (1998): Biodiversität im Wandel der Erdgeschichte. In: Barthlott, W. & Gutmann, M. (Hrsg.): Biodiversitätsforschung in Deutschland. Potentiale und Perspektiven. Europäische Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen, Bad Neuenahr-Ahrweiler.

Stoltenberg, U. (2005): Bildung für nachhaltige Entwicklung – aktuelle Herausforderungen für die außerschulische Arbeit. Vortrag auf der ANU-Bundestagung in der Evangelischen Landjugendakademie Altenkirchen.

Storch, V. & Welsch, U. (2005): Kurzes Lehrbuch der Zoologie. Spektrum Akademischer Verlag, München.

Streit, B. (1994): Ökologie kurzgefaßt. B.I.-Taschenbuchverlag, Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich.

Streit, B. (2007): Was ist Biodiversität? – Erforschung, Schutz und Wert biologischer Vielfalt. Verlag C.H. Beck, München.

Streit, B., Böhning-Gaese, K. & Mosbrugger, V. (2011): Biodiversität und Klima: Wandel in vollem Gange! *Biologie in unserer Zeit*, 41 (248-255).

Streller, S. (2009): Förderung von Interesse an Naturwissenschaften. Peter Lang, Internationaler Verlag der Wissenschaften, Frankfurt am Main, Berlin, Bruxelles, New York, Oxford, Wien.

SUB (Hrsg.)(2009): Qualitätsprozesse in der Umweltbildung. *Umweltbildung 2*, Stiftung Umweltbildung Schweiz, Bern.

Svensson, L., Grant, P.J., Mullarney, K. & Zetterström, D. (1999): Der neue Kosmos-Vogelführer. Franckh-Kosmos-Verlag, Stuttgart.

Szymanski, D. (2010): Wissenschaft für alle! Drei Jahre Programmangebot für alle Altersgruppen auf einen Blick. *Natur und Museum*, Band 140, Heft 5/6 (134-141).

Taudte-Repp, B. (2008): Der Palmengarten – Ein Führer durch Frankfurts grüne Oase. Societäts-Verlag, Frankfurt.

TEEB (Hrsg.)(2010): The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB.

Temple, S.A. (1977): Plant-animal Mutualism: Coevolution with Dodo leads to near extinction of Plant. *Science*, 197 (885-886).

Tenorth, H.-E. & Tippelt, R. (Hrsg.)(2007): *Beltz Lexikon Pädagogik*. Verlagsgruppe Beltz, Weinheim, Elektronische Resource.

Townsend, C.R., Harper, J.L., Begon, M.E. (2002): *Ökologie*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Türkay, M. & Mosbrugger, V. (2008): Das Senckenbergmuseum, ein außerschulischer naturkundlicher Lernort. In: Klein, H.P., Grotjohann, N., Preisfeld, A., Trommer, G., Dierkes, P., Haase, H.-M. & Wichard, W. (Hrsg.): *Aktuelle Themen aus den Bildungs- und Biowissenschaften*. Shaker Verlag, Aachen.

Türkay, M. (2012): Objekt und Bild. Die modernen Museumspräsentation und die Bedeutung Wilhelm Schäfers für das Naturkundemuseum. In: Senckenberg. Natur. Forschung. Museum, Band 142, Heft 5/6 2012 (184-193).

Trommler, K., Plieninger, T., Bieling, C., Gerdes, H., Ohnesorge, B., Schaich, H., Schleyer, C. & Wolff, F. (2013): Ökosystemdienstleistungen. Landnutzung, Lebensqualität und markt-basierte Instrumente in land- und forstwirtschaftlich genutzten Kulturlandschaften. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (Nachwuchsgruppe Ökosystemdienstleistungen), Berlin.

UIA (Hrsg.)(2012): Yearbook of international organizations. Statistics on international organizations. Union of International Associations, Brüssel, zugänglich unter [www.uia.be](http://www.uia.be).

UN (Hrsg.)(1992): United Nations Conference on Environment & Development. Rio de Janeiro, Brazil, Agenda 21.

UN (Hrsg.)(1997): Global change and sustainable development: critical trends. A report of the Secretary General. United Nations, New York.

UNEP (Hrsg.)(2005): Marine litter: An analytical overview. United Nations Environment Programme, Nairobi.

UNEP (Hrsg.)(2009): Marine litter: A Global Challenge. United Nations Environment Programme, Nairobi.

UNEP (Hrsg.)(2009): Climate in peril. A popular guide to the latest IPCC reports. United Nations Environment Programme, Nairobi.

UNEP-WCMC (Hrsg.)(2008): State of the world's protected areas: an annual review of global conservation progress. UNEP-WCMC, Cambridge.

Urhahne, D., Jeschke, J., Krombaß, A., Harms, U. (2004): Die Validierung von Fragebogenerhebungen zum Interesse an Pflanzen und Tieren durch computergestützte Messdaten. Zeitschrift für pädagogische Psychologie, 18 3/4 (213–219).

Van Ophuysen, S. (2008): Zur Veränderung der Schulfreude von Klasse 4 bis 7. Eine Längsschnittanalyse schulformspezifischer Effekte von Ferien und Grundschulübergang. Zeitschrift für pädagogische Psychologie, 22 3/4 (293-306).

Vareschi, V. (1980): Vegetationsökologie der Tropen. Ulmer Verlag, Stuttgart.

Vié, J.-C., Hilton-Taylor, C. & Stuart, S.N. (Hrsg.)(2008): Wildlife in a changing world. An analysis of the 2008 IUCN red list of threatened species. IUCN, Gland.

Vitousek, P. M. (1992): Die biologische Vielfalt ozeanischer Inseln und der Einfluß eingeführter Arten. In: Wilson, E.O.: Ende der biologischen Vielfalt?. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, New York.



Vogt, H. (2007): Theorie des Interesses und des Nicht-Interesses. In: Krüger, D. & Vogt, H. (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Vohland, K., Doyle, U. & Cramer, W. (2008): Der Einfluss von Klimaveränderungen auf die Biodiversität. APuZ, 3/2008 (31-38).

Vollmeyer, R. & Rheinberg, F. (2005): Aktuelle Motivation und Motivation im Lernverlauf. In: Stiensmeier-Pelster, J. & Rheinberg, F. (Hrsg.): Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept. Tests und Trends. N.F. Band 2, Hogrefe, Verlag für Psychologie, Göttingen, Bern, Toronto, Seattle.

von Flemming, B. & Gutmann, F.W. (1992): Armin Friedrich Wilhelm Schäfer (1912-1981). In: 175 Jahre Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft, Jubiläumsband 1. Verlag Waldemar Kramer, Frankfurt am Main.

von Koenigswald, W. & Storch, G.(Hrsg.)(1998): Messel – Ein Pompeji der Paläontologie. Jan Thorbecke-Verlag, Sigmaringen.

Wackernagel, M. & Rees, W. (1996): Our ecological footprint. Reducing impact on the earth. New Society Publishers, Gabriola Island.

Walter, C. & Wiesner, H. (2009): Lernwirksamkeit eines Museumsbesuchs im Rahmen von Physikunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 15 (195-217).

Wehner, R. & Gehring, W. (1995): Zoologie. Thieme-Verlag, Stuttgart, New York.

Weiser, M. (2001): Zootiere als Botschafter der Natur – ein exemplarischer Unterrichtsgang. In: Lehnert, H.-J. & Ruppert, W.(Hrsg.): Frankfurter Beiträge zur biologischen Bildung 3, Shaker Verlag, Aachen.

Westheide, W. & Rieger, R. (Hrsg.)(2004): Spezielle Zoologie. Teil 2: Wirbel- oder Schädel-tiere. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.

Whittaker, R.H. (1972): Evolution and measurement of species diversity. Taxon, 21/ 2/3 (213-251).

Wild, E., Hofer, M. & Pekrun, R. (2006): Psychologie des Lerners. In: Krapp, A. & Weidenmann, B. (Hrsg.): Pädagogische Psychologie. Beltz-Verlag, Basel.

Wilde, M. & Bätz, K. (2006): Einfluss unterrichtlicher Vorbereitung auf das Lernen im Naturkundemuseum. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12 (77-88).

Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A. & Urhahne, D. (2009): Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM). Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 15 (31-45).

Wilde, M., Urhahne, D. & Klautke, S. (2003): Unterricht im Naturkundemuseum: Untersuchung über das „richtige“ Maß an Instruktion. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 9 (125-134).

- Wilson, E.O. (1984): Biophilia. Harvard University Press, Cambridge.
- Wilson, E. O. (Hrsg.)(1988): Biodiversity. National Academy Press, Washington D.C.
- Winter, G. (1992): Museumspädagogik. Natur und Museum, Band 122, Heft 11 (373-380).
- Winter, G. (2006): Netzwerke – Museumspädagogen und Kooperationspartner. Standbein – Spielbein, Museumspädagogik aktuell, 74, 2006 (27-29).
- Wittig, R. & Niekisch, M. (2014): Biodiversität: Grundlagen, Gefährdung, Schutz. Springer Spektrum-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- WWF (Hrsg.)(2010): Living planet report 2010. Biodiversity, biocapacity and development. World Wide Found for Nature, Gland.
- WWF (Hrsg.)(2014): Living planet report 2010. Species and spaces, people and places. World Wide Found for Nature, Gland.
- Zavaleta, E., Miller, D.C., Salafsky, N., Fleishman, E., Webster, M., Gold, B., Hulse, D., Rowen, M., Tabor, G. & Vanderryn, J. (2008): Enhancing the engagement of U.S. private foundations with conservation science. Conservation Biology, 22/6 (1477-1484).
- Zeller, F.J. (1998): Nutzung des genetischen Potentials wilder Arten zur züchterischen Verbesserung von Kulturreis (*Oryza sativa*). Die Bodenkultur, 49 (3) (209-218).
- Ziegler, B. (1992): Allgemeine Paläontologie. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Ziegler, B. (2008): Paläontologie: Vom Leben in der Vorzeit. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Zizka, G., Billensteiner, H. & Menk, H.(2001): Siebzig Jahre „Gesellschaft der Freunde des Palmengartens e.V.“.Der Palmengarten, 65/2 (103-117).

## Internet

- [www.berlin-institut.org](http://www.berlin-institut.org): Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung (letzter Zugriff am 17.02.2016).
- [www.cepf.net](http://www.cepf.net): offizielle Seite des Critical Ecosystem Partnership Found (letzter Zugriff am 05.02.2016).
- [www.biofrankfurt.de](http://www.biofrankfurt.de): offizielle Seite des Biodiversitätsnetzwerkes BioFrankfurt (letzter Zugriff am 09.5.2016).
- [www.birdlife.org](http://www.birdlife.org): offizielle Seite des internationalen Vogelschutzbundes Birdlife International (letzter Zugriff am 17.02.2016).

[www.bfn.de/0316\\_natura2000.html](http://www.bfn.de/0316_natura2000.html): Liste zum EU-Schutzgebietsnetzwerk Natura 2000 auf der Seite des Bundesamtes für Naturschutz (letzter Zugriff am 16.02.2016).

[www.bfn.de/0321\\_rote\\_liste.html](http://www.bfn.de/0321_rote_liste.html): Deutsche Rote Liste der bedrohten Arten auf der Seite des Bundesamtes für Naturschutz (letzter Zugriff am 11.02.2016).

[www.bmub.bund.de](http://www.bmub.bund.de): Offizielle Seite des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (letzter Zugriff am 16.02.2016).

[www.bne-portal.de](http://www.bne-portal.de): offizielle deutsche Seite der Bildung für nachhaltige Entwicklung der UNESCO-Kommission (letzter Zugriff am 17.02.2016).

[www.bpb.de](http://www.bpb.de): Offizielle Seite der Bundeszentrale für Politische Bildung (letzter Zugriff am 01.12.2014).

[www.bund.net](http://www.bund.net): Offizielle Seite des Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (letzter Zugriff am 17.02.2016).

[www.cbd.int](http://www.cbd.int): offizielle Seite der Convention on Biological Diversity (letzter Zugriff am 09.05.2016).

[www.cbd.int/2010/welcome](http://www.cbd.int/2010/welcome): offizielle Seite der Vereinten Nationen zum Internationalen Jahr der Biodiversität 2010 (letzter Zugriff am 17.02.2016).

[www.cites.org](http://www.cites.org): offizielle Seite der Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES) (letzter Zugriff am 16.02.2016).

[www.cms.int](http://www.cms.int): offizielle Seite der Convention on Migratory Species (CMS) (letzter Zugriff am 16.02.2016).

[www.conservation.org](http://www.conservation.org): offizielle Seite der Naturschutzorganisation Conservation International (letzter Zugriff am 05.02.2016).

[www.die-welt-baut-ihr-museum.de](http://www.die-welt-baut-ihr-museum.de): offizielle Seite zu Umbauphase des Senckenberg-Museums (letzter Zugriff am 25.02.2016).

[www.europe-aliens.org](http://www.europe-aliens.org): offizielle Seite der DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories In Europe)-Datenbank der invasiven Arten in Europa (letzter Zugriff am 11.02.2016).

[www.fao.org](http://www.fao.org): offizielle Seite der Food and Agriculture Organization of the United Nations (letzter Zugriff am 05.02.2016).

[www.footprintnetwork.org](http://www.footprintnetwork.org): offizielle Seite des Global Footprint Network (letzter Zugriff am 12.02.2016).

[www.gbif.org](http://www.gbif.org): offizielle Seite der von internationalen Regierungen initiierten Global Biodiversity Information Facility, einer Datenbank zur Erfassung aller Arten weltweit (letzter Zugriff am 18.02.2016).

[www.gisp.org](http://www.gisp.org): offizielle Seite des Global Invasive Species Programme (wird nicht aktualisiert) (letzter Zugriff am 18.02.2016).

[www.greenpeace.org](http://www.greenpeace.org): offizielle Seite der Naturschutzorganisation Greenpeace e.V. (letzter Zugriff am 17.02.2016).

[www.hessen.de](http://www.hessen.de): offizielles Portal des Bundeslandes Hessen, die Rote Liste der bedrohten Arten ist zugänglich auf der Seite des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (letzter Zugriff am 11.02.2016).

[www.itis.gov](http://www.itis.gov): offizielle Seite der kooperativen Artendatenbank Integrated Taxonomic Information System (letzter Zugriff am 18.02.2016).

[www.iucn.org](http://www.iucn.org): offizielle Seite des Netzwerks International Union for Conservation of Nature (letzter Zugriff am 17.02.2016).

[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org): offizielle Seite der IUCN-Roten Liste der bedrohten Arten (letzter Zugriff am 11.02.2016).

[www.maweb.org](http://www.maweb.org): offizielle Seite des Millennium Ecosystem Assessment der Vereinten Nationen (letzter Zugriff am 12.02.2016).

[www.metoffice.gov.uk](http://www.metoffice.gov.uk): offizielle Seite des britischen nationalen Wetterdienstes (letzter Zugriff am 12.02.2016).

[www.nabu.de](http://www.nabu.de): offizielle Seite des Naturschutzbund Deutschland e.V. (letzter Zugriff am 17.02.2016)

[www.palmengarten.de](http://www.palmengarten.de): offizielle Seite des Frankfurter Palmengartens (letzter Zugriff am 25.02.2016).

[www.senckenberg.de](http://www.senckenberg.de): offizielle Seite der Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung (letzter Zugriff am 25.02.2016)

[www.sp2000.org](http://www.sp2000.org): offizielle Seite der kooperativen Artendatenbank Species 2000 (letzter Zugriff am 18.02.2016).

[www.stadtwaldhaus-frankfurt.de](http://www.stadtwaldhaus-frankfurt.de): offizielle Seite des Stadtwaldhauses Frankfurt (letzter Zugriff am 25.02.2016).

[www.teebweb.org](http://www.teebweb.org): offizielle Seite der Economics of Ecosystems and Biodiversity-Studie (letzter Zugriff am 05.02.2016).

[www.uia.be](http://www.uia.be): offizielle Seite der Union of International Associations (letzter Zugriff am 17.01.2012).

[www.umweltbildung.de](http://www.umweltbildung.de): offizielle Seite der Arbeitsgemeinschaft Natur- und Umweltbildung Bundesverband e.V. (letzter Zugriff am 18.02.2016).

[www.unfpa.org](http://www.unfpa.org): offizielle Seite des United Nations Population Fund (letzter Zugriff am 05.02.2016).

[www.unfccc.int](http://www.unfccc.int): offizielle Seite der United Nations Framework Convention on Climate Change (letzter Zugriff am 18.02.2016).

[www.waza.org](http://www.waza.org): offizielle Seite der World Association of Zoos and Aquariums (letzter Zugriff am 09.05.2016).

[www.wwf.org](http://www.wwf.org): offizielle Seite der Naturschutzorganisation WWF (World Wide Fund for Nature) (letzter Zugriff am 17.02.2016).

[www.zgf.de](http://www.zgf.de): offizielle Seite der Zoologischen Gesellschaft Frankfurt von 1858 e.V. (letzter Zugriff am 27.02.2016).

[www.zoo-frankfurt.de](http://www.zoo-frankfurt.de): offizielle Seite des Zoo Frankfurt (letzter Zugriff am 25.02.2016).



## ANHANG

### A Beschreibung der angewandten statistischen Verfahren

Die in der vorliegenden Studie angewendeten statistischen Verfahren werden im Folgenden kurz erläutert. Ausführliche Beschreibungen finden sich in Übersichtswerken wie beispielsweise Bortz & Döring (2006), Bortz & Schuster (2010) oder Moosbrugger & Kelava (2012).

#### A1 Reliabilitätsanalyse

Die Reliabilität gibt Informationen über die Messgenauigkeit eines Tests und wird als dessen Gütekriterium eingesetzt. Die Reliabilitätsanalyse misst die sogenannte interne Konsistenz eines Tests, die angibt, wie stark die Messwerte durch Störeinflüsse und Fehler belastet sind. Wichtige Kriterien sind der Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$  und der Trennschärfekoeffizient  $r_{it}$ . Allgemein werden Cronbachs  $\alpha$ -Werte ab 0,8 und  $r_{it}$ -Werte zwischen 0,4 und 0,8 als gut angesehen (Bortz & Döring, 2006).

#### A2 T-Test für (un-)abhängige Stichproben

Der t-Test ist ein Verfahren zur Überprüfung des Unterschieds zweier Stichprobenmittelwerte. Beim t-Test für unabhängige Stichproben (Students-t-Test) werden die Mittelwerte zweier verschiedener Populationen (hier Versuch- und Kontrollgruppe) verglichen. Beim t-Test für abhängige Stichproben werden die Mittelwerte innerhalb einer Population (hier z.B. Versuchsgruppe zu verschiedenen Messzeitpunkten) gegenübergestellt. Voraussetzung für den t-Test ist in der Regel eine Normalverteilung des zu untersuchenden Datensatzes. Diese wurde mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung untersucht. Ergeben sich bei diesem signifikante Werte der Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < 0,05$ , weichen die Daten von einer Normalverteilung ab (Bühl, 2010). Die Analyse der hier gemessenen Skalen über alle Datensätze ergab beim Test ausschließlich Werte von  $p < 0,05$ . Das bedeutet, dass keine der Skalen normalverteilt ist. In der Regel ergeben sich stattdessen entweder nach links oder rechts verschobene Verteilungsdiagramme der Daten. Beim vorliegenden Datensatz wurde trotz Nichterfüllung dieser Voraussetzung der t-Test eingesetzt, da er gegenüber Verletzungen dann als robust gilt, wenn die zu vergleichenden Datensätze ähnlich verteilt und über eine Stichprobengröße über  $n=30$  verfügen. Diese Voraussetzungen waren hier gegeben (Bortz & Döring, 2006).

Für die Irrtumswahrscheinlichkeit  $p$ , bei welcher man sich entschließt, die Nullhypothese zu verwerfen und die Alternativhypothese anzunehmen, ist ein einheitlicher Sprachgebrauch üblich. Dabei werden Aussagen, deren Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner oder gleich 0,05 sind, als signifikant bezeichnet und mit einem Sternchen symbolisiert. Anderer Werte nach dem Schema unten (Bühl, 2010).

$p > 0,05$ : nicht signifikant

$p \leq 0,05$ : signifikant (\*)

$p \leq 0,01$ : hoch signifikant (\*\*)

$p \leq 0,001$ : höchst signifikant (\*\*\*)

Zur Absicherung wurden die Ergebnisse dieser Arbeit zusätzlich durch den verteilungsunabhängigen, parametrischen Wilcoxon-Test (anhängige Stichproben) bzw. Mann-Whitney-U-Test (unabhängige Stichproben) geprüft.

Bei großen Stichproben liefern t-Tests für (un-)abhängige Stichproben häufig signifikante Unterschiede. Deshalb ist die Signifikanz eines Unterschieds zur Einordnung eines Effektes nicht immer geeignet. Stattdessen wird die Effektstärke angegeben.

### A3 Effektstärkenbestimmung

Die Effektstärke  $d$  (auch als Effektgröße bezeichnet) wird zusätzlich zu Signifikanzen angegeben, da diese keine genaue Aussage über die Größe eines gefundenen Unterschiedes machen. Sie ist ein Maß zur Bestimmung der praktischen Bedeutsamkeit eines experimentellen Effekts und wird besonders bei größeren Stichprobenumfängen eingesetzt (Bortz & Döring, 2006).

Bei der Berechnung der Effektstärke (hier Cohens  $d$ ) wird die Differenz der Mittelwerte entweder durch die Differenz der Standardabweichung der beiden Stichproben oder die Standardabweichung einer der beiden Stichproben geteilt.

Die Effektstärke  $d$  ist ein Maß zur Bestimmung der praktischen Bedeutsamkeit eines experimentellen Effekts. Für ihre Berechnung existieren zahlreiche Formeln. Die in dieser Arbeit verwendete lautet:  $d = (MW_1 - MW_2) / \sqrt{(s_1^2 + s_2^2) / 2}$  (Bortz & Döring, 2002).

Dabei bezeichnen Effektstärken von  $d < 0,2$  einen kleinen Effekt, Werte von  $d < 0,5$  einen mittleren und Werte von  $d > 0,8$  einen starken Effekt. Bezüglich der untersuchten Parameter kann auch eine kleine Effektstärke von Bedeutung sein, z.B. bei den Nebenwirkungen eines Medikaments (Bühner, 2006).

### A4 Rangkorrelation

Korrelationen beschreiben Zusammenhänge zwischen Variablen. In der vorliegenden Studie wurden bivariate Rangkorrelationen durchgeführt, die den monotonen Zusammenhang zweier ordinalskalierten Merkmale ausdrücken. Der Rangkorrelationskoeffizient  $\rho$  nach Spearman beschreibt die Enge eines Zusammenhangs zwischen zwei ordinalskalierten Variablen, wobei die Stärke durch Werte zwischen  $-1$  (perfekt negativer) und  $+1$  (perfekt positiver Zusammenhang) angegeben wird (Bortz & Döring, 2006). Zur Beschreibung sind folgende Abstufungen üblich:

bis 0,2: sehr geringe Korrelation

bis 0,5: geringe Korrelation

bis 0,7: mittlere Korrelation

bis 0,9: hohe Korrelation

über 0,9: sehr hohe Korrelation

(Bühl, 2010)

Die Koeffizienten liefern keine Informationen über die Kausalität, also welche Skala beziehungsweise Variable die andere beeinflusst, oder ob eine dritte eventuell nicht erfasste Variable auf beide Einfluss nimmt.



## **A5 Ein-/mehrfaktorielle uni-/multivariate Varianzanalyse**

Die Varianzanalyse berechnet den Einfluss von einer oder mehreren unabhängiger Variablen (Faktoren) auf eine abhängige Variable oder mehrere abhängige Variablen (uni-/multivariat). Als Faktor werden in dieser Studie die Versuchs- und Kontrollgruppen verwendet. Bei Analysen zur zeitlichen Entwicklung kommt als zweiter Faktor die Anzahl der Messwiederholungen hinzu. Entsprechend der Faktoren wird die Stichprobe in einzelne Gruppen unterteilt und anschließend überprüft, ob sich die gruppenspezifischen Mittelwerte der abhängigen Variablen signifikant unterscheiden. Allerdings gibt die Varianzanalyse keine genauere Auskunft über die Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen. Hierfür sind nachträgliche Einzelvergleiche notwendig, die beispielsweise mit dem als robust und konservativ geltenden Scheffé-Test durchgeführt werden können.

Die Berechnung von Varianzanalysen erfolgt anhand des allgemeinen linearen Modells, dessen Grundlage die Korrelations- und Regressionsrechnung ist. Eine Voraussetzung ist die Varianzhomogenität und die Normalverteilung der abhängigen Variablen. Sie verliert mit zunehmender Stichprobengröße an Bedeutung. Eine weitere Voraussetzung ist die Korrelation der abhängigen Variablen.



## B Skalendokumentation

### B1 Skalen Palmengarten

#### B1.1 Skalen FAM Palmengarten

##### Skala Misserfolgsbefürchtung

	T0 (N=123) $\alpha(\text{gesamt})=0,72$		T1 (N=131) $\alpha(\text{gesamt})=0,72$		T2 (N=69) $\alpha(\text{gesamt})=0,55$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich fühle mich unter Druck, beim Thema Biodiversität gut abschneiden zu müssen.“	0,649	0,532	0,664	0,545	0,529	0,252
„Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamieren könnte.“	0,633	0,566	0,641	0,613	0,460	0,370
„Es wäre mir peinlich, hier zu versagen.“	0,667	0,486	0,690	0,478	0,556	0,217
„Wenn ich an das Thema Biodiversität denke, bin ich etwas beunruhigt.“	0,687	0,434	0,684	0,494	0,488	0,324
„Die hier gestellten Leistungsanforderungen schrecken mich ab.“	0,711	0,368	0,740	0,350	0,435	0,423

**Tabelle 44:** Reliabilität der Skala Misserfolgsbefürchtung des FAM Palmengarten zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2

N= Stichprobengröße,  $\alpha$  = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$  = Trennschärfekoeffizient

##### Skala Erfolgswahrscheinlichkeit

	T0 (N=120) $\alpha(\text{gesamt})=0,60$		T1 (N=132) $\alpha(\text{gesamt})=0,59$		T2 (N=69) $\alpha(\text{gesamt})=0,50$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich glaube, der Schwierigkeit des Themas Biodiversität gewachsen zu sein.“	0,362	0,536	0,462	0,458	0,458	0,263
„Wahrscheinlich werde ich die Aufgaben zum Thema Biodiversität nicht schaffen.“ *	0,492	0,426	0,492	0,406	0,246	0,506
„Ich glaube, das kann jeder schaffen.“	0,236	0,627	0,658	0,187	0,682	0,071
„Ich glaube, ich schaffe die Aufgaben zum Thema Biodiversität nicht.“ *	0,429	0,485	0,438	0,468	0,294	0,464

**Tabelle 45:** Reliabilität der Skala Erfolgswahrscheinlichkeit des FAM Palmengarten zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2

N= Stichprobengröße,  $\alpha$  = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$  = Trennschärfekoeffizient,

\*= Frage wurde umgepolt

*Skala Interesse*

	T0 (N=124) $\alpha(\text{gesamt})=0,85$		T1 (N=131) $\alpha(\text{gesamt})=0,86$		T2 (N=66) $\alpha(\text{gesamt})=0,83$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich mag solche Themen wie Biodiversität (z.B. Artenvielfalt, Naturschutz...).“	0,812	0,678	0,837	0,677	0,817	0,707
„Bei solchen Themen mag ich es, Bezüge zu meinem Alltag zu entdecken.“	0,854	0,505	0,849	0,614	0,833	0,628
„Nach der Einführung erscheint mir das Thema Biodiversität sehr interessant.“	0,806	0,707	0,828	0,696	0,813	0,706
„Bei solchen Themen brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß.“	0,803	0,707	0,816	0,745	0,846	0,578
„Mit so einem Thema würde ich mich auch in meiner Freizeit beschäftigen.“	0,804	0,719	0,832	0,695	0,803	0,748

**Tabelle 46:** Reliabilität der Skala Interesse des FAM Palmengarten zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

*Skala Herausforderung*

	T0 (N=126) $\alpha(\text{gesamt})=0,51$		T1 (N=134) $\alpha(\text{gesamt})=0,58$		T2 (N=67) $\alpha(\text{gesamt})=0,57$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
„Das Thema Biodiversität ist eine richtige Herausforderung für mich.“	0,560	0,175	0,659	0,161	0,711	0,053
„Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abschneiden werde.“	0,390	0,355	0,449	0,435	0,386	0,463
„Ich bin fest entschlossen, mich beim Thema Biodiversität voll anzustrengen.“	0,519	0,198	0,513	0,370	0,449	0,428
„Wenn ich die Aufgaben schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf mich sein.“	0,212	0,518	0,369	0,527	0,327	0,527

**Tabelle 47:** Reliabilität der Skala Herausforderung des FAM Palmengarten zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

## B1.2 Skalen der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Palmengarten

### Skala Betreuung/Atmosphäre

	T1 (N=135) $\alpha(\text{gesamt})=0,74$	
	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich hatte die Möglichkeit, den Betreuern der Führung Fragen zu stellen.“	0,753	0,369
„Ich habe das Gefühl, dass die Betreuer von Biologie fasziniert sind.“	0,662	0,561
„Die Gespräche mit den Betreuern waren mir wichtig.“	0,646	0,574
„Die Arbeitsatmosphäre während der Führung fand ich gut.“	0,612	0,626

**Tabelle 48:** Reliabilität der Skala Betreuung/Atmosphäre der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Palmengarten zum Messzeitpunkt T1

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

### Skala Verständlichkeit

	T1 (N=135) $\alpha(\text{gesamt})=0,78$	
	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich hatte genügend Kenntnisse, um bei der Führung gut mitzukommen.“	0,710	0,658
„Die Schwierigkeit der Führung war genau richtig, weder zu leicht noch zu schwer.“	0,742	0,559
„Ich konnte die Fragen während der Führung, die mir heute gestellt wurden, gut bewältigen.“	0,704	0,678
„Ich habe die Fragen während der Führung gut verstanden.“	0,735	0,592
„Das Ziel der Führung war mir von Anfang an klar.“	0,818	0,387

**Tabelle 49:** Reliabilität der Skala Verständlichkeit der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Palmengarten zum Messzeitpunkt T1

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ;  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

## Skala Zusammenarbeit

	T1 (N=135) $\alpha(\text{gesamt})=0,71$	
	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich habe während der Führung gut mit meinen Mitschülerinnen und Mitschülern im Team zusammengearbeitet.“	0,734	0,424
„Ich habe während der Führung meinen Mitschülerinnen/Mitschülern etwas erklärt oder mir ist von ihnen etwas erklärt worden.“	0,523	0,600
„Ich habe während der Führung mit meinen Mitschülerinnen und Mitschülern über biologische Sachverhalte diskutiert.“	0,553	0,578

**Tabelle 50:** Reliabilität der Skala Zusammenarbeit der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Palmengarten

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

## B1.3 Skalen der Biologieeinstellung Palmengarten

## Skala Sachinteresse

	T0 (N=121) $\alpha(\text{gesamt})=0,88$		T2 (N=66) $\alpha(\text{gesamt})=0,89$		T3 (N=119) $\alpha(\text{gesamt})=0,88$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
„Biologie bringt mir Spaß.“	0,862	0,651	0,871	0,706	0,862	0,717
„Bei biologischen Sendungen im Fernsehen schalte ich immer aus oder um.“ *	0,857	0,690	0,880	0,633	0,887	0,498
„Biologie gehört für mich zu den persönlich wichtigen Dingen.“	0,859	0,679	0,875	0,668	0,866	0,668
„Ich führe in meiner Freizeit nur ungern Gespräche über biologische Themen.“ *	0,873	0,555	0,860	0,785	0,875	0,605
„Ich finde es wichtig, mich mit biologischen Fragen zu beschäftigen.“	0,852	0,723	0,864	0,764	0,855	0,752
„Biologische Bücher finde ich völlig uninteressant.“ *	0,866	0,613	0,885	0,590	0,855	0,756
„In meiner Freizeit habe ich Besseres zu tun, als über biologische Fragen nachzudenken.“ *	0,850	0,735	0,876	0,659	0,858	0,728

**Tabelle 51:** Reliabilität der Skala Sachinteresse der Biologieeinstellung Palmengarten zu den Messzeitpunkten T0, T2 und T3

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient,

\*= Frage wurde umgepolt

*Skala Fachinteresse*

	T0 (N=126) $\alpha(\text{gesamt})=0,75$		T2 (N=69) $\alpha(\text{gesamt})=0,65$		T3 (N=129) $\alpha(\text{gesamt})=0,72$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
„Der Biologie-Unterricht in der Schule bringt mir Spaß.“	-	0,612	-	0,52	-	0,58
„Ich komme im Biologie-Unterricht gut mit.“	-	0,612	-	0,52	-	0,58

**Tabelle 52:** Reliabilität der Skala Fachinteresse der Biologieeinstellung Palmengarten zu den Messzeitpunkten T0, T2 und T3

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

**B1.4 Skalen der Interessenhandlung Palmengarten**

	T3 (N=127) $\alpha(\text{gesamt})=0,73$	
	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich habe mit Freunden, Eltern oder Geschwistern über Dinge gesprochen, die ich beim Biodiversitätsprojekt erlebt habe.“	0,738	0,478
„Ich habe in Büchern oder im Internet nachgeschlagen, um mehr Informationen über das Thema „Biodiversität“ zu bekommen.“	0,670	0,532
„Ich habe außerhalb des Unterrichts über Dinge nachgedacht, die wir während des Biodiversitätsprojekts gesehen oder angesprochen haben.“	0,509	0,662

**Tabelle 53:** Reliabilität der Skala Interessenshandlung Palmengarten zum Messzeitpunkt T3

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

## B2 Skalen Senckenbergmuseum

### B2.1 Skalen FAM Senckenbergmuseum

#### Skala Misserfolgsbefürchtung

	T0 (N=143) $\alpha(\text{gesamt})=0,62$		T1 (N=144) $\alpha(\text{gesamt})=0,62$		T2 (N=69) $\alpha(\text{gesamt})=0,63$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich fühle mich unter Druck, beim Thema Biodiversität gut abschneiden zu müssen.“	0,560	0,377	0,588	0,313	0,558	0,430
„Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamieren könnte.“	0,428	0,588	0,496	0,503	0,599	0,346
„Es wäre mir peinlich, hier zu versagen.“	0,575	0,348	0,552	0,389	0,599	0,354
„Wenn ich an das Thema Biodiversität denke, bin ich etwas beunruhigt.“	0,608	0,280	0,574	0,350	0,542	0,457
„Die hier gestellten Leistungsanforderungen schrecken mich ab.“	0,607	0,273	0,589	0,312	0,597	0,351

**Tabelle 54:** Reliabilität der Skala Misserfolgsbefürchtung des FAM Senckenbergmuseum zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

#### Skala Erfolgswahrscheinlichkeit

	T0 (N=140) $\alpha(\text{gesamt})=0,58$		T1 (N=136) $\alpha(\text{gesamt})=0,64$		T2 (N=70) $\alpha(\text{gesamt})=0,41$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich glaube, der Schwierigkeit des Themas Biodiversität gewachsen zu sein.“	0,475	0,406	0,597	0,382	0,347	0,219
„Wahrscheinlich werde ich die Aufgaben zum Thema Biodiversität nicht schaffen.“ *	0,428	0,461	0,490	0,528	0,407	0,163
„Ich glaube, das kann jeder schaffen.“	0,671	0,166	0,625	0,348	0,425	0,139
„Ich glaube, ich schaffe die Aufgaben zum Thema Biodiversität nicht.“ *	0,436	0,460	0,565	0,429	0,152	0,398

**Tabelle 55:** Reliabilität der Skala Erfolgswahrscheinlichkeit des FAM Senckenbergmuseum zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient,

\*= Frage wurde umgepolt



*Skala Interesse*

	T0 (N=)139 $\alpha(\text{gesamt})=0,81$		T1 (N=)143 $\alpha(\text{gesamt})=0,83$		T2(N=)70 $\alpha(\text{gesamt})=0,89$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich mag solche Themen wie Biodiversität (z.B. Artenvielfalt, Naturschutz...).“	0,776	0,604	0,786	0,708	0,850	0,782
„Bei solchen Themen mag ich es, Bezüge zu meinem Alltag zu entdecken.“	0,822	0,455	0,849	0,452	0,857	0,751
„Nach der Einführung erscheint mir das Thema Biodiversität sehr interessant.“	0,742	0,711	0,760	0,760	0,867	0,707
„Bei solchen Themen brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß.“	0,750	0,685	0,779	0,695	0,883	0,653
„Mit so einem Thema würde ich mich auch in meiner Freizeit beschäftigen.“	0,785	0,573	0,811	0,590	0,855	0,758

**Tabelle 56:** Reliabilität der Skala Interesse des FAM Senckenbergmuseum zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

*Skala Herausforderung*

	T0 (N=)139 $\alpha(\text{gesamt})=0,64$		T1 (N=)142 $\alpha(\text{gesamt})=0,62$		T2 (N=)69 $\alpha(\text{gesamt})=0,71$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
„Das Thema Biodiversität ist eine richtige Herausforderung für mich.“	0,655	0,287	0,696	0,180	0,727	0,357
„Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abschneiden werde.“	0,517	0,497	0,400	0,583	0,555	0,639
„Ich bin fest entschlossen mich beim Thema Biodiversität voll anzustrengen.“	0,571	0,432	0,549	0,407	0,666	0,475
„Wenn ich die Aufgaben schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf mich sein.“	0,520	0,493	0,503	0,464	0,624	0,542

**Tabelle 57:** Reliabilität der Skala Herausforderung des FAM Senckenbergmuseum zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

## B2.2 Skalen der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Senckenbergmuseum

### Skala Betreuung/Atmosphäre

	T1 (N=142) $\alpha(\text{gesamt})=0,65$	
	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich hatte die Möglichkeit, den Betreuern der Führung Fragen zu stellen.“	0,651	0,321
„Ich habe das Gefühl, dass die Betreuer von Biologie fasziniert sind.“	0,563	0,474
„Die Gespräche mit den Betreuern waren mir wichtig.“	0,554	0,485
„Die Arbeitsatmosphäre während der Führung fand ich gut.“	0,549	0,480

**Tabelle 58:** Reliabilität der Skala Betreuung/Atmosphäre der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Senckenbergmuseum zum Messzeitpunkt T1

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

### Skala Verständlichkeit

	T1 (N=143) $\alpha(\text{gesamt})=0,73$	
	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich hatte genügend Kenntnisse, um bei der Führung gut mitzukommen.“	0,700	0,449
„Die Schwierigkeit der Führung war genau richtig, weder zu leicht noch zu schwer.“	0,634	0,615
„Ich konnte die Fragen während der Führung, die mir heute gestellt wurden, gut bewältigen.“	0,643	0,596
„Ich habe die Fragen während der Führung gut verstanden.“	0,665	0,558
„Das Ziel der Führung war mir von Anfang an klar.“	0,769	0,302

**Tabelle 59:** Reliabilität der Skala Verständlichkeit der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Senckenbergmuseum zum Messzeitpunkt T1

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

### Skala Zusammenarbeit

	T1 (N=143) $\alpha(\text{gesamt})=0,76$	
	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich habe während der Führung gut mit meinen Mitschülerinnen und Mitschülern im Team zusammengearbeitet.“	0,748	0,518
„Ich habe während der Führung meinen Mitschülerinnen/Mitschülern etwas erklärt oder mir ist von ihnen etwas erklärt worden.“	0,563	0,678
„Ich habe während der Führung mit meinen Mitschülerinnen und Mitschülern über biologische Sachverhalte diskutiert.“	0,692	0,571

**Tabelle 60:** Reliabilität der Skala Zusammenarbeit der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Senckenbergmuseum zum Messzeitpunkt T1

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

### B2.3 Skalen der Biologieeinstellung Senckenbergmuseum

#### Skala Sachinteresse

	T0 (N=139) $\alpha(\text{gesamt})=0,85$		T2 (N=69) $\alpha(\text{gesamt})=0,80$		T3 (N=129) $\alpha(\text{gesamt})=0,86$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
„Biologie bringt mir Spaß.“	0,829	0,634	0,564	0,761	0,840	0,611
„Bei biologischen Sendungen im Fernsehen schalte ich immer aus oder um.“ *	0,832	0,616	0,552	0,764	0,846	0,576
„Biologie gehört für mich zu den persönlich wichtigen Dingen.“	0,830	0,643	0,533	0,768	0,841	0,608
„Ich führe in meiner Freizeit nur ungern Gespräche über biologische Themen.“ *	0,845	0,529	0,347	0,801	0,837	0,632
„Ich finde es wichtig, mich mit biologischen Fragen zu beschäftigen.“	0,826	0,662	0,640	0,748	0,840	0,610
„Biologische Bücher finde ich völlig uninteressant.“ *	0,837	0,584	0,540	0,766	0,836	0,641
„In meiner Freizeit habe ich Besseres zu tun, als über biologische Fragen nachzudenken.“ *	0,825	0,660	0,511	0,771	0,826	0,705

**Tabelle 61:** Reliabilität der Skala Sachinteresse der Biologieeinstellung Senckenbergmuseum zu den Messzeitpunkten T0, T2 und T3

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient,

\*= Frage wurde umgepolt

#### Skala Fachinteresse

	T0 (N=144) $\alpha(\text{gesamt})=0,68$		T2 (N=56) $\alpha(\text{gesamt})=0,68$		T3 (N=132) $\alpha(\text{gesamt})=0,65$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
„Der Biologie-Unterricht in der Schule bringt mir Spaß.“	-	0,528	-	0,524	-	0,491
„Ich komme im Biologie-Unterricht gut mit.“	-	0,528	-	0,524	-	0,491

**Tabelle 62:** Reliabilität der Skala Fachinteresse der Biologieeinstellung Senckenbergmuseum zu den Messzeitpunkten T0, T2 und T3

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

## B2.4 Skalen der Interessenhandlung Senckenbergmuseum

	T3 (N=131) $\alpha(\text{gesamt})=0,73$	
	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich habe mit Freunden, Eltern oder Geschwistern über Dinge gesprochen, die ich beim Biodiversitätsprojekt erlebt habe.“	0,477	0,667
„Ich habe in Büchern oder im Internet nachgeschlagen, um mehr Informationen über das Thema „Biodiversität“ zu bekommen.“	0,800	0,390
„Ich habe außerhalb des Unterrichts über Dinge nachgedacht, die wir während des Biodiversitätsprojekts gesehen oder angesprochen haben.“	0,536	0,625

**Tabelle 63:** Reliabilität der Skala Interessenhandlung Senckenbergmuseum zum Messzeitpunkt T3  
N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

## B3 Skalen Stadtwaldhaus

### B3.1 Skalen FAM Stadtwaldhaus

#### Skala Misserfolgsbefürchtung

	T0 (N=94) $\alpha(\text{gesamt})=0,68$		T1 (N=99) $\alpha(\text{gesamt})=0,79$		T2 (N=61) $\alpha(\text{gesamt})=0,74$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich fühle mich unter Druck, beim Thema Biodiversität gut abschneiden zu müssen.“	0,635	0,431	0,721	0,664	0,687	0,513
„Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamieren könnte.“	0,611	0,481	0,762	0,545	0,629	0,655
„Es wäre mir peinlich, hier zu versagen.“	0,595	0,512	0,756	0,570	0,697	0,498
„Wenn ich an das Thema Biodiversität denke, bin ich etwas beunruhigt.“	0,693	0,283	0,756	0,564	0,719	0,420
„Die hier gestellten Leistungsanforderungen schrecken mich ab.“	0,614	0,501	0,768	0,523	0,715	0,438

**Tabelle 64:** Reliabilität der Skala Misserfolgsbefürchtung des FAM Stadtwaldhaus zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

## Skala Erfolgswahrscheinlichkeit

	T0 (N=94) $\alpha(\text{gesamt})=0,50$		T1 (N=99) $\alpha(\text{gesamt})=0,62$		T2 (N=61) $\alpha(\text{gesamt})=0,55$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich glaube, der Schwierigkeit des Themas Biodiversität gewachsen zu sein.“	0,452	0,266	0,614	0,318	0,487	0,320
„Wahrscheinlich werde ich die Aufgaben zum Thema Biodiversität nicht schaffen.“ *	0,403	0,320	0,500	0,466	0,509	0,293
„Ich glaube, das kann jeder schaffen.“	0,442	0,280	0,559	0,390	0,570	0,214
„Ich glaube, ich schaffe die Aufgaben zum Thema Biodiversität nicht.“ *	0,416	0,306	0,527	0,446	0,292	0,523

**Tabelle 65:** Reliabilität der Skala Erfolgswahrscheinlichkeit des FAM S Stadtwaldhaus zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient, \*= Frage wurde umgepolt

## Skala Interesse

	T0 (N=94) $\alpha(\text{gesamt})=0,78$		T1 (N=99) $\alpha(\text{gesamt})=0,79$		T2(N=61) $\alpha(\text{gesamt})=0,84$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich mag solche Themen wie Biodiversität (z.B. Artenvielfalt, Naturschutz...)“	0,708	0,640	0,734	0,630	0,809	0,633
„Bei solchen Themen mag ich es, Bezüge zu meinem Alltag zu entdecken.“	0,792	0,387	0,763	0,512	0,843	0,495
„Nach der Einführung erscheint mir das Thema Biodiversität sehr interessant.“	0,723	0,588	0,728	0,614	0,758	0,804
„Bei solchen Themen brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß.“	0,725	0,584	0,745	0,565	0,799	0,667
„Mit so einem Thema würde ich mich auch in meiner Freizeit beschäftigen.“	0,728	0,575	0,758	0,527	0,813	0,623

**Tabelle 66:** Reliabilität der Skala Interesse des FAM Stadtwaldhaus zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

### Skala Herausforderung

	T0 (N=94) $\alpha(\text{gesamt})=0,64$		T1 (N=99) $\alpha(\text{gesamt})=0,69$		T2 (N=61) $\alpha(\text{gesamt})=0,73$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
„Das Thema Biodiversität ist eine richtige Herausforderung für mich.“	0,627	0,340	0,720	0,342	0,777	0,321
„Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abschneiden werde.“	0,496	0,522	0,568	0,570	0,587	0,641
„Ich bin fest entschlossen mich beim Thema Biodiversität voll anzustrengen.“	0,600	0,380	0,641	0,465	0,691	0,473
„Wenn ich die Aufgaben schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf mich sein.“	0,553	0,448	0,577	0,560	0,577	0,662

**Tabelle 67:** Reliabilität der Skala Herausforderung des FAM Stadtwaldhaus zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

### B3.2 Skalen der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Stadtwaldhaus

#### Skala Betreuung/Atmosphäre

	T1 (N=99) $\alpha(\text{gesamt})=0,68$	
	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich hatte die Möglichkeit, den Betreuern der Führung Fragen zu stellen.“	0,573	0,519
„Ich habe das Gefühl, dass die Betreuer von Biologie fasziniert sind.“	0,651	0,395
„Die Gespräche mit den Betreuern waren mir wichtig.“	0,666	0,382
„Die Arbeitsatmosphäre während der Führung fand ich gut.“	0,540	0,559

**Tabelle 68:** Reliabilität der Skala Betreuung/Atmosphäre der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Stadtwaldhaus zum Messzeitpunkt T1

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

*Skala Verständlichkeit*

	T1 (N=99) $\alpha(\text{gesamt})=0,70$	
	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich hatte genügend Kenntnisse, um bei der Führung gut mitzukommen.“	0,610	0,568
„Die Schwierigkeit der Führung war genau richtig, weder zu leicht noch zu schwer.“	0,647	0,480
„Ich konnte die Fragen während der Führung, die mir heute gestellt wurden, gut bewältigen.“	0,571	0,660
„Ich habe die Fragen während der Führung gut verstanden.“	0,615	0,591
„Das Ziel der Führung war mir von Anfang an klar.“	0,803	0,140

**Tabelle 69:** Reliabilität der Skala Verständlichkeit der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Stadtwaldhaus zum Messzeitpunkt T1

$N$ = Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

*Skala Zusammenarbeit*

	T1 (N=99) $\alpha(\text{gesamt})=0,52$	
	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich habe während der Führung gut mit meinen Mitschülerinnen und Mitschülern im Team zusammengearbeitet.“	0,332	0,390
„Ich habe während der Führung meinen Mitschülerinnen/Mitschülern etwas erklärt oder mir ist von ihnen etwas erklärt worden.“	0,400	0,340
„Ich habe während der Führung mit meinen Mitschülerinnen und Mitschülern über biologische Sachverhalte diskutiert.“	0,516	0,272

**Tabelle 70:** Reliabilität der Skala Zusammenarbeit der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Stadtwaldhaus zum Messzeitpunkt T1

$N$ = Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

### B3.3 Skalen der Biologieeinstellung Stadtwaldhaus

#### Skala Sachinteresse

	T0 (N=94) $\alpha(\text{gesamt})=0,82$		T2 (N=61) $\alpha(\text{gesamt})=0,83$		T3 (N=79) $\alpha(\text{gesamt})=0,75$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
„Biologie bringt mir Spaß.“	0,789	0,560	0,799	0,631	0,708	0,507
„Bei biologischen Sendungen im Fernsehen schalte ich immer aus oder um.“ *	0,801	0,497	0,809	0,564	0,703	0,519
„Biologie gehört für mich zu den persönlich wichtigen Dingen.“	0,789	0,561	0,797	0,644	0,709	0,495
„Ich führe in meiner Freizeit nur ungern Gespräche über biologische Themen.“ *	0,809	0,451	0,830	0,449	0,750	0,316
„Ich finde es wichtig, mich mit biologischen Fragen zu beschäftigen.“	0,796	0,519	0,806	0,581	0,720	0,444
„Biologische Bücher finde ich völlig uninteressant.“ *	0,778	0,619	0,803	0,599	0,707	0,502
„In meiner Freizeit habe ich Besseres zu tun, als über biologische Fragen nachzudenken.“ *	0,768	0,687	0,804	0,594	0,715	0,468

**Tabelle 71:** Reliabilität der Skala Sachinteresse der Biologieeinstellung Stadtwaldhaus zu den Messzeitpunkten T0, T2 und T3

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient,

\*= Frage wurde umgepolt

#### Skala Fachinteresse

	T0 (N=94) $\alpha(\text{gesamt})=0,64$		T2 (N=61) $\alpha(\text{gesamt})=0,36$		T3 (N=79) $\alpha(\text{gesamt})=0,45$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
„Der Biologie-Unterricht in der Schule bringt mir Spaß.“	-	0,470	-	0,232	-	0,314
„Ich komme im Biologie-Unterricht gut mit.“	-	0,470	-	0,232	-	0,314

**Tabelle 72:** Reliabilität der Skala Fachinteresse der Biologieeinstellung Stadtwaldhaus zu den Messzeitpunkten T0, T2 und T3

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient



### B3.4 Skalen der Interessenhandlung Stadtwaldhaus

	T3 (N=79) $\alpha(\text{gesamt})=0,62$	
	$\alpha$	$r_{it}$
„Ich habe mit Freunden, Eltern oder Geschwistern über Dinge gesprochen, die ich beim Biodiversitätsprojekt erlebt habe.“	0,624	0,360
„Ich habe in Büchern oder im Internet nachgeschlagen, um mehr Informationen über das Thema „Biodiversität“ zu bekommen.“	0,564	0,402
„Ich habe außerhalb des Unterrichts über Dinge nachgedacht, die wir während des Biodiversitätsprojekts gesehen oder angesprochen haben.“	0,316	0,547

**Tabelle 73:** Reliabilität der Skala Interessenhandlung Stadtwaldhaus zum Messzeitpunkt T3  
N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

## B4 Skalen Zoo Frankfurt

### B4.1 Skalen FAM Zoo

#### Skala Misserfolgsbefürchtung

	T0 (N=128) $\alpha(\text{gesamt})=0,70$		T1 (N=138) $\alpha(\text{gesamt})=0,76$		T2 (N=74) $\alpha(\text{gesamt})=0,71$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
Ich fühle mich unter Druck, beim Thema Biodiversität gut abschneiden zu müssen.	0,713	0,279	0,728	0,496	0,666	0,480
Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamieren könnte.	0,601	0,561	0,694	0,591	0,576	0,664
Es wäre mir peinlich, hier zu versagen.	0,613	0,536	0,710	0,550	0,627	0,560
Wenn ich an das Thema Biodiversität denke, bin ich etwas beunruhigt.	0,684	0,367	0,726	0,501	0,733	0,309
Die hier gestellten Leistungsanforderungen schrecken mich ab.	0,616	0,554	0,724	0,511	0,696	0,393

**Tabelle 74:** Reliabilität der Skala Misserfolgsbefürchtung des FAM Zoo zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

## Skala Erfolgswahrscheinlichkeit

	T0 (N=126) $\alpha(\text{gesamt})=0,65$		T1 (N=131) $\alpha(\text{gesamt})=0,64$		T2 (N=70) $\alpha(\text{gesamt})=0,51$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
Ich glaube, der Schwierigkeit des Themas Biodiversität gewachsen zu sein.	0,564	0,462	0,616	0,347	0,442	0,290
Wahrscheinlich werde ich die Aufgaben zum Thema Biodiversität nicht schaffen.*	0,513	0,535	0,496	0,515	0,295	0,454
Ich glaube, das kann jeder schaffen.	0,717	0,233	0,627	0,334	0,430	0,305
Ich glaube, ich schaffe die Aufgaben zum Thema Biodiversität nicht.*	0,517	0,532	0,522	0,481	0,547	0,171

**Tabelle 75:** Reliabilität der Skala Erfolgswahrscheinlichkeit des FAM Zoo zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient, \*= Frage wurde umgepolt

## Skala Interesse

	T0 (N=128) $\alpha(\text{gesamt})=0,80$		T1 (N=137) $\alpha(\text{gesamt})=0,80$		T2(N=75) $\alpha(\text{gesamt})=0,84$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
Ich mag solche Themen wie Biodiversität (z.B. Artenvielfalt, Naturschutz...)	0,767	0,588	0,809	0,430	0,820	0,661
Bei solchen Themen mag ich es, Bezüge zu meinem Alltag zu entdecken.	0,790	0,497	0,733	0,689	0,794	0,713
Nach der Einführung erscheint mir das Thema Biodiversität sehr interessant.	0,749	0,632	0,734	0,691	0,814	0,640
Bei solchen Themen brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß.	0,758	0,605	0,771	0,574	0,825	0,605
Mit so einem Thema würde ich mich auch in meiner Freizeit beschäftigen	0,753	0,623	0,775	0,576	0,803	0,688

**Tabelle 76:** Reliabilität der Skala Interesse des FAM Zoo zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

*Skala Herausforderung*

	T0 (N=130) $\alpha(\text{gesamt})=0,53$		T1 (N=135) $\alpha(\text{gesamt})=0,67$		T2 (N=71) $\alpha(\text{gesamt})=0,69$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
Das Thema Biodiversität ist eine richtige Herausforderung für mich.	0,559	0,209	0,744	0,207	0,755	0,269
Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abschneiden werde.	0,343	0,435	0,541	0,525	0,564	0,566
Ich bin fest entschlossen, mich beim Thema Biodiversität voll anzustrengen.	0,503	0,257	0,588	0,464	0,692	0,358
Wenn ich die Aufgaben schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf mich sein.	0,394	0,386	0,468	0,625	0,420	0,775

**Tabelle 77:** Reliabilität der Skala Herausforderung des FAM Zoo zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

**B4.2 Skalen der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Zoo***Skala Betreuung/Atmosphäre*

	T1 (N=138) $\alpha(\text{gesamt})=0,58$	
	$\alpha$	$r_{it}$
Ich hatte die Möglichkeit, den Betreuern der Führung Fragen zu stellen.	0,599	0,233
Ich habe das Gefühl, dass die Betreuer von Biologie fasziniert sind.	0,453	0,437
Die Gespräche mit den Betreuern waren mir wichtig.	0,540	0,339
Die Arbeitsatmosphäre während der Führung fand ich gut.	0,429	0,463

**Tabelle 78:** Reliabilität der Skala Betreuung/Atmosphäre der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Zoo zum Messzeitpunkt T1

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

*Skala Verständlichkeit*

	<b>T1 (N=137)</b> <b><math>\alpha(\text{gesamt})=0,72</math></b>	
	<b><math>\alpha</math></b>	<b><math>r_{it}</math></b>
Ich hatte genügend Kenntnisse, um bei der Führung gut mitzukommen.	0,668	0,475
Die Schwierigkeit der Führung war genau richtig, weder zu leicht noch zu schwer.	0,671	0,466
Ich konnte die Fragen während der Führung, die mir heute gestellt wurden, gut bewältigen.	0,604	0,623
Ich habe die Fragen während der Führung gut verstanden.	0,636	0,581
Das Ziel der Führung war mir von Anfang an klar.	0,754	0,297

**Tabelle 79:** Reliabilität der Skala Verständlichkeit der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Zoo zum Messzeitpunkt T1

$N$ = Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

*Skala Zusammenarbeit*

	<b>T1 (N=138)</b> <b><math>\alpha(\text{gesamt})=0,37</math></b>	
	<b><math>\alpha</math></b>	<b><math>r_{it}</math></b>
Ich habe während der Führung gut mit meinen Mitschülerinnen und Mitschülern im Team zusammengearbeitet.	0,569	0,050
Ich habe während der Führung meinen Mitschülerinnen/Mitschülern etwas erklärt oder mir ist von ihnen etwas erklärt worden.	0,140	0,309
Ich habe während der Führung mit meinen Mitschülerinnen und Mitschülern über biologische Sachverhalte diskutiert.	0,018	0,370

**Tabelle 80:** Reliabilität der Skala Zusammenarbeit der wahrgenommenen Unterrichtsvariablen Zoo zum Messzeitpunkt T1

$N$ = Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

### B4.3 Skalen der Biologieeinstellung Zoo

#### Skala Sachinteresse

	T0 (N=122) $\alpha(\text{gesamt})=0,85$		T2 (N=72) $\alpha(\text{gesamt})=0,83$		T3 (N=92) $\alpha(\text{gesamt})=0,86$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
Biologie bringt mir Spaß.	0,836	0,595	0,798	0,652	0,842	0,632
Bei biologischen Sendungen im Fernsehen schalte ich immer aus oder um.*	0,824	0,674	0,781	0,754	0,839	0,637
Biologie gehört für mich zu den persönlich wichtigen Dingen.	0,828	0,651	0,815	0,550	0,840	0,627
Ich führe in meiner Freizeit nur ungerne Gespräche über biologische Themen.*	0,853	0,466	0,864	0,219	0,846	0,586
Ich finde es wichtig, mich mit biologischen Fragen zu beschäftigen.	0,819	0,707	0,816	0,538	0,837	0,651
Biologische Bücher finde ich völlig uninteressant.*	0,841	0,565	0,796	0,663	0,845	0,594
In meiner Freizeit habe ich Besseres zu tun, als über biologische Fragen nachzudenken.*	0,827	0,655	0,785	0,738	0,833	0,679

**Tabelle 81:** Reliabilität der Skala Sachinteresse der Biologieeinstellung Zoo zu den Messzeitpunkten T0, T2 und T3

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient, \*= Frage wurde umgepolt

#### Skala Fachinteresse

	T0 (N=128) $\alpha(\text{gesamt})=0,66$		T2 (N=62) $\alpha(\text{gesamt})=0,54$		T3 (N=98) $\alpha(\text{gesamt})=0,62$	
	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$	$\alpha$	$r_{it}$
Der Biologie-Unterricht in der Schule bringt mir Spaß.	-	0,493	-	0,406	-	0,462
Ich komme im Biologie-Unterricht gut mit.	-	0,493	-	0,406	-	0,462

**Tabelle 82:** Reliabilität der Skala Fachinteresse der Biologieeinstellung Zoo zu den Messzeitpunkten T0, T2 und T3

N= Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

#### B4.4 Skalen der Interessenhandlung Zoo


	T3 (N=98) $\alpha(\text{gesamt})=0,75$	
	$\alpha$	$r_{it}$
Ich habe mit Freunden, Eltern oder Geschwistern über Dinge gesprochen, die ich beim Biodiversitätsprojekt erlebt habe.	0,609	0,623
Ich habe in Büchern oder im Internet nachgeschlagen, um mehr Informationen über das Thema „Biodiversität“ zu bekommen.	0,710	0,537
Ich habe außerhalb des Unterrichts über Dinge nachgedacht, die wir während des Biodiversitätsprojekts gesehen oder angesprochen haben.	0,672	0,568

**Tabelle 83:** Reliabilität der Skala Interessenshandlung Zoo zum Messzeitpunkt T3

$N$ = Stichprobengröße,  $\alpha$ = Konsistenzkoeffizient Cronbachs  $\alpha$ ,  $r_{it}$ = Trennschärfekoeffizient

# C Fragebögen

## C1 Fragebogen T0 (KG +VG)

EvaSys	Lena T0KG-04.05. HS Bad Homburg	Electric Paper
Goethe-Universität Didaktik Biowissenschaften	Evaluationsteam Schmidt	

Markieren Sie so:     Bitte verwenden Sie einen Kugelschreiber oder nicht zu starken Filzstift. Dieser Fragebogen wird maschinell erfasst.  
Korrektur:     Bitte beachten Sie im Interesse einer optimalen Datenerfassung die links gegebenen Hinweise beim Ausfüllen.

### 1. Allgemeines

**Liebe Schülerin, lieber Schüler,**

mit Hilfe dieses Fragebogens möchten wir **Dein Vorwissen und Deine Motivation vor der Biodiversitätsführung** erfragen. Kreuze bitte für jede Aussage das Kästchen an, das am besten passt.

Vielen Dank für Deine Unterstützung!

**Hinweise zum Datenschutz:** Mit der Rückgabe des Fragebogens gibst Du Dein Einverständnis zur Auswertung der Daten. Die Daten werden ausschließlich für den oben genannten Zweck verwendet und keiner Drittpartei zugänglich gemacht. Die mit der Auswertung der Daten befassten Personen erhalten keine Kenntnis von Deiner Identität.

Um die Daten zu anonym, aber trotzdem vergleichbar zu machen, erstelle bitte einen individuellen Code. Mit Hilfe der Code-Nr. können Fragebögen der gleichen Person, die zu zwei verschiedenen Zeitpunkten beantwortet wurden einander zugeordnet werden.

**Deine Schule (Schulname & Ort):** \_\_\_\_\_

**Deine individuelle Code-Nr.:** \_\_\_\_\_

(1) Der zweite Buchstabe Deines Vornamens (z.B. Lena = **E**) \_\_\_\_\_


(2) Der zweite Buchstabe Deines Nachnamens (z.B. Huber = **U**) \_\_\_\_\_

(3) Dein Geburtstag in zwei Ziffern (z.B. = 03) \_\_\_\_\_

### 2. Fragen zur Person

2.1 Mein Geschlecht	<input type="checkbox"/> weiblich	<input type="checkbox"/> männlich	
2.2 Meine jetzige Klassenstufe	<input type="checkbox"/> Klasse 5 <input type="checkbox"/> Klasse 8	<input type="checkbox"/> Klasse 6 <input type="checkbox"/> Klasse 9	<input type="checkbox"/> Klasse 7
2.3 Mein Alter	<input type="checkbox"/> 10 Jahre <input type="checkbox"/> 13 Jahre <input type="checkbox"/> 16 Jahre	<input type="checkbox"/> 11 Jahre <input type="checkbox"/> 14 Jahre	<input type="checkbox"/> 12 Jahre <input type="checkbox"/> 15 Jahre
2.4 Meine Schulart	<input type="checkbox"/> Gymnasium <input type="checkbox"/> Gesamtschule	<input type="checkbox"/> Realschule <input type="checkbox"/> Anderes	<input type="checkbox"/> Hauptschule
2.5 Meine Biologie-Note im letzten Zeugnis	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 6

F3361U36505P1 PLOVO 13.02.2012, Seite 1/4



EvaSys	Lena T0KG-04.05. HS Bad Homburg	
--------	---------------------------------	--

### 3. Vorwissen zu Biodiversität

Die folgenden Fragen sollen uns helfen, herauszufinden, wie viel Du schon über das Projektthema weißt. Es ist keine Prüfung, für die Du eine Note bekommst!

- 3.1 Hast Du den Begriff "Biodiversität" schon mal gehört (z.B. in den Nachrichten, einer Zeitung/Zeitschrift, in der Schule...)?  ja  nein

- 3.2 Was stellst Du Dir unter Biodiversität vor? Schreibe ein paar Stichpunkte auf.

- 3.3 In welchen Bereichen nutzen wir Menschen Deiner Meinung nach die Biodiversität? Mehrere Antworten sind möglich.

- |   |   |   |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> Beim Sport/Spaziergehen im Park oder Wald                    | <input type="checkbox"/> Wenn wir Gemüse und Obst essen       | <input type="checkbox"/> Wenn wir Fleisch essen                   |
| <input type="checkbox"/> Wenn im Supermarkt verschiedene Apfelsorten angeboten werden | <input type="checkbox"/> Wenn wir im Urlaub im Meer baden     | <input type="checkbox"/> Wenn wir Kräutertee gegen Husten trinken |
| <input type="checkbox"/> Wenn wir uns ein T-Shirt kaufen                              | <input type="checkbox"/> Wenn wir uns eine Zeitschrift kaufen | <input type="checkbox"/> Wenn wir einen Kuchen backen             |

- 3.4 Welche Begriffe gehören für Dich nicht zum Thema Biodiversität? Mehrere Antworten sind möglich.

- |  |                                    |  |
|--|------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Planetensysteme | <input type="checkbox"/> Wetter    | <input type="checkbox"/> Technische Erfindungen (z.B. Flugzeuge) |
| <input type="checkbox"/> Meere           | <input type="checkbox"/> Bakterien | <input type="checkbox"/> Deine Mitschüler                        |

- 3.5 Zur Biodiversität gehört auch die "Vielfalt der Ökosysteme". Welche Beschreibung passt für Dich am ehesten zum Begriff Ökosystem?

- |   |  |  |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Alle Tiere und Pflanzen in einer bestimmten Gegend | <input type="checkbox"/> Alle Tiere und Pflanzen und auch unbelebte Dinge wie Steine und Wetter, die einen Lebensraum bilden | <input type="checkbox"/> Das Wetter in einer bestimmten Gegend |
|---|--|--|





EvaSys

Lena T0KG-04.05. HS Bad Homburg

**4. Fragen zur Motivation:**

Gib bitte an, in wie weit folgende Aussagen für Dich zutreffen.

- |  |           |                          |                          |                          |                          |                          |                 |
|--|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| 4.1 Ich mag solche Themen wie Biodiversität (z. B. Artenvielfalt, Naturschutz...)      | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.2 Ich glaube, der Schwierigkeit des Themas Biodiversität gewachsen zu sein.          | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.3 Wahrscheinlich werde ich die Aufgaben zum Thema Biodiversität nicht schaffen.      | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.4 Bei solchen Themen mag ich es, Bezüge zu meinem Alltag zu entdecken.               | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.5 Ich fühle mich unter Druck, beim Thema Biodiversität gut abschneiden zu müssen.    | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.6 Das Thema Biodiversität ist eine richtige Herausforderung für mich.                | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.7 Nach der Einführung erscheint mir das Thema Biodiversität sehr interessant.        | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.8 Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abschneiden werde.                  | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.9 Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamieren könnte.                  | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.10 Ich bin fest entschlossen mich beim Thema Biodiversität voll anzustrengen.        | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.11 Bei solchen Themen brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß. | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.12 Es wäre mir peinlich, hier zu versagen.   | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.13 Ich glaube, das kann jeder schaffen.  | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.14 Ich glaube, ich schaffe die Aufgaben zum Thema Biodiversität nicht.               | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.15 Wenn ich die Aufgaben schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf mich sein.     | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.16 Wenn ich an das Thema Biodiversität denke, bin ich etwas beunruhigt.              | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.17 Mit so einem Thema würde ich mich auch in meiner Freizeit beschäftigen            | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.18 Die hier gestellten Leistungsanforderungen schrecken mich ab.                     | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |

**5. Sachinteresse an Biologie**

- |  |           |                          |                          |                          |                          |                          |                 |
|--|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| 5.1 Biologie bringt mir Spaß.  | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 5.2 Bei biologischen Sendungen im Fernsehen schalte ich immer aus oder um.     | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 5.3 Biologie gehört für mich zu den persönlich wichtigen Dingen.               | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 5.4 Ich führe in meiner Freizeit nur ungern Gespräche über biologische Themen. | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |

EvaSys	Lena T0KG-04.05. HS Bad Homburg	
--------	---------------------------------	--

### 5. Sachinteresse an Biologie [Fortsetzung]

- 5.5 Ich finde es wichtig, mich mit biologischen Fragen zu beschäftigen.      trifft zu      trifft nicht zu
- 5.6 Biologische Bücher finde ich völlig uninteressant.      trifft zu      trifft nicht zu
- 5.7 In meiner Freizeit habe ich besseres zu tun, als über biologische Fragen nachzudenken.      trifft zu      trifft nicht zu

### 6. Fachinteresse an Biologie

- 6.1 Der Biologie-Unterricht in der Schule bringt mir Spaß.      trifft zu      trifft nicht zu
- 6.2 Ich komme im Biologie-Unterricht gut mit.      trifft zu      trifft nicht zu



Die gültigen Prozentwerte geben die Antwortverteilung für die Stichproben der Lernorte wieder.

PG=Palmengarten, SE= Senckenbergmuseum, SWH= Stadtwaldhaus,  
ZOO= Zoo Frankfurt

## 2 Fragen zur Person

	PG	SE	SWH	ZOO
<b>2.1 Mein Geschlecht</b>				
weiblich	55,6	64,8	67,0	53,5
männlich	44,4	35,2	33,0	46,5
<b>2.2 Meine jetzige Klassenstufe</b>				
Klasse 5	28,9	0	0	17,6
Klasse 6	50,7	0	59,6	82,4
Klasse 7	20,4	29,0	0	0
Klasse 8	0	15,2	0	0
Klasse 9	0	55,9	40,4	0
<b>2.3 Mein Alter</b>				
10 Jahre	9,2	0	5,3	13,5
11 Jahre	31,0	0,7	28,7	58,2
12 Jahre	38,0	14,6	19,1	25,5
13 Jahre	20,4	22,9	6,4	2,1
14 Jahre	1,4	41,0	30,9	0,7
15 Jahre	0	18,1	8,5	0
16 Jahre	0	2,1	5,3	0
<b>2.4 Meine Schulart</b>				
Gymnasium	33,8	14,5	0	76,1
Realschule	52,1	52,4	100	0
Hauptschule	0	0	0	0
Gesamtschule	0	33,1	0	23,9
Anderes	14,1	0	0	0
<b>2.5 Meine Biologienote im letzten Zeugnis</b>				
1	18,0	11,8	8,5	21,5
2	41,4	37,8	31,9	50,5
3	32,0	40,2	1,1	23,4
4	7,0	9,4	35,1	4,7
5	1,6	0,8	2,1	0
6	0	0	0	0

### 3 Vorwissen zur Biodiversität

	PG	SE	SWH	ZOO
<b>3.1 Hast Du den Begriff Biodiversität schon mal gehört?</b>				
Ja	10,9	32,4	38,3	9,8
nein	88,4	67,6	58,5	90,2
<b>3.2 Was stellst Du Dir unter Biodiversität vor? (nachträglich eingeteilte Kategorien, siehe Kap. 4.1.2)</b>				
Natur/Tiere/ Pflanzen/ Lebewesen/Ökologie/ Umwelt- und Naturschutz	39,6	36,6	64,9	28,3
Biologie-Unterricht (Schule)	13,2	22,1	20,2	29,1
Universität/Forschung	17,8	22,1	17,0	33,6
andere Antworten	10,1	12,4	7,4	11,2
weiß nicht	44,2	26,2	25,5	26,9
<b>3.3 In welchen Bereichen nutzen wir Menschen Deiner Meinung nach Biodiversität?</b>				
Beim Sport/Spaziergehen im Park oder Wald	46,5	45,5	55,3	49,3
Wenn wir Gemüse und Obst essen	68,2	69,7	63,8	56,7
Wenn wir Fleisch essen	25,6	39,3	28,7	32,8
Wenn im Supermarkt verschiedene Apfelsorten angeboten werden	34,1	35,9	34,0	29,1
Wenn wir im Urlaub im Meer baden	17,8	22,8	23,4	21,6
Wenn wir Kräutertee gegen Husten trinken	45,0	53,1	54,3	36,6
Wenn wir uns ein T-Shirt kaufen	8,5	5,5	8,5	7,5
Wenn wir uns eine Zeitschrift kaufen	8,5	6,9	16,0	11,2
Wenn wir einen Kuchen backen	5,4	5,5	7,4	11,2
<b>3.4 Welche Begriffe gehören für Dich <u>nicht</u> zum Thema Biodiversität?</b>				
Planetensysteme	49,6	49,7	50,0	49,3
Wetter	24,8	19,3	18,1	26,9
Technische Erfindungen	72,1	86,9	64,9	68,7
Meere	17,8	11,0	13,8	23,1
Bakterien	15,5	9,0	16,0	11,2
Deine Mitschüler	56,6	42,8	53,2	48,5
<b>3.5 Zur Biodiversität gehört auch die „Vielfalt der Ökosysteme“. Welche Beschreibung passt für Dich am ehesten zum Begriff Ökosystem?</b>				
Alle Tiere und Pflanzen in einer bestimmten Gegend	29,0	26,1	20,2	29,2
Alle Tiere und Pflanzen und auch unbelebte Dinge wie Steine und Wetter, die einen Lebensraum bilden	59,7	72,5	67,0	55,4
Das Wetter in einer bestimmten Gegend	5,6	1,4	3,2	5,4

#### 4 Fragen zur Motivation

		PG	SE	SWH	ZOO
4.1 Ich mag solche Themen wie Biodiversität (z.B. Artenvielfalt, Naturschutz...).	<b>trifft zu</b>	28,6	3,4	21,3	33,6
		37,3	38,6	20,2	32,1
		23,0	32,4	33,0	26,1
		7,1	13,8	18,1	5,2
	<b>trifft nicht zu</b>	4,0	11,7	7,4	3,0
4.2 Ich glaube, der Schwierigkeit dieser Aufgaben gewachsen zu sein.	<b>trifft zu</b>	21,8	9,7	23,4	19,7
		31,5	21,4	26,6	33,3
		34,7	39,3	1,1	31,8
		7,3	24,8	34,0	6,1
	<b>trifft nicht zu</b>	4,8	4,8	7,4	9,1
4.3 Wahrscheinlich werde ich die Aufgaben zum Thema Biodiversität nicht schaffen.	<b>trifft zu</b>	3,9	3,5	5,3	2,3
		10,2	21,7	8,5	11,4
		18,1	31,5	26,6	25,0
		29,1	30,1	23,4	25,8
	<b>trifft nicht zu</b>	38,6	13,3	36,2	35,6
4.4 Bei solchen Themen mag ich es, Bezüge zu meinem Alltag zu entdecken.	<b>trifft zu</b>	25,8	21,5	39,4	29,3
		25,8	31,3	23,4	35,3
		36,7	24,3	17,0	20,3
		8,6	13,2	10,6	8,3
	<b>trifft nicht zu</b>	3,1	9,7	9,6	6,8
4.5 Ich fühle mich unter Druck, beim Thema Biodiversität gut abschneiden zu müssen.	<b>trifft zu</b>	3,1	3,4	7,4	1,5
		10,1	10,3	12,8	8,2
		21,7	24,8	19,1	26,1
		20,2	23,4	14,9	13,4
	<b>trifft nicht zu</b>	45,0	37,9	45,7	50,7
4.6 Das Thema Biodiversität ist eine richtige Herausforderung für mich.	<b>trifft zu</b>	8,6	1,4	10,6	13,6
		18,8	21,7	13,8	15,2
		27,3	39,2	27,7	24,2
		23,4	21,7	25,5	18,9
	<b>trifft nicht zu</b>	21,9	16,1	22,3	28,0
4.7 Nach der Einführung erscheint mir das Thema Biodiversität sehr interessant.	<b>trifft zu</b>	39,8	14,5	26,6	38,3
		31,3	33,1	25,5	31,6
		21,9	28,3	21,3	12,0
		3,1	15,2	17,1	11,3
	<b>trifft nicht zu</b>	3,9	9,0	9,6	6,8

4.8 Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abschneiden werde.	<b>trifft zu</b>	36,7	23,4	31,9	44,8
		25,8	29,0	24,5	26,1
		23,4	20,7	23,4	14,2
		6,3	13,1	9,6	6,0
	<b>trifft nicht zu</b>	7,8	13,8	10,6	9,0
4.9 Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamieren könnte.	<b>trifft zu</b>	5,5	6,9	7,4	7,6
		7,1	7,6	7,4	9,1
		15,7	16,0	19,1	15,2
		18,9	18,1	14,9	15,2
	<b>trifft nicht zu</b>	52,8	51,4	51,1	53,0
4.10 Ich bin fest entschlossen, mich beim Thema Biodiversität voll anzustrengen.	<b>trifft zu</b>	35,4	9,9	33,0	42,5
		40,9	35,2	26,6	32,1
		19,7	37,3	24,5	17,9
		3,1	14,1	10,6	2,2
	<b>trifft nicht zu</b>	0,8	3,5	5,3	5,2
4.11 Bei solchen Themen brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß.	<b>trifft zu</b>	35,7	12,7	22,3	37,1
		27,9	26,8	27,7	28,0
		23,3	26,8	24,5	15,9
		9,3	20,4	11,7	9,8
	<b>trifft nicht zu</b>	3,9	13,4	13,8	9,1
4.12 Es wäre mir peinlich, hier zu versagen.	<b>trifft zu</b>	7,1	2,1	22,3	12,9
		7,9	10,4	27,7	12,1
		21,3	12,5	24,5	15,9
		18,9	19,4	11,7	11,4
	<b>trifft nicht zu</b>	44,9	55,6	13,8	47,7
4.13 Ich glaube, das kann jeder schaffen.	<b>trifft zu</b>	31,3	19,6	40,4	38,6
		27,3	28,0	20,2	24,2
		31,3	30,1	25,5	27,3
		6,3	16,1	7,4	4,5
	<b>trifft nicht zu</b>	3,9	6,3	6,4	5,3
4.14 Ich glaube, ich schaffe die Aufgaben zum Thema Biodiversität nicht.	<b>trifft zu</b>	2,4	2,8	5,3	3,1
		6,3	6,3	8,5	3,9
		16,7	26,8	10,6	17,8
		23,8	40,1	31,9	17,1
	<b>trifft nicht zu</b>	50,8	23,9	43,7	58,1
4.15 Wenn ich die Aufgaben schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf mich sein.	<b>trifft zu</b>	39,5	20,8	33,0	42,4
		27,1	29,2	25,5	28,0
		19,4	33,3	23,4	15,2
		5,4	10,4	3,2	6,1
	<b>trifft nicht zu</b>	8,5	6,3	14,9	8,3

4.16 Wenn ich an das Thema Biodiversität denke, bin ich etwas beunruhigt.	<b>trifft zu</b>	3,9	2,1	5,3	3,0
		7,8	11,8	7,4	11,4
		21,9	22,9	21,2	17,4
		18,0	29,2	20,2	11,4
	<b>trifft nicht zu</b>	48,4	34,0	45,7	56,8
4.17 Mit so einem Thema würde ich mich auch in meiner Freizeit beschäftigen.	<b>trifft zu</b>	14,8	1,4	7,4	12,9
		16,4	9,9	9,6	18,2
		18,8	21,1	27,7	24,2
		26,6	28,9	22,3	18,9
	<b>trifft nicht zu</b>	23,4	38,7	33,0	25,8
4.18 Die hier gestellten Leistungsanforderungen schrecken mich ab.	<b>trifft zu</b>	5,5	1,4	1,1	3,0
		1,6	0	5,3	3,8
		22,7	29,9	23,4	18,2
		13,3	29,2	21,3	16,7
	<b>trifft nicht zu</b>	57,0	39,6	48,9	58,3

## 5 Sachinteresse an Biologie

		PG	SE	SWH	ZOO
5.1 Biologie bringt mir Spaß.	<b>trifft zu</b>	42,6	14,7	41,4	34,8
		28,7	18,9	24,5	27,3
		14,7	32,2	21,3	19,7
		10,9	23,1	3,2	9,1
	<b>trifft nicht zu</b>	3,1	11,2	9,6	9,1
5.2 Bei biologischen Sendungen im Fernsehen schalte ich immer aus oder um.	<b>trifft zu</b>	17,3	18,9	21,3	10,9
		15,7	25,2	13,8	12,4
		20,5	21,0	22,3	26,4
		13,4	24,5	20,3	17,1
	<b>trifft nicht zu</b>	33,1	10,5	22,3	33,3
5.3 Biologie gehört für mich zu den persönlich wichtigen Dingen.	<b>trifft zu</b>	16,4	2,1	16,0	19,5
		23,4	14,0	26,6	18,0
		40,6	30,8	27,7	31,6
		10,2	35,7	13,8	14,3
	<b>trifft nicht zu</b>	9,4	17,5	16,0	16,5
5.4 Ich führe in meiner Freizeit nur ungern Gespräche über biologische Themen.	<b>trifft zu</b>	14,1	13,3	19,1	13,5
		10,2	17,5	14,9	30,8
		35,9	33,6	24,5	17,3
		13,3	16,8	18,1	12,0
	<b>trifft nicht zu</b>	26,6	18,9	23,4	26,3

5.5 Ich finde es wichtig, mich mit biologischen Fragen zu beschäftigen.	<b>trifft zu</b>	24,0	7,0	13,8	22,9
		24,8	20,3	27,7	22,1
		24,8	31,5	29,8	22,9
		17,1	29,4	13,8	16,8
	<b>trifft nicht zu</b>	9,3	11,9	14,9	15,3
5.6 Biologische Bücher finde ich völlig uninteressant.	<b>trifft zu</b>	12,8	19,4	20,2	14,4
		13,6	20,1	13,8	14,4
		22,4	23,6	20,2	19,7
		22,4	22,9	34,1	16,7
	<b>trifft nicht zu</b>	28,8	13,9	11,7	34,8
5.7 In meiner Freizeit habe ich Besseres zu tun, als über biologische Fragen nachzudenken.	<b>trifft zu</b>	21,6	30,8	8,5	21,7
		17,6	20,3	16,0	14,7
		30,4	27,3	27,7	23,3
		12,0	16,1	21,3	20,2
	<b>trifft nicht zu</b>	18,4	5,6	25,5	20,2

## 6 Fachinteresse an Biologie

6.1 Der Biologie-Unterricht in der Schule bringt mir Spaß.		<b>trifft zu</b>			
	<b>trifft zu</b>	46,8	11,8	42,6	31,0
		24,6	28,5	25,6	27,9
		19,8	24,3	21,3	22,5
		5,6	21,5	3,2	11,6
	<b>trifft nicht zu</b>	3,2	13,9	7,4	7,0
6.2 Ich komme im Biologie-Unterricht gut mit.	<b>trifft zu</b>	51,6	25,0	49,0	50,8
		29,4	36,1	26,6	28,1
		15,9	29,2	17,0	10,2
		1,6	4,9	3,2	7,0
	<b>trifft nicht zu</b>	1,6	4,9	4,3	3,9





EvaSys	Lena T1KG-04.05. HS Bad Homburg	
--------	---------------------------------	--

### 3. Fragen zur Motivation: [Fortsetzung]

- |      |   |           |                          |                          |                          |                          |                          |                 |
|------|---|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| 3.4  | Bei diesem Thema mochte ich es, Bezüge zu meinem Alltag zu entdecken.                             | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.5  | Ich fühlte mich unter Druck, beim Thema Biodiversität gut abschneiden zu müssen.                  | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.6  | Das Thema Biodiversität war eine richtige Herausforderung für mich.                               | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.7  | Nach der Führung erscheint mir das Thema Biodiversität immer noch sehr interessant.               | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.8  | Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abgeschnitten habe.                                | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.9  | Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamiert habe.                                    | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.10 | Ich bin fest entschlossen mich beim Thema Biodiversität weiterhin voll anzustrengen.              | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.11 | Bei diesem Thema brauchte ich keine Belohnung, es machte mir auch so viel Spaß.                   | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.12 | Es wäre mir peinlich, hier versagt zu haben.  | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.13 | Ich glaube, das konnte jeder schaffen.  | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.14 | Ich glaube, ich habe die Fragen zum Thema Biodiversität nicht geschafft.                          | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.15 | Da ich die Fragen zum Thema Biodiversität geschafft habe, bin ich schon ein wenig stolz auf mich. | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.16 | Als ich an das Thema Biodiversität gedacht habe, war ich etwas beunruhigt.                        | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.17 | Mit so einem Thema würde ich mich auch in meiner Freizeit beschäftigen.                           | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.18 | Die hier gestellten Anforderungen haben mich abgeschreckt.  | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |

### 4. Fragen zur Führung

- |     |   |           |                          |                          |                          |                          |                          |                 |
|-----|---|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| 4.1 | Ich hatte die Möglichkeit, den Betreuern der Führung Fragen zu stellen.                   | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.2 | Ich habe das Gefühl, dass die Betreuer von Biologie fasziniert sind.                      | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.3 | Die Gespräche mit den Betreuern waren mir wichtig.  | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.4 | Die Arbeitsatmosphäre während der Führung fand ich gut.                                   | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.5 | Ich hatte genügend Kenntnisse, um bei der Führung gut mitzukommen.                        | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.6 | Die Schwierigkeit der Führung war genau richtig, weder zu leicht noch zu schwer.          | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.7 | Ich konnte die Fragen während der Führung, die mir heute gestellt wurden, gut bewältigen. | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.8 | Ich habe die Fragen während der Führung gut verstanden.                                   | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |





## 2 Fragen zur Person

	PG	SE	SWH	ZOO
<b>2.1 Mein Geschlecht</b>				
weiblich	55,6	64,8	67,0	53,5
männlich	44,4	35,2	33,0	46,5
<b>2.2 Mein Alter</b>				
10 Jahre	9,2	0	5,3	13,5
11 Jahre	31,0	0,7	28,7	58,2
12 Jahre	38,0	14,6	19,1	25,5
13 Jahre	20,4	22,9	6,4	2,1
14 Jahre	1,4	41,0	30,9	0,7
15 Jahre	0	18,1	8,5	0
16 Jahre	0	2,1	5,3	0

## 3 Fragen zur Motivation

3.1 Ich mochte das Thema Biodiversität in der Führung.		<b>PG</b>	<b>SE</b>	<b>SWH</b>	<b>ZOO</b>
	<b>trifft zu</b>	44,9	32,4	46,5	52,1
		33,1	36,6	24,2	28,6
		13,2	22,8	23,2	15,0
		5,1	6,2	4,0	2,1
	<b>trifft nicht zu</b>	3,7	2,1	2,0	2,1
3.2 Ich glaube, ich war der Schwierigkeit des Themas Biodiversität gewachsen.	<b>trifft zu</b>	47,8	33,3	45,5	46,4
		24,3	31,9	23,2	30,4
		19,9	27,8	19,2	13,8
		5,9	4,2	5,1	5,1
	<b>trifft nicht zu</b>	2,2	2,8	7,1	4,3
	3.3 Wahrscheinlich habe ich die Aufgaben zum Thema Biodiversität nicht geschafft.	<b>trifft zu</b>	8,9	3,5	6,1
		3,0	5,7	10,1	5,0
		22,2	26,2	18,2	17,0
		23,7	28,4	19,2	12,1
<b>trifft nicht zu</b>		42,2	36,2	46,5	61,0
3.4 Bei diesem Thema mochte ich es, Bezüge zu meinem Alltag zu entdecken.		<b>trifft zu</b>	29,0	26,9	32,3
		24,6	22,8	28,3	31,9
		31,2	31,0	19,2	27,5
		6,5	9,0	7,1	5,8
	<b>trifft nicht zu</b>	8,7	10,3	13,1	7,2

3.5 Ich fühlte mich unter Druck, beim Thema Biodiversität gut abschneiden zu müssen.	<b>trifft zu</b>	4,4	0,7	8,1	7,1
		9,5	4,9	7,1	10,6
		14,6	11,1	13,1	12,1
		16,8	25,7	16,2	11,3
	<b>trifft nicht zu</b>	54,7	57,6	55,6	58,9
3.6 Das Thema Biodiversität war eine richtige Herausforderung für mich.	<b>trifft zu</b>	10,1	4,2	14,1	10,6
		13,0	11,1	13,1	8,5
		21,0	27,1	14,1	20,6
		21,7	28,5	16,2	19,9
	<b>trifft nicht zu</b>	34,1	29,2	42,4	40,4
3.7 Nach der Führung erscheint mir das Thema Biodiversität immer noch sehr interessant.	<b>trifft zu</b>	47,8	27,6	37,4	43,3
		22,1	29,0	20,2	25,5
		13,2	22,1	27,3	19,9
		8,8	13,8	5,1	7,8
	<b>trifft nicht zu</b>	8,1	7,6	10,1	3,5
3.8 Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abgeschnitten habe.	<b>trifft zu</b>	38,0	20,8	34,3	42,6
		16,1	22,2	13,1	18,4
		20,4	31,3	28,3	15,6
		8,8	13,2	8,1	8,5
	<b>trifft nicht zu</b>	16,8	12,5	16,2	14,9
3.9 Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamiert habe.	<b>trifft zu</b>	3,6	2,1	5,1	8,0
		8,7	4,8	2,0	6,5
		12,3	9,7	15,2	10,1
		14,5	16,6	17,2	9,4
	<b>trifft nicht zu</b>	60,9	66,9	60,6	65,9
3.10 Ich bin fest entschlossen, mich beim Thema Biodiversität weiterhin voll anzustrengen.	<b>trifft zu</b>	32,8	14,5	25,3	36,7
		27,7	26,2	26,3	22,3
		27,7	31,7	32,3	20,9
		7,3	21,4	7,1	12,2
	<b>trifft nicht zu</b>	4,4	6,2	9,1	7,9
3.11 Bei diesem Thema brauchte ich keine Belohnung, es machte mir auch so viel Spaß.	<b>trifft zu</b>	45,7	24,3	41,4	43,3
		18,1	21,5	19,2	26,2
		21,7	25,7	19,2	21,3
		8,0	18,8	8,1	5,7
	<b>trifft nicht zu</b>	6,5	9,7	12,1	3,5
3.12 Es wäre mir peinlich, hier zu versagt zu haben.	<b>trifft zu</b>	4,3	7,6	10,1	14,2
		10,1	1,4	7,1	8,5
		13,8	11,0	21,2	14,2
		15,2	22,1	12,1	9,9
	<b>trifft nicht zu</b>	56,5	57,9	49,5	53,2

3.13 Ich glaube, das konnte jeder schaffen.	<b>trifft zu</b>	29,0	32,4	48,5	47,4
		25,4	27,6	15,1	24,1
		29,7	26,9	25,3	19,0
		7,2	8,3	7,1	5,1
	<b>trifft nicht zu</b>	8,7	4,8	4,0	4,4
3.14 Ich glaube, ich habe die Fragen zum Thema Biodiversität nicht geschafft.	<b>trifft zu</b>	6,7	2,2	1,0	4,3
		5,9	5,0	7,1	2,9
		25,2	29,5	17,2	20,3
		17,8	25,2	24,2	12,3
	<b>trifft nicht zu</b>	44,4	38,1	50,5	60,1
3.15 Da ich die Fragen zum Thema Biodiversität geschafft habe, bin ich schon ein wenig stolz auf mich.	<b>trifft zu</b>	34,6	13,2	34,3	39,4
		21,3	25,0	12,1	16,8
		22,1	35,4	28,3	24,1
		10,3	11,1	11,1	6,6
	<b>trifft nicht zu</b>	11,8	15,3	13,1	13,1
3.16 Als ich an das Thema Biodiversität gedacht habe, war ich etwas beunruhigt.	<b>trifft zu</b>	7,5	4,1	7,1	8,5
		9,0	13,8	6,1	10,6
		20,1	29,7	31,3	17,7
		21,6	19,3	18,2	12,1
	<b>trifft nicht zu</b>	41,8	33,1	37,4	51,1
3.17 Mit so einem Thema würde ich mich auch in meiner Freizeit beschäftigen.	<b>trifft zu</b>	19,3	6,3	14,1	15,6
		20,0	16,0	16,2	19,9
		20,0	25,0	28,3	28,4
		14,8	20,1	15,2	17,7
	<b>trifft nicht zu</b>	25,9	32,6	26,3	18,4
3.18 Die hier gestellten Anforderungen haben mich abgeschreckt.	<b>trifft zu</b>	7,4	3,4	5,1	5,0
		5,9	2,8	3,0	5,7
		14,0	19,3	21,2	17,0
		17,6	28,3	15,2	12,8
	<b>trifft nicht zu</b>	55,1	46,2	55,6	59,6

#### 4 Fragen zur Führung

4.1 Ich hatte die Möglichkeit, den Betreuern der Führung Fragen zu stellen.		<b>PG</b>	<b>SE</b>	<b>SWH</b>	<b>ZOO</b>
	<b>trifft zu</b>	76,1	78,6	75,8	76,4
		10,9	14,5	7,1	15,0
		8,0	4,1	12,1	5,0
		2,2	2,1	2,0	0,7
	<b>trifft nicht zu</b>	2,9	,7	3,0	2,9
4.2 Ich habe das Gefühl, dass die Betreuer von Biologie fasziniert sind.	<b>trifft zu</b>	61,3	62,1	58,6	55,4
		21,2	27,6	21,2	23,0
		13,1	8,3	18,2	15,1
		1,5	1,4	1,0	2,9
	<b>trifft nicht zu</b>	2,9	0,7	1,0	3,6
	4.3 Die Gespräche mit den Betreuern waren mir wichtig.	<b>trifft zu</b>	36,8	26,4	34,3
		27,2	31,3	20,2	33,1
		25,7	30,6	35,4	23,0
		4,4	7,6	7,1	3,6
<b>trifft nicht zu</b>		5,9	4,2	3,0	7,9
4.4 Die Arbeitsatmosphäre während der Führung fand ich gut.		<b>trifft zu</b>	50,0	49,0	60,6
		23,9	29,4	12,1	25,7
		10,1	18,2	17,2	14,3
		9,4	2,1	8,1	6,4
	<b>trifft nicht zu</b>	6,5	1,4	2,0	2,9
	4.5 Ich hatte genügend Kenntnisse, um bei der Führung gut mitzukommen.	<b>trifft zu</b>	54,7	34,5	49,5
		22,6	33,8	24,2	22,1
		16,8	25,5	17,2	10,0
		2,2	2,8	5,1	5,0
<b>trifft nicht zu</b>		3,6	3,4	4,0	3,6
4.6 Die Schwierigkeit der Führung war genau richtig, weder zu leicht, noch zu schwer.		<b>trifft zu</b>	44,9	55,9	50,5
		27,5	20,0	18,2	18,0
		21,0	15,9	24,2	18,7
		2,9	7,6	2,0	5,8
	<b>trifft nicht zu</b>	3,6	0,7	5,1	2,9
	4.7 Ich konnte die Fragen während der Führung, die mir heute gestellt wurden, gut bewältigen.	<b>trifft zu</b>	44,9	35,4	38,4
		28,3	31,9	26,3	22,3
		21,0	26,4	27,3	14,4
		2,9	3,5	4,0	2,2
<b>trifft nicht zu</b>		2,9	2,8	4,0	6,5

4.8 Ich habe die Fragen während der Führung gut verstanden.	<b>trifft zu</b>	65,4	49,7	60,6	72,1
		19,9	31,0	20,2	14,3
		11,0	15,2	15,2	9,3
		0,7	4,1	3,0	2,1
	<b>trifft nicht zu</b>	2,9	0	1,0	2,1
4.9 Das Ziel der Führung war mir von Anfang an klar.	<b>trifft zu</b>	32,8	22,2	29,3	35,0
		22,6	27,1	20,2	19,3
		21,9	31,9	31,3	28,6
		10,9	9,7	6,1	5,7
	<b>trifft nicht zu</b>	11,7	9,0	13,1	11,4
4.10 Ich habe während der Führung gut mit meinen Mitschülerinnen und Mitschülern im Team zusammengearbeitet.	<b>trifft zu</b>	38,5	28,7	37,4	36,2
		26,7	28,7	20,2	32,6
		18,5	25,2	26,3	21,0
		10,4	7,0	10,1	6,5
	<b>trifft nicht zu</b>	5,9	10,5	6,1	3,6
4.11 Ich habe während der Führung meinen Mitschülerinnen/Mitschülern etwas erklärt oder mir ist etwas von ihnen erklärt worden.	<b>trifft zu</b>	29,9	16,7	28,3	30,0
		13,9	19,4	13,1	18,6
		21,2	27,1	28,3	20,7
		9,5	13,2	13,1	7,9
	<b>trifft nicht zu</b>	25,5	23,6	17,2	22,9
4.12 Ich habe während der Führung mit meinen Mitschülerinnen und Mitschülern über biologische Sachverhalte diskutiert.	<b>trifft zu</b>	15,3	9,7	12,1	11,4
		14,6	16,7	17,2	17,1
		22,6	19,4	19,2	22,9
		14,6	20,1	16,2	18,6
	<b>trifft nicht zu</b>	32,8	34,0	35,4	30,0



## 5 Fragen zu den Inhalten der Führung

### *Palmengarten*

<b>5.1 Wie viele tropische Vegetationszonen gibt es. Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
5	34,8
7	55,1
9	2,2
<b>5.2 Welches dieser Ökosysteme ist <u>nicht</u> tropisch? Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
Mangrove	18,1
Wüste und Halbwüste	21,7
Kiefernwald	58,0
<b>5.3 Was sind typische Anpassungen von Pflanzen an heiße, trockene Lebensräume? Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
Kugelform und Dornen	45,7
Lange, dünne Äste	20,3
Große, fleischige Blätter	28,3
<b>5.4 Wo auf der Erde befinden sich die Tropen? Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
Ganz im Norden und ganz im Süden	15,2
Nur am Äquator	47,1
Ungefähr zwischen nördlichem und südlichem Wendekreis	34,1
<b>5.5 Welche Vorteile haben Aufsitzerpflanzen (z.B. Bromelien)? Mehrere Antworten sind möglich!</b>	
Sie bekommen in der Höhe mehr Regenwasser ab	82,6
Sie werden nicht so leicht gefressen	45,7
Sie bekommen mehr Licht ab	82,6
Ihr Blütenduft verteilt sich besser	13,0
Sie können die Aussicht besser genießen	15,2
Die Farben ihrer Blüten werden bunter	15,9

### *Senckenbergmuseum*

<b>5.1 Fossilien helfen uns, um etwas über vergangene Ökosysteme herauszufinden. Sie sind nichts anderes als... Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
...versteinerte Überreste ausgestorbener Lebewesen	93,1
...Knochen von Urmenschen	1,4
...Millionen Jahre alte Steine	2,1
<b>5.2 Durch mehrere große Massenaussterben haben sich die Ökosysteme der Erde ganz schön verändert. Was ist ein möglicher Grund für ein solches Ereignis? Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
Ein einzelnes Erdbeben	11,7
Ein Meteoriteneinschlag	78,6
Eine Flutwelle	2,8
<b>5.3 Auch durch das Verhalten der Menschen wurden schon viele Tier- und Pflanzenarten ausgerottet. Welche der folgenden Gründe können Ursachen dafür gewesen sein. Mehrere Antworten sind möglich.</b>	
Das Einschleppen von fremden Raubtieren in neue Gebiete (z.B. auf Schiffen)	54,5
Die Zerstörung von Lebensräumen von Pflanzen und Tieren	82,8

Das übermäßige Jagen von Tieren	70,3
Die Belastung von Böden durch zu viel Dünger und Chemikalien	39,3
<b>5.4 Dass Tiere meist gut an ihre Umgebung angepasst sind, kann man gut am Urpferd aus der Fossilfundstätte Grube Messel sehen. In dem tropischen Regenwald war es gut angepasst, weil es...Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
Sehr groß und schwer war.	4,8
Klein, leicht und gut beweglich war.	88,3
Nachts aktiv war, um sich vor Feinden zu schützen.	2,8
<b>5.5 Lebewesen haben im Wald verschiedene Beziehungen zueinander. Es geht zum Beispiel ums „Fressen und gefressen werden“. Alle Bewohner des Ökosystems Wald bilden hier... Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
Eine Nahrungskette	62,8
Ein Nahrungsnetz	31,7
Ein Nahrungsband	1,4

### Stadtwaldhaus

<b>5.1 Tiere im Wald sind gut an ihre Umgebung angepasst. Welche der folgenden Aussagen sind <u>keine</u> Anpassungen an das Leben im Wald?</b>	
Rehe sind durch ihr braun gepunktetes Fell in ihrer Umgebung schlecht zu erkennen. Das schützt sie vor Fressfeinden.	37,4
Wildschweine können mit ihrer feinen Nase Würmer, Maden und anderes Futter unter dem Laub „erschnüffeln“.	19,2
Die Lieblingsspeise von Eichhörnchen sind Nüsse, von denen sie im Wald viele finden.	29,3
<b>5.2 Der Wald wird in 5 verschiedene Stockwerke eingeteilt. Kreuze die richtigen an.</b>	
Krautschicht	69,7
Moosschicht	75,8
Baumschicht	73,7
Flechtschicht	10,1
Käferschicht	20,2
Wurzelschicht	75,8
Vogelschicht	21,2
Strauchschicht	74,7
Blattschicht	30,3
<b>5.3 Im Boden des Waldes leben Millionen von winzigen Lebewesen, die eine wichtige Rolle im Ökosystem spielen. Sie...</b>	
...dienen kleinen Säugetieren wie Mäusen als Futter.	11,1
...versorgen Pflanzenwurzeln mit Wasser.	10,1
...zersetzen Pflanzen- und Tierreste und wandeln sie in nährstoffreichen Humus um.	64,6
<b>5.4 Wälder bieten nicht nur vielen Pflanzen und Tieren einen Lebensraum, sondern tragen auch zu einem gesunden Klima für uns Menschen bei. Warum?</b>	
Weil er durch die Bäume starke Stürme abbremst.	13,1
Weil in den Blättern der Pflanzen schädliches Kohlendioxid gebunden und in lebenswichtigen Sauerstoff umgewandelt wird.	73,7
Weil die Wurzeln der Bäume starke Erdbeben verhindern.	5,1

**5.5 Lebewesen haben im Wald verschiedene Beziehungen zueinander. Es geht zum Beispiel ums „Fressen und gefressen werden“. Alle Bewohner des Ökosystems Wald bilden hier... Nur eine Antwort ist richtig!**

Eine Nahrungskette	81,8
Ein Nahrungsnetz	15,2
Ein Nahrungsband	1,0

## Zoo

**5.1 Welche Eigenschaften besitzen ausschließlich Säugetiere? Nur eine Antwort ist richtig!**

Sie legen Eier	0,7
Sie haben einen wechselwarmen Kreislauf	4,3
Sie säugen ihre Jungen	93,6

**5.2 Welche Anpassungen an ihren Lebensraum haben alle im Wasser lebenden Säugetiere? Nur eine Antwort ist richtig!**

Sie haben keine Haare	14,9
Sie haben einen stromlinienförmigen Körper	65,2
Sie haben Kiemen	17,0

**5.3 Ein gestreiftes Fell hat bei Säugetieren eine wichtige Aufgabe. Welche? Nur eine Antwort ist richtig!**

Jungtiere erkennen daran ihre Mutter	5,7
Die Streifen sind eine Tarnung vor Fressfeinden oder Beutetieren	86,5
Die Streifen lassen Weibchen attraktiver aussehen	2,1

**5.4 Säugetiere in der Wüste zeigen besondere Anpassungen. Welche? Mehrere Antworten sind möglich!**

Stark behaarte Ohren	54,6
Ein helles Fell	58,2
Große Augen	19,9
Ein dunkles Fell	16,3
Kleine Füße	8,5
Brauchen wenig Wasser	73,8

**5.5 In welchen Ökosystemen (Lebensräumen) leben Säugetiere? Mehrere Antworten sind möglich!**

Im Boden	46,8
In der Luft	52,5
Im Meer	80,1
In der Wüste	83,0
Im tropischen Regenwald	84,4

### C3 Fragebogen T2 (nur VG)

EvaSys	Lena T2VG -19.11 Goethe-Gymnasium Zoo	Electric Paper
Goethe-Universität Didaktik Biowissenschaften	Evaluationsteam Schmidt	

Markieren Sie so:     Bitte verwenden Sie einen Kugelschreiber oder nicht zu starken Filzstift. Dieser Fragebogen wird maschinell erfasst.  
 Korrektur:     Bitte beachten Sie im Interesse einer optimalen Datenerfassung die links gegebenen Hinweise beim Ausfüllen.

#### 1. Allgemeines

**Liebe Schülerin, lieber Schüler,**

mit Hilfe dieses Fragebogens möchten wir **Deine Motivation und Dein Interesse nach dem Biodiversitätsprojekt** erfragen. Kreuze bitte für jede Aussage das Kästchen an, das am besten passt.

Vielen Dank für Deine weitere Unterstützung!

**Hinweise zum Datenschutz:** Mit der Rückgabe des Fragebogens gibst Du Dein Einverständnis zur Auswertung der Daten. Die Daten werden ausschließlich für den oben genannten Zweck verwendet und keiner Drittpartei zugänglich gemacht. Die mit der Auswertung der Daten befassten Personen erhalten keine Kenntnis von Deiner Identität.

**Deine Schule (Schulname & Ort):** \_\_\_\_\_

**Deine individuelle Code-Nr.:** \_\_\_\_\_ **Deine individuelle Code-Nr.:** \_\_\_\_\_

(1) Der zweite Buchstabe Deines Vornamens (z.B. Lena = E) \_\_\_\_\_

(2) Der zweite Buchstabe Deines Nachnamens (z.B. Huber = U) \_\_\_\_\_

(3) Dein Geburtstag in zwei Ziffern (z.B. = 03) \_\_\_\_\_

#### 2. Fragen zur Person

2.1 Mein Geschlecht  weiblich  männlich

2.2 Mein Alter  10 Jahre  11 Jahre  12 Jahre  
 13 Jahre  14 Jahre  15 Jahre  
 16 Jahre

#### 3. Fragen zur Motivation:

**Denke an den eben durgeführten Unterricht zurück. Versuche bitte, Dir vorzustellen, was Du dabei gedacht und gefühlt hast. Gib bitte an, wie sehr folgende Aussagen für Dich zutreffen.**

3.1 Ich mochte das Thema Biodiversität während des Projekts.      trifft zu      trifft nicht zu

3.2 Ich glaube, ich war der Schwierigkeit des Themas Biodiversität gewachsen.      trifft zu      trifft nicht zu

3.3 Wahrscheinlich habe ich die Aufgaben zum Thema Biodiversität nicht geschafft.      trifft zu      trifft nicht zu

F2745U8252P1PL0V0 13.02.2012, Seite 1/3

EvaSys	Lena T2VG -19.11 Goethe-Gymnasium Zoo	
--------	---------------------------------------	--

### 3. Fragen zur Motivation: [Fortsetzung]

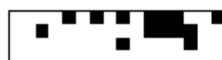
- |  |           |                          |                          |                          |                          |                          |                 |
|--|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| 3.4 Bei diesem Thema mochte ich es, Bezüge zu meinem Alltag zu entdecken.                              | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.5 Ich fühlte mich unter Druck, beim Thema Biodiversität gut abschneiden zu müssen.                   | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.6 Das Thema Biodiversität war eine richtige Herausforderung für mich.                                | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.7 Nach dem Projekt erscheint mir das Thema Biodiversität immer noch sehr interessant.                | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.8 Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abgeschnitten habe.                                 | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.9 Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamiert habe.                                     | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.10 Ich bin überzeugt, dass ich mich beim Thema Biodiversität voll angestrengt habe.                  | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.11 Bei diesem Thema brauchte ich keine Belohnung, es machte mir auch so viel Spaß.                   | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.12 Es wäre mir peinlich, hier versagt zu haben.  | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.13 Ich glaube, das konnte jeder schaffen.  | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.14 Ich glaube, ich habe die Fragen zum Thema Biodiversität nicht geschafft.                          | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.15 Da ich die Fragen zum Thema Biodiversität geschafft habe, bin ich schon ein wenig stolz auf mich. | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.16 Als ich an das Thema Biodiversität gedacht habe, war ich etwas beunruhigt.                        | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.17 Mit so einem Thema würde ich mich auch in meiner Freizeit beschäftigen.                           | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 3.18 Die hier gestellten Anforderungen haben mich abgeschreckt.  | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |

### 4. Sachinteresse an Biologie

- |  |           |                          |                          |                          |                          |                          |                 |
|--|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| 4.1 Biologie bringt mir Spaß.  | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.2 Bei biologischen Sendungen im Fernsehen schalte ich immer aus oder um.                 | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.3 Biologie gehört für mich zu den persönlich wichtigen Dingen.                           | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.4 Ich führe in meiner Freizeit nur ungern Gespräche über biologische Themen.             | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.5 Ich finde es wichtig, mich mit biologischen Fragen zu beschäftigen.                    | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.6 Biologische Bücher finde ich völlig uninteressant.                                     | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
| 4.7 In meiner Freizeit habe ich besseres zu tun, als über biologische Fragen nachzudenken. | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |

### 5. Fachinteresse an Biologie

- |  |           |                          |                          |                          |                          |                          |                 |
|--|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| 5.1 Der Biologie-Unterricht in der Schule bringt mir Spaß. | trifft zu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | trifft nicht zu |
|--|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|



EvaSys	Lena T2VG -19.11 Goethe-Gymnasium Zoo	
--------	---------------------------------------	--

### 5. Fachinteresse an Biologie [Fortsetzung]

5.2 Ich komme im Biologie-Unterricht gut mit.                      trifft zu      trifft nicht zu

### 6. Fragen zu den Arbeitsblättern

**Damit wir die Arbeitsblätter zum Thema Biodiversität verbessern können, bitten wir um Deine Mithilfe. Bitte sag uns Deine ehrliche Meinung zu den Arbeitsblättern, die wir im Laufe des Projekttagess bearbeitet haben.**

- 6.1 Die Texte der Arbeitsblätter habe ich gut verstanden.                      trifft zu      trifft nicht zu
- 6.2 Ich fand die Texte der Arbeitsblätter zu lang.                      trifft zu      trifft nicht zu
- 6.3 Die Abbildungen auf den Arbeitsblättern haben mir geholfen, die Aufgabe besser zu verstehen.                      trifft zu      trifft nicht zu
- 6.4 Ich finde, man könnte die die Abbildungen auch weglassen.                      trifft zu      trifft nicht zu
- 6.5 Die Aufgaben der Arbeitsblätter fand ich zu schwer.                      trifft zu      trifft nicht zu
- 6.6 Das Bestimmen der Zahnformel von Säugetieren hat mir geholfen, ihre Lebensgewohnheiten besser zu verstehen.                      trifft zu      trifft nicht zu

**Super, das war der letzte Fragebogen!  
Ganz herzlichen Dank für Deine Unterstützung!**



## 2 Fragen zur Person

	PG	SE	SWH	ZOO
<b>2.1 Mein Geschlecht</b>				
weiblich	60,8	62,2	60,7	58,5
männlich	39,2	37,8	39,3	41,5
<b>2.2 Mein Alter</b>				
10 Jahre	20,3	0	0	23,2
11 Jahre	48,6	1,4	7,1	59,8
12 Jahre	29,7	27,0	35,7	17,1
13 Jahre	1,4	18,9	16,1	0
14 Jahre	20,3	33,8	5,4	0
15 Jahre	0	16,2	26,8	0
16 Jahre	0	2,7	7,1	0

## 3 Fragen zur Motivation

3.1 Ich mochte das Thema Biodiversität während des Projekts.		PG	SE	SWH	ZOO
	trifft zu	39,1	31,0	32,8	50,7
		30,4	23,9	24,6	33,3
		20,3	26,8	24,6	13,3
		7,2	8,5	8,2	2,7
	trifft nicht zu	2,9	9,9	9,8	0
3.2 Ich glaube, ich war der Schwierigkeit des Themas Biodiversität gewachsen.	trifft zu	42,0	30,6	34,4	58,7
		34,8	29,2	27,9	25,3
		17,4	29,2	23,0	12,0
		4,3	1,4	8,2	2,7
	trifft nicht zu	1,4	9,7	6,6	1,3
	3.3 Wahrscheinlich habe ich die Aufgaben zum Thema Biodiversität nicht geschafft.	trifft zu	47,8	5,6	4,9
		7,2	6,9	6,6	4,0
		13,0	18,1	21,3	10,7
		31,9	26,4	23,0	16,0
trifft nicht zu		47,8	43,1	44,3	68,0
3.4 Bei diesem Thema mochte ich es, Bezüge zu meinem Alltag zu entdecken.		trifft zu	30,4	25,0	19,7
		29,0	26,4	13,1	22,7
		27,5	27,8	47,5	18,7
		4,3	6,9	4,9	10,7
	trifft nicht zu	8,7	13,9	14,8	2,7

3.5 Ich fühlte mich unter Druck, beim Thema Biodiversität gut abschneiden zu müssen.	<b>trifft zu</b>	1,4	1,4	6,6	2,7
		7,2	8,3	9,8	2,7
		10,1	23,6	11,5	8,1
		20,3	13,9	13,1	16,2
	<b>trifft nicht zu</b>	60,9	52,8	59,0	70,3
3.6 Das Thema Biodiversität war eine richtige Herausforderung für mich.	<b>trifft zu</b>	7,2	5,7	11,5	9,3
		13,0	15,7	6,6	14,7
		18,8	25,7	18,0	6,7
		20,3	22,9	19,7	12,0
	<b>trifft nicht zu</b>	40,6	30,0	44,3	57,3
3.7 Nach dem Projekt erscheint mir das Thema Biodiversität immer noch sehr interessant.	<b>trifft zu</b>	36,2	25,0	34,4	45,3
		21,7	22,2	18,0	30,7
		27,5	30,6	21,3	13,3
		8,7	12,5	11,5	5,3
	<b>trifft nicht zu</b>	5,8	9,7	14,8	5,3
3.8 Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abgeschnitten habe.	<b>trifft zu</b>	36,2	21,1	32,7	35,6
		11,6	14,1	13,1	24,7
		26,1	18,3	26,2	15,1
		13,0	22,5	14,8	1,4
	<b>trifft nicht zu</b>	13,0	23,9	13,1	23,3
3.9 Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamiert habe.	<b>trifft zu</b>	1,4	2,8	6,6	5,3
		7,2	1,4	4,9	10,7
		10,1	12,7	15,3	5,3
		20,3	11,3	14,8	6,7
	<b>trifft nicht zu</b>	60,9	71,8	57,4	72,0
3.10 Ich bin überzeugt, dass ich mich beim Thema Biodiversität voll angestrengt habe.	<b>trifft zu</b>	33,8	22,2	21,3	37,0
		32,4	27,8	34,4	32,9
		23,5	29,2	21,3	19,2
		7,4	8,3	13,1	4,1
	<b>trifft nicht zu</b>	2,9	12,5	9,8	6,8
3.11 Bei diesem Thema brauchte ich keine Belohnung, es machte mir auch so viel Spaß.	<b>trifft zu</b>	44,1	31,0	39,3	52,0
		20,6	23,9	9,8	24,0
		16,2	15,5	26,2	13,3
		10,3	9,9	13,1	2,7
	<b>trifft nicht zu</b>	8,8	19,7	11,5	8,0
3.12 Es wäre mir peinlich, hier zu versagt zu haben.	<b>trifft zu</b>	4,3	4,2	9,8	12,0
		5,8	9,9	11,5	5,3
		10,1	11,3	11,5	9,3
		23,2	14,1	16,4	9,3
	<b>trifft nicht zu</b>	56,5	60,6	50,8	64,0



3.13 Ich glaube, das konnte jeder schaffen.	<b>trifft zu</b>	24,6	39,4	49,2	53,4
		26,1	25,4	19,7	23,3
		26,1	23,9	18,0	13,7
		13,0	8,5	9,8	5,5
	<b>trifft nicht zu</b>	10,1	2,8	3,3	4,1
3.14 Ich glaube, ich habe die Fragen zum Thema Biodiversität nicht geschafft.	<b>trifft zu</b>	1,4	2,8	8,2	2,8
		1,4	9,9	6,6	5,6
		14,5	16,9	18,0	6,9
		21,7	22,5	19,6	11,1
	<b>trifft nicht zu</b>	60,9	47,9	47,5	73,6
3.15 Da ich die Fragen zum Thema Biodiversität geschafft habe, bin ich schon ein wenig stolz auf mich.	<b>trifft zu</b>	30,9	20,8	27,9	40,0
		20,6	19,4	19,7	22,7
		23,5	29,2	29,5	20,0
		11,8	9,7	9,8	5,3
	<b>trifft nicht zu</b>	13,2	20,8	13,1	12,0
3.16 Als ich an das Thema Biodiversität gedacht habe, war ich etwas beunruhigt.	<b>trifft zu</b>	2,9	4,2	1,6	6,7
		5,8	11,1	8,2	6,7
		15,9	22,2	23,0	8,0
		33,3	25,0	23,0	16,0
	<b>trifft nicht zu</b>	42,0	37,5	44,3	62,7
3.17 Mit so einem Thema würde ich mich auch in meiner Freizeit beschäftigen.	<b>trifft zu</b>	20,9	11,1	16,4	16,0
		16,4	19,4	6,6	20,0
		16,4	23,6	21,3	29,3
		16,4	13,9	9,8	16,0
	<b>trifft nicht zu</b>	29,9	31,9	45,9	18,7
3.18 Die hier gestellten Anforderungen haben mich abgeschreckt.	<b>trifft zu</b>	1,4	2,8	0	1,3
		2,9	4,2	3,3	6,7
		14,5	22,5	26,2	2,7
		23,2	22,5	19,6	20,0
	<b>trifft nicht zu</b>	58,0	47,9	50,8	69,3

#### 4 Sachinteresse an Biologie

		PG	SE	SWH	ZOO
4.1 Biologie bringt mir Spaß.	<b>trifft zu</b>	47,8	29,6	52,5	40,5
		13,0	25,4	11,5	25,7
		24,6	18,3	24,6	10,8
		10,1	14,1	3,3	12,2
	<b>trifft nicht zu</b>	4,3	12,7	8,2	10,8
4.2 Bei biologischen Sendungen im Fernsehen schalte ich immer aus oder um.	<b>trifft zu</b>	16,2	18,3	21,3	8,1
		13,2	15,5	24,5	13,5
		22,1	31,0	21,3	25,7
		19,1	16,9	11,5	14,9
	<b>trifft nicht zu</b>	29,4	18,3	21,3	37,8
4.3 Biologie gehört für mich zu den persönlich wichtigen Dingen.	<b>trifft zu</b>	14,7	8,5	11,5	22,7
		22,1	12,7	21,3	20,0
		29,4	31,0	26,2	22,7
		17,6	28,2	21,3	16,0
	<b>trifft nicht zu</b>	16,2	19,7	19,7	18,7
4.4 Ich führe in meiner Freizeit nur ungern Gespräche über biologische Themen.	<b>trifft zu</b>	18,8	12,9	23,0	16,2
		15,9	14,3	14,8	8,1
		24,6	31,4	21,3	32,4
		17,4	21,4	14,8	14,9
	<b>trifft nicht zu</b>	23,2	20,0	26,2	28,4
4.5 Ich finde es wichtig, mich mit biologischen Fragen zu beschäftigen.	<b>trifft zu</b>	15,9	12,5	18,0	32,0
		23,2	20,8	21,3	24,0
		27,5	31,9	31,1	16,0
		18,8	19,4	11,5	20,0
	<b>trifft nicht zu</b>	14,5	15,3	18,0	8,0
4.6 Biologische Bücher finde ich völlig uninteressant.	<b>trifft zu</b>	16,2	22,2	26,2	9,3
		19,1	8,3	9,8	16,0
		19,1	34,7	17,0	16,0
		22,1	22,2	27,8	16,0
	<b>trifft nicht zu</b>	23,5	12,5	18,0	42,7
4.7 In meiner Freizeit habe ich Besseres zu tun, als über biologische Fragen nachzudenken.	<b>trifft zu</b>	20,3	26,4	29,5	12,0
		20,3	15,3	24,6	12,0
		30,4	27,8	24,6	28,0
		17,4	25,0	8,2	22,7
	<b>trifft nicht zu</b>	11,6	5,6	13,1	25,3

## 5 Fachinteresse an Biologie

		PG	SE	SWH	ZOO
5.1 Der Biologie-Unterricht in der Schule bringt mir Spaß.	<b>trifft zu</b>	42,0	27,7	50,8	43,8
		27,5	24,6	18,0	20,5
		15,9	20,0	16,4	13,7
		7,2	12,3	3,3	8,2
	<b>trifft nicht zu</b>	7,2	15,4	11,5	13,7
5.2 Ich komme im Biologie- Unterricht gut mit.	<b>trifft zu</b>	52,2	41,9	66,3	50,8
		29,0	24,2	26,2	34,9
		14,5	22,6	11,5	9,5
		4,3	6,5	3,3	1,6
	<b>trifft nicht zu</b>	52,2	4,8	3,3	3,2

## 6 Fragen zu den Arbeitsblättern

		PG	SE	SWH	ZOO
6.1 Die Texte der Arbeitsblätter habe ich gut verstanden.	<b>trifft zu</b>	56,5	56,9	55,7	79,7
		30,4	27,8	24,6	13,5
		11,6	11,1	16,4	5,4
		1,4	1,4	3,3	1,4
	<b>trifft nicht zu</b>	0	2,8	0	79,7
6.2 Ich fand die Texte der Arbeitsblätter zu lang.	<b>trifft zu</b>	7,4	11,3	8,2	5,3
		11,8	8,5	13,1	6,7
		22,1	25,4	27,9	12,0
		17,6	12,7	18,0	18,7
	<b>trifft nicht zu</b>	41,2	42,3	32,8	57,3
6.3 Die Abbildungen auf den Arbeitsblättern haben mir geholfen, die Aufgaben besser zu verstehen.	<b>trifft zu</b>	41,2	29,2	25,4	42,3
		25,0	12,5	33,9	18,3
		23,5	8,3	23,7	26,8
		5,9	8,3	5,1	4,2
	<b>trifft nicht zu</b>	4,4	6,9	11,9	8,5
6.4 Ich finde, am könnte die Abbildungen auch weglassen.	<b>trifft zu</b>	5,8	9,7	9,8	6,7
		4,3	18,1	6,6	5,3
		26,1	16,7	31,1	18,7
		20,3	48,6	19,7	21,3
	<b>trifft nicht zu</b>	43,5	41,7	32,8	48,0
6.5 Die Aufgaben der Arbeitsblätter fand ich zu schwer.	<b>trifft zu</b>	0	1,4	1,6	1,3
		2,9	2,8	8,2	5,3
		13,0	11,1	14,8	6,7
		24,6	33,3	18,0	13,3
	<b>trifft nicht zu</b>	59,4	51,4	57,4	73,3

6.6 Das Ertasten der Pflanzen hat mir geholfen, ihre Anpassung an ihre Lebensräume besser zu verstehen. (PG)	<b>trifft zu</b>	49,3			
		22,4			
		19,4			
		3,0			
	<b>trifft nicht zu</b>	6,0			
6.6 Das Basteln der Gipsabdrücke hat mir geholfen, die Entstehung von Fossilien besser zu verstehen. (SE)	<b>trifft zu</b>		50,7		
			11,3		
			12,7		
			9,9		
	<b>trifft nicht zu</b>		15,5		
6.6 Das Regenwurmglas war ein spannendes Experiment. (SWH)	<b>trifft zu</b>			58,6	
				13,8	
				15,5	
				5,2	
	<b>trifft nicht zu</b>			6,9	
6.6 Das Bestimmen der Zahnformeln der Säugetiere hat mir geholfen, ihre Lebensgewohnheiten besser zu verstehen. (ZOO)	<b>trifft zu</b>				40,0
					20,0
					21,3
					8,0
	<b>trifft nicht zu</b>				10,7

## C4 Fragebogen T3 (VG +KG)

EvaSys	Lena T3VG -12.04. M.W.S PG	Electric Paper
Goethe-Universität	Evaluationsteam	
Didaktik Biowissenschaften	Schmidt	

Markieren Sie so:     Bitte verwenden Sie einen Kugelschreiber oder nicht zu starken Filzstift. Dieser Fragebogen wird maschinell erfasst.  
 Korrektur:     Bitte beachten Sie im Interesse einer optimalen Datenerfassung die links gegebenen Hinweise beim Ausfüllen.

### 1. Allgemeines

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

Vor einigen Wochen haben wir gemeinsam das Biodiversitätsprojekt mit einer Führung im Palmengarten durchgeführt. Nun möchten wir erfragen, ob Du Dich weiter mit dem Thema beschäftigt hast und was Du noch über das Thema weißt.  
 Kreuze bitte für jede Aussage das Kästchen an, das am besten passt.

Vielen Dank für Deine Unterstützung!

**Hinweise zum Datenschutz:** Mit der Rückgabe des Fragebogens gibst Du Dein Einverständnis zur Auswertung der Daten. Die Daten werden ausschließlich für den oben genannten Zweck verwendet und keiner Drittpartei zugänglich gemacht. Die mit der Auswertung der Daten befassten Personen erhalten keine Kenntnis von Deiner Identität.

Deine Schule (Schulname & Ort): \_\_\_\_\_

Deine individuelle Code-Nr.: \_\_\_\_\_ Deine individuelle Code-Nr.: \_\_\_\_\_

(1) Der zweite Buchstabe Deines Vornamens (z.B. Lena = E) \_\_\_\_\_

(2) Der zweite Buchstabe Deines Nachnamens (z.B. Huber = U) \_\_\_\_\_

(3) Dein Geburtstag in zwei Ziffern (z.B. = 03) \_\_\_\_\_

### 2. Fragen zur Person

2.1 Mein Geschlecht  weiblich  männlich

2.2 Mein Alter  10 Jahre  11 Jahre  12 Jahre  
 13 Jahre  14 Jahre  15 Jahre  
 16 Jahre

### 3. Sachinteresse an Biologie

3.1 Biologie bringt mir Spaß. trifft zu      trifft nicht zu

3.2 Bei biologischen Sendungen im Fernsehen schalte ich immer aus oder um. trifft zu      trifft nicht zu

3.3 Biologie gehört für mich zu den persönlich wichtigen Dingen. trifft zu      trifft nicht zu

3.4 Ich führe in meiner Freizeit nur ungern Gespräche über biologische Themen. trifft zu      trifft nicht zu

3.5 Ich finde es wichtig, mich mit biologischen Fragen zu beschäftigen. trifft zu      trifft nicht zu

F3326U34113P1PL0V0 13.02.2012, Seite 1/2

EvaSys	Lena T3VG -12.04. M.W.S PG	
--------	----------------------------	--

### 3. Sachinteresse an Biologie [Fortsetzung]

3.6 Biologische Bücher finde ich völlig uninteressant.      trifft zu      trifft nicht zu

3.7 In meiner Freizeit habe ich besseres zu tun, als über biologische Fragen nachzudenken.      trifft zu      trifft nicht zu

### 4. Fachinteresse an Biologie

4.1 Der Biologie-Unterricht in der Schule bringt mir Spaß.      trifft zu      trifft nicht zu

4.2 Ich komme im Biologie-Unterricht gut mit.      trifft zu      trifft nicht zu

### 5. Beschäftigung mit dem Thema

5.1 Ich habe mit Freunden, Eltern oder Geschwistern über Dinge gesprochen, die ich beim Biodiversitätsprojekt erlebt habe.      trifft zu      trifft nicht zu

5.2 Ich habe in Büchern oder im Internet nachgeschlagen, um mehr Informationen über das Thema „Biodiversität“ zu bekommen.      trifft zu      trifft nicht zu

5.3 Ich habe außerhalb des Unterrichts über Dinge nachgedacht, die wir am Biodiversitätsprojekt gesehen oder angesprochen haben.      trifft zu      trifft nicht zu

### 6. Fragen zu den Inhalten der Führung

Die folgenden Fragen sollen uns helfen, herauszufinden, was Du während des Projekt gelernt hast. Es ist keine Prüfung, für die Du eine Note bekommst!

6.1 Wie viele tropische Vegetationszonen gibt es? Nur eine Antwort ist richtig!  
 5                                       7                                       9

6.2 Welches dieser Ökosysteme ist nicht tropisch? Nur eine Antwort ist richtig!  
 Mangrove                               Wüste und Halbwüste                               Kiefernwald


6.3 Was sind typische Anpassungen von Pflanzen an heiße, trockene Lebensräume? Nur eine Antwort ist richtig.  
 Kugelform und Dornen                               Lange, dünne Äste                               Große, fleischige Blätter

6.4 Wo auf der Erde befinden sich die Tropen? Nur eine Antworten ist richtig!  
 Ganz im Norden und ganz im Süden                               Nur am Äquator                               Ungefähr zwischen nördlichem und südlichem Wendekreis

6.5 Welche Vorteile haben Aufsitzerpflanzen (z.B.Bromelien)? Mehrere Antworten sind möglich!  
 Sie bekommen in der Höhe mehr Regenwasser ab                               Sie werden nicht so leicht gefressen                               Sie bekommen mehr Licht ab  
 Ihr Blütenduft verteilt sich besser                               Sie können die Aussicht besser genießen                               Die Farben ihrer Blüten werden bunter

**Super! Das war wirklich der aller-aller-letzte Fragebogen! Vielen Dank fürs Mitmachen!**

F3326U34113P2PLDVO 13.02.2012, Seite 2/2



## 2 Fragen zur Person

	PG	SE	SWH	ZOO
<b>2.1 Mein Geschlecht</b>				
weiblich	55,6	64,8	67,0	53,5
männlich	44,4	35,2	33,0	46,5
<b>2.2 Mein Alter</b>				
10 Jahre	9,2	0	5,3	13,5
11 Jahre	31,0	0,7	28,7	58,2
12 Jahre	38,0	14,6	19,1	25,5
13 Jahre	20,4	22,9	6,4	2,1
14 Jahre	1,4	41,0	30,9	0,7
15 Jahre	0	18,1	8,5	0
16 Jahre	0	2,1	5,3	0

## 3 Sachinteresse an Biologie

3.1 Biologie bringt mir Spaß.		PG	SE	SWH	ZOO
	trifft zu	38,8	11,3	31,6	41,8
		33,3	33,1	36,7	23,5
		17,8	38,3	21,5	26,5
		6,2	9,8	3,8	5,1
	trifft nicht zu	3,9	7,5	6,3	3,1
3.2 Bei biologischen Sendungen im Fernsehen schalte ich immer aus oder um.	trifft zu	14,8	15,9	21,5	11,6
		16,4	27,3	13,9	16,8
		26,2	25,8	24,1	13,7
		23,0	21,2	29,1	29,5
	trifft nicht zu	19,7	9,8	11,4	28,4
	3.3 Biologie gehört für mich zu den persönlich wichtigen Dingen.	trifft zu	18,6	2,3	7,6
		19,4	7,5	25,3	22,7
		32,6	30,1	27,8	27,8
		19,4	34,6	27,8	16,5
trifft nicht zu		10,1	25,6	11,4	17,5
3.4 Ich führe in meiner Freizeit nur ungern Gespräche über biologische Themen.		trifft zu	17,2	18,2	11,4
		15,6	21,2	19,0	11,2
		28,9	31,8	26,6	30,6
		17,2	18,2	20,3	16,3
	trifft nicht zu	21,1	10,6	22,8	29,6

3.5 Ich finde es wichtig, mich mit biologischen Fragen zu beschäftigen.	<b>trifft zu</b>	17,7	3,8	21,5	30,6
		19,2	19,5	19,0	28,6
		32,3	33,1	39,2	17,3
		16,2	25,6	8,9	16,3
	<b>trifft nicht zu</b>	14,6	18,0	11,4	7,1
3.6 Biologische Bücher finde ich völlig uninteressant.	<b>trifft zu</b>	16,2	24,1	20,3	10,3
		12,3	21,1	16,5	13,4
		20,8	24,1	30,4	30,9
		25,4	26,3	27,8	14,4
	<b>trifft nicht zu</b>	25,4	4,5	5,1	30,9
3.7 In meiner Freizeit habe ich Besseres zu tun, als über biologische Fragen nachzudenken.	<b>trifft zu</b>	22,3	22,1	21,5	20,0
		16,9	31,3	24,1	13,7
		25,4	27,5	30,4	25,3
		20,0	13,0	13,9	24,2
	<b>trifft nicht zu</b>	15,4	6,1	10,1	16,8

#### 4 Fachinteresse an Biologie

4.1 Der Biologie-Unterricht in der Schule bringt mir Spaß.		<b>PG</b>	<b>SE</b>	<b>SWH</b>	<b>ZOO</b>
	<b>trifft zu</b>	43,1	13,5	43,0	40,8
		28,5	34,6	21,5	25,5
		17,7	27,1	19,0	21,4
		6,2	13,5	10,1	4,1
	<b>trifft nicht zu</b>	4,6	11,3	6,3	8,2
4.2 Ich komme im Biologie-Unterricht gut mit.	<b>trifft zu</b>	45,7	28,0	54,4	50,0
		38,0	39,4	29,1	27,6
		12,4	22,7	12,7	14,3
		3,1	7,6	3,8	8,2
	<b>trifft nicht zu</b>	0,8	2,3	0	0



## 5 Beschäftigung mit dem Thema

	PG	SE	SWH	ZOO	
5.1 Ich habe mit Freunden, Eltern oder Geschwistern über Dinge gesprochen, die ich beim Biodiversitätsprojekt erlebt habe.	<b>trifft zu</b>	36,7	15,2	24,1	32,7
		15,6	29,5	22,8	23,5
		21,1	13,6	17,7	17,3
		10,9	14,4	15,2	13,3
	<b>trifft nicht zu</b>	15,6	27,3	20,3	13,3
5.2 Ich habe in Büchern oder im Internet nachgeschlagen, um mehr Informationen über das Thema „Biodiversität“ zu bekommen.	<b>trifft zu</b>	8,5	4,5	2,5	13,3
		9,3	3,8	5,1	11,2
		17,1	11,3	13,9	13,3
		16,3	21,1	16,5	14,3
	<b>trifft nicht zu</b>	48,8	59,4	62,0	48,0
5.3 Ich habe außerhalb des Unterrichts über Dinge nachgedacht, die wir am Biodiversitätsprojekt gesehen oder angesprochen haben.	<b>trifft zu</b>	20,2	9,1	16,5	28,6
		20,2	18,2	13,9	19,4
		25,6	18,2	24,1	24,5
		11,6	15,9	16,5	10,2
	<b>trifft nicht zu</b>	22,5	38,6	29,1	17,3

## 6 Fragen zu den Inhalten der Führung

### Palmengarten

<b>6.1 Wie viele tropische Vegetationszonen gibt es. Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
5	27,7
7	64,6
9	5,4
<b>6.2 Welches dieser Ökosysteme ist <u>nicht</u> tropisch? Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
Mangrove	17,7
Wüste und Halbwüste	19,2
Kiefernwald	62,3
<b>6.3 Was sind typische Anpassungen von Pflanzen an heiße, trockene Lebensräume? Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
Kugelform und Dornen	49,2
Lange, dünne Äste	22,3
Große, fleischige Blätter	28,5
<b>6.4 Wo auf der Erde befinden sich die Tropen? Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
Ganz im Norden und ganz im Süden	7,7
Nur am Äquator	56,9
Ungefähr zwischen nördlichem und südlichem Wendekreis	35,4
<b>6.5 Welche Vorteile haben Aufsitzerpflanzen (z.B. Bromelien)? Mehrere Antworten sind möglich!</b>	
Sie bekommen in der Höhe mehr Regenwasser ab	89,2
Sie werden nicht so leicht gefressen	66,2
Sie bekommen mehr Licht ab	92,3

Ihr Blütenduft verteilt sich besser	20,8
Sie können die Aussicht besser genießen	16,2
Die Farben ihrer Blüten werden bunter	21,5

### Senckenbergmuseum

<b>6.1 Fossilien helfen uns, um etwas über vergangene Ökosysteme herauszufinden. Sie sind nichts anderes als... Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
...versteinerte Überreste ausgestorbener Lebewesen	95,5
...Knochen von Urmenschen	1,5
...Millionen Jahre alte Steine	3,0
<b>6.2 Durch mehrere große Massenaussterben haben sich die Ökosysteme der Erde ganz schön verändert. Was ist ein möglicher Grund für ein solches Ereignis? Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
Ein einzelnes Erdbeben	4,5
Ein Meteoriteneinschlag	85,0
Eine Flutwelle	8,3
<b>6.3 Auch durch das Verhalten der Menschen wurden schon viele Tier- und Pflanzenarten ausgerottet. Welche der folgenden Gründe können Ursachen dafür gewesen sein. Mehrere Antworten sind möglich.</b>	
Das Einschleppen von fremden Raubtieren in neue Gebiete (z.B. auf Schiffen)	48,9
Die Zerstörung von Lebensräume von Pflanzen und Tieren	91,7
Das übermäßige Jagen von Tieren	71,4
Die Belastung von Böden durch zu viel Dünger und Chemikalien	46,6
<b>6.4 Dass Tiere meist gut an ihre Umgebung angepasst sind, kann man gut am Urpferd aus der Fossilfundstätte Grube Messel sehen. In dem tropischen Regenwald war es gut angepasst, weil es... Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
Sehr groß und schwer war.	0,8
Klein, leicht und gut beweglich war.	90,2
Nachts aktiv war, um sich vor Feinden zu schützen.	6,8
<b>6.5 Lebewesen haben im Wald verschiedene Beziehungen zueinander. Es geht zum Beispiel ums „Fressen und gefressen werden“. Alle Bewohner des Ökosystems Wald bilden hier... Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
Eine Nahrungskette	72,9
Ein Nahrungsnetz	25,6
Ein Nahrungsband	1,5

## Stadtwaldhaus

<b>6.1 Tiere im Wald sind gut an ihre Umgebung angepasst. Welche der folgenden Aussagen sind <u>keine</u> Anpassungen an das Leben im Wald?</b>	
Rehe sind durch ihr braun gepunktetes Fell in ihrer Umgebung schlecht zu erkennen. Das schützt sie vor Fressfeinden.	30,4
Wildschweine können mit ihrer feinen Nase Würmer, Maden und anderes Futter unter dem Laub „erschnüffeln“.	29,1
Die Lieblingspeise von Eichhörnchen sind Nüsse, von denen sie im Wald viele finden.	32,9
<b>6.2 Der Wald wird in 5 verschiedene Stockwerke eingeteilt. Kreuze die richtigen an.</b>	
Krautschicht	51,9
Moosschicht	81,0
Baumschicht	73,4
Flechtschicht	11,4
Käferschicht	21,5
Wurzelschicht	79,7
Vogelschicht	22,8
Strauchschicht	58,2
Blattschicht	51,9
<b>6.3 Im Boden des Waldes leben Millionen von winzigen Lebewesen, die eine wichtige Rolle im Ökosystem spielen. Sie...</b>	
...dienen kleinen Säugetieren wie Mäusen als Futter.	10,1
...versorgen Pflanzenwurzeln mit Wasser.	16,5
...zersetzten Pflanzen- und Tierreste und wandeln sie in nährstoffreichen Humus um.	68,4
<b>6.4 Wälder bieten nicht nur vielen Pflanzen und Tieren einen Lebensraum, sondern tragen auch zu einem gesunden Klima für uns Menschen bei. Warum?</b>	
Weil er durch die Bäume starke Stürme abbremst.	6,3
Weil in den Blättern der Pflanzen schädliches Kohlendioxid gebunden und in lebenswichtigen Sauerstoff umgewandelt wird.	86,1
Weil die Wurzeln der Bäume starke Erdbeben verhindern.	3,8
<b>6.5 Lebewesen haben im Wald verschiedene Beziehungen zueinander. Es geht zum Beispiel ums „Fressen und gefressen werden“. Alle Bewohner des Ökosystems Wald bilden hier... Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
Eine Nahrungskette	72,2
Ein Nahrungsnetz	12,7
Ein Nahrungsband	11,4

## Zoo

<b>6.1 Welche Eigenschaften besitzen ausschließlich Säugetiere? Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
Sie legen Eier	3,1
Sie haben einen wechselwarmen Kreislauf	4,1
Sie säugen ihre Jungen	92,9
<b>6.2 Welche Anpassungen an ihren Lebensraum haben alle im Wasser lebenden Säugetiere? Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
Sie haben keine Haare	14,3
Sie haben einen stromlinienförmigen Körper	59,2
Sie haben Kiemen	24,5
<b>6.3 Ein gestreiftes Fell hat bei Säugetieren eine wichtige Aufgabe. Welche? Nur eine Antwort ist richtig!</b>	
Jungtiere erkennen daran ihre Mutter	7,1
Die Streifen sind eine Tarnung vor Fressfeinden oder Beutetieren	88,8
Die Streifen lassen Weibchen attraktiver aussehen	2,0
<b>6.4 Säugetiere in der Wüste zeigen besondere Anpassungen. Welche? Mehrere Antworten sind möglich!</b>	
Stark behaarte Ohren	60,2
Ein helles Fell	57,1
Große Augen	20,4
Ein dunkles Fell	19,4
Kleine Füße	11,2
Brauchen wenig Wasser	86,7
<b>6.5 In welchen Ökosystemen (Lebensräumen) leben Säugetiere? Mehrere Antworten sind möglich!</b>	
Im Boden	55,1
In der Luft	48,0
Im Meer	85,7
In der Wüste	90,8
Im tropischen Regenwald	89,8

## D Konzipierte Unterrichtsmaterialien

### D1 Arbeitsblätter „Was ist Biodiversität?“



Was ist Biodiversität?

1

#### Was ist Biodiversität und warum ist sie so wichtig?

##### **i** Biodiversität

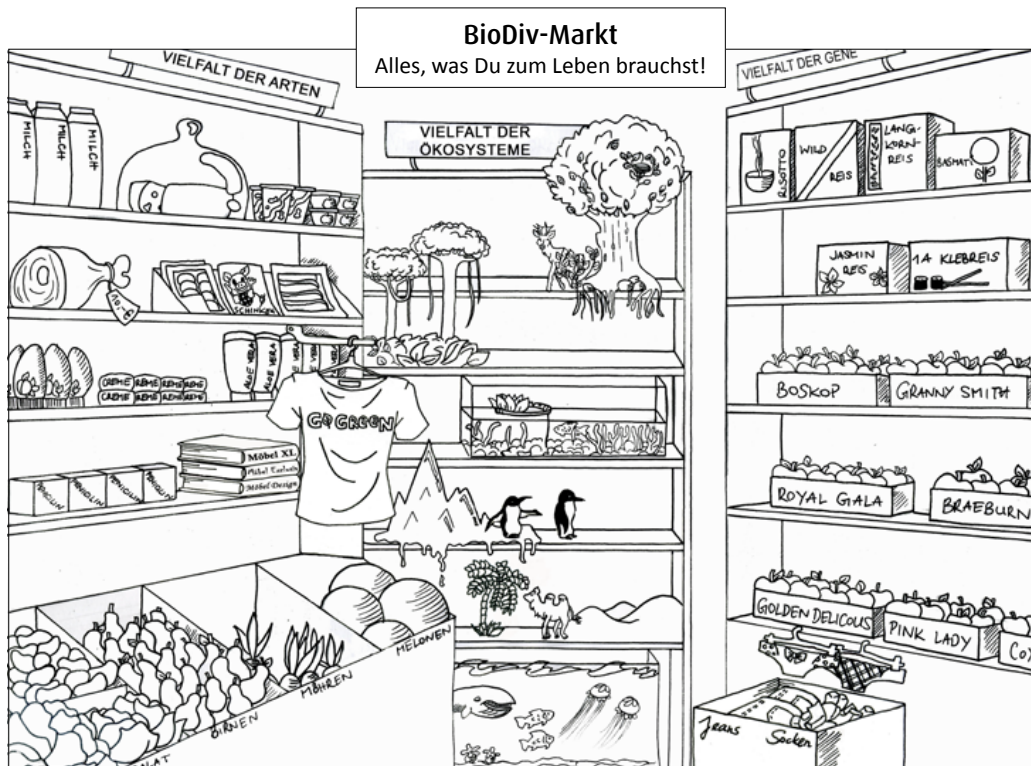
Mit Biodiversität oder Biologischer Vielfalt sind alle Lebewesen wie Tiere, Pflanzen, Einzeller, Pilze und Bakterien gemeint, aber auch die Beziehungen der Lebewesen untereinander.

Man unterteilt Biodiversität in drei Ebenen:

- Genetische Vielfalt
- Vielfalt der Arten
- Vielfalt der Ökosysteme

Die biologische Vielfalt bietet uns viele „Dienstleistungen“ der Natur wie Nahrung, Medizin und Rohstoffe, ohne die wir nicht überleben könnten.

Aber die Natur wird durch uns Menschen zerstört. Zum Beispiel die Abholzung von Regenwäldern und die Belastung der Umwelt durch zu viel Dünger und Gifte gefährden die biologische Vielfalt und damit auch unser Überleben und das der nächsten Generationen.



**Aufgaben:** Schau Dir den Biodiversitäts-Supermarkt genau an.

1. Welche Dinge aus den Regalen nutzt Du täglich?
2. Finde insgesamt 15 Produkte aus allen Bereichen der Natur, die Du als Nahrung, Medikamente, in der Freizeit oder in der Schule brauchst.



Was ist Biodiversität?

2

## Genetische Vielfalt

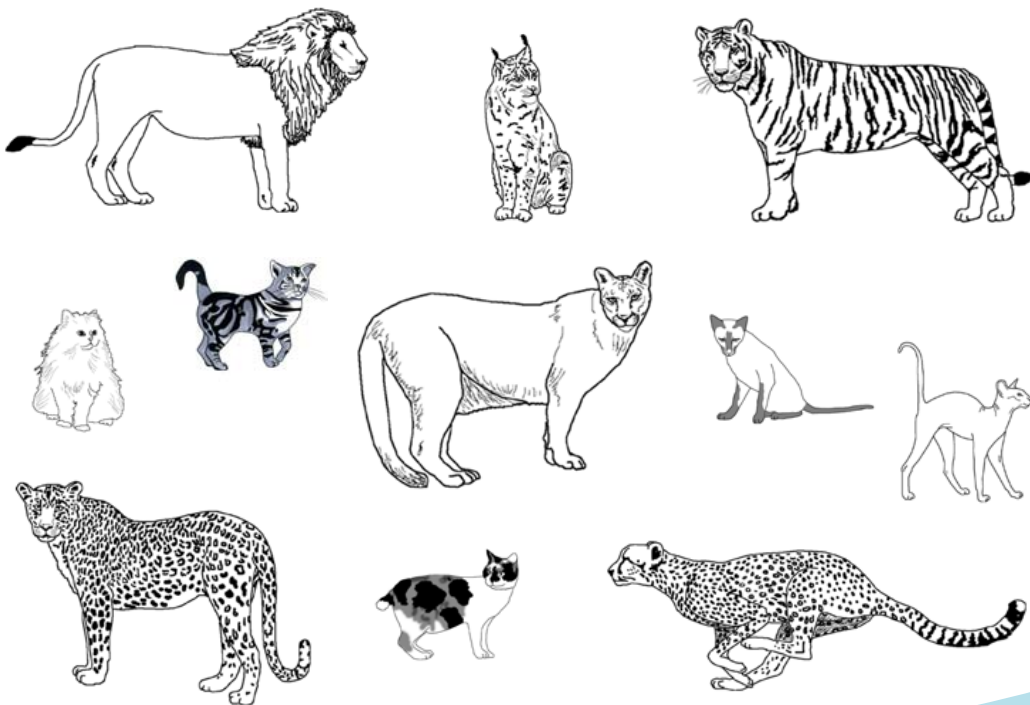
### **i** Biologische Art

Zu einer Art gehören alle Lebewesen, die von einem gemeinsamen Vorfahren abstammen und sich durch ihr Aussehen von anderen Arten unterscheiden lassen. Außerdem können sich nur Lebewesen einer Art miteinander fortpflanzen. Pflanzenarten unterscheidet man an ihren Blütenformen, Tiere oft an ihren Knochen oder bestimmten Mustern des Gehäuses oder der Schuppen.

Innerhalb einer Art kann es aber auch verschiedene Rassen (bei Tieren) oder Sorten stark unterscheiden. Fällt Dir ein Beispiel ein?

Nicht alle Tiere oder Pflanzen, die zu einer Art gehören, sehen gleich aus oder verhalten sich gleich. Das kann man zum Beispiel an uns Menschen sehen: Wir gehören alle zur gleichen Art, haben aber blonde, braune oder schwarze Haare und sind größer oder kleiner. Diese Unterschiede sind im Erbmateriale unserer Zellen, den Genen, gespeichert. Diese Vielfalt ist sehr wichtig, weil sie es ermöglicht, dass sich Lebewesen verändern und an neue Gegebenheiten anpassen können.

**Aufgabe:** Hier sind einige Vertreter der Familie der Katzen gezeigt. Welche davon sind aber keine eigene Art, sondern Rassen? Markiere sie!





### Vielfalt der Arten

Auf der Erde gibt es geschätzte 10–100 Millionen Arten von Pflanzen, Tieren, Einzellern, Pilzen und Bakterien (das entspricht 15–150mal der Einwohnerzahl von Frankfurt am Main!). Viele Menschen denken bei einer hohen Artenzahl an tropische Regenwälder mit ihren vielen üppigen Pflanzen und fremdartigen Tieren. Aber so weit musst Du gar nicht reisen, um viele Arten selbst zu beobachten!

**Aufgabe:** Auf der heimischen Blumenwiese wimmelt es vor Leben. Zähle alle Tier- und Pflanzenarten, die Du entdecken kannst!



Ich habe \_\_\_\_\_ Tierarten und \_\_\_\_\_ Pflanzenarten entdeckt.

Vergleiche das Ergebnis mit dem Deiner Mitschüler. Könnt Ihr einige der Arten benennen?  
Hättest Du gedacht, dass es so viele Arten auf einer Wiese gibt?



Was ist Biodiversität?

4

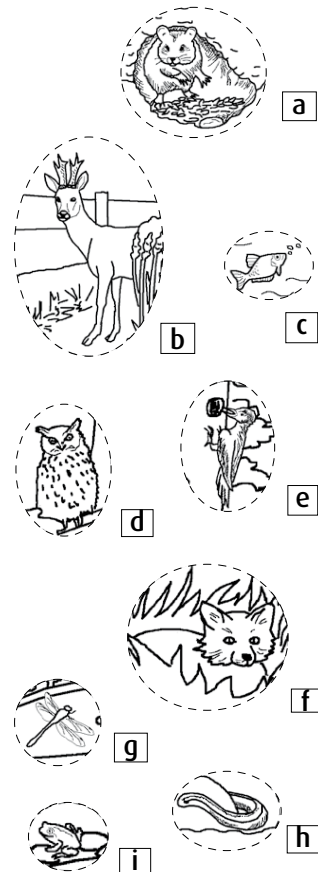
## Vielfalt der Ökosysteme

Wald, Steppe, Gebirge, Meer und Wüste: All das sind verschiedene Lebensräume, an die die dort lebenden Tiere und Pflanzen gut angepasst sind. Aber einzelne Tiere oder Pflanzen leben nie alleine, sondern sind von anderen Lebewesen des Ökosystems teilweise abhängig.

**Aufgabe:** Auf dem Bild unten sind mehrere Ökosysteme abgebildet. Kannst Du erkennen wie viele? Die Tiere würden gerne in ihren Lebensraum zurückkehren. Hilfe ihnen und ordne sie zu.

### i Ökosystem

Ein Ökosystem setzt sich zusammen aus der unbelebten und der belebten Natur. Zur unbelebten Natur (dem Biotop) gehören z. B. das vorhandene Wasser, das Licht, die Steine oder die Erde. Zur belebten Natur (der Biozönose) zählen alle Tiere, Pflanzen, Pilze, Einzeller und Bakterien, die zusammen eine Lebensgemeinschaft bilden. Ein Ökosystem hat keine strenge Grenze und ist auch mit benachbarten Ökosystemen verbunden.





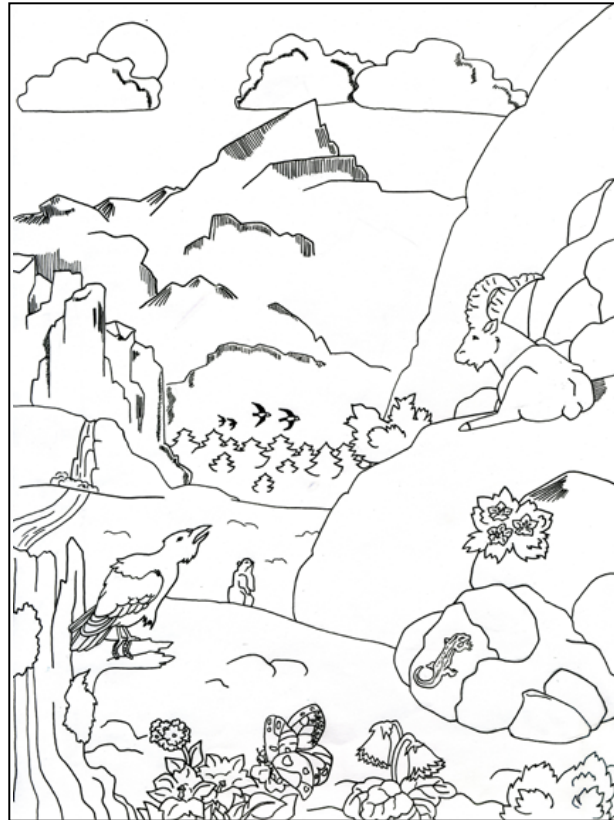
## D2 Arbeitsblätter „Was ist ein Ökosystem?“



Was ist ein Ökosystem?

1

## Was ist ein Ökosystem?



Unlebte Natur (Biotop)  
z. B. die Steine, der Boden, die Luft, der Regen, das Licht... Diese Einflüsse werden auch abiotische Faktoren genannt und bilden zusammen einen Lebensraum.

+

Belebte Natur (Biozönose)  
alle Pflanzen, Tiere, Pilze, Einzeller und Bakterien in einem Biotop; Gemeinsam stellen sie die biotischen Faktoren dar und bilden eine Lebensgemeinschaft.

= Ökosystem

Ökosysteme der Erde gibt es auf dem Festland, im Meer und im Süßwasser. Beispiele dafür sind Wüsten, Wälder, Meere, Wiesen, Seen, Flüsse, Moore...

**Aufgabe:** Male im Ökosystem Alpen (Bild oben) die unbelebte Natur (braun) und die belebte Natur (grün) aus und überlege, wie sie voneinander abhängen.



Was ist ein Ökosystem?

2

## Wer frisst wen im Ökosystem?

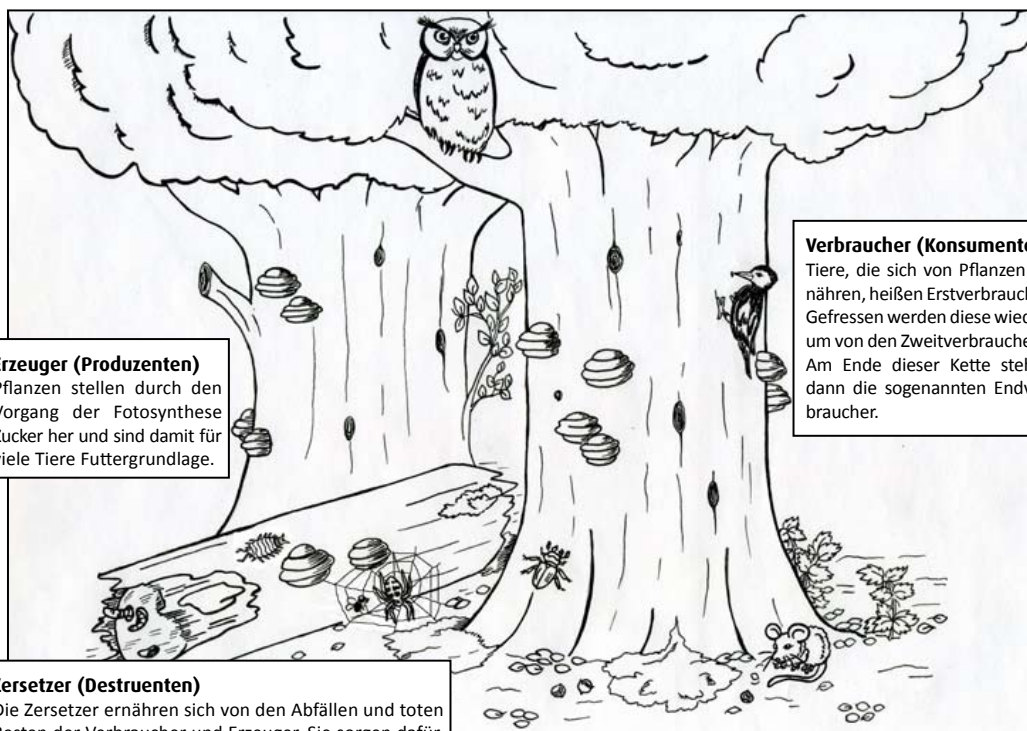
### **i** Nahrungskette / Nahrungsnetz

Wenn Brennnesseln von der Raupe des Tagpfauen-  
auges gefressen werden und diese wiederum  
von einer Kohlmeise, spricht man von einer  
**Nahrungskette**.

Die Raupen werden aber nicht nur von der  
Kohlmeise, sondern auch von anderen Vögeln  
erbeutet, und die Brennnesselblätter stellen  
auch Futter für andere Tiere dar. Wenn also viele  
Nahrungsketten miteinander verbunden sind, so  
bilden sie zusammen ein **Nahrungsnetz**.

Die Beziehungen der Lebewesen eines Ökosystems  
untereinander kann man gut an den Nahrungs-  
ketten und Nahrungsnetzen erkennen.

**Aufgabe:** Überlege Dir für das Nahrungsnetz  
unten, wer hier wen frisst, und verbinde die  
beteiligten Lebewesen des Netzes mit Pfeilen!



#### **Erzeuger (Produzenten)**

Pflanzen stellen durch den  
Vorgang der Photosynthese  
Zucker her und sind damit für  
viele Tiere Futtergrundlage.

#### **Verbraucher (Konsumenten)**

Tiere, die sich von Pflanzen er-  
nähren, heißen Erstverbraucher.  
Gefressen werden diese wieder-  
um von den Zweitverbrauchern.  
Am Ende dieser Kette stehen  
dann die sogenannten Endver-  
braucher.

#### **Zersetzer (Destruenten)**

Die Zersetzer ernähren sich von den Abfällen und toten  
Resten der Verbraucher und Erzeuger. Sie sorgen dafür,  
dass alle Nährstoffe wieder zurück in die Erde gelangen.  
Viele Regenwürmer, Asseln, Pilze und Bakterien sind  
zum Beispiel Zersetzer.



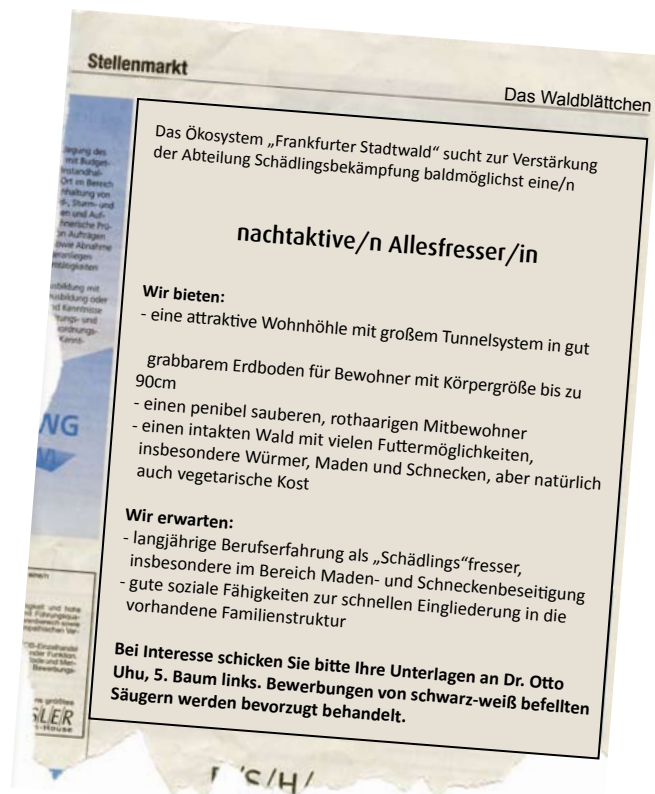
## Jobs im Ökosystem

In einem Ökosystem spielt die **ökologische Nische** eine wichtige Rolle: Ist das Ökosystem sozusagen die „Adresse“ der Lebewesen, dann ist die ökologische Nische ihr „Beruf“. Sie beinhaltet alle abiotischen und biotischen Faktoren, auch **Umweltbedingungen** genannt, die für ein Lebewesen notwendig sind, und schließt auch seine Beziehungen zu anderen mit ein.

**Aufgabe:** Lies die Stellenanzeige links gründlich durch.

Wer könnte der ideale Bewerber für die ökologische Nische sein?

Schreibe eine Bewerbung des Tieres für die Stelle. Der Lebenslauf und das Anschreiben unten können Dir als Vorlage dienen. Nutze zur Recherche das Internet und ein Tierlexikon.



An den Stadtwald Frankfurt  
Dr. Otto Uhu  
5. Baum links

Von ?  
Wohnhöhle ?

Sehr geehrter Herr Dr. Uhu,

mit großem Interesse habe ich Ihre Stellenausschreibung als Allesfresser gelesen. Ich möchte mich gerne für die Stelle bewerben, weil....  
Ich halte mich für besonders gut geeignet, weil...

Mit freundlichen Grüßen  
XXX

### Lebenslauf:

Name:  
Wissenschaftlicher Name:  
Wirbeltierklasse:  
Vorkommen:  
Nahrung:  
Sozialleben:  
Aussehen:  
Besondere Merkmale:

Foto  
oder  
Bild



Was ist ein Ökosystem?

4

### Spurensuche am Tatort

Damit sich Tiere und Pflanzen, die den selben Bereich eines Ökosystems bewohnen, nicht in die Quere kommen und sich gegenseitig Konkurrenz machen, bilden sie unterschiedliche ökologische Nischen nebeneinander. Dies geschieht zum Beispiel, indem sie sich auf andere Nahrung spezialisieren, sich andere Brut- und Nistplätze suchen oder zu unterschiedlichen Zeiten aktiv sind.



Am 23. Mai um 14.00 Uhr wurde in Burghausen ein Kaninchen aus einem Stall eines Bauernhofs entführt. Die Polizei konnte den Spuren des Täters bis zu seiner Wohnhöhle folgen, die sich im Frankfurter Stadtwald befindet. In der Nähe der Höhle wurden vier Verdächtige festgenommen: ein Dachs, ein Fuchs, ein Igel und ein Baumrarder.

**Aufgabe:** Hilf der Polizei, den Täter zu identifizieren, indem Du die ökologischen Nischen der Verdächtigen vergleichst. Vielleicht fallen Dir wichtige Unterschiede auf, die Dich auf die richtige Spur bringen. Wer war der Täter?

Verdächtiger:

**Wohnort:**

**Nahrung:**

**Aktive Zeit:**

**Ruhezeit:**

**Fellfarbe/Tarnung:**

**Nistplatz:**

**Sozialleben:**

...

D3 Arbeitsblätter „Von der Wüste bis zum Regenwald“



Von der Wüste bis zum Regenwald

1-2

Hier fühl ich mich wohl! – Angepasste Pflanzen in den Tropen

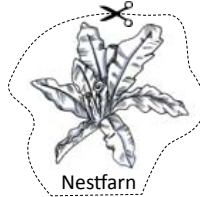
**Aufgabe:** Druckt die Weltkarte (Blatt 1–1) mit Hilfe Eures Lehrers auf einem DIN A3 – Blatt aus. Findet Informationen zu den unten angegebenen Pflanzen, füllt den Steckbrief aus und schneidet die Pflanzen und Steckbriefe aus. Klebt dann das Bild und den Steckbrief auf der Weltkarte in die passende Vegetationszone.



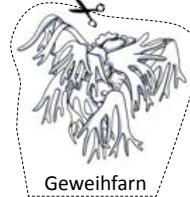
Echte Aloe



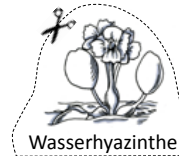
Bromelie



Nestfarn



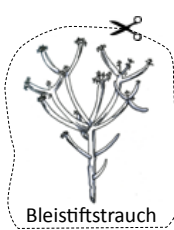
Geweihfarn



Wasserhyazinthe



Schwiegermutterzunge



Bleistiftstrauch

Wissenschaftlicher Name: ✂

Heimat:

Vegetationszone:

Größe:

Blattform:

Besonderheiten:

Wissenschaftlicher Name: ✂

Heimat:

Vegetationszone:

Größe:

Blattform:

Besonderheiten:

Wissenschaftlicher Name: ✂

Heimat:

Vegetationszone:

Größe:

Blattform:

Besonderheiten:

Wissenschaftlicher Name: ✂

Heimat:

Vegetationszone:

Größe:

Blattform:

Besonderheiten:

Wissenschaftlicher Name: ✂

Heimat:

Vegetationszone:

Größe:

Blattform:

Besonderheiten:

Wissenschaftlicher Name: ✂

Heimat:

Vegetationszone:

Größe:

Blattform:

Besonderheiten:

Wissenschaftlicher Name: ✂

Heimat:

Vegetationszone:

Größe:

Blattform:





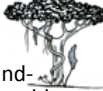


Besonderheiten:



### Der Wohlfühlfaktor - Klimazonen der Tropen

Pflanzen sehen in verschiedenen Klimazonen oft ganz unterschiedlich aus. Dies hängt oft mit den abiotischen Faktoren (= unbelebte Natur) zusammen, an die sie sich anpassen müssen.

**Aufgabe:** In der folgenden Tabelle stehen die tropischen Ökosysteme, wie Du sie im Palmengarten finden kannst. Überlege Dir mit Deinem Nachbarn, welche abiotischen Faktoren dort welche Rolle spielen. Kennzeichne das Vorhandensein mit 😊 (= viel), 😐 (= mittel) oder ☹️ (= wenig) wie im Beispiel angegeben.

	Sonnenlicht	Wärme	Nährstoffe im Boden	Niederschlagsmenge (Regen, Schnee, Nebel...)	Platz für jede Pflanze
 Halbwüste/ Wüste	😊	😊 / ☹️ tags    nachts	☹️	☹️	😊
 Dornwald					
 Savanne					
Monsun- und Passat- wald 					
 Tiefland- regenwald					
 Berg- regenwald					
 Mangrove					



### Tropische Regenwälder – gefährdete Schatzkammern

Tropische Tieflandregenwälder sind faszinierende, vielfältige Lebensräume mit ungeheuer vielen Pflanzen- und Tierarten. Doch durch Rodung und Abholzung verschwindet jährlich eine Fläche von 13 Millionen Hektar an diesen Wäldern (das ist eine Fläche so groß wie Bayern, Baden-Württemberg und Hessen zusammen!).

1. Die fünf Stockwerke des Regenwaldes sind: Boden, Obergeschoss, Dachgeschoss, Krautgeschoss, Untergeschoss. Trage sie in der richtigen Reihenfolge auf den Linien ein!

2. Viele unserer Früchte, Heilpflanzen und andere Nutzpflanzen kommen aus dem Regenwald. **Kannst Du zehn aufzählen?** Ananas

3. Im Regenwald gibt es viele Aufsitzerpflanzen, die Epiphyten. Sie leben auf den Ästen der großen Bäume. Überlege: **Warum wachsen sie dort oben?** Bromelie

4. Schätze! In den Regenwäldern der Erde leben vermutlich  
 a) 50 %  
 b) 95 %  
 c) 75 %  
 aller Tier- und Pflanzenarten. Tukan

5. Tropische Regenwälder spielen für das Klima und den Wasserhaushalt der Erde eine wichtige Rolle. **Recherchiere warum und wie sich die Zerstörung des Regenwaldes auswirkt.**



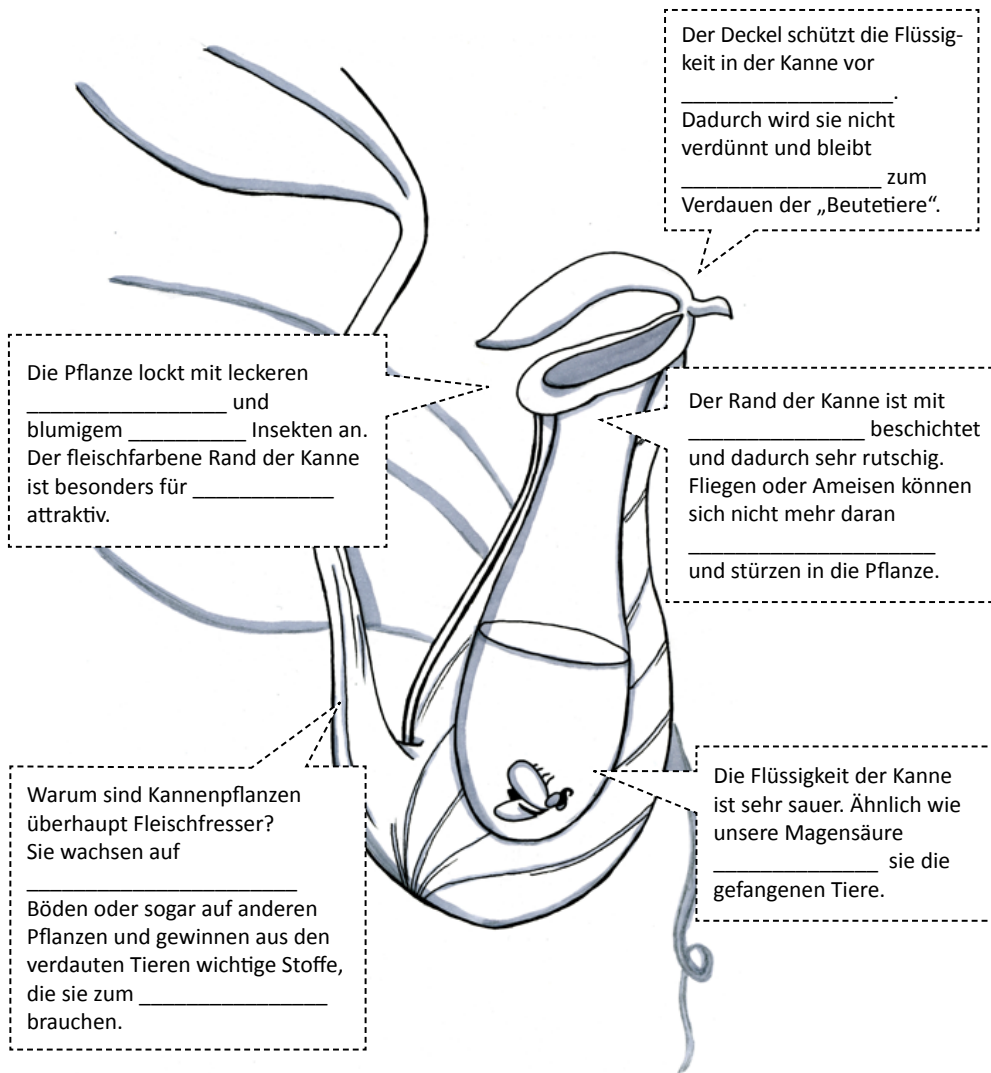
Von der Wüste bis zum Regenwald

4

### Reingefallen – Kannenpflanzen in Aktion!

Kannenpflanzen sind fleischfressende Pflanzen, die in Asien und Afrika leben. In den becherartigen Fallgruben verdauen sie Insekten in einer sehr sauren „Magenflüssigkeit“.

**Aufgabe:** Welche Anpassungen Kannenpflanzen an ihren Lebensraum zeigen, siehst Du im Bild. Fülle die Lückentexte mit den unten angegebenen Begriffen aus.

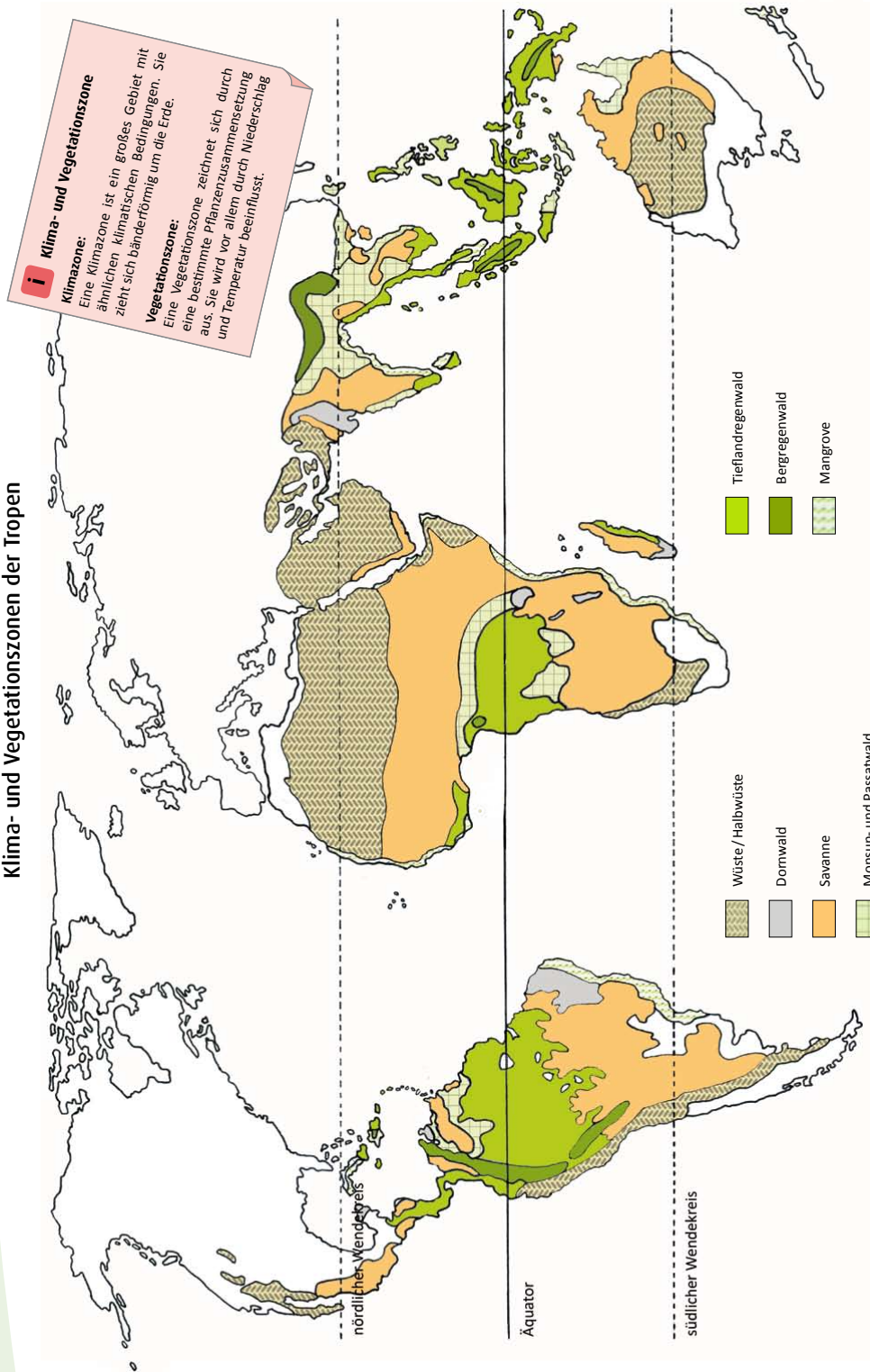


nähstoffarmen – wirksam – Duft – Wachsen – Regen – Wachs – Nektartröpfchen – zersetzt – festhalten – Fliegen





Klima- und Vegetationszonen der Tropen



## D4 Arbeitsblätter „Ökosysteme in Raum und Zeit“



Ökosysteme in Raum und Zeit

1-1

### Leben auf der Erde – früher und heute

Das Leben auf der Erde sah nicht immer so aus, wie wir Menschen es heute kennen. Im Laufe der Geschichte unseres Planeten haben sich alle Ökosysteme immer wieder verändert, neue Arten sind entstanden und einige auch wieder ausgestorben.

**Aufgabe:** Teilt Eure Klasse in Gruppen auf, die sich jeweils mit einem Textabschnitt beschäftigen. Ordnet mit den gegebenen Informationen die Tiere und Pflanzen von Blatt 1–3 den richtigen Zeiten zu und schneidet sie aus. Den Zeitstrahl von Blatt 1–2 könnt Ihr vergrößert kopieren und mit den ausgeschnittenen Tieren und Pflanzen ein Poster für Euer Klassenzimmer basteln.

Gruppe 1

Nachdem im Präkambrium schon die ersten Lebewesen (Bakterien, Algen) in den Meeren entstanden waren, entwickelte sich im **Erdaltertum** eine große Vielfalt an Tieren und Pflanzen: Die ersten Tiere waren **Schwämme, Quallen, Korallen, Trilobiten und Brachiopoden**. Im Ordovizium schafften es die ersten Pflanzen, das Land zu besiedeln. Es waren **Nacktfarne**. Ihnen folgten im Silur **Urfarne und Flechten**, später **Moose und Pflanzen mit Wurzeln**. Im Meer lebten zu dieser Zeit schon **Fische, Stachelhäuter** und dann auch **Panzerfische und Ammoniten**. Die ersten Tiere an Land waren **fischähnliche Lurche und auch Insekten**, die sich gegen Ende des Devons entwickelten. Im Karbon entstanden **Wälder aus riesigen Farnen und Schachtelhalmen**, die von **gigantischen Insekten** bewohnt wurden. Das Erdaltertum wurde durch große Massenaussterben beendet, bei denen über 75% aller Arten vermutlich durch Klimaveränderungen verschwanden.

Gruppe 2

Das **Erdmittelalter** war das Zeitalter der **Saurier**. Die ersten **Dinosaurier**, die in der Trias auftauchten, ernährten sich von Pflanzen oder **kleinen Säugetieren**, von denen man auch hier die ältesten Überreste fand. Außerdem entwickelten sich **Flug- und Fischesaurier, Schildkröten und Krokodile**. Typische Pflanzen waren gigantische **Riesenfarnen und Schachtelhalme**. In der Jurazeit gab es **riesige Pflanzenfresser** wie zum Beispiel den bekannten **Brachiosaurus** und den **Diplodocus**. Ihre Lieblingsspeise waren **Ginkgo-Bäume und Palmfarne**. Aber auch die ersten **Raubsaurier** tauchten auf, deren Beute andere Dinosaurier waren. Mit dem **Archaeopteryx** traten federtragende, vogelähnliche Tiere auf. In der Kreidezeit entstanden noch mehr **Raubsaurierarten** wie zum Beispiel der berühmte **Tyrannosaurus**. Bei den Pflanzenfressern entwickelten sich Stacheln und große Hörner (wie beim **Triceratops**), um sich gegen Angreifer wehren zu können. Die ersten **Blütenpflanzen** wuchsen auf der Erde. Das **Aussterben der Dinosaurier** und vieler anderer Tiergruppen bezeichnet auch das Ende des Erdmittelalters. Grund dafür könnten ein Meteoriteneinschlag auf die Erde oder auch heftige Vulkanausbrüche sein, die das Klima stark veränderten und so das Leben der Dinosaurier unmöglich machten.

Gruppe 3

Die **Erdneuzeit** ist geprägt von einer großen Vielfalt der **Säugetiere**. **Pferde, Fledermäuse, Nagetiere und Affen** entwickelten sich im Tertiär. Zusätzlich bevölkerten mehr und mehr **Vogelarten** die Luft. Die Blütenpflanzen breiteten sich aus, Gras wuchs auf großen Steppen. Im Quartär wechselten sich Eiszeiten und wärmere Phasen ab. **Mammuts, Wollnashörner und Säbelzahnkatzen** zogen auf der Suche nach Nahrung umher. Die ersten **Vor- und Frühmenschen** entstanden in Afrika und bevölkerten von dort aus die ganze Welt. In Europa erschienen die **Neanderthaler** vor ca. 200 000 Jahren und wurden vor 30 000 Jahren vom **modernen Menschen** verdrängt. Große Säuger wie die Mammuts verschwanden auch durch die Jagd des Menschen vor ca. 10 000 Jahren am Ende der letzten Eiszeit.

Vielleicht kommen in den Texten Lebewesen vor, von denen Ihr noch nicht gehört habt. Ihr könnt sie spätestens bei Eurem Besuch im Senckenbergmuseum kennen lernen!



## Leben auf der Erde – früher und heute

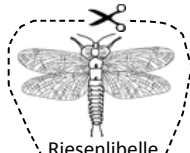
Erdneuzeit (Känozoikum)	Quartär	1,6 Mio Jahre
	Tertiär	65 Mio Jahre
Erdmittelalter (Mesozoikum)	Kreide	145 Mio Jahre
	Jura	205 Mio Jahre
	Trias	250 Mio Jahre
	Perm	290 Mio Jahre
Erdaltertum (Paläozoikum)	Karbon	355 Mio Jahre
	Devon	415 Mio Jahre
	Silur	445 Mio Jahre
	Ordovizium	490 Mio Jahre
	Kambrium	540 Mio Jahre
	Proterozoikum	2500 Mio Jahre
	Azoikum	4600 Mio Jahre
	Präkambrium (keine Fossilfunde)	



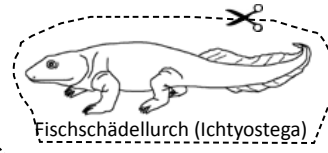
Leben auf der Erde – früher und heute



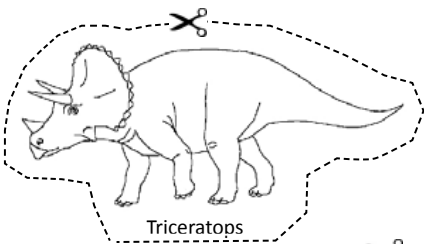
Vogel (Kohlmeise)



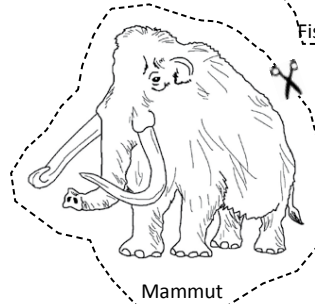
Riesenlibelle



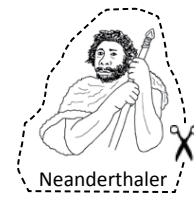
Fischschädellurch (Ichtyostega)



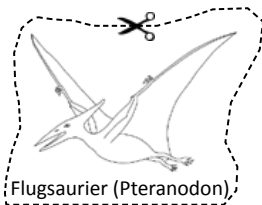
Triceratops



Mammut



Neanderthaler



Flugsaurier (Pteranodon)



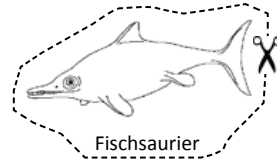
Affe (Gibbon)



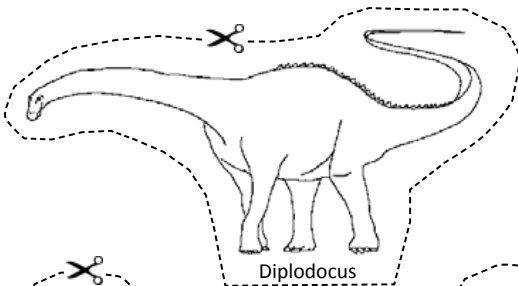
Riesenschachtelhalm



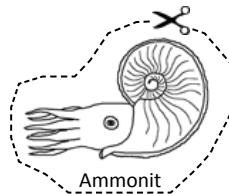
Blütenpflanze (Lilie)



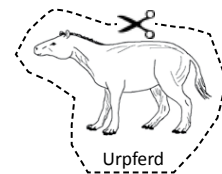
Fischsaurier



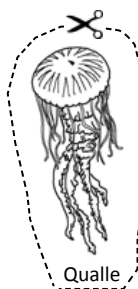
Diplodocus



Ammonit



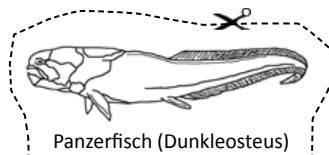
Urpferd



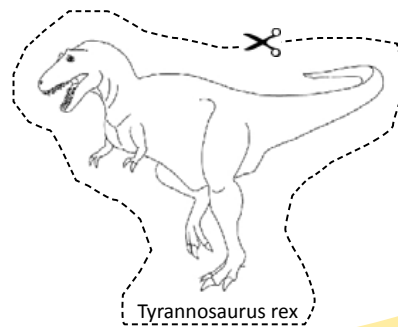
Qualle



Säugetier (Chinchilla)



Panzerfisch (Dunkleosteus)



Tyrannosaurus rex

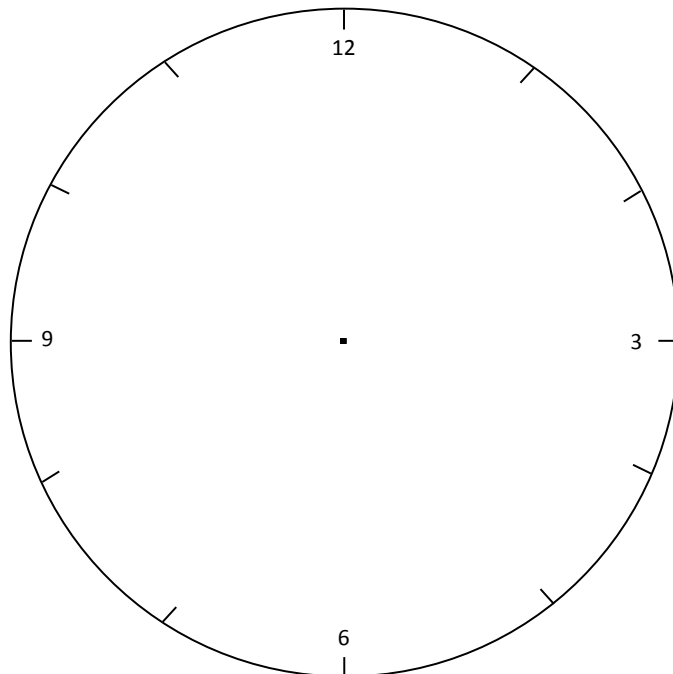


### Kinder, wie die Zeit vergeht...!

Heute glaubt man, dass unsere Erde ca. 4,6 Milliarden Jahre alt ist. Lebewesen gibt es vermutlich seit 3,5 Milliarden Jahren und den modernen Menschen seit ca. 160 000 Jahren. Das sind beeindruckende Zahlen, doch wie soll man sich die richtig vorstellen können?

**Aufgabe:** Für die Erdzeituhr wurden wichtige Ereignisse in der Erdgeschichte in Stunden und Minuten eines Tages umgerechnet. Übertrage die berechneten Zeitpunkte auf die leere Uhr unten. Markiere dabei die drei großen Erdzeitalter farbig und trage die wichtigen Ereignisse ein. Was fällt Dir auf?

Was?	Wann?	Um wieviel Uhr?
Erstes Leben auf der Erde	vor 3500 Millionen Jahren	6:16 Uhr
Beginn des Erdaltertums	vor 540 Millionen Jahren	21:11 Uhr
Landgang der Wirbeltiere	vor 350 Millionen Jahren	22:10 Uhr
Beginn des Erdmittelalters	vor 250 Millionen Jahren	22:41 Uhr
Erster Dinosaurier	vor 245 Millionen Jahren	22:42 Uhr
Erstes Säugetier	vor 200 Millionen Jahren	22:57 Uhr
Aussterben der Dinosaurier	vor 65 Millionen Jahren	23:40 Uhr
Beginn der Erdneuzeit	vor 65 Millionen Jahren	23:40 Uhr
Erster Vormensch	vor 7 Millionen Jahren	23:58 Uhr
Erster moderner Mensch	<i>Homo sapiens</i> , vor 160 000 Jahren	23:59 Uhr 57 s





## Fossilien – Spuren der Vergangenheit

Eine Sensation! In der Grube Messel, einer ca. 47 Millionen Jahre alten Fossilfundstätte in der Nähe von Darmstadt, wurde ein besonders gut erhaltenes Urpferdchen gefunden. Es gibt viele Hinweise auf den Lebensraum und die Lebensweise des Tieres.

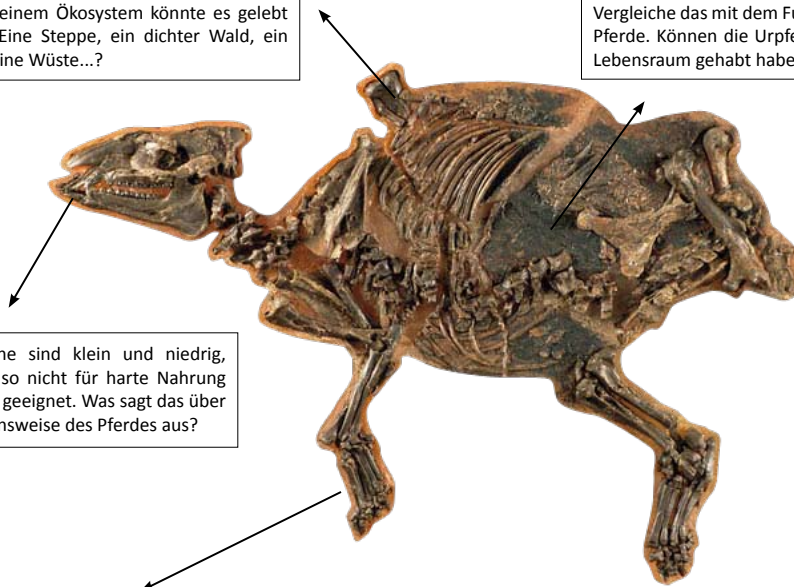
**Aufgabe:** Schlüpfe in die Rolle eines Wissenschaftlers vor Ort und sammle Spuren, die Dir mehr verraten.

### i Fossilien

Vieles über vergangene Ökosysteme der Erde wissen wir Menschen durch die Funde von Fossilien. Das sind versteinerte Reste von gestorbenen Tieren und Pflanzen. Fossilien können Knochen, Blätter, Fußspuren oder Kot sein. Sie entstehen, wenn ein Lebewesen nach seinem Tod ohne Sauerstoff abgelagert wird, so dass keine Bakterien es zersetzen können. Oft erzählen Fossilien nicht nur etwas über den Körper des versteinerten Organismus, sondern auch über seine Lebensweise.

Das Tier ist ungefähr 40 cm hoch und 50 cm lang, also ganz schön klein für ein Pferd! In was für einem Ökosystem könnte es gelebt haben? Eine Steppe, ein dichter Wald, ein Sumpf, eine Wüste...?

Im Magen des Urpferdes wurden weiche Blätter und Weintraubenkerne gefunden. Vergleiche das mit dem Futter der heutigen Pferde. Können die Urpferde den gleichen Lebensraum gehabt haben?



Die Zähne sind klein und niedrig, waren also nicht für harte Nahrung wie Gras geeignet. Was sagt das über die Lebensweise des Pferdes aus?

Das Urpferd hat an den Vorderbeinen vier und an den Hinterbeinen drei Hufe. So bildeten sie einen größere Fläche als die Hufe der modernen Pferde. Welche Vorteile könnte das haben? Ist es geeigneter für das Laufen auf harten oder weichen Boden?

Wie und wo lebte das Messeler Urpferd?

**Noch ein Tipp:** In der Grube Messel wurden auch Alligatoren, Ameisenbären und riesige bunte Käfer gefunden. Mehr Informationen findest Du unter [www.senckenberg.de](http://www.senckenberg.de) oder [www.grube-messel.de](http://www.grube-messel.de).



## Fossilien „selbstgemacht“!

Fossilien sind oft Knochen von ausgestorbenen Tieren. Sie können aber auch Abdrücke auf einem ehemals weichen Boden sein – also Fußabdrücke oder Vertiefungen von Muscheln, Schnecken oder anderen Lebewesen. Die kann man sogar selbst nachbasteln, ohne dafür tausende Jahre warten zu müssen!

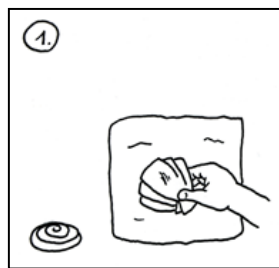
### Bastelanleitung für „Fossilien“

#### Ihr braucht:

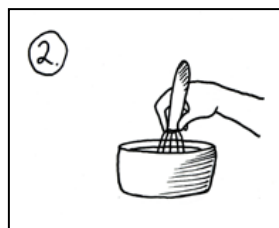
- „Fossilien“ wie Muscheln, Schneckenhäuser...
- Knete
- Einen Gipsbecher und einen Löffel zum Umrühren
- Gips und Wasser

Alles da? Dann kann`s losgehen!

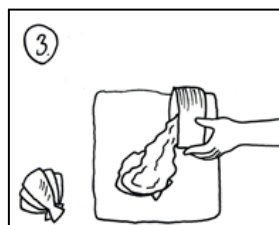
#### So geht`s:



Formt aus der Knete einen kleinen Block, der ca. 5 cm lang und breit und ca. 2 cm hoch ist. Drückt das „Fossil“ Eurer Wahl, also z.B. eine Muschel oder Schnecke, möglichst tief in den Knete-Block und nehmt es wieder aus dem Block heraus.



Rührt nun in dem Gipsbecher 2 Esslöffel Gips und wenig Wasser zusammen. Rührt so lange um, bis ein zäher Brei entstanden ist.



Füllt dieses Gips-Wasser-Gemisch in den Abdruck Eures „Fossils“ im Knete-Block. Jetzt heißt es warten, bis der Gips getrocknet ist. Das dauert mindestens 15 Minuten. Dann könnt Ihr den fertigen Abdruck vorsichtig aus der Knete lösen. Fertig! Vergleicht den Abdruck mit Eurer echten Vorlage.

## D5 Arbeitsblätter „Vom Waldboden bis zur Baumkrone“



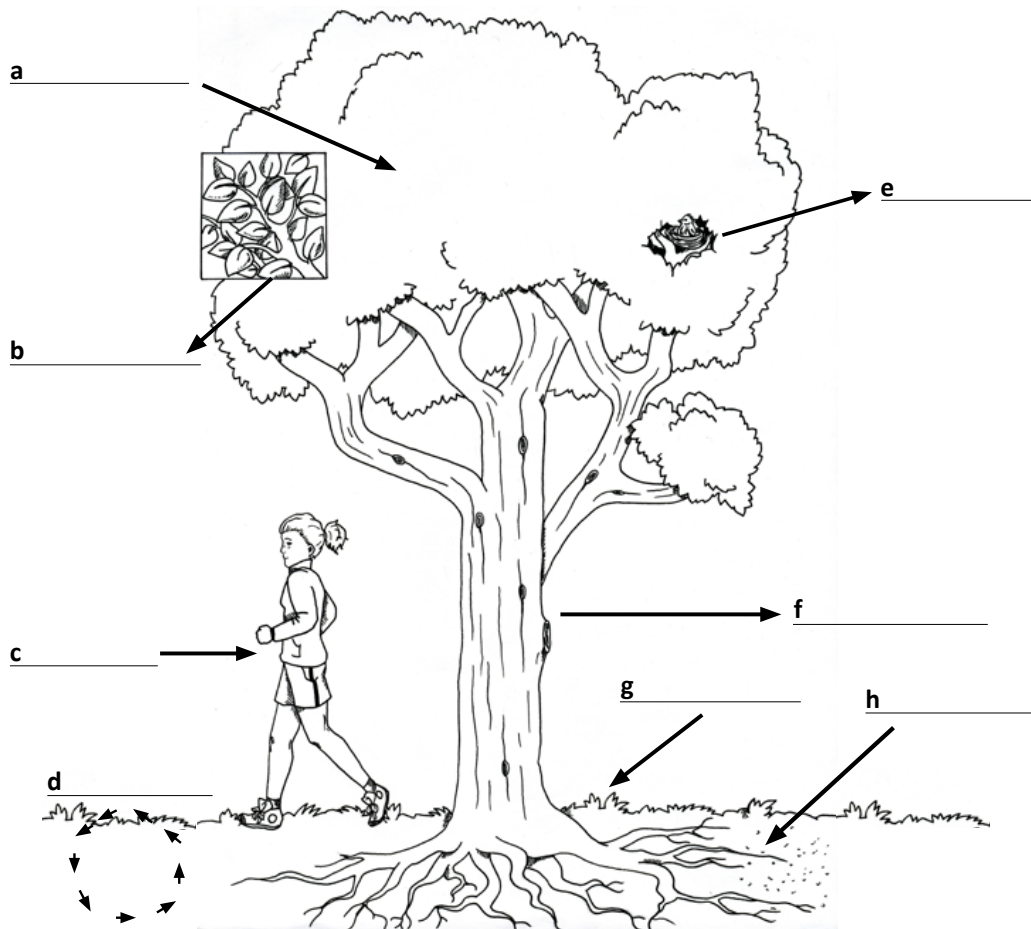
Vom Waldboden bis zur Baumkrone

1

### Multitalent Wald!

Auch wenn wir das im Alltag nicht immer merken: Der Wald ist ein wichtiges Ökosystem, das viele verschiedene Aufgaben übernimmt, von denen wir alle etwas haben.

Aufgabe: Unten findest Du verschiedene „Arbeitsbereiche“ des Waldes, ordne sie den Pfeilen zu!



1. Rohstofflieferant: für Holz, Nüsse, Beeren, Pilze...
2. Lebensraum: für tag- und nachtaktive Tiere, Bodenlebewesen, Vögel...
3. Wasserregulierer: speichert Wasser im Boden wie ein Schwamm und gibt es kontrolliert ab
4. Luftregulierer: bindet klimaschädliches Kohlendioxid und wandelt es in lebenswichtigen Sauerstoff um
5. Klimaregulierer: „filtert“ verschmutzte, trockene, warme Luft aus Industriegebieten
6. Bodenfestiger: hält Erde durch Wurzelsysteme fest und verhindert so das Abtragen des Waldbodens
7. Recycler: tote Reste von Pflanzen und Tieren werden im Waldboden zersetzt
8. Wellnessoase: Erholung für Sportler und Spaziergänger





### Ich versteh' nur Hirsch...?

Förster kümmern sich um die „Gesundheit“ des Waldes. Sie kontrollieren den Baumbestand, pflanzen bei Bedarf neue Bäume und achten darauf, dass die Anzahl der großen Säugetiere nicht zu hoch wird. Manchmal müssen sie dafür auch Tiere schießen, da es in unseren Wäldern keine natürlichen Feinde mehr für Wildschwein, Hirsch und Co. gibt. Für ihren Beruf haben Förster und Jäger eine eigene Sprache entwickelt, die Waidmanns- oder Jägersprache.

Aufgabe: Teste im folgenden Quiz Dein Wissen über die Jägersprache und finde das Lösungswort!

1. Bei einer Wildschweinfamilie heißt das Weibchen Bache, die Jungen Frischlinge und das Männchen ...

- |                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| <input type="checkbox"/> Karl   | 1. AB |
| <input type="checkbox"/> Köhler | 1. BI |
| <input type="checkbox"/> Keiler | 1. CH |

2. Mit „Löffeln“ meinen Jäger ...

- |   |       |
|---|-------|
| <input type="checkbox"/> die Beine der Füchse | 2. ME |
| <input type="checkbox"/> die Ohren der Hasen  | 2. WA |
| <input type="checkbox"/> die Augen der Rehe   | 2. MU |

3. Wie wird das Jungtier bei Rehen genannt?

- |                               |        |
|-------------------------------|--------|
| <input type="checkbox"/> Kitz | 3. MIS |
| <input type="checkbox"/> Kid  | 3. NUM |
| <input type="checkbox"/> Kuh  | 3. MAS |

4. Kot von Tieren nutzen Jäger zur Spurensuche und nennen ihn ...

- |                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| <input type="checkbox"/> Losung | 4. BU |
| <input type="checkbox"/> Lösung | 4. CH |
| <input type="checkbox"/> Lesung | 4. DA |

5. Das passende Weibchen zum Rothirsch ist ...

- |   |       |
|---|-------|
| <input type="checkbox"/> die Hirschfrau | 5. IN |
| <input type="checkbox"/> die Hirschkuh  | 5. EN |
| <input type="checkbox"/> die Hirschin   | 5. HU |

6. Ein Achtender ist für einen Jäger ...

- |  |       |
|--|-------|
| <input type="checkbox"/> ein Hirsch mit insgesamt acht Enden am Geweih | 6. CH |
| <input type="checkbox"/> ein Hase mit acht Jungen                      | 6. TA |
| <input type="checkbox"/> eine Gruppe von acht Jagdhunden               | 6. HA |

7. Wenn ein Reh oder Hirsch frisst, heißt das bei Jägern ...

- |                                |       |
|--------------------------------|-------|
| <input type="checkbox"/> aasen | 7. HI |
| <input type="checkbox"/> essen | 7. FU |
| <input type="checkbox"/> äsen  | 7. LD |

Trage die Lösungsbuchstaben der Fragen an der richtigen Stelle ein. Das Lösungswort bezeichnet ein sehr häufiges Ökosystem in Europa!

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4		1		5		3				6		2		7



Vom Waldboden bis zur Baumkrone

3

### Voll angepasst, das Eichhörnchen!

Sind angepasste Tiere langweilige Durchschnittstypen? Nein, natürlich nicht! Für Tiere heißt das, sie haben bestimmte Eigenschaften im Körperbau oder im Verhalten, so dass sie in ihrer Umwelt besonders gut zurecht kommen. Gerade im Wald gibt es viele Tiere, die besonders an diesen Lebensraum mit seinen hohen Bäumen und dem dichten Unterholz angepasst sind.

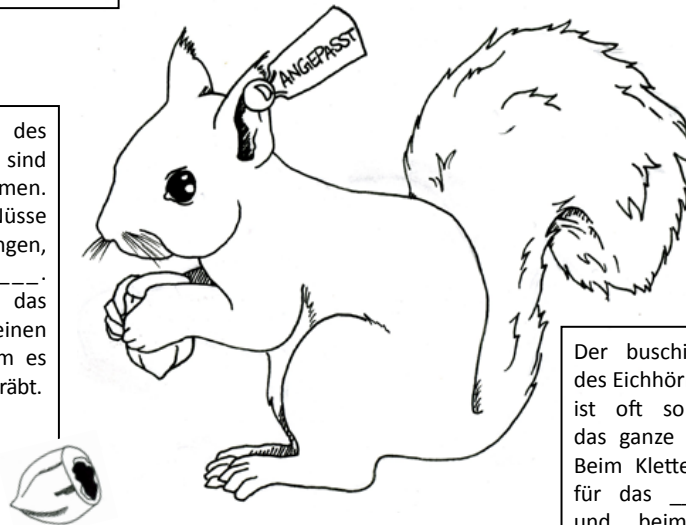
Aufgabe: Was Anpassung tatsächlich bedeuten kann, siehst Du am Beispiel des Eichhörnchens. Fülle die Lückentexte mit den unten angegebenen Begriffen aus.

Durch das Leben in den \_\_\_\_\_ haben Fressfeinde am Boden, wie z. B. Füchse, keine Chance. Andere Raubtiere wie Uhus, \_\_\_\_\_ und Baum-  
marder schütteln sie auch meist ab, weil sie so schnell klettern können.



Das „Haus“ von Eichhörnchen ist der \_\_\_\_\_, das ist ein geschlossenes Nest aus \_\_\_\_\_, das in Astgabeln gebaut wird.

Die Lieblingsspeise des Eichhörnchens sind Beeren, Nüsse und Samen. Zum \_\_\_\_\_ der Nüsse nutzt es seine langen, starken \_\_\_\_\_. Im Herbst legt das Eichhörnchen einen \_\_\_\_\_ an, indem es Futter in der Erde vergräbt.



Ein großes Problem für das europäische Eichhörnchen ist das etwas größere amerikanische \_\_\_\_\_, das von Menschen nach Europa gebracht wurde. Es wetteifert mit dem Eichhörnchen um Nahrung und verdrängt es so aus seinem \_\_\_\_\_.

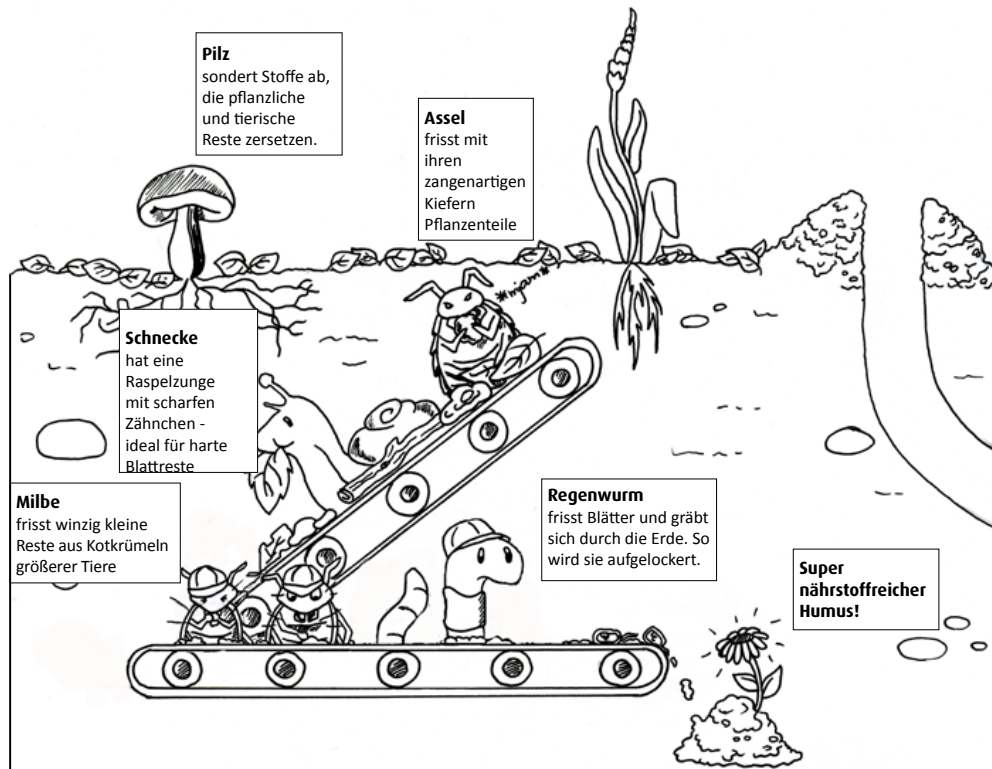
Der buschige \_\_\_\_\_ des Eichhörnchens ist oft so lang wie das ganze Tier selbst. Beim Klettern wird er für das \_\_\_\_\_ und beim Springen zum Steuern genutzt. Die langen, kräftigen Hinterbeine und die starken \_\_\_\_\_ sind auch eine tolle Kletterhilfe!

**Baumwipfeln - Kobel - Grauhörnchen - Zweigen und Blättern - Gleichgewicht - Knacken - Nagezähne - Schwanz - Wintervorrat - Lebensraum - Hauskatzen - Krallen**



### Immer schön am Boden bleiben!

Der Boden unter unseren Füßen ist kein Dreck! Er spielt eine wichtige Rolle beim Recycling abgestorbener Tier- und Pflanzenreste. Millionen von winzig kleinen Lebewesen kauen, knabbern und bearbeiten Blätter, Totholz und andere Reste so lange, bis daraus wertvoller Humus entsteht, auf dem wieder neue Pflanzen wachsen können. Genauer Hinschauen lohnt sich!



Aufgabe: In der Tabelle nebenan ist einiges durcheinander geraten. Ergänze sie mit den unten angegebenen Namen und Zahlen. Trage die Zahlen zuerst mit Bleistift ein und besprich dann die Lösung mit Deiner Klasse. Berechne zusammen das Gesamtgewicht aller Lebewesen.

- 200
- Milben
- 50
- 0,001
- Käfer
- 60 000 000 000 000

Gruppe	Anzahl (pro m <sup>2</sup> , in 30 cm Tiefe)	Gewicht (in g)
Bakterien		100
Fadenwürmer	10 000 000	15
	150 000	1,5
Regenwürmer		100
Schnecken	50	1
Asseln		0,5
Tausendfüßler	150	4
	100	1,5
Säugetiere		0,1
<b>Gesamtgewicht</b>	-----	



Vom Waldboden bis zur Baumkrone

5

## Regenwürmer in Aktion!

Regenwürmer sind die „Heinzelmännchen“ unter der Erde. Sie fressen sich kreuz und quer durch das Erdreich und belüften, lockern und durchmischen so den Boden und machen ihn fruchtbar.

Zum Beobachten der Regenwurmarbeit bauen wir ein Regenwurmglas. Los geht's!



1. Füllt in ein sauberes, leeres Gurken- oder Joghurt-Glas vier verschiedene Bodenarten (Sand, feine Erde, grobe Erde, Lehm) in Schichten aufeinander.
2. Setzt vier Regenwürmer auf die oberste Schicht und bedeckt sie mit Laubstreu und frischen Blättern.
3. Wickelt das Glas mit Alufolie ein (bis auf die Öffnung), Regenwürmer sind lichtempfindlich!
4. Stellt das Glas an einen kühlen, schattigen Platz in Eurem Klassenzimmer und kontrolliert alle zwei Tage, ob die Laubschicht oben noch feucht ist. Bei Bedarf besprüht oder beträufelt sie ein bisschen mit Wasser.

**Aufgabe:** Nach ca. 1 Woche hat sich sicherlich im Glas schon einiges getan. Notiert Eure Beobachtungen und beantwortet folgende Fragen:

1. Welche Veränderungen im Glas habt Ihr bemerkt?

---



---

2. Was ist mit dem Laub passiert? Wie hat es sich verändert?

---



---

3. Was hat sich bei den Erdschichten verändert?

---



---

4. Könnt Ihr lockere „Wurmhäufchen“ im Glas erkennen? Wo kommen sie her?

---



---

## D6 Arbeitsblätter „Anpassung von Säugetieren an Lebensräume“



Anpassung von Säugetieren an Lebensräume

1

## 3, 2, 1 – los! Säugetiere starten durch!

Die Vielfalt an Säugetieren ist unglaublich groß. Sie besiedeln fast alle Teile der Erde und fühlen sich in Wüsten, Wasser, Wald und sogar der Luft wohl. Aber woher kommt diese erfolgreiche Verbreitung? Was haben Säugetiere anderen Wirbeltieren voraus?

**Aufgabe:** Lies die Texte über die Wirbeltierklassen aufmerksam durch und fülle die unten angegebenen Wörter in die passenden Lücken.

**5 Klasse: Fische**  
sind gut an ihren Lebensraum, das \_\_\_\_\_, angepasst. Sie können nicht an Land leben, da sie über \_\_\_\_\_ atmen und Eier ohne feste Hülle legen.

**3 Klasse: Reptilien**  
Ihre Eier haben eine feste \_\_\_\_\_ und damit sind Reptilien vom Wasser unabhängig. Die wechselwarme Körpertemperatur und ihre \_\_\_\_\_ Haut machen das Leben in kalten Gebieten aber unmöglich.

**1 Klasse: Säugetiere**  
mit einem wärmenden Fell, \_\_\_\_\_ Blutkreislauf, verschiedenartigen Zähnen, Muttermilch für die \_\_\_\_\_ geborenen Jungtiere und einem sehr gut ausgebildeten \_\_\_\_\_ sind Säugetiere an vielfältige Lebensräume angepasst!

**2 Klasse: Vögel**  
\_\_\_\_\_ wärmen den gleichwarmen Körper der Vögel. Das \_\_\_\_\_ der Eier zwingt sie, länger an einem Ort zu bleiben.

**4 Klasse: Amphibien**  
können sich dank ihrer \_\_\_\_\_ auch an Land bewegen, sind aber wegen der schalenlosen Eier und der schwimmenden \_\_\_\_\_ noch an das Wasser gebunden.

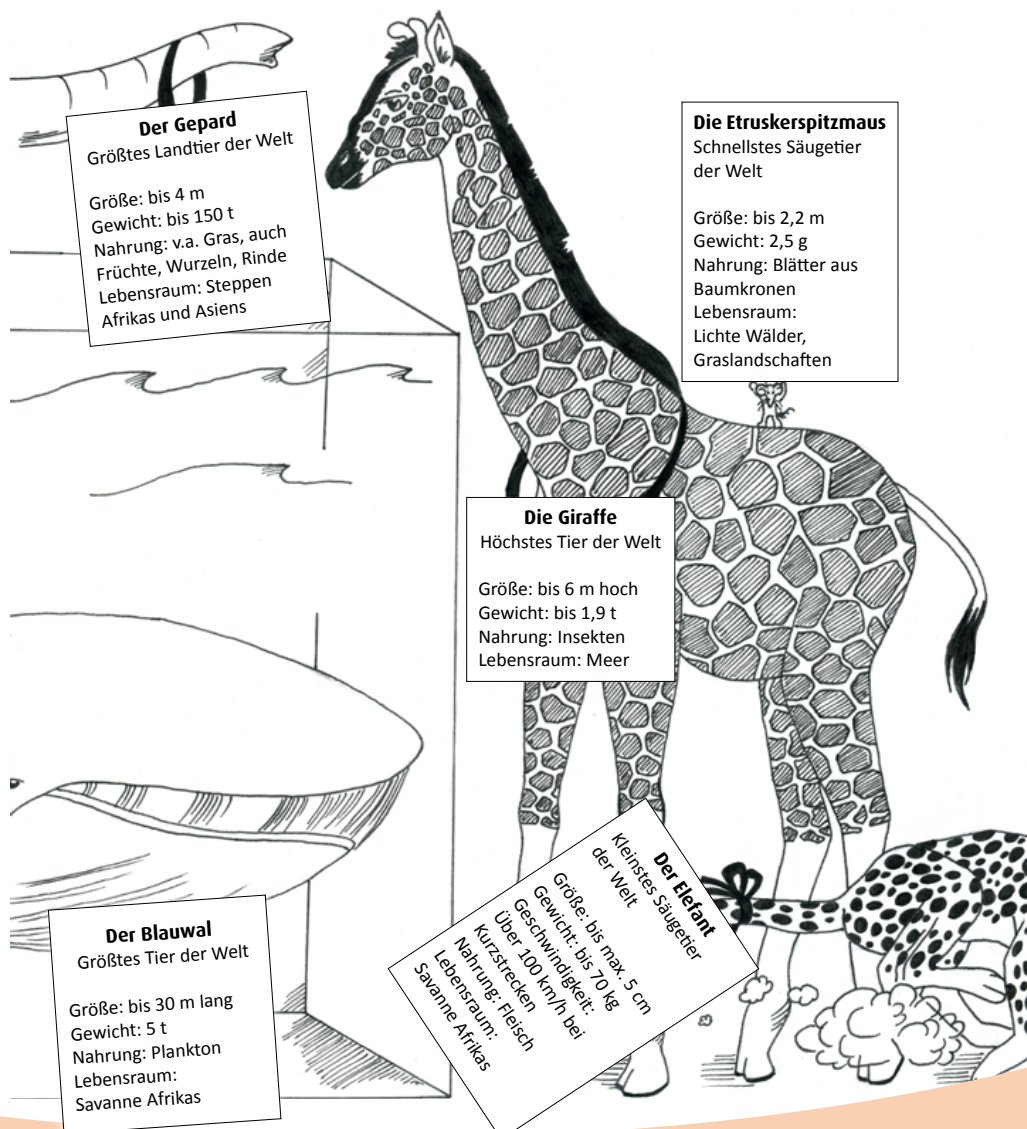
lebend – Lungen – Wasser – Schale – Kiemen – Federn – unbehaarte – Ausbrüten – gleichwarmen – Gehör – Larven



## Höher, schneller, weiter! – Rekordhalter Säugetiere!

Ihre große Anpassungsfähigkeit hat es Säugetieren möglich gemacht, in vielen Ökosystemen zu überleben. Dies zeigt sich auch in vielen Tierrekorden!

**Aufgabe:** Unten siehst Du mehrere Rekordhalter unter den Säugetieren. Sie haben alle einen Preis bekommen, doch leider ist der Jury bei den Auszeichnungen einiges durcheinander gekommen. Finde die sechs Vertauscher auf den Urkunden und markiere sie in verschiedenen Farben.



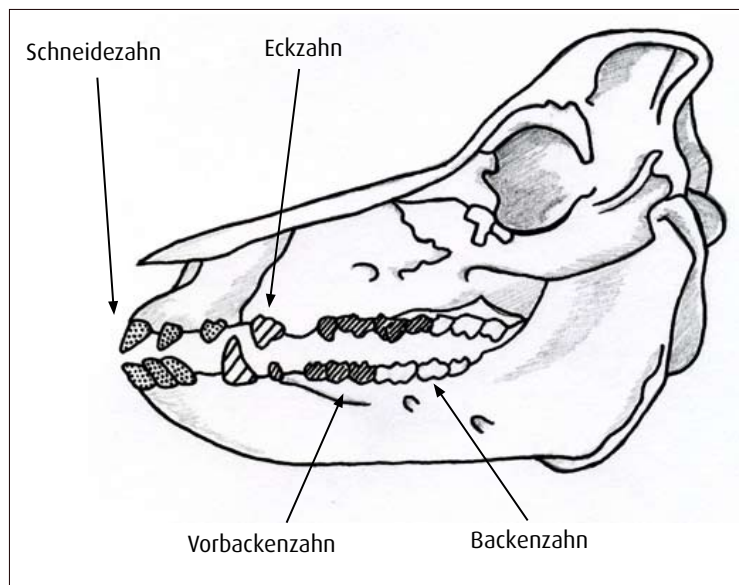


**Vorsicht bissig! – Säugetieren ins Maul geschaut!**

An den Formen der Zähne und des Schädels kann man erkennen, was einzelne Säugetiere fressen. Die verschiedenen Zahntypen sind dabei unterschiedlich ausgebildet und lassen sich in einer „Zahnformel“ festhalten.

Unten siehst Du ein Säugetiergebiss mit den verschiedenen Zahntypen. Zur Erstellung der Zahnformel schreibt man die Zähne des Oberkiefers auf einen Bruchstrich und die des Unterkiefers darunter. Da beide Hälften des Kiefers spiegelbildlich aufgebaut sind, wird nur eine Hälfte angegeben. Sie werden in der Reihenfolge: Schneide-, Eck-, Vorbacken-, Backenzähne aufgezählt.

**Aufgabe:** Schreibt zusammen die Zahnformel für das Hausschwein auf und diskutiert die Funktion der verschiedenen Zahntypen.



Schädel eines Hausschweins

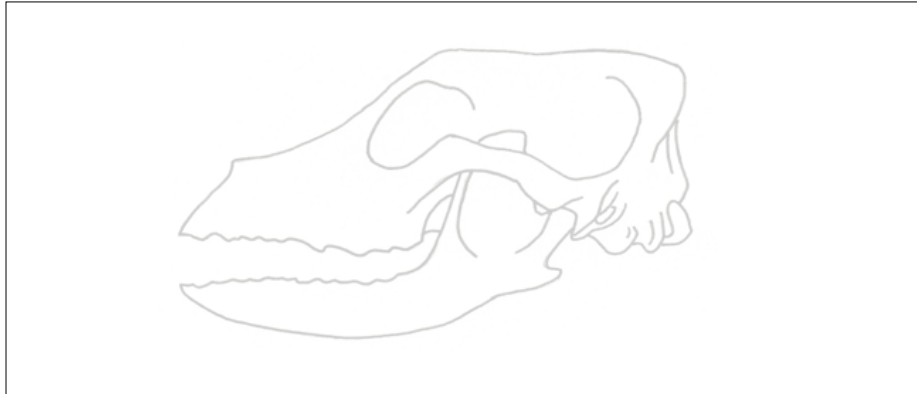
Zahnformel: \_\_\_\_\_

Zahntyp	Funktion



## Säugetiere im Profil: Der Hund

**Aufgabe:** 1. Betrachtet den Schädel des Hundes genau und zeichnet ihn in Seitenansicht in das Kästchen unten. Nutzt die Vorlage als Hilfestellung. Achtet besonders auf die Zähne!



2. Erstellt die Zahnformel für den Hund und füllt die Tabelle mit den Funktionen der Zahntypen aus.

Zahnformel: \_\_\_\_\_

Zahntyp	Funktion
Schneidezahn	
Eckzahn	
Vorbackenzahn	
Backenzahn	

3. Erstellt einen kurzen Steckbrief des Hundes. Nutzt dafür das Internet oder ein Tierlexikon.

**Name (wissenschaftlicher Name):**

Säugetierordnung:

Größe:

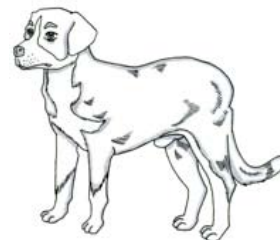
Gewicht:

Lebensraum und Verbreitung:

Nahrung:

Sozialverhalten:

Besonderheiten:







### Säugetiere im Profil: Das Reh

**Aufgabe:** 1. Betrachtet den Schädel des Rehs genau und zeichnet ihn in Seitenansicht in das Kästchen unten. Nutzt die Vorlage als Hilfestellung. Achtet besonders auf die Zähne!



2. Erstellt die Zahnformel für das Reh und füllt die Tabelle mit den Funktionen der Zahntypen aus.

Zahnformel: \_\_\_\_\_

Zahntyp	Funktion
Schneidezahn	
Eckzahn	
Vorbackenzahn	
Backenzahn	

3. Erstellt einen kurzen Steckbrief des Rehs. Nutzt dafür das Internet oder ein Tierlexikon.

**Name (wissenschaftlicher Name):**

Säugetierordnung:

Größe:

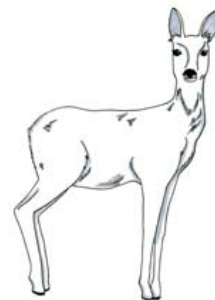
Gewicht:

Lebensraum und Verbreitung:

Nahrung:

Sozialverhalten:

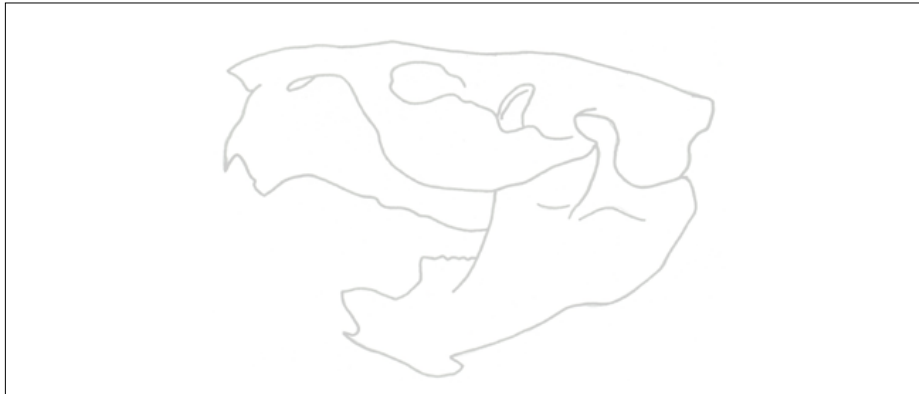
Besonderheiten:





### Säugetiere im Profil: Der Biber

**Aufgabe:** 1. Betrachtet den Schädel des Bibers genau und zeichnet ihn in Seitenansicht in das Kästchen unten. Nutzt die Vorlage als Hilfestellung. Achtet besonders auf die Zähne!



2. Erstellt die Zahnformel für den Biber und füllt die Tabelle mit den Funktionen der Zahntypen aus.

Zahnformel: \_\_\_\_\_

Zahntyp	Funktion
Schneidezahn	
Eckzahn	
Vorbackenzahn	
Backenzahn	

3. Erstellt einen kurzen Steckbrief des Bibers. Nutzt dafür das Internet oder ein Tierlexikon.

**Name (wissenschaftlicher Name):**

Säugetierordnung:

Größe:

Gewicht:

Lebensraum und Verbreitung:

Nahrung:

Sozialverhalten:

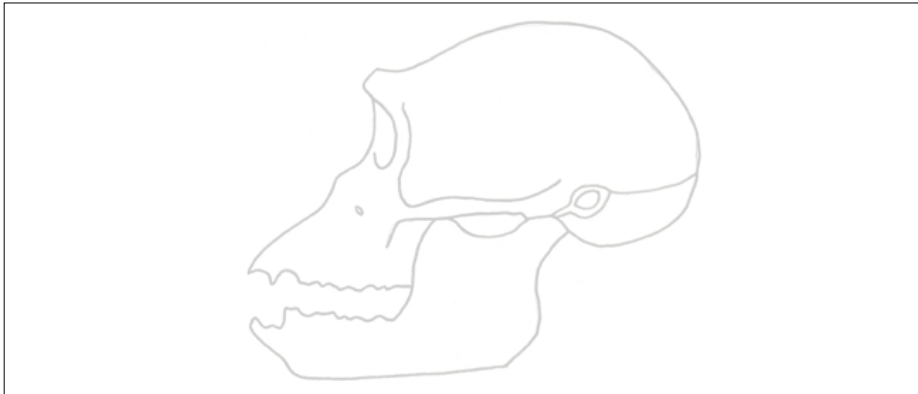
Besonderheiten:





### Säugetiere im Profil: Der Schimpanse

**Aufgabe:** 1. Betrachtet den Schädel des Schimpansen genau und zeichnet ihn in Seitenansicht in das Kästchen unten. Nutzt die Vorlage als Hilfestellung. Achtet besonders auf die Zähne!



2. Erstellt die Zahnformel für den Schimpansen und füllt die Tabelle mit den Funktionen der Zahntypen aus.

Zahnformel: \_\_\_\_\_

Zahntyp	Funktion
Schneidezahn	
Eckzahn	
Vorbackenzahn	
Backenzahn	

3. Erstellt einen kurzen Steckbrief des Schimpansen. Nutzt dafür das Internet oder ein Tierlexikon.

**Name (wissenschaftlicher Name):**

Säugetierordnung:

Größe:

Gewicht:

Lebensraum und Verbreitung:

Nahrung:

Sozialverhalten:

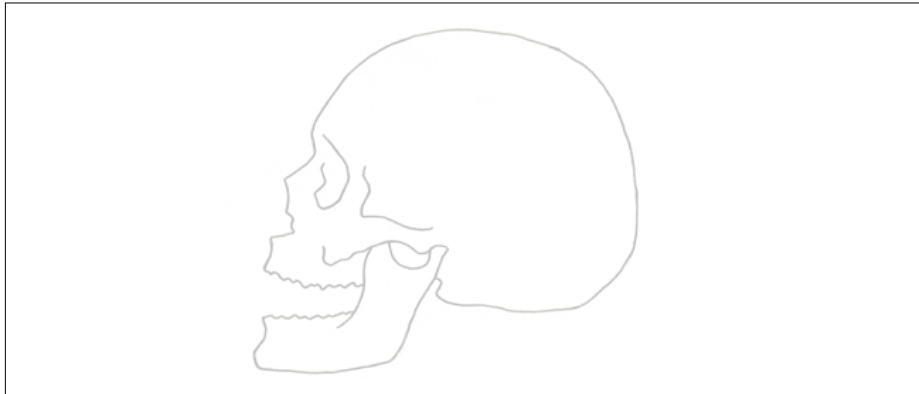
Besonderheiten:





### Säugetiere im Profil: Der Mensch

**Aufgabe:** 1. Betrachtet den Schädel des Menschen genau und zeichnet ihn in Seitenansicht in das Kästchen unten. Nutzt die Vorlage als Hilfestellung. Achtet besonders auf die Zähne!



2. Erstellt die Zahnformel für den Menschen und füllt die Tabelle mit den Funktionen der Zahntypen aus.

Zahnformel: \_\_\_\_\_

Zahntyp	Funktion
Schneidezahn	
Eckzahn	
Vorbackenzahn	
Backenzahn	

3. Erstellt einen kurzen Steckbrief des Menschen. Nutzt dafür das Internet oder ein Tierlexikon.

**Name (wissenschaftlicher Name):**

Säugetierordnung:

Größe:

Gewicht:

Lebensraum und Verbreitung:

Nahrung:

Sozialverhalten:

Besonderheiten:

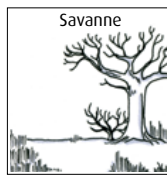




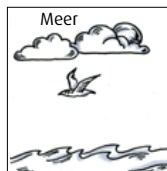
## Säugetiere global

Säugetiere kann man weltweit in verschiedensten Lebensräumen aller Klimazonen finden. Durch besondere Anpassungen können sie zum Beispiel in Wüsten, Eis oder Meeren leben.

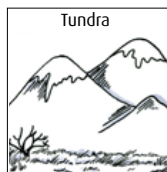
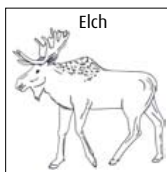
**Aufgabe:** Verbinde die Tiere mit ihren Lebensräumen und den entsprechenden Anpassungen durch Linien.



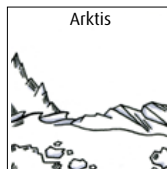
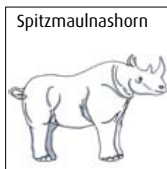
- dichtes, helles Fell mit dunkler Haut, die die Sonnenwärme speichert
- lange Winterruhe
- gute Schwimmer



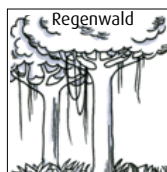
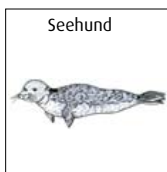
- nachtaktiv als Schutz gegen große Hitze
- nimmt Flüssigkeit nur über seine Nahrung auf



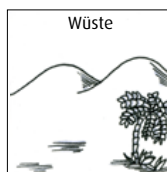
- lange Zunge zum Blätter abrupfen
- kürzerer Hals als seine Verwandten
- gestreiftes Fell an den Beinen als Tarnung



- dicke Fettschicht als Schutz gegen Kälte
- Arme und Beine sind zu Flossen umgebildet



- kann sehr trockene, dornige Pflanzen fressen
- guter Geruchssinn und spitzes Horn schützen vor Feinden



- gelenkige Beine ermöglichen das Laufen auf felsigem Boden
- fressen viele energiereiche Baumtriebe

## D7 Nachbereitung Biodiversitätsspiel



Spiel: Biodiversitäts-Protector

### Zusammen schaffen wir's! Spielend retten wir die Erde!

#### Spielanleitung:

##### Zur Vorbereitung werden benötigt:

- Der Spielplan (in DIN A 3-Format oder als Overheadfolie)
- die vorbereiteten Aktions- und Quizkarten (ausgedruckt, ausgeschnitten und jeweils Vorder- und Rückseite zusammengeklebt)
- 4–6 Spielfiguren
- 1 Würfel
- 1 Uhr (evtl. Stoppuhr)

Die Klasse (Gruppe) wird in 4–6 ungefähr gleich große Gruppen aufgeteilt. Diese suchen sich jeweils eine Spielfigur aus, die auf das Start-Feld gestellt wird.

##### Das Spiel:

Die Gruppen würfeln reihum und ziehen mit ihrer Figur die entsprechende Punktezahl auf dem Spielfeld. Gewonnen hat die Gruppe, die als erstes das Ziel-Feld erreicht. Nach Belieben kann noch so lange weitergespielt werden, bis auch die letzte Gruppe das Ziel erreicht hat. Es können keine Figuren „geworfen“ werden und bei einer gewürfelten 6 darf nicht nochmal gewürfelt werden.



##### Quizfeld:

Gelangt eine Gruppe genau auf ein blaues Quizfeld, darf sie eine Frage von den Quizkarten beantworten. Ein Spieler einer anderen Gruppe kann dabei die Frage laut vorlesen. Die Gruppe, die die Frage beantworten soll, kann sich kurz über die Antwort beraten. Hat die Gruppe die Frage richtig beantwortet, darf sie nochmal würfeln und entsprechend ihre Figur auf dem Spielfeld ziehen. Wird die Frage falsch beantwortet, kommt die nächste Gruppe dran.

BD: Fragen zu Vorbereitung „Was ist Biodiversität?“

ÖS: Fragen zur Vorbereitung „Was ist ein Ökosystem?“

SB: Fragen zur Vorbereitung für das Senckenbergmuseum

PG: Fragen zur Vorbereitung für den Palmengarten

Zoo: Fragen zur Vorbereitung für den Zoo

SWH: Fragen zur Vorbereitung für das Stadtwaldhaus



##### Aktionsfelder:










Gelangt eine Gruppe genau auf ein grünes Aktionsfeld, kann ein Mitglied der Gruppe die darauf beschriebene Aktion durchführen. Die anderen Gruppenmitglieder (keine anderen Gruppen!) sollen den beschriebenen Umweltschutz-Tipp innerhalb einer Minute erraten. Gelingt dies, darf die Gruppen noch einmal würfeln und ziehen. Wenn nicht, kommt die nächste Gruppe dran.

**Umschreiben:** Der Begriff soll umschrieben werden, die unten auf der Aktionskarte angegebenen Wörter dürfen nicht genannt werden. Dies kann von einem Mitschüler oder dem Lehrer kontrolliert werden.

**Pantomime:** Der Begriff wird durch Mimik und Gestik beschrieben, Sprechen ist dabei nicht erlaubt.










**Zeichnen:** Der Begriff wird durch Bilder an die Tafel gezeichnet, dabei darf nicht gesprochen werden.










Los geht's! Viel Spaß!










 <p><b>Pantomime:</b></p> <p><b>Das Wasser beim Zähneputzen abdrehen!</b></p> <p>Das spart eine Menge wertvolles Wasser!</p>	 <p><b>Pantomime:</b></p> <p><b>Mehr mit dem Fahrrad fahren!</b></p> <p>Das spart Sprit und hält Dich fit!</p>	 <p><b>Pantomime:</b></p> <p><b>Öfter Duschen statt Baden!</b></p> <p>Das spart eine Menge wertvolles Wasser!</p>
 <p><b>Umschreiben:</b></p> <p><b>Ladekabel von Laptops und Handys nach Benutzung aus der Steckdose ziehen!</b></p> <p><b>Diese Wörter sind tabu:</b> Akku, leer, Stecker</p> <p>Das spart teuren Strom!</p>	 <p><b>Zeichnen:</b></p> <p><b>Recycling-Papier kaufen (Hefte, Klopapier,...) Dabei auf das Recycling-Symbol achten („Blauer Engel“)!</b></p> <p>Das spart Papier und schont die Wälder!</p>	 <p><b>Zeichnen:</b></p> <p><b>Müll trennen in Papier, Plastik, Glas, Biomüll...</b></p> <p>Das spart wertvolle Rohstoffe!</p>
 <p><b>Zeichnen:</b></p> <p><b>Bio-Lebensmittel kaufen!</b></p> <p>Das schont Tiere und Felder und ist gesund!</p>	 <p><b>Zeichnen:</b></p> <p><b>Getränke in Mehrwegflaschen statt in Dosen kaufen!</b></p> <p>Das verbraucht weniger Aluminium und schont somit die Umwelt!</p>	 <p><b>Umschreiben:</b></p> <p><b>Lebensmittel aus der näheren Umgebung kaufen!</b></p> <p><b>Diese Wörter sind tabu:</b> Nah, Essen, Markt, Metzger, Bäcker</p>

 <p><b>Umschreiben:</b></p> <p><b>Lebensmittel nach Jahreszeiten kaufen!</b></p> <p><b>Diese Wörter sind tabu:</b> Erdbeeren, Spargel, reif</p> <p>Das spart Sprit für den Transport und schont die Umwelt!</p>	 <p><b>Umschreiben:</b></p> <p><b>Zimmer nur auf ca. 20° C heizen!</b></p> <p><b>Diese Wörter sind tabu:</b> kalt, warm, Winter</p> <p>Das spart wertvolle Energie und Geld!</p>	 <p><b>Umschreiben:</b></p> <p><b>Produkte mit wenig Verpackung kaufen!</b></p> <p><b>Diese Wörter sind tabu:</b> Müll, Plastik, Alufolie</p> <p>Das spart unnötiges Plastik!</p>
 <p><b>Umschreiben:</b></p> <p><b>Wenig Fleisch essen!</b></p> <p><b>Diese Wörter sind tabu:</b> Tiere, Metzger, Schnitzel</p> <p>Das spart Wasser und Fläche für Tierfutter!</p>	 <p><b>Umschreiben:</b></p> <p><b>Energiesparlampen benutzen!</b></p> <p><b>Diese Wörter sind tabu:</b> Strom, Birne, Licht, dunkel</p> <p>Das spart wertvolle Energie!</p>	 <p><b>Pantomime:</b></p> <p><b>Während des Einseifens in der Dusche das Wasser abdrehen!</b></p> <p>Das spart einen Menge wertvolles Wasser!</p>
 <p><b>Zeichnen:</b></p> <p><b>Zum Einkaufen lieber einen Tasche mitnehmen anstatt Plastiktüten zu kaufen!</b></p> <p>Das vermeidet unnötigen Müll und spart Geld!</p>	 <p><b>Zeichnen:</b></p> <p><b>Beim Picknick oder Grillen kein Plastikgeschirr benutzen!</b></p> <p>Das vermeidet Müll!</p>	 <p><b>Umschreiben:</b></p> <p><b>Fernseher nach dem Benutzen ganz ausschalten und nicht auf „Stand-by“ lassen!</b></p> <p><b>Diese Wörter sind tabu:</b> Strom, Schalter, Energie</p> <p>Das spart wertvolle Energie!</p>



<p style="text-align: center;"></p> <p>Ökosysteme setzen sich zusammen aus...</p> <hr/> <p><b>a)</b> biotischen und abiotischen Faktoren  <b>b)</b> biologischen und unbiologischen Faktoren  <b>c)</b> biogenen und biotopen Faktoren</p> <p style="text-align: right;">ös</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Beispiele für abiotische Faktoren (unbelebte Natur) sind...</p> <hr/> <p><b>a)</b> Tiere und Pflanzen  <b>b)</b> Autos und Straßen  <b>c)</b> Temperatur und Gestein</p> <p style="text-align: right;">ös</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Ein Nahrungsnetz in einem Ökosystem wird gebildet von...</p> <hr/> <p><b>a)</b> Zersettern, Erzeugern und Verbrauchern  <b>b)</b> Verbraucher 1, Verbraucher 2, Verbraucher 3  <b>c)</b> Zerkratzer, Zerhexler und Zerstörer</p> <p style="text-align: right;">ös</p>
<p style="text-align: center;"></p> <p>Wie war das noch mal mit der Biodiversität? Ein anderes Wort dafür ist...</p> <hr/> <p><b>a)</b> biologische Einfalt  <b>b)</b> biologische Vielfalt  <b>c)</b> biologische Varianz</p> <p style="text-align: right;">BD</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Beispiele für Ökosysteme sind...</p> <hr/> <p><b>a)</b> Haus, Garten, Hof  <b>b)</b> Wüste, Meer, Wald  <b>c)</b> Hund, Katze, Maus</p> <p style="text-align: right;">ös</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Was sind Beispiele für genetische Vielfalt?</p> <hr/> <p><b>a)</b> Blumenarten, Gräserarten  <b>b)</b> Apfelsorten, Reissorten, Katzenrassen  <b>c)</b> Mensch, Schimpanse und Orang-Utan</p> <p style="text-align: right;">BD</p>
<p style="text-align: center;"></p> <p>Ordnet folgende Lebewesen nach ihrem ersten Vorkommen auf der Erde:</p> <hr/> <p><b>a)</b> Dinosaurier  <b>b)</b> Quallen  <b>c)</b> Haie  <b>d)</b> Blütenpflanzen  <b>e)</b> Menschen</p> <p style="text-align: right;">SB</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Ein Fossil ist nichts anderes als...</p> <hr/> <p><b>a)</b> der versteinerte Überrest eines Lebewesens  <b>b)</b> der Knochen eines Urmenschen  <b>c)</b> ein Haizahn</p> <p style="text-align: right;">SB</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Massenaussterben bringen Ökosysteme ganz schön durcheinander. Gründe dafür können sein...</p> <hr/> <p><b>a)</b> ein einzelnes Erdbeben  <b>b)</b> Angriffe von Außerirdischen  <b>c)</b> Klimaveränderungen und Meteoriteneinschläge</p> <p style="text-align: right;">SB</p>

<p style="text-align: center;"></p> <p>Regenwürmer spielen im Waldboden eine wichtige Rolle als...</p> <hr/> <p>a) Zerstörer b) Zersetzer c) Zerhexler</p> <p style="text-align: right;">SWH</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Wir Menschen nutzen viele Produkte aus dem Wald. Beispiele sind...</p> <hr/> <p>a) Kohle und Erdgas b) Obst und Gemüse c) Holz, Beeren und Kräuter</p> <p style="text-align: right;">SWH</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Pflanzen kämpfen im Wald um genügend Nährstoffe, Wasser und...</p> <hr/> <p>a) Licht b) Schatten c) Luft</p> <p style="text-align: right;">SWH</p>
<p style="text-align: center;"></p> <p>Wieso heißt der Regenwurm eigentlich Regenwurm?</p> <hr/> <p>a) weil er Regen vorhersagt b) weil er sich bei Regen verkriecht c) weil er bei Regen aus seinen Gängen kommt</p> <p style="text-align: right;">SWH</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Biodiversität wird unterteilt in die Vielfalt der Arten, der Ökosysteme und der...</p> <hr/> <p>a) Gene b) Lebewesen c) Bakterien</p> <p style="text-align: right;">BD</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Wodurch wird das Ökosystem Wald bedroht?</p> <hr/> <p>a) durch Autoabgase, Abholzung, Gifte in der Umwelt b) durch zu viele Spaziergänger c) durch Maulwürmer, die den Boden umgraben</p> <p style="text-align: right;">SWH</p>
<p style="text-align: center;"></p> <p>Wie viele tropische Vegetationszonen gibt es im Palmengarten?</p> <hr/> <p>a) 5 b) 7 c) 9</p> <p style="text-align: right;">PG</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Welches dieser Ökosysteme ist <u>nicht tropisch</u>?</p> <hr/> <p>a) Mangrove b) Wüste und Halbwüste c) europäische Nadelwälder</p> <p style="text-align: right;">PG</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Das „Messeler Urpferd“ war gut an das Leben im dichten Regenwald angepasst, weil es...</p> <hr/> <p>a) riesige Augen hatte. b) nachts aktiv war, um sich vor Feinden zu schützen. c) klein, leicht und gut beweglich war.</p> <p style="text-align: right;">SB</p>

<p style="text-align: center;"></p> <p>Welche Eigenschaft besitzen ausschließlich Säugetiere ?</p> <hr/> <p><b>a)</b> sie legen Eier  <b>b)</b> sie haben einen wechselwarmen Kreislauf  <b>c)</b> sie säugen ihre Jungen</p> <p style="text-align: right;">ZOO</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>In welchem Ökosystem der Erde gibt es <u>keine</u> Säugetiere?</p> <hr/> <p><b>a)</b> Luft  <b>b)</b> Wüste  <b>c)</b> Meere  <b>d)</b> es gibt sie in allen</p> <p style="text-align: right;">ZOO</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Backenzähne sind eine tolle Sache! Mit ihrer Hilfe können Säugetiere...</p> <hr/> <p><b>a)</b> ihre Nahrung zerkleinern  <b>b)</b> ihre Jungen besser tragen  <b>c)</b> Beutetiere besser festhalten</p> <p style="text-align: right;">ZOO</p>
<p style="text-align: center;"></p> <p>In welchem Zeitalter der Erde lebten die Dinosaurier?</p> <hr/> <p><b>a)</b> Erdaltertum  <b>b)</b> Erdneuzeit  <b>c)</b> Erdmittelalter</p> <p style="text-align: right;">SB</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Welche besonderen Anpassungen zeigen nachtaktive Säugetiere?</p> <hr/> <p><b>a)</b> besonders lange Beine  <b>b)</b> ein geflecktes Fell  <b>c)</b> große Augen und Ohren</p> <p style="text-align: right;">ZOO</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Viele Säugetierarten sind bedroht. Was ist einer der wichtigsten Gründe dafür?</p> <hr/> <p><b>a)</b> Menschen essen ihnen das Futter weg  <b>b)</b> sie bekommen zu wenig Jungtiere  <b>c)</b> die Zerstörung ihres Lebensraums</p> <p style="text-align: right;">ZOO</p>
<p style="text-align: center;"></p> <p>Wo auf der Weltkugel befinden sich die Tropen?</p> <hr/> <p><b>a)</b> ganz im Norden und ganz im Süden  <b>b)</b> nur am Äquator  <b>c)</b> ungefähr zwischen nördlichem und südlichem Wendekreis</p> <p style="text-align: right;">PG</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Welchen Vorteil haben Aufsitzerpflanzen (z. B Bromelien)?</p> <hr/> <p><b>a)</b> in der Höhe bekommen sie mehr Licht ab  <b>b)</b> sie werden von anderen Pflanzen vor Regen geschützt  <b>c)</b> sie werden nicht so leicht gefressen</p> <p style="text-align: right;">PG</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Warum fressen manche Pflanzen Tiere?</p> <hr/> <p><b>a)</b> weil der Boden wenig Nährstoffe hat  <b>b)</b> als Abwechslung auf dem Speiseplan  <b>c)</b> als Schutz: Die Tiere würden sonst sie fressen</p> <p style="text-align: right;">PG</p>



## D8 Methoden, Praktische Einheiten und Lösungen zu der Arbeitsmappe „Biologische Vielfalt“



Methoden, Praktische Einheiten und Lösungen  
zu der Arbeitsmappe „Biologische Vielfalt“

Sekundarstufe I



## Methodische Hinweise

2

Nr.	Inhalt/ Themen	Lernziele	Methoden	Materialien und Arbeitsblätter	Lehrplan Hauptschule Hessen	Lehrplan Realschule Hessen	Lehrplan Gymnasium Hessen
1	Einleitung Biodiversität	Begriffserklärung „Biodiversität“, Bezug zum eigenen Alltag herstellen, Begriffserklärung und Unterscheidung „Biologische Art“ und Biologische Rasse“, Begriffserklärung „Ökosystem“	Lehrerimpuls, Einzel- oder Partnerarbeit, anschließende Diskussion	„Was ist Biodiversität?“ Arbeitsblätter 1–4	5/6.9 Abschlussprofil der Jahrgangsstufe 9/10	6.2 9.4	7.3
2	Einleitung Ökosystem	Kennenlernen der wichtigsten Begrifflichkeiten eines Ökosystems (z. B. Nahrungskette, Ökologische Nische...), interdisziplinärer, handlungsorientierter Bezug zum Alltag der Schüler („Jobsuche“)	Lehrerimpuls, Einzelarbeit, Diskussion, selbstständige Recherche, Schülerpräsentation	„Was ist ein Ökosystem?“ Arbeitsblätter 1–4	5/6.9	6.2	7.3
3	Anpassung von Pflanzen an tropische Standorte	Kennenlernen von verschiedenen tropischen Pflanzen, Unterscheidung der abiotischen Faktoren an tropischen Standorten, Wahrnehmung der tropischen Regenwälder als gefährdete Lebensräume, Anpassung von Pflanzen am Beispiel Kannenpflanze <b>Praktische Einheit:</b> Ertasten und Zuordnen verschiedener tropischer Pflanzen in ihren Lebensräume	Diskussion, Gruppen- oder Partnerarbeit, selbstständige Recherche, haptische Erfahrung mit Pflanzen	„Von der Wüste bis zum Regenwald“ Arbeitsblätter 1–4 Praktische Einheit: Siehe Seite 8	5/6.7	5.2	7.3



## Methodische Hinweise

Nr.	Inhalt/ Themen	Lernziele	Methoden	Materialien und Arbeitsblätter	Lehrplan Hauptschule Hessen	Lehrplan Realschule Hessen	Lehrplan Gymnasium Hessen
4	Ökosysteme in Raum und Zeit	Kennenlernen der Erdzeitalter und wichtiger Eckpunkte der Evolution, Prozess der Fossilisation und Bedeutung von Fossilien <b>Praktische Einheit:</b> Herstellung von „selbstgemachten“ Fossilien	Gruppenarbeit, Schülerpräsentation, Partnerarbeit, Diskussion, haptische Erfahrung	„Ökosysteme in Raum und Zeit“ Arbeitsblätter 1-4 Praktische Einheit: Siehe Seite 6	5/6.9 7.2	6.2 7.2	6.3
5	Vom Wald- boden bis zur Baumkrone	Kennenlernen der Aufgaben des Waldes, spielerisches Erlernen einiger Begriffe der Förstersprache, Anpassungen von Tieren am Beispiel Eichhörnchen, Kennenlernen der wichtigsten Bodenorganismen <b>Praktische Einheit:</b> Herstellen eines „Regenwurmglases“	Diskussion, Partnerarbeit, Einzelarbeit, Gruppenarbeit, haptische Erfahrung mit Regenwürmern	„Vom Waldboden bis zur Baumkrone“ Arbeitsblätter 1-5 Praktische Einheit: Siehe Seite 5	5/6.9	6.2	5.4 7.3
6	Anpassung von Säugetieren an Lebensräume	Kennenlernen der wichtigsten Säugetiermerkmale, Beispiele einiger besonderer Säugetiere, Erstellen der Zahnformel an ausgewählten Säugetierschädeln, Kennenlernen der Aufgaben der verschiedenen Zahntypen, Erstellen von Steckbriefen, Zuordnung von Säugetieren in ihre Lebensräume <b>Praktische Einheit:</b> Zahnformeln an verschiedenen Säugetierschädeln bestimmen	Einzelarbeit, Diskussion, Gruppenarbeit, Schülerpräsentation, eigenständiges Recherchieren, haptische Erfahrung mit Tierschädeln	„Anpassung von Säugetieren an Lebensräume“ Arbeitsblätter 1-5 Praktische Einheit: Siehe Seite 7	5/6.2 5/6.8	5.3	5.2

4



Methodische Hinweise

Nr.	Inhalt/ Themen	Lernziele	Methoden	Materialien und Arbeitsblätter	Lehrplan Hauptschule Hessen	Lehrplan Realschule Hessen	Lehrplan Gymnasium Hessen
7	Nachbereitung/ Biodiversitäts- Spiel	Spielerische Wiederholung einiger Inhalte der voran- gegangenen Einheiten, Interaktive Erarbeitung prak- tischer, alltagsnaher Umweltschutz-Maßnahmen	Gruppenarbeit, Schülerpräsentation	Biodiversitäts-Spiel und Anleitung	Abschluss- profil der Jahrgangs- stufe 9/10	9,4	Übergangs- profil von der Jahrgangs- stufe 9 in die gymnasiale Oberstufe





Vom Waldboden bis zur Baumkrone

## Bauen und Beobachten eines „Regenwurmglases“

**Thema:** Destruenten im Waldboden

**Zielsetzung:** Das Ziel dieser praktischen Einheit ist es, den Schülern die Rolle des Regenwurmes als Destruent und Bodenregulierer zu veranschaulichen. Regenwürmer sind in unseren heimischen Böden in großer Zahl vertreten (bis zu 1000 Stück pro Quadratmeter Wiese) und übernehmen wichtige Aufgaben in den Recycling-Prozessen des Bodens. Je nach Art durchwühlen sie die Erdschichten und durchlüften sie dadurch, fressen Laubstreu und andere organische Reste und führen sie so wieder dem natürlichen Nährstoffzyklus zu oder sorgen für die Bildung von Dauerhumus und einer fruchtbaren Krümelstruktur im Boden. Durch das Anlegen des Regenwurmglases können die Schüler recht schnell und einfach all diese Aufgaben der Regenwürmer beobachten und über einen längeren Zeitraum verfolgen. Durch das Aufbewahren der Gläser für 1–2 Wochen im Klassenzimmer, lernen die Schüler auch, Verantwortung für die lebenden Tiere zu übernehmen und deren Wert für das Ökosystem Wald zu schätzen.

Das Experiment ist einfach und preisgünstig durchzuführen und erzielt mit geringem Aufwand anschauliche, nachvollziehbare Ergebnisse.

**Dauer:** ca. 2 x 30 Minuten (im Abstand von 1–2 Wochen)

**Benötigte Materialien:** 5–6 große Gurken- oder Joghurt-Gläser, 3–4 verschiedene Erdmaterialien (feine Erde, grobe Erde, Sand, Lehm...; Erhältlich im Baumarkt, eigenem Garten), Laubstreu (zu finden im Park oder Wald), 1 Gartenschaufel oder alten Löffel, alte Zeitungen, ca. 25 Regenwürmer (erhältlich im Anglerbedarf oder Zoohandlung), Aluminiumfolie, 1 Wassersprühflasche, dicke wasserfeste Filzstifte oder Aufkleber, 1 Klassensatz Arbeitsblatt „Vom Waldboden bis zur Baumkrone“ – 6

**Ablauf:** Für die Umsetzung des Regenwurmglases ist es sinnvoll, die Klasse in 5–6 gleichgroße Gruppen einzuteilen, die jeweils ein leeres und sauberes Gurkenglas erhalten. Im Klassenzimmer sollte ein „Basteltisch“ mit alten Zeitungen ausgelegt werden, auf dem die verschiedenen Erdmaterialien bereit stehen. Dann können jeweils 1–2 Schüler einer Gruppe nach vorne kommen und das Glas ca. 3/4 mit den Erdmaterialien in Schichten füllen. Am Gruppenplatz gibt danach die Lehrperson 3–4 Regenwürmer vorsichtig in das Glas. Hier sollten die Schüler die Gelegenheit haben, die Würmer genauer anzuschauen und bei Interesse vorsichtig zu berühren oder kurz in der Hand zu halten. Die Erdschichten und Regenwürmer werden zum Schluss mit einer lockeren Schicht Laubstreu bedeckt und das Glas so mit Aluminiumfolie eingewickelt, dass die Erdschichten komplett verdunkelt sind. Dann kann jede Gruppe ihr Glas mit Filzstiften oder Aufklebern markieren. Falls die Erde trocken ist, kann sie noch mit der Sprühflasche besprüht werden. Die Gläser sollten bis zur nächsten Beobachtung an einem kühlen, schattigen Ort im Klassenzimmer stehen. Pro Gruppe sollte es 1–2 verantwortliche Schüler geben, die täglich die Feuchtigkeit der Erde überprüfen und eventuell das Glas besprühen. Die Erde sollte aber immer nur feucht, nie nass sein. Nach 1–2 Wochen können die Gruppen die Aluminiumfolie von den Gläsern entfernen und die Arbeit der Regenwürmer beobachten (siehe Lösung zu „Vom Waldboden bis zur Baumkrone“). Nach Beendigung der Unterrichtseinheit können die Regenwürmer zusammen im Schulhof/Garten oder einer anderen Grünanlage wieder ausgesetzt werden. Dies sollte allerdings nur mit einheimischen Arten gemacht werden.



Ökosysteme in Raum und Zeit

## Fossilien „selbstgemacht“!

**Thema:** Fossilisation

**Zielsetzung:** Mit Hilfe dieser Praxiseinheit wird Schülern die Entstehung von Fossilien näher gebracht. Natürlich ist es nicht möglich, tatsächliche Fossilien nachzubilden, weil diese unter sehr hohem Druck und zum Teil hoher Temperatur in einem Jahrtausende dauernden Prozess unter der Erdoberfläche entstehen. Dennoch zeigt das Experiment anschaulich, wie uns Überreste von ehemaligen Lebewesen (hier: Spur einer Muschelschale in der Knete) durch Sedimentationsprozesse (hier: Einfüllen des Gips) bleibende Eindrücke früherer Lebensformen hinterlassen können. Geologisch gesehen entspricht das hier entstandene „Fossil“ einem Spurenfossil und kann z. B. mit den Spurenabdrücken von Dinosauriern verglichen werden.

Die „Fossilien“ sind einfach, schnell und kostengünstig herzustellen und haben für die Schüler einen bleibenden Wert.

**Dauer:** ca. 30–45 Minuten (inklusive Wartezeit zum Gips Aushärten)

**Benötigte Materialien:** Bastelgips, Gipsbecher zum Anrühren, Löffel, von den Schülern mitgebrachte Muscheln, Schneckenhäuser, Steine, kleine Plastikdinosaurier etc., Knete, Wasser, alte Zeitungen, Küchenrolle, Klassensatz Arbeitsblatt „Ökosysteme in Raum und Zeit“ – 4

**Ablauf:** Es ist sinnvoll, die Klasse in mehrere Kleingruppen mit jeweils 4–5 Schülern einzuteilen. Diese sitzen an einem Tisch, der für alle gut zugänglich ist. Die Arbeitstische werden mit alten Zeitungen abgedeckt. An jede Gruppe wird Knete verteilt, die sie entsprechend den Arbeitsanweisungen auf dem Arbeitsblatt zu kleinen Blöcken formen sollen. Danach drücken die Schüler vorsichtig ihre mitgebrachten Steine, Muscheln oder anderen Objekte in die Knete und entfernen sie wieder.

Jeweils 1–2 Schüler pro Gruppe rühren anschließend Gips in dem bereit gestellten Becher an. Dabei sollte das Mischverhältnis Wasser: Gips ca. 1:1,5 betragen. Der angerührte Gips wird vorsichtig in die Vertiefungen der Knetblöcke gegossen.

Die Abdrücke müssen im Anschluss ca. 15 Minuten getrocknet werden und können dann vorsichtig aus der Knete gelöst werden. Die fertigen „Fossilien“ brauchen noch einige Tage an der Luft zum vollständigen Aushärten. Für den Transport sollten sie in Küchenrolle eingewickelt werden.



Anpassung von Säugetieren an Lebensräume

## Zahnformeln an verschiedenen Säugetierschädeln bestimmen

**Thema:** Zahnformeln als Hinweise auf die Lebensweise von Säugetieren

**Zielsetzung:** Diese praktische Einheit ermöglicht den Schülern, in direkten Kontakt mit verschiedenen Säugetierschädeln zu kommen und sie miteinander zu vergleichen. Gerade innerhalb der Klasse der Säugetiere gibt es auffällige äußerliche Unterschiede der Schädelformen und auch Zahnformen, die schnelle Rückschlüsse auf die Lebensgewohnheiten der Tiere erlauben. Exemplarisch wurden ein Fleischfresser (Carnivore, hier: Hund), ein widerkäuender Pflanzenfresser (Herbivore, hier: Reh), ein Nagetier (Rodentier, hier: Biber), ein Allesfresser (Omnivore, hier: Schimpanse) und der Mensch (auch Allesfresser) ausgewählt. Diese Auswahl ermöglicht eine gute Übersicht über die Vielfalt der Schädel- und Zahnformen. Durch das Zeichnen der Schädel und Zähne und das Bestimmen der Zahnformel gewinnen die Schüler Verständnis für die Anpassungen der Tiere an differenzierte Lebens- und Ernährungsweisen.

Auch wissenschaftliche Arbeitsmethoden wie biologisches Zeichnen und die Untersuchung von Zähnen und Knochen werden geübt. Durch die Erstellung des Steckbriefes setzen sich die Schüler gruppenweise mit einem der behandelten Säugetiere intensiv auseinander, wodurch ihnen die verschiedenen Säugetierordnungen näher gebracht werden.

**Dauer:** ca. 2 x 45 Minuten

**Benötigte Materialien:** jeweils einen Schädel von Hund, Reh, Biber, Schimpanse, Mensch (in den meisten Biologie-Schulsammlungen vorhanden), 1 Klassensatz Arbeitsblatt „Anpassung von Säugetieren an Lebensräume“ – 3, je einen Gruppensatz der Arbeitsblätter „Anpassung von Säugetieren an Lebensräume“ – 4–1 bis 4–5, Biologie-Lexika

**Ablauf:** Als idealer Einstieg in die praktische Einheit eignet sich das Arbeitsblatt „Anpassung von Säugetieren an Lebensräume“ – 3, auf dem die Zahnformel vorgestellt wird und am Beispiel Hausschwein geübt wird. Außerdem können in einem Gruppengespräch die Funktionen der verschiedenen Zahntypen besprochen werden. Im Anschluss werden die mitgebrachten Schädel gezeigt, die Schüler können die Tiere erraten. Dann wird die Klasse in 5 Gruppen aufgeteilt, die jeweils einen Schädel und die dazugehörigen Arbeitsblätter erhält und es bearbeitet. Hier ist es eventuell nötig, manchen Schülern Hilfestellung zu leisten und sie bei der Erstellung der Zahnformel zu unterstützen. Nach Belieben kann in einer anschließenden Unterrichtsstunde der Steckbrief direkt von den Gruppen mit Hilfe von Lexika oder einem Computer mit Internetzugang bearbeitet werden oder als Hausaufgabe aufgegeben werden. Für die anschließende Besprechung in der Klasse kann je ein Schüler der Gruppe die recherchierten Ergebnisse an der Tafel oder auf einer Overheadfolie präsentieren. Eine weitere Möglichkeit ist es, den anderen Schülern alle Gruppen-Arbeitsblätter auszuteilen und diese mit ausfüllen zu lassen. Zum Schluss der Einheit können sowohl die Schädel als auch die Lebens- und Ernährungsweisen der Säugetiere gegenüber gestellt und miteinander verglichen werden.



Von der Wüste bis zum Regenwald

## Pflanzen ertasten und ihren tropischen Lebensräumen zuordnen

**Thema:** Anpassungen von Pflanzen an verschiedene tropische Standorte

**Zielsetzung:** Mit Hilfe dieser Praxiseinheit wird Schülern die Anpassung von Pflanzen an ihre Standorte im wahrsten Sinne des Wortes be„greifbar“ gemacht. Die Schüler erarbeiten gemeinsam Anpassungen an unterschiedlichste abiotische Faktoren und lernen besondere Lebensformen wie Aufsitzerpflanzen kennen. Durch das haptische Erleben der Pflanzen machen sie sich auf eine neue, ungewohnte und spielerische Art mit den tropischen Pflanzen vertraut und richten dabei ihre Aufmerksamkeit auf andere Schwerpunkte und Details, als dies durch bloßes Betrachten möglich ist. Alle hier ausgewählten und vorgestellten Pflanzen sind zum einen im Palmengarten zu sehen und können zum anderen problemlos in Baumärkten oder im Pflanzenfachhandel erworben werden. Dadurch werden die Schüler schon vor dem Besuch mit einigen Pflanzen des Palmengartens vertraut gemacht, die sie dort in ihrem „natürlichen“ Lebensraum unter den gegebenen klimatischen Verhältnissen wiedererkennen können.

**Dauer:** ca. 45 Minuten

**Benötigte Materialien:** jeweils 1 Pflanzen aus den 7 beschriebenen tropischen Lebensräumen (Aloe, Schwiegermutterzunge, Bleistiftbaum, Nestfarn, Geweihfarn, Wasserhyazinthe, Bromelie; sind alle im Baumarkt oder Pflanzenfachhandel erhältlich), 2 dunkle Stofftücher, Arbeitsblatt „Von der Wüste bis zum Regenwald“ – 1–1 als DIN A 3 Ausdruck (oder größer), Magnete, Klassensatz Arbeitsblatt „Von der Wüste bis zum Regenwald“ – 1–2, bei Bedarf Biologie-Lexika oder PC mit Internetzugang

**Ablauf:** Zu Beginn der Einheit wird das Poster mit den tropischen Vegetationszonen an der Tafel befestigt und erläutert. Die Lebensräume sollten kurz vorgestellt werden. Dann werden nacheinander 7 Schüler nach vorne gebeten und bekommen, auf einem Stuhl vor der Klasse sitzend, eine Pflanze unter einem Tuch gereicht, die sie dann ertasten und beschreiben sollen. Die anderen Schüler können dazu angeregt werden, dem Schüler weitere Fragen zu stellen, die Hinweise auf den Lebensraum der beschriebenen Pflanze geben. Möglich Fragen sind hierbei:

Wie groß ist die Pflanze? Wie sind die Blätter angeordnet? Hat die Pflanze einen Stamm? Sind die Blätter dick oder dünn? Gibt es Stacheln? Kann man eine/mehrere Blüten ertasten? Welche Form haben die Blätter? Welche Größe haben sie?

Mit Hilfe dieser beantworteten Fragen ist es möglich, einige Aussagen über die Standorte der Pflanzen zu treffen: Dicke Blätter sind typisch für trockene Standorte, schmale und dünne eher für feuchte; große Blätter weisen auf einen schattigen Lebensraum hin, kleinere auf einen hellen usw.. Nach dem Beschreiben und der Beantwortung der Fragen wird die Pflanze den Schülern gezeigt, kurz vorgestellt (Name, Herkunft, Lebensweise, Lebensraum etc.) und kann in der ganzen Klasse herumgereicht werden.

Nach dem Ertasten der letzten Pflanzen kann das Ausfüllen der Steckbriefe entweder als Hausaufgabe aufgegeben werden oder in einer 2. Unterrichtsstunde erarbeitet werden. Dabei werden die Schüler in 7 gleichgroße Gruppen aufgeteilt und beschäftigen sich jeweils mit einer Pflanze und erarbeiten mit Hilfe eines Lexikons oder des Internets den dazugehörigen Steckbrief von Arbeitsblatt 1–2. Anschließend können die Ergebnisse vor dem Rest der Klasse vorgestellt oder von der Lehrperson zusammengefasst werden. Zum Schluss sollen die ausgeschnittenen Bilder der Pflanzen und die Steckbriefe auf dem Poster der Weltkarte an der passenden Stelle mit Magneten befestigt werden.



### 1. Was ist Biodiversität und warum ist sie so wichtig?

1. Welche Dinge aus den Regalen nutzt Du täglich?

z. B.: Kleidung, Lebensmittel wie Milchprodukte, Fleisch, Wurst, Obst, Gemüse, Papier, Ökosysteme wie Wald, Wiese...

2. Finde insgesamt 15 Produkte aus der Natur, die Du als Nahrung, Medikamente, in der Freizeit oder in der Schule brauchst.

Wurst, Käse, Milch, Joghurt, Fleisch, Salat, Gemüse, Obst, Getreide, Baumwolle (Kleidung), Penicillin (wurde ursprünglich aus einem antibakteriell wirkenden Pilz hergestellt), Papier als Zeitungen/Zeitschriften/Hefte/Bücher..., Pflanzen (Aloe, diverse Blüten) in Kosmetika, Kräuter, Heilpflanzen in Tees, Lebensräume wie Wald, See, Wiese, Meer, Apfelsorten, Reissorten...

### 2. Genetische Vielfalt

Katzen von oben links nach unten rechts:

Löwe, Luchs, Tiger, Perserkatze, Amerikanische Kurzhaar-Katze, Puma, Siam-Katze, Nackt-Katze, Leopard, Manx-Katze, Gepard

Hauskatzen-Rassen sind **fett gedruckt und unterstrichen**, alle anderen sind Katzen-Arten.

### 3. Vielfalt der Arten

Tiere und Pflanzen von oben nach unten und von links nach rechts:

Vogel (Goldammer), Hummel, Löwenzahn, Schnecke, Schafgarbe, Laubfrosch, Schmetterlingsraupe, Feldmaus, Schmetterling (Kohlweißling), Mohn, Wildkaninchen, Wiesenrispengras, Kreuzspinne, Wiesenschaumkraut, Maulwurf, Regenwurm, Kornblume, Heuschrecke, Igel, Marienkäfer

Insgesamt: 14 Tierarten und 6 Pflanzenarten

### 4. Vielfalt der Ökosysteme

Hinten links: Wald: Specht, Eule

Hinten rechts: See: Libelle, Fisch, Frosch

Vorne links: Feld(rand): Fuchs, Blindschleiche, Feldhamster, Reh



## Was ist ein Ökosystem? – Lösung

### 1. Was ist ein Ökosystem?

Unlebte Natur: Sonne, Wolken, Steine, Berge, Wasser (Bach), Felsen, Wind...

Belebte Natur (von hinten links nach vorne rechts): Schwalben, Bäume, Kolkrabe, Murmeltier, Steinbock, Mehlprimel, Enzian, Apollofalter, Glockenblume, Eidechse

Beispiele für Zusammenhänge: Tiere und Pflanzen brauchen Niederschläge, Wind, Wasser, Steine, Nährstoffe aus dem Boden etc. als Grundlage für ihr Leben. Steine werden durch tierische Ablagerungen (Muscheln, Schnecken) gebildet, Tier- und Pflanzen-Abfälle verwesen und bilden neue Nährstoffe, Lebewesen prägen ihre Lebensräume...

### 2. Wer frisst wen im Ökosystem?

Eule frisst → Specht, Maus; Specht → Käfer, Spinne, Insektenlarve im Totholz; Spinne → Fliege;

Maus → Nüsse, Pflanzen; Insektenlarve → Totholz; Fliege → Pflanzen, Aas; Käfer → Pflanzen; Assel → Totholz;

Pilz (am Baum) → Totholz

### 3. Jobs im Ökosystem

#### Lebenslauf

**Name:** Dachs

**Wissenschaftlicher Name:** *Meles meles*

**Wirbeltierklasse:** Säugetiere

**Vorkommen:** Europa bis naher Osten

**Nahrung:** Allesfresser, Insektenlarven, Regenwürmer, Früchte, Samen, ....

**Sozialleben:** Lebt in Familienverbänden in Höhlenbauten zusammen

**Aussehen:** 65–90cm groß, graues Fell, schwarz-weiß gestreifter Kopf, längliche Schnauze

**Besondere Merkmale:** teilt sich manchmal mit Füchsen die Höhle, markiert sein Revier mit Düften

An den Stadtwald Frankfurt

Dr. Otto Uhu

5. Baum links

Von: Dieter Dachs

Wohnhöhle: Milanschneise

Sehr geehrter Herr Dr. Uhu,

mit großem Interesse habe ich Ihre Stellenausschreibung für einen Allesfresser gelesen. Ich möchte mich gerne für die Stelle bewerben, weil ich mich für fähig, kompetent und sehr motiviert halte, in Ihrem Team mitzuarbeiten. Ich finde mich besonders gut geeignet, weil ich eine besonders feine Nase habe, um Insektenlarven und andere Kleintiere zu finden, und durch meine Nachtaktivität auch sehr unbemerkt arbeiten kann. Nur mein Geruch, mit dem ich mein Revier markiere könnte eventuell stören, aber ich arbeite bereits an einer besseren Duftnote.

Ich freue mich auf Ihre Antwort.

Mit freundlichen Grüßen

Dieter Dachs



## Was ist ein Ökosystem? – Lösung

**Täter:**

**Name:** Fuchs  
**Wissenschaftlicher Name:** *Vulpes vulpes*  
**Wohnung:** Höhlenbauten  
**Nahrung:** Allesfresser: v.a. Mäuse, Kaninchen, Regenwürmer, Obst...  
**Aktive Zeit:** am Tag  
**Ruhezeit:** bei Nacht  
**Fellfarbe / Tarnung:** Rötlich-braun, gut getarnt im Laub, auf der Erde  
**Aufzuchtort der Jungen:** im Bau  
**Sozialleben:** lebt in Familienverbänden

**Verdächtiger:**

**Name:** Dachs  
**Wissenschaftlicher Name:** *Meles meles*  
**Wohnung:** Höhlenbauten  
**Nahrung:** Allesfresser: Insektenlarven, Regenwürmer, Früchte, Samen, ...  
**Aktive Zeit:** bei Nacht  
**Ruhezeit:** am Tag  
**Fellfarbe / Tarnung:** graues Fell, schwarz-weiß gestreifter Kopf  
**Aufzuchtort der Jungen:** im Bau  
**Sozialleben:** lebt in Familienverbänden

**Verdächtiger:**

**Name:** Igel  
**Wissenschaftlicher Name:** *Erinaceus europaeus*  
**Wohnung:** Wiesen, Waldränder unter Laub  
**Nahrung:** v.a. Insekten und Insektenlarven, Schnecken, junge Mäuse, auch Obst  
**Aktive Zeit:** Dämmerung, bei Nacht  
**Ruhezeit:** am Tag  
**Fellfarbe / Tarnung:** bräunliche Stacheln, kann sich einrollen als Schutz  
**Aufzuchtort der Jungen:** Nest aus Laub und Moos  
**Sozialleben:** lebt einzeln

**Verdächtiger:**

**Name:** Baumrarder  
**Wissenschaftlicher Name:** *Martes martes*  
**Wohnung:** Baumhöhlen  
**Nahrung:** Allesfresser: v.a. kleine Säuger, Vögel, Eier, Regenwürmer, Obst...  
**Aktive Zeit:** bei Nacht  
**Ruhezeit:** am Tag  
**Fellfarbe / Tarnung:** braun mit hellem Brustfleck, schlecht im Dunkeln zu sehen  
**Aufzuchtort der Jungen:** in der Baumhöhle  
**Sozialleben:** Einzelgänger



## Von der Wüste bis zum Regenwald – Lösung

### 1. Wer lebt wo und wieso? Angepasste Pflanzen aus den Tropen

Wissenschaftlicher Name:  
**Wasserhyazinthe (*Eichhornia crassipes*)**  
 Heimat: Brasilien  
 Vegetationszone: Mangrove  
 Größe: Blätter bis 45 cm  
 Blattform: klein, rundlich  
 Besonderheiten: schwammartiges Gewebe mit Luft, schwimmende Blätter

Wissenschaftlicher Name:  
**Aloe (*Aloe vera*)**  
 Heimat: arabische Halbwüste  
 Vegetationszone: Halbwüste  
 Größe: bis 50 cm (Blätter), kleine Stacheln  
 Blattform: spitz zulaufend, fleischig  
 Besonderheiten: Heilwirkung des „Gels“, kleine Stacheln an den Blatträndern

Wissenschaftlicher Name:  
**Nestfarn (*Asplenium nidus*)**  
 Heimat: trop. Afrika, Australien, Asien  
 Vegetationszone: Bergregenwald  
 Größe: bis zu 1 m  
 Blattform: bilden Trichter  
 Besonderheiten: mag viel Feuchtigkeit

Wissenschaftlicher Name:  
**Schwiegermutterzunge (*Sansevieria trifasciata*)**  
 Heimat: Westafrika  
 Vegetationszone: Savanne  
 Größe: bis 1 m  
 Blattform: länglich, schwertförmig, spitz  
 Besonderheiten: sehr robust

Wissenschaftlicher Name:  
**Bromelie (Familie Bromeliaceae)**  
 Heimat: Süd- und Mittelamerika  
 Vegetationszone: Tieflandregenwald  
 Größe: unterschiedlich  
 Blattform: z. T. becherartig  
 Besonderheiten: Aufsitzerpflanzen

Wissenschaftlicher Name:  
**Geweihefarn (*Platyserium bifurcatum*)**  
 Heimat: Süd-Am., Afr., Asien, Australien  
 Vegetationszone: Monsun- und Passatw.  
 Größe: bis zu 1 m  
 Blattform: gefiedert  
 Besonderheiten: oft Aufsitzer, bilden Trichter

Wissenschaftlicher Name:  
**Bleistiftstrauch (*Euphorbia tirucalli*)**  
 Heimat: Afrika, Madagaskar  
 Vegetationszone: Dornwald  
 Größe: bis 7 m großer Baum  
 Blattform: rundlich, länglich  
 Besonderheiten: Äste mit Milchsaft, Blätter sehr klein





Von der Wüste bis zum Regenwald – Lösung

**2. Wo ist es wie? Klimazonen der Tropen**

	Sonnenlicht	Wärme	Nährstoffe im Boden	Niederschlagsmenge	Platz für jede Pflanze
 Halbwüste / Wüste	☺	☺ tags / ☹ nachts	☹	☹	☺
 Dornwald	☺	☺	☹	☹	☺
 Savanne	☺	☺	☹	☹ Trockenzeit / ☺ Regenzeit	☺
 Monsun- und Passatwald	☹	☺	☹	☹ Trockenzeit / ☺ Regenzeit	☹
 Tiefland-regenwald	☺ oben / ☹ unten	☺	☹	☺	☹
 Berggenwald	☹	☹	☹	☺	☹
 Mangrove	☹	☺	☹ Viel Salz! / Wenig Sauerstoff!	☺	☹

**3. Tropische Regenwälder - gefährdete Schatzkammern**

- Die Stockwerke von unten nach oben:  
Boden, Krautgeschoss, Untergeschoss, Obergeschoss, Dachgeschoss
- z. B. Kakao, Kaffee, Bananen, Mango, Vanille, Zimt, Pfeffer, Zitrusfrüchte, Papaya, Holz...
- Vorteil von Bromelien: haben in der Höhe Zugang zu Licht, nehmen Regenwasser über Saugschuppen auf, die sich in den trichterförmig angeordneten Blättern befinden
- Richtig ist c) 75 %
- Regenwald speichert CO<sub>2</sub> und produziert Sauerstoff g Rodung verstärkt Treibhauseffekt  
Regenwald speichert Wasser, verhindert so Austrocknung, Erosion...



Von der Wüste bis zum Regenwald – Lösung

#### 4. Reingefallen – Kannenpflanzen in Aktion!

Der Deckel schützt die Flüssigkeit in der Kanne vor Regen. Dadurch wird sie nicht verdünnt und bleibt wirksam zum Verdauen der „Beutetiere“.

Die Pflanze lockt mit leckeren Nektartröpfchen und blumigem Duft Insekten an. Der fleischfarbene Rand der Kanne ist besonders für Fliegen attraktiv.

Der Rand der Kanne ist mit Wachs beschichtet und dadurch sehr rutschig. Fliegen oder Ameisen können sich nicht mehr daran festhalten und stürzen in die Pflanze.

Warum sind Kannenpflanzen überhaupt Fleischfresser? Sie wachsen auf nährstoffarmen Böden oder sogar auf anderen Pflanzen und gewinnen aus den verdauten Tieren wichtige Stoffe, die sie zum Wachsen brauchen.

Die Flüssigkeit der Kanne ist sehr sauer. Ähnlich wie unsere Magensäure zersetzt sie die gefangenen Tiere.



## Ökosysteme in Raum und Zeit – Lösung

**1.1–1.3 Leben auf der Erde – früher und heute****Erdaltertum:**

Kambrium: Qualle

Silur: Panzerfisch (Dunkleosteus), Ammonit

Devon: Fischeschädellurch (Ichtyostega)

Karbon: Riesenlibelle

**Erdmittelalter:**

Trias: Riesenschachtelhalm, Flugsaurier (Pteranodon), Fischesaurier

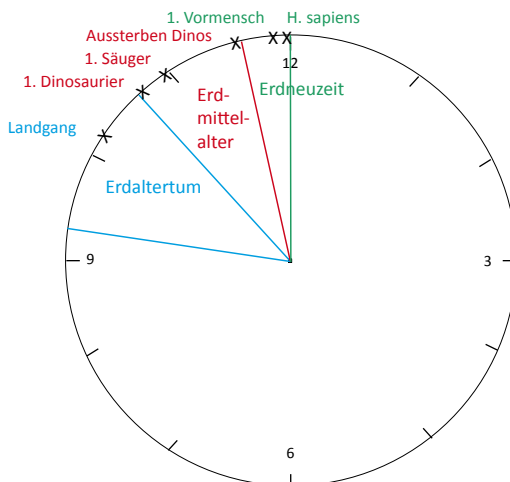
Jura: Diplodocus

Kreide: Tyrannosaurus rex, Triceratops

**Erdneuzeit:**

Tertiär: Säugetier (Chinchilla), Urpferd, Affe (Gibbon), Vogel (Kohlmeise), Blütenpflanzen (Lilie)

Quartär: Mammut, Neanderthaler

**2. Kinder, wie die Zeit vergeht...!**

- Erdaltertum (erste Fossilfunde) beginnt erst sehr spät → Erde war die meiste Zeit ihrer Existenz ohne mehrzelliges Leben
- Dinosaurier lebten relativ lange auf der Erde
- Säugetiere gab es schon zeitgleich mit Dinosauriern
- Entwicklung des Menschen spielt zeitlich gesehen kaum eine Rolle, *Homo sapiens* gibt es erst „wenige Sekunden“ auf der Erde

**3. Fossilien – Spuren der Vergangenheit****Lebensraum:**

Paratropischer Regenwald (ähnlich einem tropischen Regenwald mit jahreszeitlich bedingten Temperaturschwankungen)

**Anpassungen des Messeler Urpferdes:**

Größe / Gewicht: ist leicht und klein, kann sich in einem dichten Wald gut bewegen

Nahrung: Pflanzen, die nicht in der Steppe vorkommen

Zähne: anderer Zahnaufbau: Urpferd hatte andere Nahrung als heutige Pferde g siehe Magen

Beine: breit gefächerte Hufe bilden große Oberfläche g lebten auf weichem Boden, heutige Pferde haben einen Huf g harter Steppenboden



## Anpassung von Säugetieren an Lebensräume – Lösung

**1. 3, 2, 1 – los! Säugetiere starten durch!****Klasse: Fische**

sind gut an ihren Lebensraum, das Wasser, angepasst. Sie können nicht an Land leben, da sie über Kiemen atmen und Eier ohne feste Hülle legen.

**Klasse: Amphibien**

können sich dank ihrer Lungen auch an Land bewegen, sind aber wegen der schalenlosen Eier und der schwimmenden Larven noch an das Wasser gebunden.

**Klasse: Reptilien**

Ihre Eier haben eine feste Schale und damit sind Reptilien vom Wasser unabhängig. Die wechselwarme Körpertemperatur und ihre unbehaarte Haut machen das Leben in kalten Gebieten aber unmöglich.

**Klasse: Vögel**

Federn wärmen den gleichwarmen Körper der Vögel. Das Ausbrüten der Eier zwingt sie, länger an einem Ort zu bleiben.

**Klasse: Säugetiere**

mit einem wärmenden Fell, gleichwarmen Blutkreislauf, verschiedenartigen Zähnen, Muttermilch für die lebend geborenen Jungtiere und einem sehr gut ausgebildeten Gehör sind Säugetiere an vielfältige Lebensräume angepasst!

**2. Höher, schneller, weiter! - Rekordhalter Säugetiere!**

**Der Gepard**  
Größtes Landtier der Welt

Größe: bis 4 m  
Gewicht: bis 150 t  
Nahrung: v.a. Gras, auch Früchte, Wurzeln, Rinde  
Lebensraum: Steppen Afrikas und Asiens

**Die Giraffe**  
Höchstes Tier der Welt

Größe: bis 6 m hoch  
Gewicht: bis 1,9 t  
Nahrung: Blätter aus Baumkronen  
Lebensraum: Savanne Afrikas

**Der Blauwal**  
Größtes Tier der Welt

Größe: bis 30 m lang  
Gewicht: bis 150 t  
Nahrung: Plankton  
Lebensraum: Meer

**Der Gepard**  
schnellstes Säugetier der Welt

Größe: bis 2,2 m  
Gewicht: bis 70 kg  
Geschwindigkeit: Über 100 km/h bei Kurzstrecken  
Nahrung: Fleisch  
Lebensraum: Savanne Afrikas

**Die Etruskerspitzmaus**  
Kleinste Säugetier der Welt

Größe: bis max. 5 cm  
Gewicht: 2, 5 g  
Nahrung: Insekten  
Lebensraum: Lichte Wälder, Graslandschaften



Anpassung von Säugetieren an Lebensräume – Lösung

**3. Vorsicht bissig! – Säugetieren ins Maul geschaut! – Hausschwein**

Zahnformel:  $\frac{3 \ 1 \ 4 \ 3}{3 \ 1 \ 4 \ 3}$

Zahntyp	Funktion
Schneidezahn	Abrupfen von Gras / Pflanzen
Eckzahn	Festhalten von Beute / Nahrung
Vorbackenzahn	Zerkleinern von pflanzl. und tierischer Nahrung
Backenzahn	Zermahlen pflanzlicher Nahrung



**4.1 Säugetiere im Profil: Der Hund**

Zahnformel:  $\frac{3 \ 1 \ 4 \ 2}{3 \ 1 \ 4 \ 3}$

Zahntyp	Funktion
Schneidezahn	Fleischreste vom Knochen entfernen
Eckzahn	Beute festhalten
Vorbackenzahn	Zerkleinern der Beute
Backenzahn	Zerkleinern der Beute

**Name (wissenschaftlicher Name): Hund (*Canis lupus*)**  
 Säugetierordnung: Raubtiere  
 Größe: 20 cm–80 cm (Schulterhöhe)  
 Gewicht: 0,5 kg–95 kg  
 Vorkommen: gesamte Nordhalbkugel (Wolf), gesamte Erde (Hund), Wälder  
 Nahrung: v. a. Fleisch (andere Säuger, auch Aas)  
 Sozialverhalten: lebt eigentlich in Rudeln, als Haustier gesellig  
 Besonderheiten: Raubtiergebiss mit Reißzähnen



**4.2 Säugetiere im Profil: Das Reh**

Zahnformel:  $\frac{0 \ 0 \ 3 \ 3}{3 \ 1 \ 3 \ 3}$

Zahntyp	Funktion
Schneidezahn	Abreißen von pflanzlicher Nahrung
Eckzahn	kaum vorhanden
Vorbackenzahn	Zermahlen der Nahrung
Backenzahn	Zermahlen der Nahrung



## Anpassung von Säugetieren an Lebensräume – Lösung

**Name (wissenschaftlicher Name): Europ. Reh (*Capreolus capreolus*)**

Säugetierordnung: Paarhufer

Größe: 60–90 cm (hoch)

Gewicht: 15 kg–30 kg

Vorkommen: Europa, lichte Wälder

Nahrung: Kräuter, Gräser, Baumsprossen, Beeren

Sozialverhalten: leben in Rudeln

Besonderheiten: Wiederkäuer

#### 4.3 Säugetiere im Profil: Der Biber

Zahnformel:  $\frac{1\ 0\ 1\ 3}{1\ 0\ 1\ 3}$

Zahntyp	Funktion
Schneidezahn	harte Stämme nagen
Eckzahn	–
Vorbackenzahn	Zermahlen der pflanzlichen Nahrung
Backenzahn	Zermahlen der pflanzlichen Nahrung

**Name (wissenschaftlicher Name): Biber (*Castor fiber*)**

Säugetierordnung: Nagetiere

Größe: 80–110 cm lang

Gewicht: 17 kg–30 kg

Vorkommen: Europa, Asien, in der Nähe von Fließgewässern

Nahrung: Pflanzen; nagen Bäume ab, um an die frischen Blätter oben zu kommen

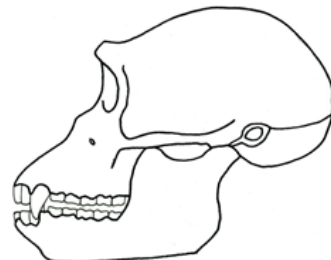
Sozialverhalten: in Familiengruppen, bauen „Burgen“ im Wasser

Besonderheiten: Nagergebiss

#### 4.4 Säugetiere im Profil: Der Schimpanse

Zahnformel:  $\frac{2\ 1\ 2\ 3}{2\ 1\ 2\ 3}$

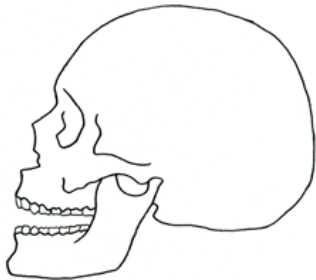
Zahntyp	Funktion
Schneidezahn	Festhalten der Nahrung, Abrupfen
Eckzahn	Festhalten der Nahrung, Drohen
Vorbackenzahn	Zerkleinern und Festhalten der Nahrung
Backenzahn	Zermahlen der pflanzlichen Nahrung





Anpassung von Säugetieren an Lebensräume – Lösung

**Name (wissenschaftlicher Name): Schimpanse (*Pan troglodytes*)**  
 Säugetierordnung: Primaten  
 Größe: 1 m–1,7 m  
 Gewicht: 34–70 kg  
 Vorkommen: Regenwälder und Savannen Afrikas  
 Nahrung: Alles, v.a. Pflanzen, aber auch Insekten, kleine Säuger  
 Sozialverhalten: In Gruppen, Weibchen auch einzelgängerisch  
 Besonderheiten: Allesfressergebiss



**4.5 Säugetiere im Profil: Der Mensch**

Zahnformel:  $\frac{2 \ 1 \ 2 \ 3}{2 \ 1 \ 2 \ 3}$

Zahntyp	Funktion
Schneidezahn	Nahrung abbeißen
Eckzahn	Nahrung festhalten
Vorbackenzahn	Nahrung zerkleinern
Backenzahn	Nahrung zerkleinern

**Name (wissenschaftlicher Name): moderner Mensch (*Homo sapiens*)**  
 Säugetierordnung: Primaten  
 Größe: 1,5–2 m  
 Gewicht: ca. 45–120 kg  
 Vorkommen: weltweit  
 Nahrung: Alles: Pflanzen, Fleisch, Früchte, Samen,...  
 Sozialverhalten: In Gruppen, Familien, größeren Verbänden  
 Besonderheiten: Allesfressergebiss, Entwicklung von Kultur, aufrechter Gang,...

**5. Säugetiere global**

- Waldgiraffe → tropischer Regenwald glatte Zunge zum Blätter abrufen...
- Eisbär → Arktis → dichtes Fell mit dunkler Haut...
- Elch → Tundra → gelenkige Beine...
- Spitzmaulnashorn → Afrikanische Steppe → kann sehr trockene, dornige Pflanzen fressen
- Seehund → Meere → dicke Fettschicht als Schutz...
- Wüstenfuchs → Wüste → nachtaktiv als Schutz gegen große Hitze...



## Vom Waldboden bis zur Baumkrone – Lösung

### 1. Multitalent Wald!

- a) Luftregulierer
- b) Klimaregulierer
- c) Wellnessoase
- d) Recycler
- e) Lebensraum
- f) Rohstofflieferant
- g) Bodenfestiger
- h) Wasserregulierer

### 2. Ich versteh´ nur Hirsch!

1. Keiler (CH) 2. Die Ohren der Hasen (WA) 3. Kitz (MIS) 4. Losung (BU) 5. Die Hirschkuh (EN) 6. Ein Hirsch mit insgesamt acht Enden am Geweih (CH) 7. Äsen (LD)

**Lösungswort:** Buchenmischwald

### 3. Voll angepasst, das Eichhörnchen!

Durch das Leben in den Baumwipfeln haben Fressfeinde am Boden, wie z. B. Füchse, keine Chance. Andere Raubtiere wie Uhus, Hauskatzen, Baumrarder schütteln sie auch meist ab, weil sie so schnell klettern können.

Das „Haus“ von Eichhörnchen ist der Kobel, das ist ein geschlossenes Nest aus Zweigen und Blättern, das in Astgabeln gebaut wird.

Die Lieblingsspeise des Eichhörnchens sind Beeren, Nüsse und Samen. Zum Knacken der Nüsse nutzt es seine langen, starken Nagezähne. Im Herbst legt das Eichhörnchen einen Wintervorrat an, indem es Futter in der Erde vergräbt.

Der buschige Schwanz des Eichhörnchens ist oft so lang wie das ganze Tier selbst. Beim Klettern wird er für das Gleichgewicht und beim Springen zum Steuern genutzt. Die langen, kräftigen Hinterbeine und die starken Krallen sind auch eine tolle Kletterhilfe!

Ein großes Problem für das europäische Eichhörnchen ist das etwas größere amerikanische Grauhörnchen, das von Menschen nach Europa gebracht wurde. Es wetteifert mit dem Eichhörnchen um Nahrung und verdrängt es so aus seinem Lebensraum.





## Vom Waldboden bis zur Baumkrone – Lösung

**4. Immer schön am Boden bleiben!**

Gruppe	Anzahl (pro m <sup>2</sup> , 30 cm tief)	Gewicht (in g)
Bakterien	60 000 000 000 000	100
Fadenwürmer	10 000 000	15
Milben	150 000	1,5
Regenwürmer	200	100
Schnecken	50	1
Asseln	50	0,5
Tausenfüßler	150	4
Käfer	100	1,5
Säugetiere	0,001	0,1
<b>Gesamtgewicht</b>	-----	<b>223,6</b>

**5. Regenwürmer in Aktion!**

1. Welche Veränderungen habt ihr im Glas bemerkt?

- Erdschichten sind durchmischt, Laub eingefallen, evtl. Regenwurmgänge zu erkennen

2. Was ist mit dem Laub passiert? Wie hat es sich verändert?

- Eingefallen, weniger geworden (von den Regenwürmern gefressen), mehr zersetzt

3. Was hat sich bei den Erdschichten verändert?

- sind durchmischt, Grenzen der Schichten nicht mehr so gut erkennbar, evtl. eingesunken

4. Könnt ihr lockere „Wurmhäufchen“ im Glas erkennen? Wo kommen sie her?

Wurmhäufchen sind Regenwurm Kot, evtl. an der Oberfläche zu sehen am Ende von Regenwurm gängen

→ Regenwürmer spielen eine wichtige Rolle beim Zersetzen von Laubstreu und anderen organischen Resten auf und im Boden, sorgen mit dem Umgraben des Bodens für Durchlüftung, Sauerstoffversorgung von Kleinlebewesen, Wurzeln etc. → wichtige Recycler



## Spiel: Biodiversitäts-Protector – Lösung

**Lösungen Quizfragen:****1. Biodiversität allgemein (BD)**

- Wie war das noch mal mit der Biodiversität? Ein anderes Wort dafür ist...  
b) biologische Vielfalt
  
- Biodiversität wird unterteilt in die Vielfalt der Arten, der Ökosysteme und der...  
a) Gene
  
- Was sind Beispiele für genetische Vielfalt?  
b) Apfelsorten, Reissorten, Katzenrassen

**2. Ökosystem allgemein (ÖS)**

- Ökosysteme setzen sich zusammen aus...  
a) biotischen und abiotischen Faktoren
  
- Ein Nahrungsnetz in einem Ökosystem wird gebildet von...  
a) Zersettern, Erzeugern und Verbrauchern
  
- Beispiele für abiotische Faktoren (unbelebte Natur) sind...  
c) Temperatur und Gestein
  
- Beispiele für Ökosysteme sind...  
b) Wüste, Meer, Wald

**3. Ökosysteme in Raum und Zeit (Senckenberg Museum) (SB)**

- Ordnet folgende Lebewesen nach ihrem ersten Vorkommen auf der Erde:  
1. Qualle, 2. Haie, 3. Dinosaurier, 4. Blütenpflanzen, 5. Menschen
  
- Ein Fossil ist nichts anderes als...  
a) der versteinerte Überrest eines Lebewesens
  
- Massenaussterben bringen Ökosysteme ganz schön durcheinander. Gründe dafür können sein...  
c) Klimaveränderungen und Meteoriteneinschläge
  
- In welchem Zeitalter der Erde lebten die Dinosaurier?  
c) Erdmittelalter
  
- Das „Messeler Urpferd“ war gut an das Leben im dichten Regenwald angepasst, weil es...  
c) klein, leicht und gut beweglich war.



## Spiel: Biodiversitäts-Protector – Lösung

**Lösungen Quizfragen:****4. Vom Waldboden bis zur Baumkrone (Stadtwaldhaus) (SB)**

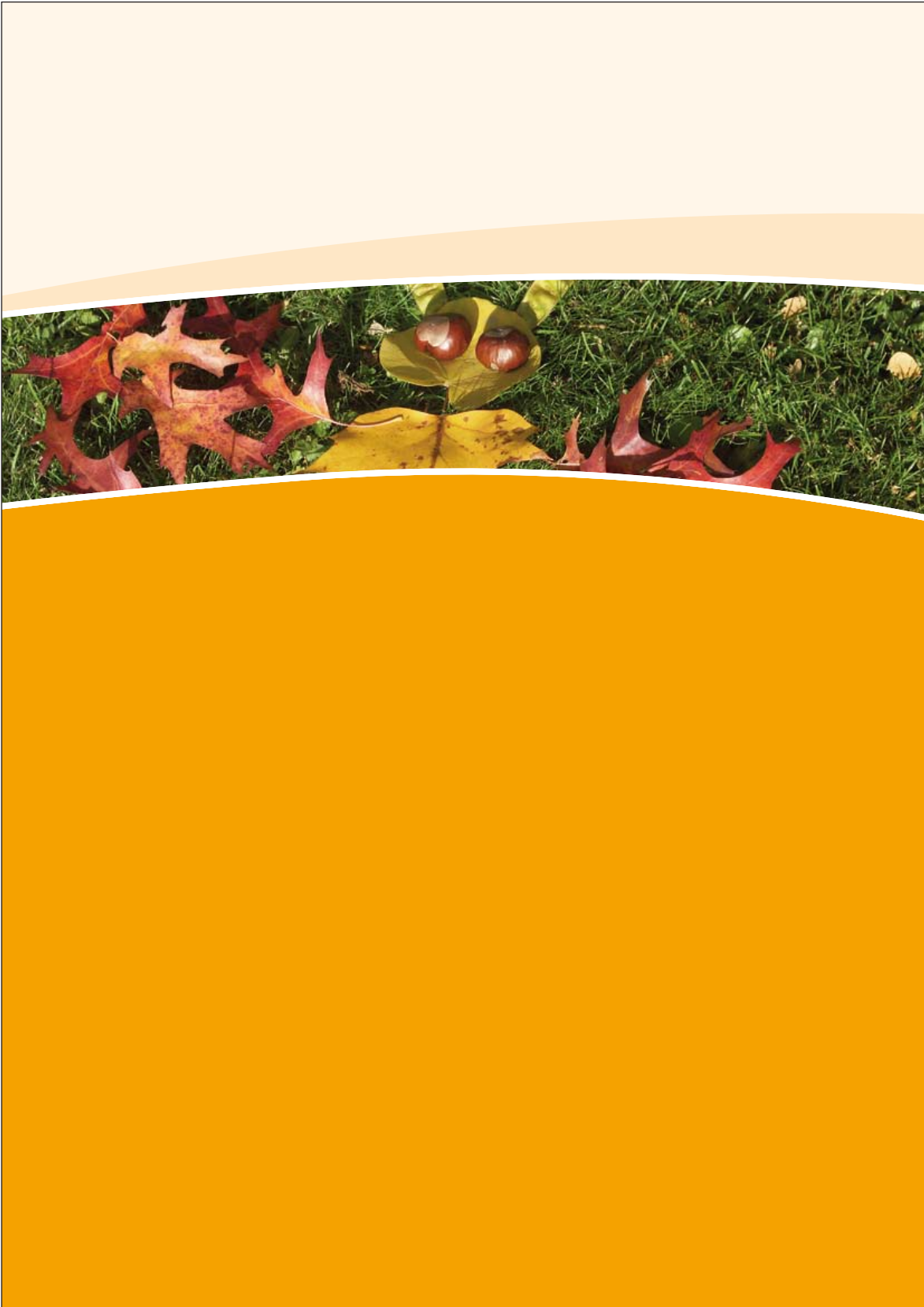
- Regenwürmer spielen im Waldboden eine wichtige Rolle als...
  - b) Zersetzer
- Wir Menschen nutzen viele Produkte aus dem Wald. Beispiele sind...
  - c) Holz, Beeren, Kräuter
- Pflanzen konkurrieren im Wald um genügend Nährstoffe, Wasser und...
  - a) Licht
- Wieso heißt der Regenwurm eigentlich Regenwurm?
  - c) weil er bei Regen aus seinen Gängen kommt
- Wodurch wird das Ökosystem Wald bedroht?
  - a) durch Autoabgase, Abholzung, Gifte in der Umwelt

**5. Anpassung von Säugetieren an Lebensräume (Zoo Frankfurt) (Zoo)**

- Welche Eigenschaft besitzen ausschließlich Säugetiere?
  - c) sie säugen ihre Jungen
- In welchem Ökosystem der Erde gibt es keine Säugetiere?
  - d) es gibt sie in allen
- Backenzähne sind eine tolle Sache! Mit ihrer Hilfe können Säugetiere...
  - a) ihre Nahrung zerkleinern
- Welche besonderen Anpassungen zeigen nachtaktive Säugetiere?
  - c) große Augen und Ohren
- Viele Säugetierarten sind bedroht. Was ist einer der wichtigsten Gründe dafür?
  - c) die Zerstörung ihres Lebensraums

**6. Von der Wüste bis zum Regenwald (Palmengarten) (PG)**

- wie viele tropische Vegetationszonen gibt es im Palmengarten?
  - b) 7
- Welches dieser Ökosysteme ist nicht tropisch?
  - c) europäische Nadelwälder
- Wo auf der Weltkugel befinden sich die Tropen?
  - c) ungefähr zwischen nördlichem und südlichem Wendekreis
- Welchen Vorteil haben Aufsitzerpflanzen (z. B. Bromelien)?
  - a) in der Höhe bekommen sie mehr Licht ab
- Warum fressen manche Pflanzen Tiere?
  - a) weil der Boden wenig Nährstoffe hat





## Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich mich bisher keiner Doktorprüfung im Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Bereich unterzogen habe.

Frankfurt am Main, den 29.Juli 2016

.....

(Unterschrift)

## Versicherung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorgelegte Dissertation über

***Biodiversität erfahren an vier außerschulischen Lernorten in Frankfurt –  
Konzeption und Evaluation von Arbeitsmaterialien für Lehrer und Schüler zur Vor- und  
Nachbereitung des Biodiversitätsringprogramms von Palmengarten, Senckenbergmuseum,  
StadtWaldHaus und Zoo***

selbständig angefertigt und mich anderer Hilfsmittel als der in ihr angegebenen nicht bedient habe, insbesondere, dass alle Entlehnungen aus anderen Schriften mit Angabe der betreffenden Schrift gekennzeichnet sind.

Ich versichere, die Grundsätze der guten wissenschaftlichen Praxis beachtet und nicht die Hilfe einer professionellen Promotionsvermittlung in Anspruch genommen zu haben.

Frankfurt am Main, den 29.Juli 2016

.....

(Unterschrift)



