

---

**Paläobiogeographische Aspekte am Beispiel der Inklusen des Baltischen Bernsteins  
unter besonderer Berücksichtigung der Steinfliegen (Insecta: Plecoptera)  
und  
ein Unterrichtsentwurf zum Thema Baltischer Bernstein und seine Inklusen für den  
Biologieunterricht verschiedener Schulstufen**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Universität zu Köln

vorgelegt von

Celestine Gilda Caruso

aus Engelskirchen

Köln 2014

---

---

**Die vorliegende Dissertation wurde von der  
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Universität zu Köln angenommen**

Berichterstatter:

Prof. Dr. Wilfried Wichard

Prof. Dr. Frank Schäbitz

Tag der letzten mündlichen Prüfung:

13.05.2014

---

# Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	4
1. Baltischer Bernstein im fachwissenschaftlichen Kontext: Eine Bestandsaufnahme .....	9
1.1. Eozäne Bernsteinlagerstätten.....	9
1.2. Baltischer Bernstein: Seine Zusammensetzung.....	13
1.3. Die Entstehung des Baltischen Bernsteins .....	15
1.4. Zusammenfassung der Ergebnisse.....	19
2. Paläobiogeographie und Baltischer Bernstein.....	20
2.1. Prinzipien von Paläobiogeographie (Historische Biogeographie).....	20
2.2. Plattentektonik: Grundlagen .....	22
2.2.1. Langfristige klimatische Veränderung als Konsequenz von Plattentektonik .....	26
2.2.2. Auswirkung von Plattentektonik auf die (Paläo-)Biogeographie .....	26
2.2.3. Rekonstruktion vergangener Lebensräume .....	30
2.2.3.1. Untersuchungsmethoden.....	30
2.2.3.2. Klimawandel im „Bernsteinwald“.....	31
2.3. Paläobiogeographie und Baltischer Bernstein - Exemplarische Analyse anhand von Steinfliegen des Baltischen Bernsteins.....	38
2.3.1. Biologie der Steinfliegen .....	39
2.3.2. Bernsteinbericht - Erfassung der Steinfliegen im Baltischen Bernstein.....	40
2.3.3. Die Gattungen der im Bernstein nachgewiesenen Steinfliegenfamilie Nemouridae und Leuctridae und ihre Verbreitungsgeschichte.....	44
2.3.3.1. Holarktisch verbreitete Steinfliegengattungen des Baltischen Bernsteins.....	45
2.3.3.2. Nearktisch verbreiteten Steinfliegengattungen des Baltischen Bernsteins.....	46
2.3.3.3. Subtropische Reliktarten.....	59
2.4. Diskussion der Ergebnisse (Teil I).....	60
3. Unterrichtsentwurf zum Thema Baltischer Bernstein und seine Inkluden.....	68
3.1. Einleitung .....	68
3.2. Vorüberlegungen zum Unterrichtsentwurf (Sekundarstufe I).....	70
3.3. Bedingungsanalyse.....	71
3.3.1. Bernstein im Schulkontext: Eine Bestandsaufnahme.....	71
3.3.1.1. Untersuchung der Kernlehrpläne NRW .....	72

3.3.1.2.	Untersuchung der Lehrerfachzeitschriften und Biologie Schulbücher .....	73
3.3.1.3.	Fazit der Bestandsaufnahme.....	76
3.3.2.	Der außerschulische Lernort <i>zdi-Schülerlabor - Unser Raumschiff</i> <i>Erde</i> .....	77
3.3.3.	Erfassung der Schülerperspektiven .....	78
3.4.	Sachanalyse .....	78
3.5.	Didaktische Reflexion .....	79
3.5.1.	Relevanz für Kernlehrpläne NRW .....	79
3.5.2.	Didaktische Reduktion der Themen und Inhalte.....	81
3.5.2.1.	Die physikalischen Eigenschaften von Bernstein.....	81
3.5.2.2.	Die Entstehung von Bernstein.....	83
3.5.2.3.	Bestimmung von ausgewählten Inklusen des Baltischen Bernsteins.....	84
3.5.2.4.	Evolutionsbiologische Aspekte .....	86
3.6.	Methodische Reflexion: Materialien und Methoden des <i>Bernsteinworkshops</i> .....	87
3.6.1.	Sozialformen – Lernen an Stationen .....	88
3.6.2.	Unterrichtskizze / Verlaufsplan .....	90
3.6.3.	Vorgehensweise und Ablauf des Bernsteinworkshops .....	91
3.6.3.1.	Eröffnungsphase .....	92
3.6.3.2.	Erarbeitungsphasen – Lernen an Stationen.....	94
3.6.3.3.	Abschluss- und Ergebnissicherungsphase .....	113
4.	Formative Evaluation des Bernsteinworkshops .....	116
4.1.	Einleitung .....	116
4.2.	Forschungsfragen zum Bernsteinworkshop .....	117
4.3.	Methoden der Datenerhebung.....	117
4.3.1.	Beschreibung der Probanden .....	117
4.3.2.	Auswertung der Fragestellungen.....	119
4.3.3.	Schriftliche Antworten der Schüler in den Stationsportfolios sowie in der Vorabaktivität (Eröffnungsphase) .....	120
4.3.4.	LehrerInnen- und SchülerInnen-Interviews.....	120
4.3.4.1.	Beschreibung des Interviewleitfadens .....	121
4.3.4.2.	Ablauf des Interviews und Datenaufzeichnung.....	123
4.3.5.	Auswertung und Analyse der qualitativen Daten .....	124

4.4.	Ergebnisse: Beantwortung der Fragestellungen .....	127
4.4.1.	Über welches Vorwissen verfügen die Schülerinnen und Schüler zum Thema Bernstein? .....	127
4.4.2.	Welche Kompetenzen werden während des Bernsteinworkshops entwickelt? .....	131
4.4.3.	Wie wurden die einzelnen Stationen beurteilt?.....	143
4.5.	Fazit und Schlussfolgerungen für ein Unterrichtsvorhaben für die Gymnasiale Oberstufe .....	149
5.	Stundenentwurf für die Oberstufe zum Thema Bernstein .....	154
5.1.	Vorüberlegungen zum Unterrichtsentwurf.....	154
5.2.	Bedingungsanalyse.....	155
5.2.1.	Vorkenntnisse der Schüler (Erfassung der Schülerperspektiven).....	155
5.2.2.	Kompetenzerwartungen.....	158
5.2.2.1.	Biologieunterricht.....	158
5.2.2.2.	Geographieunterricht.....	161
5.3.	Sachanalyse (Fachliche Klärung) .....	162
5.4.	Didaktische Strukturierung.....	163
5.4.1.	Themenwahl.....	163
5.4.2.	Didaktische Reduktion der Themen und Inhalte.....	164
5.4.2.1.	Bestimmung der Inkluden des Baltischen Bernsteins.....	165
5.4.2.2.	Paläobiogeographie / Historische Biogeographie .....	167
5.4.3.	Kompetenzen .....	168
5.5.	Bernstein in der Oberstufe – Unterrichtsentwurf.....	170
5.5.1.	Methodische Reflexion.....	170
5.5.2.	Unterrichtsskizze / Verlaufsplan.....	171
5.5.3.	Ablauf des Unterrichts.....	172
5.5.3.1.	Einstiegs- und Hinführungsphase.....	172
5.5.3.2.	Erarbeitungsphase.....	173
5.5.3.3.	Zweite Erarbeitungsphase - Problemlösung.....	178
5.5.3.4.	Ergebnissicherungsphase / Abschluss .....	181
5.6.	Abschließendes Fazit (Teil II) .....	186
6.	Literatur.....	189
7.	Anhang.....	206

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Weltkarte mit den bekanntesten Bernstein- und Kopallagerstätten. Mit freundlicher Genehmigung von Harvard University Press (Aus Ross 1998, 12) .....	10
Abbildung 2: Geologische Zeitleiste mit Angaben zu evolutionsbiologischen Aspekten und Alter verschiedener Inkluden-tragender Bernsteine. Mit freundlicher Genehmigung von Harvard University Press (Aus Ross 1998, 13).....	10
Abbildung 3: Bernstein Diagenese. Mit freundlicher Genehmigung von Elsevier (Aus MARTÍNEZ-DELCLÒS et al. 2004, 41) .....	18
Abbildung 4: Hierarchische Gegenüberstellung von Neontologie (Lehre von den heutigen Lebewesen) / Physiogeographie und Paläontologie / Historische Geologie (Erdgeschichte) im allgemeinen Feld der Bio- und Geowissenschaften (Nach KOPP 2000, 14).....	22
Abbildung 5: Die verschiedenen Kontinentalplatten. Quelle: USGS public domain (2011). Inhalte von USGS frei Verfügbar .....	23
Abbildung 6: Bildliche Darstellung plattentektonischer Prozesse. Quelle: USGS public domain (2006) .....	25
Abbildung 7: Rekonstruktion der Kontinentalkonfiguration im frühen Jura A) nach BLAKEY 2013; B) Nach SCOTESE 2001. Mit freundlicher Genehmigung von R. Blakeys Paleogeography Library und C.R. Scoteses Paleomap Project. ....	32
Abbildung 8: Rekonstruktion der Kontinentalkonfiguration in der späten Kreidezeit. A) Nach BLAKEY 2013, B) Nach SCOTESE 2001. Mit freundlicher Genehmigung von R. Blakeys Paleogeography Library und C.R. Scoteses Paleomap Project .....	33
Abbildung 9 : Die Kontinentalkonfiguration der nördlichen Hemisphäre in den letzten 180 Millionen Jahren. Quelle: Cox & Moore 2010. Mit freundlicher Genehmigung von Wiley Publishing. ....	34
Abbildung 10: A) Darstellung der Erde vor ca. 50 Millionen Jahren. Turgai Senke trennt Europa von Asien; B) Darstellung der Erde vor ca. 35 Millionen Jahren. (BLAKEY 2013). Mit freundlicher Genehmigung von R. Blakeys Paleogeography Library.....	36
Abbildung 11: Sauerstoffisotope von sedimentierten benthischer Foraminiferen sind Indikatoren für die Temperatur ihres Lebensraums. Nach ZACHOS et al. (2001). Mit freundlicher Genehmigung von <i>The American Association for Advancement of Science (AAAS)</i> .....	37
Abbildung 12: Steinfliege der Familie Leuctridae des Baltischen Bernsteins .....	40
Abbildung 13: Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Wasserinsekten im Baltischen Bernstein (nach WICHARD 2005).....	41
Abbildung 14: Häufigkeitsverteilung der im Baltischen Bernstein auftretenden Steinfliegen-Familien aus einer Selektion von 211 Steinfliegen-Inkluden (nach CARUSO & WICHARD, 2010) .....	41

Abbildung 15: Kladogramm der rezenten Plecoptera (fossile Familien sind hier nicht aufgeführt). (Aus ZWICK 2000: 711). Die im Bernstein nachgewiesenen Familien sind hier rot umrandet. Mit freundlicher Genehmigung von Annual Reviews (durch Copyright Clearance Center).....	43
Abbildung 16: Verbreitung der holarktischen Steinfliegengattungen <i>Nemoura</i> und <i>Leuctra</i> im Baltischen Bernstein. (Quelle: WICHARD et al. 2009, modifiziert).....	45
Abbildung 17: Verbreitung der nearktischen Steinfliegen des Baltischen Bernsteins (Quelle: WICHARD et al. 2009, modifiziert) .....	46
Abbildung 18: Der Mittelkontinentale Seeweg. (BLAKEY 2013) Mit freundlicher Genehmigung von R. Blakeys Paleogeography Library .....	48
Abbildung 19: <i>Podmosta attenuata</i> (CARUSO & WICHARD 2010).....	48
Abbildung 20: Heutige Verbreitung von <i>Podmosta</i> (Nemouridae), (Quelle: WICHARD et al. 2009, modifiziert).....	49
Abbildung 21: Verbreitung von <i>Megaleuctra</i> (Leuctridae). Rezent und fossil. Weltkarte aus WICHARD et al. (2009). Angelehnt an HAM & BAE (2002). .....	53
Abbildung 22: <i>Ledina zilli</i> (CARUSO & WICHARD 2010).....	54
Abbildung 23: Heutige Verbreitung der Gattung <i>Lednia</i> (Nemouridae) im westlichen Teil von Nordamerika (Quelle: WICHARD et al. 2009, modifiziert).....	55
Abbildung 24: <i>Zealeuctra cornuta</i> (Caruso & Wichard 2010).....	56
Abbildung 25: Heutige Verbreitung der Gattung <i>Zealeuctra</i> in südöstlichen Teil Nordamerikas (Quelle: WICHARD et al. 2009, modifiziert) .....	58
Abbildung 26: <i>Palaeopsole weiterschani</i> (CARUSO & WICHARD, 2010).....	59
Abbildung 27: Verbreitung der subtropisch-asiatischen Gattung <i>Palaeopsole</i> (Leuctridae) im Baltischen Bernstein und ihrer wahrscheinlich nächsten Verwandten <i>Rhopalopsole</i> (Quelle: WICHARD et al. 2009, modifiziert).....	60
Abbildung 28: Globale Verteilung der Plecoptera Familien; Arctoperlaria = durchgezogene Linie; Antartoperlaria = gestrichelte Linie (Aus FOCHETTI & TIerno DE FIGUEROA 2008, modifiziert nach ZWICK 1990). Mit freundlicher Genehmigung von Springer .....	62
Abbildung 29: Die Kontinentalkonstellation (Pangea) vor ca. 220 Millionen Jahren. Nach BLAKEY (2013). Mit freundlicher Genehmigung von R. Blakeys Paleogeography Library .....	63
Abbildung 30: Übersicht über die mögliche Paläobiogeographie der Steinfliegen Gattungen des Baltischen Bernsteins (Abbildung der Nordhalbkugel nach KÜHN 2003, Beschriftung ergänzt) Mit freundlicher Genehmigung von Stefan Kühn.....	66
Abbildung 31: Ein geschliffener Baltischer Bernstein Foto: C. Stiehm .....	69
Abbildung 32: Modell der didaktischen Rekonstruktion (nach KATTMAN et al. 1997) .....	71

Abbildung 33: Eine Schülergruppe (7.-9. Mischklasse) im Schülerlabor. An jedem Tisch sind unterschiedliche Stationen aufgebaut. ....	94
Abbildung 34: Auszug des Stationsportfolios von Station 1: Versuch 1 .....	96
Abbildung 35: Auszug des Stationsportfolios von Station 1: Versuch 1 „Ist Bernstein ein Stein?“ .....	97
Abbildung 36: Auszug des Stationsportfolios von Station 1: Versuch 2 „Brennbarkeit von Bernstein“ .....	98
Abbildung 37: Auszug des Stationsportfolios von Station 2: Zeitvorstellung .....	100
Abbildung 38: Oben: Von einer Schülergruppe entwickelte 2m Zeitleiste. Unten: Details von zugeordneten Bildern der Evolution des Menschen.....	101
Abbildung 39: Teil einer von einer Schülergruppe entwickelte 6m Zeitleiste, die durch das gesamte Schülerlabor führte. ....	103
Abbildung 40: Karten mit den Darstellungen der Erde in verschiedenen erdgeschichtlichen Epochen (BLAKEY 2013) Mit freundlicher Genehmigung von R. Blakeys Paleogeography Library.....	103
Abbildung 41: Schüler untersucht Bernstein-Inkluse unter dem Binokular. Foto: C. Stiehm .....	104
Abbildung 42: Beispiel von zwei Bestimmungskarten (Termiten, Zuckmücken). Vorderseite mit Abbildung; Rückseite mit Lebensraumbeschreibung. Quelltext der Angaben zusammengefasst aus: STICHMANN & KRETZSCHMAR 2006 .....	105
Abbildung 43: Arbeitsplatz der Station 3 während eines Bernsteinworkshops.....	105
Abbildung 44: Auszug des Stationsportfolios von Station 3 bzw. 4.....	107
Abbildung 45: Arbeitsblatt Bernsteinentstehung: Links: Originalversion der Abbildung zur Bernstein Taphonomie aus MARTÍNEZ-DELCLÒS et al. 2004, 41. Rechts: Modifizierte Version für den Bernsteinworkshop (ohne Beschriftung, keine Pfeile, koloriert) Mit freundlicher Genehmigung für Druck und Modifikation von Elsevier .....	110
Abbildung 46: Ausschnitt aus dem Stationsportfolio von Station 6, Oben: Aufgabe 1 a (Bildquelle: UNDERSTANDING EVOLUTION 2016); Unten: Aufgabe 1b. (Fotos mit freundlicher Genehmigung von Carsten GRÖHN (2016) „Ameise in Bernstein“ und Richard BARTZ (2007) „rezente Roßameise <i>Camponotus ligniperda</i> “ .....	112
Abbildung 47: Schüler rekonstruieren die Flora des an die Wand projizierten eozänen Bernsteinwaldes mit Hilfe der im Workshop verwendeten Bestimmungskarten. Hintergrundbild: Zeichnung des „Bernsteinwaldes“ aus dem Deutschen Bernsteinmuseum, Ribnitz-Damgarten. ....	115
Abbildung 48: Altersverteilung (oben) und Klassenverteilung (unten) der Probanden.....	118
Abbildung 49: Die im Prätest (Wissen zum Thema Bernstein vor dem Bernsteinworkshop) genannten Kategorien .....	127
Abbildung 50: Vergleich der im Prätest und Posttest genannten Kategorien.....	128



Abbildung 51: Diagramm: Schülerantworten auf die Frage woran es liegen könnte, dass manche Gegenstände im Salzwasser schwimmen, im Leitungswasser aber nicht?.....	131
Abbildung 52: Fotografische Dokumentation einer möglichen Lösung zur Visualisierung der Zeitdimensionen: Unten: 2m lange Zeitleiste, die auf die Wand geklebt wurde. Oben: Detail der Zeitleiste mit der Darstellung der Evolution des Menschen.....	134
Abbildung 53: Schülerantworten zu Station 2: Vergleich der Dinosaurierära und der Menschenära; unterteilt in unterschiedliche Kategorien .....	136
Abbildung 54: Bestimmung der ausgewählten Inkluden des Baltischen Bernsteins .....	138
Abbildung 55: Auszug aus dem Stationsportfolio von Station 3 .....	138
Abbildung 56. Schülerantworten zu der Aufgabe „Aktualitätsprinzip“ .....	139
Abbildung 57: Schülerlösungen des Stationsportfolios: Bilder zur Entstehungsgeschichte von Bernstein in die richtige Reihenfolge bringen und mit Überschriften versehen .....	141
Abbildung 58: Verteilung der Schülerinnen und Schüler, die einen Sachtext, eine Geschichte oder keinen Text geschrieben haben.....	146
Abbildung 59. Insekten-Vorderflügel (Quelle: GAUL 2006) Mit freundlicher Genehmigung von Jürgen Gaul .....	174
Abbildung 60: Auszug des Bestimmungsschlüssels für die Bestimmung der Ordnung (modifiziert und übersetzt aus ROSS 1998) Mit freundlicher Genehmigung von Harvard University Press .....	174
Abbildung 61: Bestimmungsschlüssel für Steinfliegenfamilien des Baltischen Bernsteins (Anhang II). Abbildungen aus GAUL (2006). Mit freundlicher Genehmigung von Jürgen Gaul .....	175
Abbildung 62: Auszug aus dem modifizierten Bestimmungsschlüssel für die Leuctridae- Gattungen des Baltischen Bernsteins .....	176
Abbildung 63: Möglicher Steckbrief der Gattung <i>Lednia</i> (Plecoptera: Nemouridae), (Bildquelle aus WICHARD et al. 2009) .....	177
Abbildung 64: Mögliches Schaubild zur Problemstellung. (Quelle: WICHARD et al. 2009, modifiziert) .....	178
Abbildung 65: Informationstext zu Kontinentalverschiebung und Klimaveränderung (Originaltext S. 329).....	179
Abbildung 66: Aufgabenblatt (Originaltext S. 330), Bildquellen aus BLAKEY 2013 und ZACHOS et al. 2001 .....	180

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Steinfliegen des Baltischen Bernsteins mit den 4 Neubeschreibungen von CARUSO & WICHARD (2010, 2011) .....	44
Tabelle 2: Liste der rezenten und im Baltischen Bernstein nachgewiesenen <i>Podmosta</i> -Arten .....	49
Tabelle 3: Rezente und im Baltischen Bernstein nachgewiesene <i>Megaleuctra</i> -Arten .....	52
Tabelle 4: Verbreitung der rezenten und im Baltischen Bernstein nachgewiesenen <i>Lednia</i> -Arten .....	55
Tabelle 5: Verbreitung der rezenten und im Baltischen Bernstein vorkommenden <i>Zealeuctra</i> -Arten .....	57
Tabelle 6: Übersicht der in den Kerncurricula NRW aufgeführten Kompetenzen (linke Spalte) und ihr möglicher Anwendungsbezug im Bernsteinworkshop (rechte Spalte). Angepasst aus (SCHULMINISTERIUM NRW 2011) .....	80
Tabelle 7: Thematische Übersicht der Stationen des Bernsteinworkshops: .....	92
Tabelle 8: Kompetenzentwicklung in Station 1, angepasst aus SCHULMINISTERIUM NRW (2008) .....	99
Tabelle 9: Kompetenzentwicklung in Station 2, angepasst aus SCHULMINISTERIUM NRW (2008) .....	103
Tabelle 10: Liste der verwendeten Inkluden .....	106
Tabelle 11: Kompetenzentwicklung in Station 3 bzw. 4, angepasst aus SCHULMINISTERIUM NRW (2008) .....	108
Tabelle 12: Kompetenzentwicklung in Station 5, angepasst aus SCHULMINISTERIUM NRW (2008) .....	111
Tabelle 13: Kompetenzentwicklung von Station 5, angepasst aus SCHULMINISTERIUM NRW (2008) .....	141
Tabelle 14: Auswertung der der Schülerantworten unter Nennung der Kategorien. Auswertungsmaterialien hierzu siehe Anhang IV: Auswertung von Station 6 - Schülerantworten .....	148
Tabelle 15: Auszug aus den Kernlehrplänen für die Sek. II , SCHULMINISTERIUM NRW (2013), 20 .....	159
Tabelle 16: Auszug aus den Kernlehrplänen für die Sek. II. SCHULMINISTERIUM NRW (2013), 20 .....	160
Tabelle 17: Auszug aus den Kernlehrplänen für die Sek. II, SCHULMINISTERIUM NRW 2013, 21 .....	160
Tabelle 18: Auszug aus den Kernlehrplänen für die Sek. II, SCHULMINISTERIUM NRW 2013, 21 .....	161
Tabelle 19: Auszug aus den Kernlehrplänen für die Sek. II Geographie, SCHULMINISTERIUM NRW 2013 b (Seitenzahlen in der Tabelle angegeben) .....	162
Tabelle 20: Auszug aus den Vorgaben für das Zentralabitur, SCHULMINISTERIUM NRW 2012, 3 .....	166

Tabelle 21: Kompetenzentwicklung in der Oberstufendoppelstunde unter Einbezug des Kernlehrplans Biologie (SCHULMINISTERIUM NRW 2013).....	169
Tabelle 22: Kompetenzentwicklung in der Oberstufendoppelstunde unter Einbezug des Kernlehrplans Geographie (SCHULMINISTERIUM NRW 2013 b) .....	169
Tabelle 23: Interdisziplinäre Sachkompetenz, die während der Doppelstunde entwickelt werden soll.....	169

**Paläobiogeographische Aspekte am Beispiel der Inkluden des Baltischen Bernsteins unter besonderer Berücksichtigung der Steinfliegen (Insecta: Plecoptera)**  
**und**  
**ein Unterrichtsentwurf zum Thema Baltischer Bernstein und seine Inkluden für den Biologieunterricht verschiedener Schulstufen**

**ABSTRACT**

The first part of this doctoral dissertation centres on palaeobiogeographic aspects of stoneflies in Baltic amber. After an examination of over 200 stoneflies encased in the 40-50 Million years old Baltic amber, 4 new descriptions are added to the existing 14. With the help of the determined Eocene genera and the comparison of the distributional areas of their extant relatives, possible palaeobiogeographic routes across the Cretaceous Bering land bridge are hypothesised.

On the basis of chosen aspects that are presented in the research part of this thesis, a teaching unit is developed on the basis of current school curricula for lower secondary classes, focusing on topics such as the physical properties of amber, the examination and identification of chosen inclusions of Baltic amber, the genesis of amber etc. This developed amber workshop was performed with several classes and evaluated on the basis of previously formed research questions that were examined with empirical data collected during (students' written answers to the given tasks) and after the classes (qualitative interviews with students and teachers). The outcomes of the evaluation showed that the students not only enhanced their previous knowledge about amber (and its inclusions) but also formed new competencies, which all contribute to the continuous formation of scientific literacy. The results of this evaluation formed the basis for the development of a second, short teaching unit for senior high school students focussing on the palaeogeography, palaeoecology and evolutionary aspects of aquatic insects in Baltic amber.

## Zusammenfassung

Kapitel 1 bietet einen kompakten Überblick über den Baltischen Bernstein, seine Entstehung und seine physikalischen Eigenschaften, sowie über die bekanntesten Tertiären Bernstein-Lagerstätten. Hierbei wird herausgestellt, dass das Thema Paläobiogeographie (Historische Biogeographie) zwar häufig bei der Erfassung der fossilen Bernsteinfauna und -flora angeschnitten, doch in den seltensten Fällen vertieft wird. Aus diesem Grund widmet sich Kapitel 2 der Paläobiogeographie der Steinfliegen des Baltischen Bernsteins. Es wurden über 200 Steinfliegen-Inklusen untersucht und vier Neubeschreibungen hinzugefügt (CARUSO & WICHARD 2010, 2011). Diese dienen als Basis für die Rekonstruktion der Paläobiogeographie dieser archaischen Wasserinsektenordnung. Unter Einbezug von Prozessen der Kontinentalverschiebung der letzten 100 Millionen Jahre werden mögliche Verbreitungsrouten der entsprechenden Steinfliegengattungen rekonstruiert und mehrere Thesen aufgestellt:

1. Der eozäne Bernsteinwald war nicht der Entstehungsort der im Baltischen Bernstein nachgewiesenen Steinfliegengattungen.
2. Die Verbreitung der nearktischen Gattungen erfolgte wahrscheinlich erstmals in der Kreidezeit, über die Asien-Alaska Landbrücke (Bering-Landbrücke).

In Kapitel 3 wird für den außerschulischen Lernort *zdi*-Schülerlabor der Universität zu Köln ein lernplankonformes Unterrichtsprojekt zum Thema „Baltischer Bernstein mit seinen Inklusen“ entwickelt und mit mehreren Klassen der Sekundarstufe I durchgeführt. Methodisch wurde der Bernsteinworkshop als Lernen an Stationen konzipiert, wobei jede Station einen anderen, in den fachwissenschaftlichen Bezugskapiteln erläuterten, Themenschwerpunkt besitzt: Die experimentelle Erforschung der physikalischen Eigenschaften von Bernstein; die Veranschaulichung der enormen Zeitdimensionen von 40-50 Millionen Jahren, mit denen die Schülerinnen und Schüler konfrontiert werden; die Untersuchung und Bestimmung ausgewählter Inklusen des Baltischen Bernsteins; der Entstehungsprozess des Bernsteins etc..

Der Bernsteinworkshop wurde im Hinblick auf die im Vorfeld formulierten Forschungsfragen evaluiert. Ziel der Evaluation ist eine Erfassung der Vorkenntnisse und Vorstellungen, die die Schüler zum Thema Bernstein haben (Fragestellung 1), eine Auswertung der entwickelten prozessbezogenen und konzeptbezogenen Kompetenzen (Fragestellung 2) sowie eine Bewertung der einzelnen Stationen von Seiten der SchülerInnen und LehrerInnen. Die durch die Stationsportfolios bzw. Schülerantworten und die qualitativen Lehrer- und Schülerinterviews erhobenen Daten wurden hierbei inhaltsanalytisch ausgewertet. Allgemein konnte der Bern-

steinworkshop einen umfassenden Überblick über unterschiedliche Inhalte rund um das Thema „Baltischer Bernstein mit seinen Inkluden“ geben. Hierbei hatten die Schülerinnen und Schüler die Gelegenheit, ihre Vorkenntnisse und Vorstellungen zu Bernstein fachlich zu erweitern und zu ergänzen. Durch die Arbeit mit den Inkluden und dem fossilen Harz hatten die Schüler die Möglichkeit, im Rahmen eines entdeckenden und selbstgesteuerten Lernens die angebotenen Kompetenzen, die innerhalb und außerhalb des Lehrplans verankert waren, zu fördern und weiter zu entwickeln. In Kapitel 5 wird eine zweite, eine Doppelstunde umfassende Unterrichtssequenz auf der Basis gängiger Unterrichtsplanungsrichtlinien entwickelt. Die Ergebnisse der Evaluation des Bernsteinworkshops dienen hierbei als Grundlage für die Entwicklung der Oberstufen-Doppelstunde zum Thema „Paläobiogeographie ausgewählter Inkluden des Baltischen Bernsteins“.

Somit leistet die vorliegende Arbeit durch Bearbeitung der Paläobiogeographie der Steinfliegen des Baltischen Bernsteins einerseits einen Beitrag zur aktuellen paläontologischen Bernsteinforschung und liefert gleichzeitig gänzlich neu entwickelte und evaluierte Materialien für das Thema Bernstein, die für die Unterrichtspraxis der Sekundarstufe I und II genutzt werden können.

### **Einleitung**

Dass sich die Paläontologie seit mehr als 150 Jahren mit Bernsteinforschung beschäftigt, ist sicherlich mehreren besonderen Eigenschaften des fossilen Harzes zuzuschreiben. So nimmt Bernstein eine Sonderstellung unter den Fossilien ein, denn die seit Jahrmillionen eingeschlossenen Organismen sind dreidimensional und häufig sehr gut erhalten. Auf die Besonderheit von Bernstein weisen bereits zahlreiche Werke hin, wie z.B. GRIMALDI (2003) *Amber. A window to the past*, POINAR & POINAR (1999) *The Amber Forest: A Reconstruction of a Vanished World*, ROSS (2010) *Amber- the natural time capsule* oder WICHARD & WEITSCHAT *Im „Bernsteinwald“* (2005). Was in all diesen Werken immer wieder betont wird ist, neben der ästhetischen Qualität der fossilen Inkluden, deren Todeskampf in unzähligen detailgenauen Fotografien dokumentiert wird, die Eigenschaft von Bernstein, ein Fenster in die Vergangenheit zu öffnen, durch das Szenen aus damaligen Lebensräumen entschlüsselt werden können. Die systematische Untersuchung und Zuordnung der tierischen und pflanzlichen Bernstein-Inkluden und der Vergleich mit ihren heute lebenden, verwandten Arten, ermöglicht Interpretationen über die vergangenen Lebensweisen und Lebensräume der Organismen.

Dieses geschieht auf der Basis des bereits von Charles LYELL (1830) entwickelten und bis heute noch relevanten Aktualitätsprinzips (HOOYKAAS 1963, FLEMMING 2004, HENNINGSEN 2009), nach dem die Gegenwart der Schlüssel zur Vergangenheit darstellt. Dabei werden Kenntnisse über die Biologie und die Eigenschaften von heutigen Vertretern auf die verwandten Inkluden aus dem Eozän übertragen.

Gerade der 40-50 Millionen Jahre alte Baltische Bernstein, der aus den subtropischen und paratropischen Wäldern Fennoskandiaviens entstammte, gehört zu den bekanntesten Bernstein-Vorkommen der Welt. Dies ist nicht nur darauf zurückzuführen, dass er einer der größten Lagerstätten und seit Jahrtausenden bekannt ist, sondern auch darauf, dass er einen großen tierischen und pflanzlichen Artenreichtum beinhaltet. Ein weiteres Attribut, das den Baltischen Bernstein auszeichnet, ist das vergleichsweise hohe Vorkommen an Wasserinsekten, die ca. 25 % aller tierischer Inkluden ausmachen (WICHARD et al. 2009). Die Anwesenheit von Wasserinsekten, die zumindest einen Teil ihres Lebenszyklus in aquatischen Habitaten verbringen, lässt darauf schließen, dass der eozäne Wald, aus dem die Inkluden stammen, reich an verschiedenen Gewässern gewesen sein musste.

Die verschiedenen Wasserinsekten des Baltischen Bernsteins wurden in der Vergangenheit unterschiedlich intensiv untersucht. So zählen beispielsweise die Köcherfliegen (Trichoptera) aufgrund ihres regelmäßigen Vorkommens zu den am ausgiebigsten erfassten Wasserinsek-

ten. Bereits ULMER (1912) beschrieb 152 fossile Köcherfliegenarten im Baltischen Bernstein. Seitdem sind zahlreiche weitere Neubeschreibungen hinzu gekommen (WICHARD & CASPERS 1991, WICHARD & SUKATSHEVA 1992, JOHANSON & WICHARD 1997, WICHARD & WEITSCHAT 1996, WICHARD 2013 etc.). Im Vergleich zu den häufiger untersuchten Inkluden fallen dagegen solche Insektengruppen auf, die bislang nur selten Gegenstand von Untersuchungen waren. Hierzu gehören beispielsweise Steinfliegen (Plecoptera) - eine Wasserinsektenordnung, die zusammen mit den Libellen (Odonata) und Eintagsfliegen (Ephemeroptera) zu den archaischen Insekten der Pterygota gehören. Die erstmalige Erfassung der Steinfliegen des Baltischen Bernsteins geht auf die frühen Werke des 19. Jahrhunderts von PICTET und HAGEN (1856), zurück, die in der Arbeit „Die im Bernstein befindlichen organischen Reste der Vorwelt“ von BERENDT (1856) 13 Steinfliegen-Arten beschrieben haben. In den nächsten 150 Jahren fügte RICKER (1935) mit der Beschreibung von *Megaleuctra neavei* eine einzige Neubeschreibung hinzu. Mit dieser 14. Artbeschreibung kam die Untersuchung der Steinfliegen des Baltischen Bernsteins bis zum Zeitpunkt des Forschungsvorhabens der vorliegenden Arbeit vorerst zum Stillstand.

### **Schwerpunkte und Zielsetzung der Arbeit:**

#### I. Paläobiogeographie der Inkluden des Baltischen Bernsteins am Beispiel der Steinfliegen (Insecta: Plecoptera).

Steinfliegen sind zwar eine selten bearbeitete Wasserinsektengruppe, können jedoch hinsichtlich paläobiologischer Forschungsergebnisse als repräsentativ für viele Inkluden des Baltischen Bernsteins gelten. Aus diesem Grunde wurden die Steinfliegen des Baltischen Bernsteins für die vorliegende Arbeit erstmals seit der letzten Bestimmung von RICKER (1935) basierend auf Kriterien der modernen Taxonomie systematisch zugeordnet und so weit wie möglich bestimmt.

Da im Kontext der paläontologischen Erforschung von Bernsteinfossilien das Thema Paläobiogeographie zwar häufig erwähnt, aber selten vertieft wurde, zielt der paläontologische Forschungsteil dieser Arbeit darauf ab, die Paläobiogeographie der Steinfliegen zu rekonstruieren.

#### II. Entwicklung von Unterrichtsprojekten zum Thema Bernstein für verschiedene Schulstufen (Schwerpunkt Gymnasium und Gesamtschule)

Die fossilen Inkluden des Bernsteins sind anschauliche und authentische Fossilien. So sind häufig viele Details der Körperoberfläche, bspw. bei Insekten die Struktur der Flügel, die Fa-



cettenaugen oder selbst feine Härchen der Antennen sichtbar, so dass der Eindruck entstehen kann, dass die eingeschlossenen Organismen sich noch nicht allzu lange in ihrem „Harzbett“ befinden. Im Gegensatz zu fossilen Abdrücken eröffnet Bernstein mit seinen dreidimensionalen Einschlüssen einen lebendigeren Einblick in einen Ausschnitt vergangener Lebensräume und Lebensgemeinschaften. Es ist deshalb umso erstaunlicher, dass Bernstein im schulischen Kontext anscheinend so selten vorkommt. Die vorliegende Arbeit geht von der Annahme aus, dass Bernstein mit seinen Millionen Jahre alten Inkluden auf vielfältige Weise im Biologieunterricht eingesetzt werden kann und sich keinesfalls auf das Thema „Bernstein-Inkluden als Beispiel für Fossilien“ beschränkt. Die Schülerinnen und Schüler erhalten mit der Untersuchung und Identifizierung der eingeschlossenen Organismen des Baltischen Bernsteins die Möglichkeit, eine Szene aus dem eozänen „Bernsteinwald“ zu entschlüsseln: Wasserinsekten, die gerade dabei sind, ihr aquatisches Larvenstadium zu verlassen und sich aus ihrer Exuvie befreit haben, bevor sie von der Harzschwemme überrascht wurden; Milben, die sich an ihren Wirt geheftet haben (Parasitismus); ungeflügelte Tiere, die sich von geflügelten Transporttieren durch die Lüfte tragen lassen (Phoresie); kopulierende Pärchen, die Aufschluss über das Paarungsverhalten verschiedener Tiergruppen geben; Raubinsekten, die sich von einem vorher im flüssigen Harz klebenden Insekt ernähren wollen, um dabei selbst Opfer der Harzfalle zu werden etc.

Bei einem Vergleich der damaligen Organismen mit ihren heutigen Verwandten können Teilaspekte aus den Bereichen Evolution, Formenkunde, Ökologie, Biogeographie und Kontinentalverschiebung / Plattentektonik behandelt werden. Je nach Schulstufe können hier unterschiedliche Themenschwerpunkte gesetzt werden.

Aus diesem Grund zeigt die vorliegende Arbeit verschiedene konkrete Möglichkeiten auf, wie das Thema Bernstein im schulischen Kontext genutzt werden kann. Zu diesem Zweck werden im ersten Teil der Arbeit die fachwissenschaftlichen Grundlagen gelegt, die gleichzeitig die ‚fachliche Klärung‘ der für den Schulunterricht relevanten Themen darstellt, wie z.B.

- Physikalische Eigenschaften von (Baltischem) Bernstein
- Entstehungsprozess von Bernstein
- Formenkunde am Beispiel der Inkluden des Baltischen Bernsteins
- Systematische Einordnung und Bestimmung der Bernstein-Inkluden
- Paläobiogeographie ausgewählter Inkluden des Baltischen Bernsteins

Im zweiten Teil der Arbeit wird dann, basierend auf den Kerncurricula des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen für die Gymnasiale Sekundarstufe I, ein kurzes Unterrichtsprojekt zum

Thema Baltischer Bernstein für die Unter- und Mittelstufe entwickelt. Dieses Unterrichtsprojekt wurde im Rahmen des *zdi-Schülerlabors* der Universität zu Köln mit mehreren Schülergruppen der Jahrgangsstufen 6-10 durchgeführt und evaluiert. Ziel der Evaluation ist eine Optimierung des hier entwickelten Bernsteinprojektes und eine Analyse der Zusammenhänge von Kompetenzentwicklung und der an den unterschiedlichen Stationen verwendeten Methoden. Auf der Basis der Evaluation wurde eine Doppelstunde für die Oberstufe an Gymnasien und Gesamtschulen entwickelt. Die für die Sekundarstufe I verwendeten Inhalte und Methoden wurden hierbei an die veränderten Kompetenzerwartungen der Oberstufenschüler angepasst und gleichzeitig auch durch neue Aspekte erweitert, wie beispielsweise die Paläobiogeographie der Inklusen des Baltischen Bernsteins.

Somit leistet die vorliegende Arbeit durch paläobiogeographische Interpretation der Steinfliegen des Baltischen Bernsteins einerseits einen Beitrag zur aktuellen paläontologischen Bernsteinforschung und liefert gleichzeitig gänzlich neu entwickelte Materialien zum Unterrichtsgegenstand Bernstein, die für die schulische Unterrichtspraxis der Sekundarstufe I und II genutzt werden können.

**TEIL I – FORSCHUNGSPROJEKT: „PALÄOBIOGEOGRAPHISCHE ASPEKTE AM BEISPIEL DER INKLUSEN DES BALTISCHEN BERNSTEINS UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER STEINFLEGEN (INSECTA: PLECOPTERA).“**

## **1. Baltischer Bernstein im fachwissenschaftlichen Kontext: Eine Bestandsaufnahme**

Da in den weiteren Kapiteln auf Baltischen Bernstein eingegangen wird, der ca. 40-50 Millionen Jahre alt ist, werden im Folgenden nur eozäne Bernsteinlagerstätten kurz angesprochen und auf primäre Forschungsabsichten untersucht. Ziel dieser Bestandsaufnahme ist es festzustellen, welche Forschungsschwerpunkte in Bezug auf Bernstein bestehen. Gleichzeitig bieten die geschilderten Inhalte, vor allem zu den physikalischen Eigenschaften und zum Entstehungsprozess des (Baltischen) Bernsteins die fachwissenschaftliche Grundlage bzw. die fachliche Klärung der im zweiten Teil der Arbeit entwickelten Unterrichtssequenzen für die Unter-, Mittel- und Oberstufe.

### **1.1. Eozäne Bernsteinlagerstätten**

Bernstein kommt in vielen Teilen der Welt vor und entstammt unterschiedlichen Zeitaltern. Zwar kommen fossile tierische oder pflanzliche Inkluden in einigen Bernsteinlagerstätten vor, doch verglichen mit der Masse der bekannten Bernsteinlagerstätten bzw. -fundstätten sind organismische Einschlüsse sehr selten, da die meisten Bernsteine keine fossilen Inkluden beinhalten.

Die Altersbestimmung von Bernstein geht primär auf die Bestimmung der Sedimente, in denen die Fossilien gefunden werden zurück, was sich allerdings schwierig gestaltet, da Bernsteinlagerstätten in der Regel mehrere Umlagerungen vollziehen, bei denen die Bernsteine in neue Sedimente eingebettet werden können, die meist viel jünger sind, als die Sedimente des ursprünglichen Entstehungsortes. Aus diesem Grund kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei den meisten Bernsteinlagerstätten nie um primäre Lagerstätten handelt.

# 1. Baltischer Bernstein im fachwissenschaftlichen Kontext: Eine Bestandsaufnahme



Abbildung 1: Weltkarte mit den bekanntesten Bernstein- und Kopallagerstätten. (Aus ROSS 1998, 12)

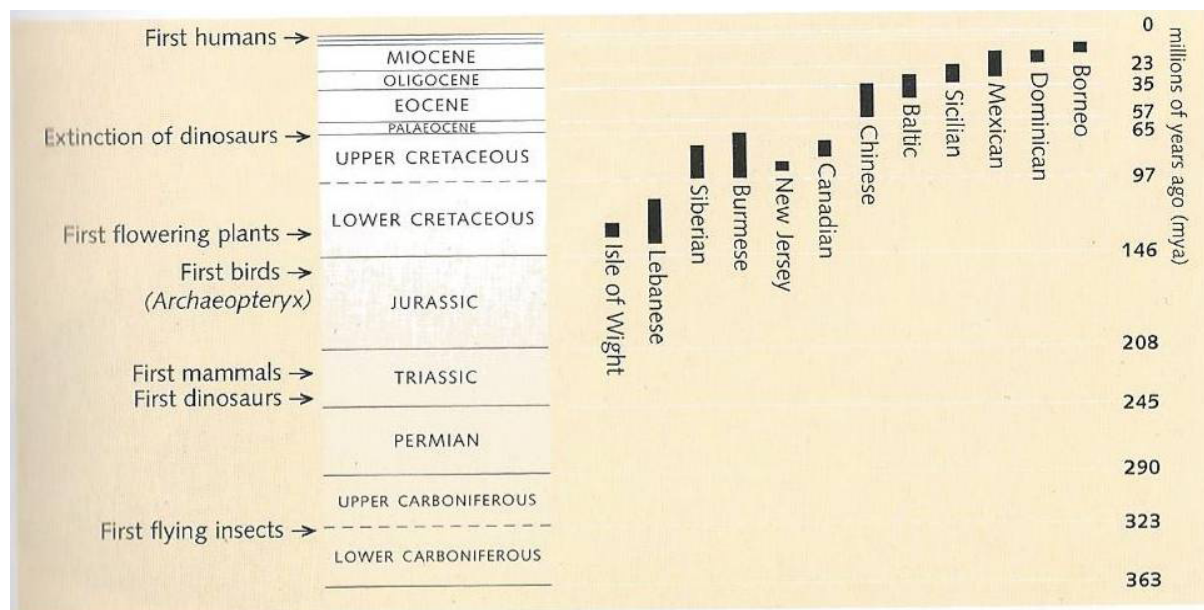


Abbildung 2: Geologische Zeitleiste mit Angaben zu evolutionsbiologischen Aspekten und Alter verschiedener Inkluden-tragender Bernsteine. (Aus ROSS 1998, 13)

Zu den bekanntesten Bernsteinlagerstätten, in denen Inkluden vorkommen, gehören z.B. der Baltische, Dominikanische, Bitterfelder, Burmesische (Myanmar), Indische, Libanesische, Sibirische, Kanadische, amerikanische New Jersey und ukrainische Rovno Bernstein, sowie der australische Cape York, Spanische, Französische und Sizilianische Bernstein (vgl. Abb. 1). Im Folgenden werden die größten eozänen Bernsteinlagerstätten, Baltischer Bernstein, Bitterfeld Bernstein, Indischer Bernstein und Rovno Bernstein (vgl. Abb. 1 und 2) kurz vorgestellt und in Bezug auf ihre Forschungsschwerpunkte durchleuchtet.

### **Baltischer Bernstein**

Baltischer Bernstein gehört zu den bekanntesten und am ausgiebigsten untersuchten Bernsteinen und wird im Baltikum bzw. den angrenzenden Ländern der Ostsee (vor allem Polen, Russland, Deutschland, Dänemark und Litauen) gefunden. Die größte unter allen weltweit bekannten Lagerstätten des Baltischen Bernsteins, die sogenannte Blaue Erde, liegt im Nord-Westen der Halbinsel Samland im Kaliningrad Bezirk, Russland (ehemals Bestandteil von Ostpreußen). Blaue Erde ist eine der bedeutendsten und reichhaltigsten Bernsteinfundstätten, deren Sedimente dem Paläogen zugeordnet sind.

Während des Pleistozäns, also in den letzten zwei Millionen Jahren, fanden größere Umlagerungen des Baltischen Bernsteins statt, die durch die Gletscherbewegung von Skandinavien bewirkt wurden. Während dieser Umlagerungen wurden große Massen an Gesteinen, Felschutt und Sedimenten mit Bernsteinen, südwärts und ostwärts, in Richtung Russland, britische Küste, den Niederlanden und Deutschland bewegt.

Die Altersbestimmungen des Samland Bernsteins basieren auf stratigraphischen Datierungsmethoden von ODIN & LUTTERBACH (1992) und RITZKOWSKI (1997) und ergaben, dass der Baltische Bernstein bereits vor ca. 50 Millionen Jahren in sekundäre Lagerstätten transportiert wurde und die Bildung der Blauen Erde ins mittlere Eozän zurückgeht (WEITSCHAT & WICHARD 2010).

Laut GOEPPERT (1850) und CONWENTZ (1890), die histologische Untersuchungen mit fossilen Holzresten aus Bernstein ausführten und später auch SCHUBERT (1961) war der Nadelbaum *Pinus succinifera* die Harz spendende Baumart, die für die Bildung von Bernstein verantwortlich sein sollte (GOEPPERT & BERENDT 1856). Allerdings konnten auch andere Koniferen beteiligt sein (PIELINSKA 1997, TURKIN 1997, ARNOLD 1998).

### **Bitterfeld Bernstein**

Bitterfeld Bernstein wird paläogeographisch mit Baltischem Bernstein assoziiert. Die Verbindung zu Baltischem Bernstein, sowie die Frage nach dem Alter des Bitterfelder Bernsteins haben in der Vergangenheit zu gegensätzlichen Thesen geführt. Seit BARTHEL & HETZER (1982) die Vermutung äußerten, dass der Harz-liefernde Baum des Bitterfelder Bernsteins keine Art der Gattung *Pinus* sein soll, sondern angeblich von *Cupressospermum saxonicum* (Cupressaceae) und *Geinitzia formosa* (Geinitziaceae) stammt, wird immer wieder diskutiert, dass es sich bei Bitterfeld Bernstein um eine unabhängige, miozäne Lagerstätte handelt. Auch andere Ergebnisse ließen darauf schließen, dass das Alter des Bitterfelder Bernsteins ca. auf

das Oligozän (23.8-25.3 Mio. Jahre) zurück datiert werden kann (YAMAMOTO et al. 2006, SCHMIDT & DÖRFELDT 2007, DUNLOP & MITOV 2009, DUNLOP 2010) und deshalb nicht mit dem Baltischen Bernstein in Verbindung steht, der seinen Ursprung viel früher, vor ca. 40-50 Mio. Jahre hatte. Diese Vermutungen sind allerdings fragwürdig, denn die bisher nachgewiesenen Wasserinsekten des Bitterfelder Bernsteins sind häufig mit den nachgewiesenen Arten des Baltischen Bernsteins identisch (WICHARD 2013). Aus diesem Grund ist es wahrscheinlicher, dass der Bitterfelder Bernstein aus miozänen Umlagerungen des eozänen Baltischen Bernsteins hervorgegangen ist (WEITSCHAT 1997, WUNDERLICH 1993, RÖSCHMANN 1997).

### **Rovno Bernstein (Ukraine)**

Rovno Bernstein kommt überwiegend im unteren Teil der Mezhogorje Formation (Ukraine) des Unteren Oligozäns vor, obwohl es auch Berichte über Fundorte des Oberen Eozäns gibt, die allerdings schwer zu verifizieren sind (PERKOVSKY et al. 2010). Ähnlich wie es beim Bitterfeld Bernstein der Fall ist, gibt es bezüglich des paläogeographischen Ursprungs des Rovno Bernsteins immer wieder gegensätzliche Diskussionen. Da die identifizierten Inkluden des Rovno Bernsteins in 100 Fällen andere Arten aufweisen, als im Baltischen Bernstein bisher nachgewiesen sind, wird auf der einen Seite angenommen, dass das Sedimentationsbecken des Rovno Bernsteins unabhängig von dem des Baltischen Bernsteins entstanden ist (PERKOVSKY et al. 2003, DLUSSKY & RASNITSYN 2009). Andererseits haben Untersuchungen von Ameisen-Inkluden aus verschiedenen Bernsteinfundstätten ergeben, dass 17 Ameisenarten sowohl im Baltischen und Bitterfeld als auch im Rovno Bernstein vorkommen, was rund 80% der insgesamt bekannten Ameisenarten des Rovno Bernsteins ausmacht.

Da es auch vor allem unter den Wasserinsekten Familien gibt, deren Arten sowohl im Baltischen und Bitterfelder, als auch im Rovno Bernstein vorkommen, ist es wahrscheinlich, dass diese drei Lagerstätten paläogeologisch miteinander assoziiert sind. Evidenz hierfür liefern beispielsweise Ceratopogoniidae (Insecta: Diptera), bei denen rund die Hälfte der im Rovno Bernstein nachgewiesenen Arten sowohl im Bitterfelder, als auch im Baltischen Bernstein vorkommen (vgl. WICHARD 2013).

### **Indischer Bernstein**

Indischer Bernstein stammt wahrscheinlich aus dem Harz der Dipterocarpaceae (Flügelfruchtgewächse der Ordnung Malvales), einer Familie, die heute bis zu 80 % des Baumbestandes tropischer Regenwälder Südostasiens ausmacht (WHITMORE 1990). Durch den Fund eines Bernsteinlagers in Cambay, das mehr als 150 kg Bernstein mit über 700 Arthropoden-

Inklusen aus 14 Ordnungen und mehr als 55 Familien, sowie auch viele pflanzliche Überreste, wie Sporen, Mycelien, Pollen, Blatt-Teile und sogar kleine Blüten enthielt, konnten neue Erkenntnisse über das Alter des tropischen Regenwaldes Südostasiens gewonnen werden. In der Vergangenheit ging man davon aus, dass er seinen Ursprung im Miozän vor ca. 20-25 Mio. Jahren (RUST et al. 2010) hat. Dieser außergewöhnliche Fund des Cambay Bernsteins weist allerdings darauf hin, dass der Regenwald, also der Ursprungsort des Indischen Bernsteins, bereits vor ca. 60 Millionen Jahren entstanden sein musste.

Das Einzigartige an diesem Bernstein ist, dass die fossilen Einschlüsse besser erhalten sind, als vergleichbar alte Bernsteine aus anderen Lagerstätten. Darüber hinaus sind gerade geborgene Cambay Bernsteine auf ihrer Oberfläche weich und leicht klebrig, was auf eine schwache Polymerisierung hinweist (für die Entstehung von Bernstein sowie seine chemische Zusammensetzung siehe Kapitel 1.2. und 1.3.). Durch diese einzigartige Eigenschaft können die dreidimensionalen, organischen Einschlüsse durch Behandlung mit Lösungsmitteln (z.B. Toluene und Chloroform) aus dem fossilen Harz herausgelöst werden, obwohl die extrahierten Inklusen sehr fragil sind und leicht zerfallen. Werden die extrahierten Inklusen mit einem Elektronenmikroskop untersucht, weisen sie eine ultrastrukturelle Erhaltung der Cuticula auf, die eine submikroskopische Auflösung der morphologischen Merkmale und somit präzisere phylogenetische Ableitungen ermöglichen. Bei einer Bestimmung der fossilen Insekteneinschlüsse stellte sich heraus, dass sowohl damalige als auch heutige Verwandte vieler Inklusen in vielen Regionen der Welt (z.B. Asien, Australien und Süd Amerika) und nicht, wie vorher vermutet, endemisch in Indien vertreten sind. Diese überraschend weite Verbreitung moderner Verwandter der fossilen indischen Inklusen könnte über die Verbindung der Kontinente über Landbrücken erklärt werden. (RUST et al. 2010)

### **1.2. Baltischer Bernstein: Seine Zusammensetzung**

Baltischer Bernstein, auch Succinit genannt, ist fossiles Harz, das vor ca. 40-50 Millionen Jahren aus der Baumrinde einer Kiefernart austrat (CONWENTZ 1890, SCHUBERT 1961).

Harze stellen Gemische sekundärer Pflanzensäfte dar, deren Hauptbestandteil Terpene sind, wie bei ätherischen Ölen und Balsamen. Terpenen werden, je nach Größe des Kohlenstoffgerüsts, in Mono- ( $C_{10}$ ), Sesqui- ( $C_{15}$ ), Di- ( $C_{20}$ ), Tri- ( $C_{30}$ ) etc. -terpenen unterteilt. Bei Kieferharzen handelt es sich um Diterpene (Summenformel:  $C_{20}H_{30}O_2$  Diterpensäuren) (NULTSCH 2001, 158). Die molekulare Zusammensetzung von fossilem Harz geht dementsprechend auf terpenoide Bestandteile zurück, die zum Teil aus dem ursprünglichen Pflan-



zenbalsam stammen, aber zum Großteil erst durch Polymerisierungs-, Umlagerungs- und Zersetzungsprozesse hervorgegangen sind. Neben Terpenoiden, den funktionalisierten Abkömmlingen der Terpene, sind n-Alkane, Säureester und auch Phytosterole in fossilen Harzen enthalten. Weitere Bestandteile sind Gas- und Wassereinschlüsse, tierische und pflanzliche Inklusen und anorganische Salze, die aus dem umgebenden Sediment durch Mikrorisse eingedrungen sind, sowie Bernsteinsäure. Im Baltischen Bernstein (Succinit) beträgt die Bernsteinsäure 3-8% (LÜHR 2004, 2).

Mit der Infrarot Spektralanalyse (IR) führte BECK (1986) eine neue Möglichkeit der Bernsteinanalyse ein. Es wurden über 2500 IR-Spektralanalysen aus allen bekannten Bernstein Lagerstätten Europas durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass das Succinit sich von allen anderen europäischen Bernsteinen dadurch unterschied, dass es einen spezifischen Absorptionsbereich bei Wellenwerten zwischen 1250 und 1110  $\text{cm}^{-1}$ , die sogenannte „Baltische Schulter“, aufwies. Die IR-Spektroskopie hat sich hierbei gegenüber der Gaschromatographie (GC) als zuverlässigere Methode bei der Ermittlung der „Baltischen Schulter“ herausgestellt, da nach KOLLER et al. (1997) die Ergebnisse der GC-Analyse durch ungeeignete Präparations-schritte, wie starkes Erhitzen oder die Verwendung von sauren und alkalischen Lösemitteln leicht verfälschbar seien (KOLLER et al. 1997, 101).

BECK (1986) betonte allerdings, dass die Baltische Schulter zwar zur Identifikation von Baltischem Bernstein dient, aber nichts über die botanische Klassifikation des Harzproduzenten aussagt (BECK 1986, zitiert in WEITSCHAT & WICHARD 2010, 85). Untersuchungen von KOLLER et al. (1997) haben ebenfalls ergeben, dass offenbar flüchtige Bestandteile des Baltischen Bernsteins, wie der Bernsteinsäureester, keine natürlichen Bestandteile von Harzen sind, sondern erst im Laufe der Jahrtausende durch geochemische Einflüsse entstehen (KOLLER et al. 1997, 99). Auch nach SAVKEVICH (1981) geben verschiedene Bernsteinsorten lediglich Aufschluss über ihre jeweiligen geologischen Entstehungsgeschichten und lassen weniger Rückschlüsse über die botanische Herkunft des Harzes zu.

### **1.3. Die Entstehung des Baltischen Bernsteins**

Bernstein und Kopale sind fossile Baumharze, die mit Hilfe einer Kombination verschiedener Faktoren und Bedingungen entstanden sind. Unmittelbar nach dem Austritt des Harzes aus der Rinde fängt der Aushärtungsprozess an, bei dem flüchtige Stoffe und Flüssigkeiten in die Umgebung diffundieren und die Polymerisierung einsetzt. Bei der Polymerisierung lagern sich die organischen Moleküle (Monomere) unter Aufspaltung der Doppelbindung ohne Abspaltung von Wasser zu größeren Molekülketten zusammen und bilden Polymere.

Für den Fossilisationsprozess muss das ausgehärtete Harz, Kopal genannt, luftdicht eingeschlossen und unter hohem Druck über 2-10 Millionen Jahre konserviert und polymerisiert werden. Wie lange der Entstehungsprozess von Bernsteinen dauert, hängt von Faktoren, wie u.a. den Druckverhältnissen oder der Sedimentstruktur ab (ROSS 1998, 3).

Die Fossilisationsrate wird von den Faktoren Temperatur und Druck bestimmt, die bei den verschiedenen Bernsteinlagerstätten unterschiedlich sind (PENNEY 2010). Damit das ausgetretene Harz nicht wieder durch Verwitterungsprozesse abgebaut wird, sondern fossil erhalten bleiben kann, muss es in einer Umgebung lagern, bei der der Druck ausreichend hoch und die Temperatur angemessen für die Fossilisierung ist. Es ist deshalb wahrscheinlich, dass die zukünftigen, fossilen Harze über Fließgewässer ins Meer transportiert werden. Ohne diese Verdriftung über Fließgewässer wäre die Genese des Baltischen Bernsteins undenkbar (WEITSCHAT & WICHARD 2010, 86).

#### **Wie kommen die Inkluden in den Bernstein?**

Durch seine aromatischen Duftstoffe, die aus ätherischen Ölen, Säuren und Alkoholen zusammengesetzt sind, kann Harz auf viele Arthropoden als potentielle Nahrungsquelle verlockend wirken. Zusammen mit seiner lichtbrechenden Eigenschaft, die als Lichtfalle fungiert, stellt das ausgetretene Harz eine klebrige Falle dar, in der sich kleine Tiere, wie Insekten oder Spinnentiere leicht verfangen können. (ROSS 1998, 4).

Bei Bernstein, der Inkluden enthält, handelt es sich um eine spezielle Form des Bernsteins, dem sogenannten Schlaubenstein, der durch mehrere, übereinander gelagerte Harzflüsse entsteht. Die Inkluden befinden sich im Schlaubenstein zwischen den einzelnen Harzflüssen (WICHARD & WEITSCHAT 1996, WEITSCHAT & WICHARD 2000, WICHARD et al. 2009).

Bernstein-Inkluden sind häufig kleine Organismen. Die meisten Inkluden aus kreidezeitlichem Bernstein sind weniger als 5 mm groß, während tertiäre Bernsteine nicht nur kleine, sondern gelegentlich auch größere Inkluden (>5mm) (POINAR, 1992) aufweisen. Dieser Unterschied könnte durch die unterschiedlichen Viskositäten des kreidezeitlichen und tertiären Harzes

oder durch die verschiedenen Strapazierfähigkeiten bzw. Beständigkeiten der Bernsteine erklärt werden.

Sowohl die Größe, als auch die Ökologie der fossilen Fauna beeinflusst die Wahrscheinlichkeit, in Harz eingebettet und als fossile Inkluse erhalten zu werden. So treten beispielsweise solche Insekten häufig als Bernstein-Inklusen auf, die sich in oder an Baumrinde (von Koniferen) aufhalten oder xylophag sind und sich von Holz oder Blättern ernähren.

Saproxyliche (= ernähren sich von Totholz) Insektenarten wie Käfer oder Termiten sind häufig in Baltischem Bernstein vertreten, was dadurch leicht erklärt werden kann, dass vor allem verletzte oder abgerissene Baumstücke eine erhöhte Harzproduktion aufweisen. Die Vielzahl und Vielfalt der eingeschlossenen tierischen und pflanzlichen Organismen, die gelegentlich auch in Grabgemeinschaften (Taphozöosen) auftreten, ermöglichen einen Einblick in einen Teil des eozänen Lebensraums (WICHARD 2009). Das häufige Vorkommen von sogenannten „Sternhaaren“, die von Blatt- und Blütenknospen von Eichen stammen sollen, lässt darauf schließen, dass der „Bernsteinwald“ ein Kiefern-Eichenwald gewesen ist (WEITSCHAT & WICHARD 2002), aber auch andere Variationen zeigt (SCHUBERT 1961).

Prozesse der Dehydrierung beginnen, sobald das Insekt eingeschlossen wird, aber bevor das Harz im Erdreich eingebettet wird. Harze haben antiseptische und antibiotische Eigenschaften, die den Insektenkadaver vor Verwesung schützen können. Unter normalen Umständen sind die organischen Reste der fossilen Insekten, die in Kopalen und Bernsteinen erhalten sind, auf die Cuticula beschränkt. Die dreidimensionale Morphologie der Inklusen entsteht durch das Harz, was durch sein Austrocknen einen stabilen Sarg bildet, der die Inkluse vor dem erhöhten Druck während der Fossilisation abschirmt (ROSS 1998).

Nachdem das Insekt in Harz eingeschlossen wurde, beginnt der anaerobe Abbau. Dieser Prozess kann allerdings durch die schnelle Dehydrierung verlangsamt werden, was dann dazu führen kann, dass auch anderes Gewebe der fossilen Inkluse erhalten bleibt. Diverse Experimente haben gezeigt, dass die Dehydrierung ein kritischer Faktor während der Fossilisation ist (HENWOOD 1993, GRIMALDI et al. 2000 in MARTÍNEZ-DELCLÒS et al. 2004, 48). Während der frühen Diagenese können Flüssigkeiten, die während des Zersetzungsprozesses der inneren Organe entstehen, mit den im Harz enthaltenen Terpenen und Monosacchariden reagieren und einen weißlichen Schaum, die sogenannte Verlumung, bilden. Diese Verlumung tritt vor allem bei solchen Inklusen auf, die einen hohen Anteil an Weichteilen besitzen, wie z.B. Insektenlarven. Eine Verlumung tritt normalerweise nur auf einer Seite der Inkluse auf, denn die andere Seite war wahrscheinlich über einen bestimmten Zeitraum der Atmosphäre ausge-

setzt und konnte somit dehydriert werden, bevor sie von einer weiteren Harzschicht bedeckt wurde (MARTÍNEZ-DELCLÒS et al. 2004, 49).

Die Mehrheit der Bernsteinlagerstätten ist allochton, d.h. die Bernsteine werden meist weit weg von ihrem Ursprungsort gefunden. Die damaligen Kopale sind vermutlich über Flüsse und Bäche zu den jeweiligen Lagerstätten transportiert worden, wie es z.B. bei dem Borneo-Bernstein der Fall ist, dessen Lagerstätte tief am Meeresgrund auffindbar ist (ROSS 1998, 3). Eine Ausnahme bildet der Jordanische Bernstein der unteren Kreidezeit, der in Verbindung mit Baumwurzeln der wahrscheinlichen Harzproduktionspflanze gefunden wird (NISSENBAUM & HOROWITZ 1992).

Baltischer Bernstein hingegen wird z.B. an der Ostseeküste gefunden und hat höchstwahrscheinlich einen längeren Transportweg von seinem Ursprungsort hinter sich. Darüber hinaus hätte Bernstein auch während seines Entstehungsprozesses umgelagert werden können, so dass es sich bei den Fundorten um sekundäre, tertiäre, etc. Lagerstätten handelt. Die genaue Altersbestimmung von fossilen Harzen ist allerdings selbst bei autochthonen Lagerstätten schwierig und hängt davon ab, wie stratigraphisch präzise sie sich bestimmen lässt. Altersbestimmungen schließen beispielsweise geochronologische Verfahren ein, die Isotopen-Zusammensetzungen und deren Änderungen durch radioaktive Prozesse untersuchen (LÜHR 2004, 17).

Bernstein oxidiert und verdunkelt schnell, sobald er Sauerstoff, Wärme und Licht ausgesetzt wird und muss konserviert werden, indem er z.B. in Kunstharz eingebettet wird, damit die Inkluden für wissenschaftliche Studien weiterhin nutzbar bleiben. Diese schnelle Oxidation könnte darauf hinweisen, dass Bernstein unter anaeroben Bedingungen im Sediment gelagert wurde (MARTÍNEZ-DELCLÒS et al. 2004, 49). Nachdem der Bernstein in einem langwierigen Prozess über Jahrmillionen hinweg unter hohem Druck im Sediment entstanden ist, fanden in den meisten Fällen Umlagerungsprozesse statt, bei denen die Bernsteine in ihre nächste Lagerstätte transportiert wurden, wo sie entweder unter idealen Bedingungen konserviert, durch Verwitterungsprozesse degeneriert oder in Bernsteinminen, Meeresküsten etc. gesammelt und für weitere Studien verwendet wurden (vgl. Abb. 3).

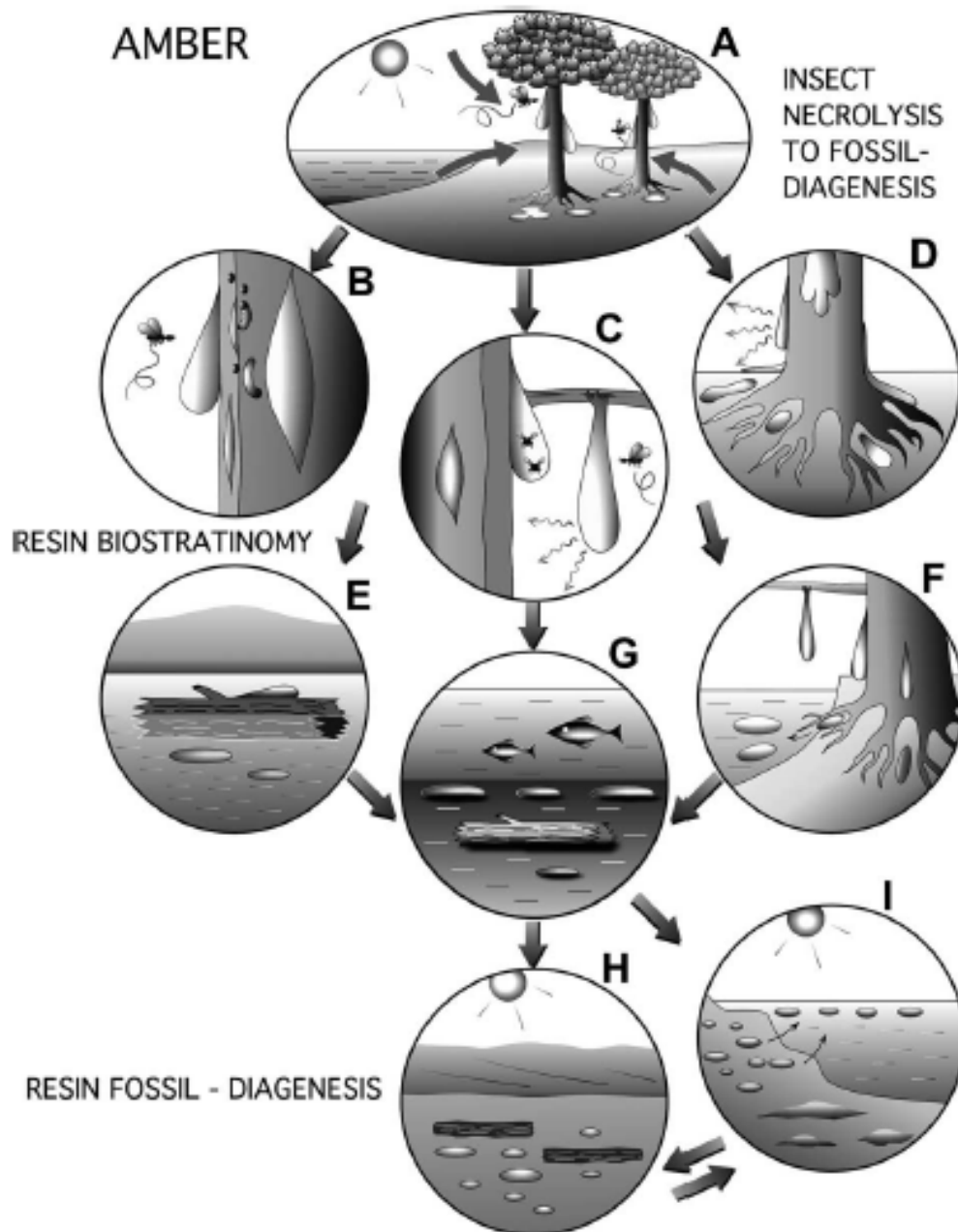


Abbildung 3: Bernstein Diagenese.

(A) Terrestrische und aquatische Insekten werden in Harz gefangen. (B) Harz kann sich in Rissen und Taschen innerhalb des Holzes, unter oder zwischen der Rinde ansammeln. (C) Harz kann in Stalaktiten, Tropfen oder Harzflüssen (Schlaubensteine) austreten und Organismen einschließen. Harz verliert flüchtige Stoffe unter atmosphärischen Bedingungen. (D) Unterirdische Harzablagerungen, die z.B. von Wurzeln ausgeschieden werden, können sich bilden und in großen Mengen um die Baumbasis ansammeln. (E) In den meisten Fällen ist es unbekannt, ob das Harz getrennt von oder gemeinsam mit dem Holz zu der Lagerstätte abtransportiert wird, wo es fossilisiert. (F) Harz tropft direkt vom Baum oder fließt als Folge von Bodenerosion von den Wurzeln ins Wasser. Über Fließgewässer wird das Harz zu Umgebungen abtransportiert, die eine Fossilisierung ermöglichen. Anfängliche Lagerung des Harzes, normalerweise mit Sedimenten assoziiert, die reich an organischem Material sind. (H) Diagenese des Harzes beginnt mit seiner unterirdischen Einlagerung. Dennoch sind Einflüsse, die vor der Fossilisierung auf die Inkluse eingewirkt haben, schwer von den Einflüssen zu unterscheiden, die während der Fossilisierung stattgefunden haben. (I) Bernsteine werden in der Regel bis zu mehreren Malen umgelagert (allochtone Lagerstätten). (Übersetzt aus MARTÍNEZ-DELCLÒS et al. 2004, 41)

#### **1.4. Zusammenfassung der Ergebnisse**

Die Untersuchungen der oben aufgezählten Bernstein-Vorkommen bzw. deren Fundstätten beinhalteten bei den meisten genannten Autoren eine Datierung der Lagerstätte, die Erfassung der in dem jeweiligen Bernstein vorkommenden Organismen, eine Rekonstruktion des Paläohabitats und Paläoklimas sowie phylogenetische Erkenntnisse zur Entwicklung und Evolution der verschiedenen Taxa. Bei der Rekonstruktion vergangener Lebensformen und Lebensräume, die in der Regel auf der Basis des Aktualitätsprinzips erfolgt, sind sowohl biologisches Fachwissen für die Identifikation der Organismen als auch Kenntnisse über ihre heutigen Verwandten gefragt.

Bei der Untersuchung der verschiedenen Bernsteinlagerstätten fällt darüber hinaus auf, dass das Thema Paläobiogeographie zwar häufig angesprochen, wie z.B. in SOLÓRZANO-KRAEMER (2007), CARUSO & WICHARD (2010), RUST et al. (2010), SINITSHENKOVA et al. (2011), WEGIEREK & ZYLA (2011) doch nicht vertieft behandelt wird.

Aus diesem Grund sollen im Folgenden die Paläobiogeographie der Bernsteininsekten, sowie Aspekte der Paläoökologie diskutiert werden. Hiefür wird ein Fokus auf die Steinfliegen (Insecta: Plecoptera) des Baltischen Bernsteins gelegt, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersucht wurden (CARUSO & WICHARD 2010, 2011) und hier exemplarisch vorgestellt werden sollen.

## 2. Paläobiogeographie und Baltischer Bernstein

In der Bernsteinforschung gibt es bislang wenige Ergebnisse und Untersuchungen zur Paläobiogeographie der in Bernstein eingebetteten Organismen. Vereinzelt wissenschaftliche Aufsätze präsentieren bereits gute Ansätze SOLÓRZANO-KRAEMER (2007), CARUSO & WICHARD (2010), RUST et al. (2010), SINITSHENKOVA et al. (2011), WEGIEREK & ZYLA (2011). Aus diesem Grund soll im Folgenden am konkreten Beispiel der Steinfliegen des Baltischen Bernsteins die Paläobiogeographie dieser Wasserinsektenordnung herausgearbeitet werden. Um die biogeographischen Aspekte zu erläutern, müssen grundlegende Begrifflichkeiten, z.B. zu den Ursachen und Konsequenzen von Verbreitungsprozessen im Vorfeld geklärt werden.

### 2.1. Prinzipien von Paläobiogeographie (Historische Biogeographie)

Biogeographie beschäftigt sich grundlegend mit der Fragestellung, warum Lebewesen dort leben, wo sie leben.

„Ihr Gegenstand ist die Verbreitung und Ausbreitung von Pflanzen- und Tierarten. Ihr Ziel ist die Analyse der Ursachen, die für die vielen Gesetzmäßigkeiten der Verbreitung der Arten und größerer systematischer Einheiten (Gattungen, Familien und andere) verantwortlich sind.“ (SMITH & SMITH 2009, 658)

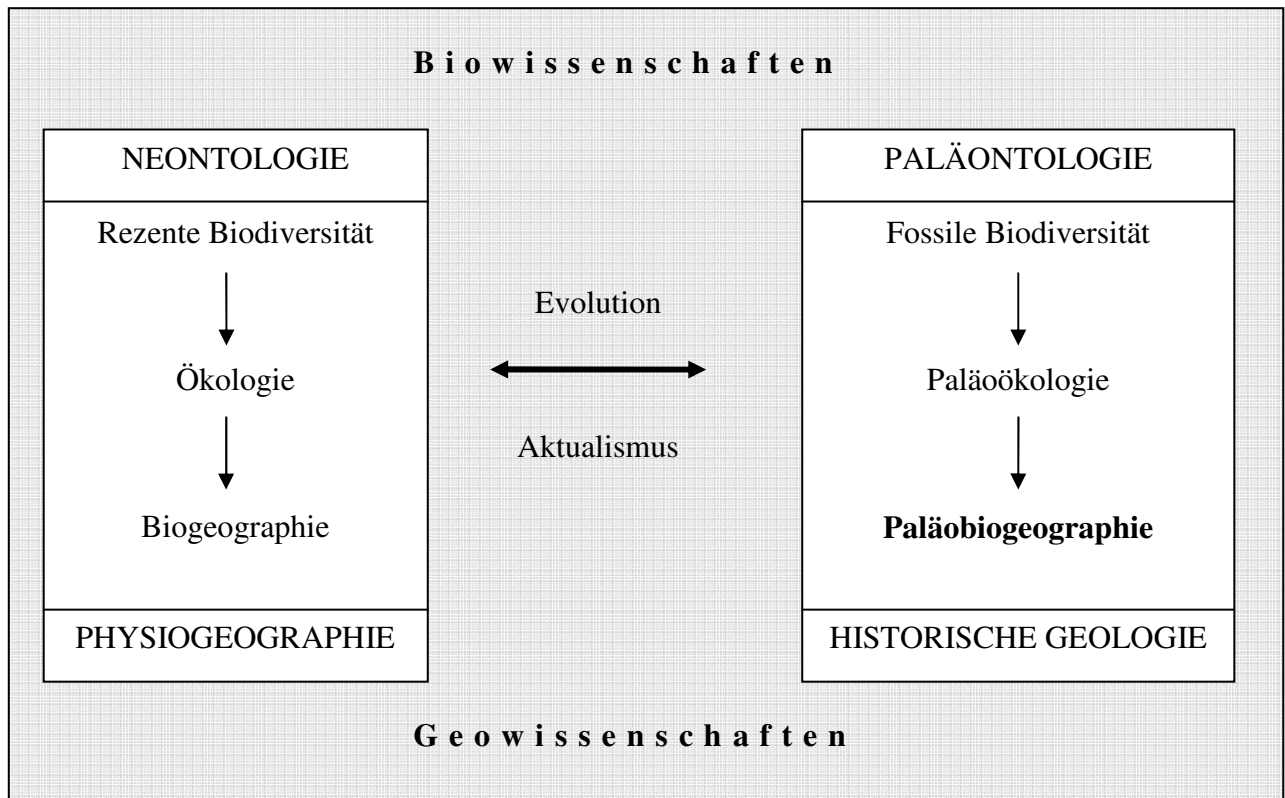
Es gibt zwei Arten von Antworten auf die Fragestellung, wie Organismen sich verbreiten – eine ökologische und eine historisch biogeographische bzw. paläobiogeographische (HUGGETT 2004, 3). Die ökologische Beantwortung der Frage schließt Aspekte der Population und ihre Reaktion auf abiotische Umweltfaktoren (unbelebte Faktoren, wie Licht, Boden, Topographie, Wasser, Temperatur, Sauerstoff etc.) und biotische Umweltfaktoren (belebte Faktoren, wie konkurrierende Spezies, Parasiten, Krankheiten, Prädation etc.) mit ein. Bei den biotischen und abiotischen Faktoren werden unmittelbar wirksame, primäre Standortfaktoren (Umweltfaktor, ökologischer Faktor) wie Licht, Wärme, chemische Faktoren (insbesondere Nährstoffe) und mechanische Einwirkungen (Tierfraß, Wind, Feuer), sowie indirekt beeinflussende, sekundäre Standortfaktoren wie Klima, Relief, Boden und die biotische Umwelt (Mitbewerber um Raum, Licht, Wasser, Nährstoffe) unterschieden. Das Relief kann also beispielsweise primäre Standortfaktoren wie die Ausbildung des Geländeklimas und somit Licht, Wärme- und Wasserverhältnisse des Standorts beeinflussen. Der ökologische Standort umfasst „die Gesamtheit der am ständigen Aufenthalts- oder Wuchsort eines Organismus oder einer Biozönose auf diese einwirkenden physikalischen und chemischen Bedingungen“ (GEBHARDT et al. 2011, 531-532). Die ökologische Biogeographie beschäftigt sich also mit der

Interaktion von Taxa und ihrer Umwelt innerhalb eines relativ kurzen Zeitraums, wobei sie meist intrakontinental oder auf ein Habitat begrenzt sein kann.

Bei der paläobiogeographischen Beantwortung der Fragestellung, wie Organismen sich verbreiten und warum sie in ihren spezifischen Habitaten leben, müssen zwei grundlegende Aspekte berücksichtigt werden. Erst einmal muss der Aspekt des Ursprungszentrums der Organismen und deren Verbreitung von einem Ort zum anderen in Betracht gezogen werden. Arten haben immer einen besonderen Ursprungsort und verbreiten sich im Zuge ihrer Entwicklung auf andere Regionen der Erde. Der zweite grundlegende Aspekt befasst sich mit der Fragestellung, welche erd- und stammesgeschichtlichen Ursachen zur Entwicklung der heutigen Verbreitung der Tiere und Pflanzen führte und welcher zeitlichen Dynamik bzw. welchem zeitlichen Wandel die Lebensgemeinschaft ausgesetzt war (GEBHARDT et al. 2011). Sie versucht mit unterschiedlichen Methoden die Evolutions- und Ausbreitungsgeschichte verschiedener Organismen nachzuvollziehen, die Umweltbedingungen vergangener Zeiten zu rekonstruieren (Paläoökologie) und daraus Hinweise auf das damalige Klima abzuleiten (Paläoklimatologie). In der Paläobiogeographie vereinen sich also (mindestens) vier naturwissenschaftliche Disziplinen aus den Biowissenschaften und Geowissenschaften – die Neontologie, die Paläontologie, die Physiogeographie und die Historische Geologie. Nach diesem Modell „basieren biogeographische und paläobiogeographische Befunde auf ökologische bzw. paläoökologische Voraussetzungen, welchen die Biodiversität übergeordnet ist“ (KOPP 2000, 13; vgl. Abb. 4).

Bei der Rekonstruktion der Ausbreitungsgeschichte von Organismen spielen plattentektonische Veränderungen der Landmassen, sowie Klimaveränderungen eine große Rolle (COX & MOORE 2010, GEBHARDT et al. 2011), da eine Population beispielsweise durch geographische und/oder klimatische Veränderungen in zwei Gruppen aufgeteilt und isoliert werden kann. Des Weiteren werden Fragestellungen eingeschlossen, die aufklären sollen, warum sich die nahe Verwandtschaft mancher Arten auf nur eine Region beschränkt, während andere geographisch weit voneinander entfernt leben. Die historische Biogeographie beschäftigt sich deshalb mit langen Zeiträumen, in denen Evolutionsprozesse stattfinden, schließt weiträumige, häufig globale Areale ein und verfolgt Verbreitungsmechanismen von Taxa, die unter Umständen heute ausgestorben sind.





**Abbildung 4: Hierarchische Gegenüberstellung von Neontologie (Lehre von den heutigen Lebewesen) / Physiogeographie und Paläontologie / Historische Geologie (Erdgeschichte) im allgemeinen Feld der Bio- und Geowissenschaften (Nach KOPP 2000, 14).**

Faktoren, die bei der Biogeographie eine Rolle spielen, wie die biotischen Faktoren der Prädation, des Parasitismus und der Konkurrenz sind bei einer paläontologischen Arbeit, die sich mit Bernstein-Inkluden beschäftigt, oft schwieriger zu rekonstruieren, als die Veränderung des Klimas, der Kontinentalplatten und Ozeanbecken, weshalb im Folgenden auf langfristige Klimaveränderungen und plattentektonische Prozesse eingegangen wird.

## 2.2. Plattentektonik: Grundlagen

Dass die Konfiguration der Kontinente nicht immer der heutigen entsprach, wurde bereits am Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts von dem Meteorologen und Geowissenschaftler Alfred WEGENER (1912) vermutet. Auf der Basis von paläobiogeographischen Untersuchungen und dem Versuch, die Verbreitungsmuster von Organismen über die letzten Millionen Jahre zu rekonstruieren schloss Wegener, dass die Kontinente der Erde früher zu einem riesigen Superkontinent (Pangea) zusammengelagert waren und sich wahrscheinlich erst langsam voneinander getrennt haben. Seine Theorie des Kontinentaldrifts stieß in der damaligen geographischen Forschungsgemeinschaft auf Widerstand, da man sich noch nicht erklären konnte,

welche Prozesse solch einer Kontinentalverschiebung zugrunde liegen könnten. Erst in den 1960er Jahren formte sich langsam ein Paradigmenwechsel, der durch geophysikalische Befunde (vor allem aus dem Bereich des Paläomagnetismus) Wegeners These unterstützte und wissenschaftliche Nachweise plattentektonischer Prozesse lieferte.

Die Ergebnisse der moderneren Forschungsmethoden ab Mitte des zwanzigsten Jahrhunderts, wie beispielsweise paläomagnetische Untersuchungen, Analyse von Sedimenten, Satellitenaufnahmen aus dem Weltall etc. wiesen mit immer mehr Evidenz nach, dass die Erdkruste in der Tat nicht aus einer einheitlichen Schicht besteht, die auf dem zähflüssigen Magma aufliegt, sondern in 12 sich ständig bewegende Kontinentalplatten und Schollen unterteilt ist (vgl. Abb. 5). Die größten sind die Pazifische, Antarktische, Nord- und Südamerikanische, die Australische, Afrikanische sowie die Eurasische Platte. Jede der Platten hat eine andere Drift-richtung und Driftgeschwindigkeit (vgl. z.B. FRISCH et al. 2011, GROTZINGER et al. 2007, GEBHARDT et al. 2011).

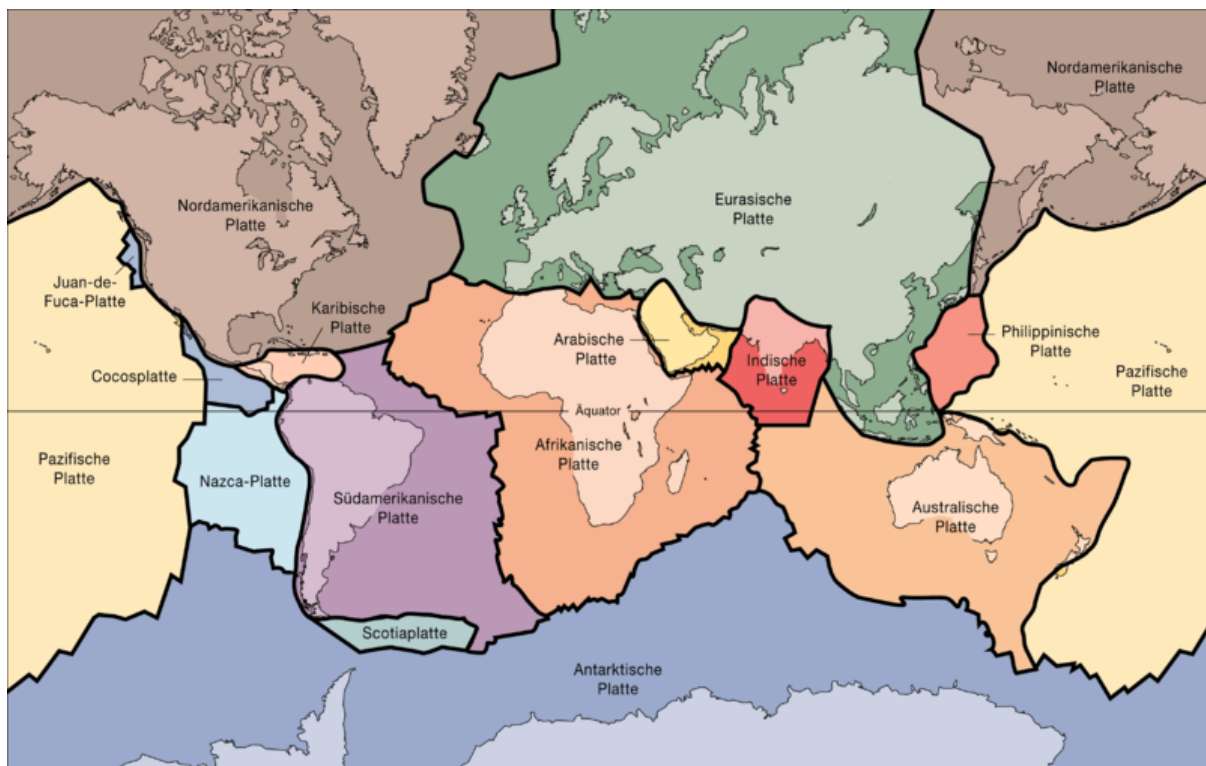


Abbildung 5: Die verschiedenen Kontinentalplatten. Quelle: USGS public domain (2011)

Die Lithosphäre (bestehend aus fester Erdkruste und kristallinem Gestein des oberen Erdmantels) liegt auf der flüssigen Asthenosphäre auf. Dort wo Magma die starre Lithosphäre aufbricht und sich nach oben drängt, bildet sich ein ozeanischer Rücken. An dessen Zentralspalt tritt Magma aus und bildet bei seiner Erstarrung eine neue ozeanische Kruste. Die angrenzen-

den Lithosphärenplatten driften in entgegengesetzter Richtung auseinander – im Atlantik ca. 1 cm/Jahr, im Pazifik ca. 4cm/Jahr. Ursache für den Kontinentaldrift sind thermische Konvektionsströme, die das heiße Material an die Oberfläche führen. Die Energie hierfür stammt aus dem Zerfall radioaktiver Isotope aus dem Erdmantel.

Divergieren zwei Plattengrenzen am Meeresboden bildet sich ein mittelozeanischer Rücken, der sich durch z.B. eine hohe Erdbeben- Abschiebungs- und Vulkanaktivität auszeichnet. Es kommt zu einer Ausweitung des Meeresbodens (*Seafloor-spreading*), bei der sich z.B. die Eurasische Platte von der Nordamerikanischen trennt und durch aufsteigendes Material neuer Meeresboden entsteht (GROTZINGER et al. 2007). Bei divergierenden Platten der Kontinente bildet sich ein sogenanntes *Rift-Valley*, wie beispielsweise in Ostafrika. Im Gegensatz zu den divergierenden ozeanischen Plattengrenzen und dem daraus resultierenden *Seafloor-spreading* erstrecken sich divergierende Kontinentalgrenzen über ein weitläufigeres Gebiet, was ebenfalls durch erhöhte Erdbeben und vulkanische Aktivität gekennzeichnet ist. Haben sich die Kontinente bereits weit voneinander entfernt, so kann sich an der Spreading-Achse neuer Meeresboden bilden, dessen Grabsenke vom Meer überflutet wird, wie es beispielsweise am Roten Meer oder dem Golf von Kalifornien der Fall ist, deren Riftstrukturen heute noch auseinanderdriften. Doch nicht immer driften Plattengrenzen kontinuierlich auseinander. So kann es sein, dass die Grabenbildung bzw. das sogenannte Rifting, zum Stillstand kommt (GROTZINGER et al. 2007).

Die auseinanderdriftenden, divergenten Lithosphärenplatten stoßen mit gegenläufigen, konvergierenden Platten der Erdoberfläche aufeinander. Kollidieren zwei ozeanische Platten, schiebt sich (subduziert) die kältere, schwerere Platte unter die leichtere Platte. Diese Subduktionszonen werden dann durch die Konvektionsströme wieder in den oberen Erdmantel eingeschmolzen, wodurch die Lücke zwischen den exogenen und endogenen Teilen des Gesteinskreislaufs geschlossen wird. Durch das Absinken der schwereren Platte kommt es zu einer schmalen Tiefseerinne, wie beispielsweise dem Marianengraben am Westrand des Pazifischen Ozeans, der mit 11.000m die tiefste Stelle der Erde ist. An den Subduktionszonen ist die Vulkanaktivität besonders hoch. Die am Meeresboden stattfindenden Magmenintrusionen und Vulkaneruptionen führen hinter der Tiefseerinne zu einer Bildung eines sogenannten Inselbogens, einer bogenförmig verlaufenden Vulkankette (KATTMANN 2007, FRISCH & MESCHEDÉ 2007, FRISCH et al. 2011).

Trifft eine ozeanische Platte auf eine kontinentale Platte, so kann die Kontinentalkruste durch ihre geringere Dichte nicht einfach subduziert werden, wie die ozeanische Kruste. Zwar kommt es zur Subduktion der ozeanischen Platte, durch die sich wie bei einer Ozean-Ozean-

Kollision eine Tiefseerinne bildet, doch durch die enormen Kollisions- und Subduktionskräfte schürft die abtauchende ozeanische Platte vom Kontinentalrand Gesteinsmassen ab, was zu einer Heraushebung eines Gebirges führt (siehe Abb. 6). Da es an der Subduktionszone zu Erdbeben und am Tiefseeegraben zu erhöhter Vulkanaktivität kommt, sind solche Zonen äußerst gefährlich, wie es beispielsweise an der Westküste Südamerikas der Fall ist, wo die Südamerikanische Kontinentalplatte mit der ozeanischen Nazca-Platte kollidiert.

Bei einer Kollision von zwei Kontinentalplatten kommt es nicht zu einer Subduktion. Zwar schiebt sich eine Platte unter die andere, doch bleiben beide oberhalb der Meeresoberfläche. Hierdurch wurden in der Vergangenheit hohe Gebirgsketten herausgehoben, wie der Himalaya oder die Appalachen an der Ostküste Nordamerikas. Die Erdbebenaktivität ist bei solchen Kontinentalkollisionen besonders hoch. Als Transformstörungen (vgl. Abb. 6: *Transform Plate Boundary*) werden solche Zonen bezeichnet, an denen zwei Kontinentalplatten aneinander vorbei schaben, aber nicht kollidieren. Dadurch, dass weder Lithosphäre gebildet noch vernichtet wird und die beiden Platten sich gegenläufig aneinander vorbei schieben, kann durch Transformstörungen die Richtung der Plattenbewegung bestimmt werden (GROTZINGER et al. 2007).

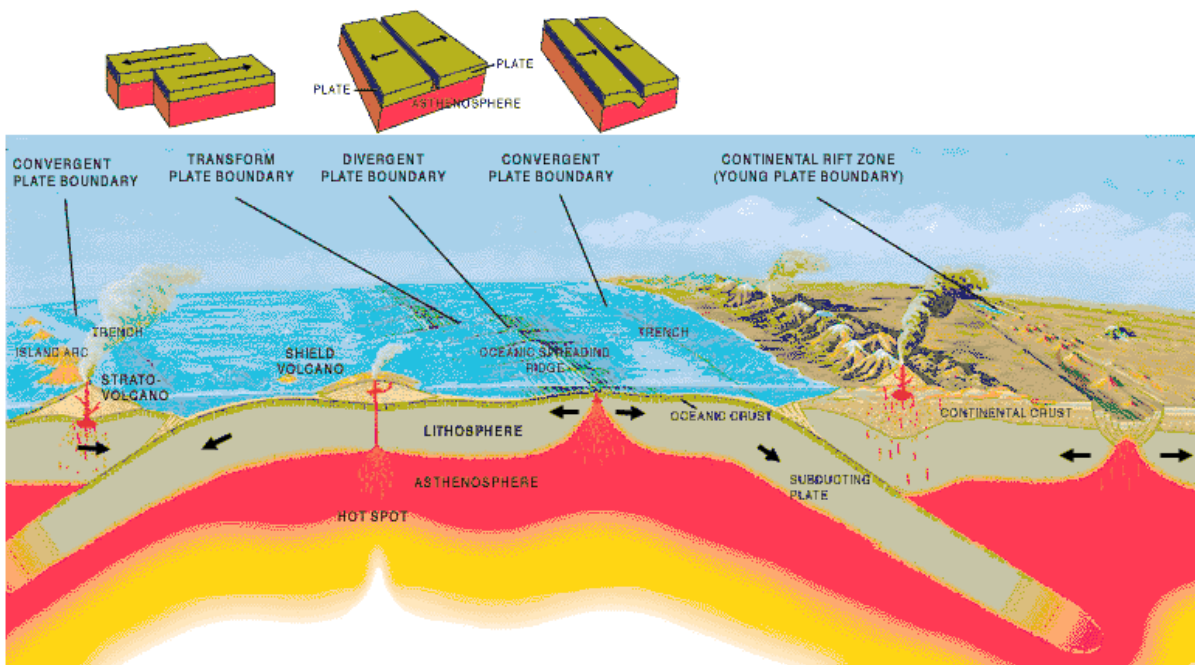


Abbildung 6: Bildliche Darstellung plattentektonischer Prozesse (USGS public domain, 2006)

### **2.2.1. Langfristige klimatische Veränderung als Konsequenz von Plattentektonik**

Unter dem Begriff Klima werden ganz allgemein bestimmte, charakteristische, atmosphärische Zustände eines bestimmten Ortes oder einer Region zusammengefasst. Relevante Komponenten, aus denen sich das Klima einer Region zusammensetzt sind Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Bewölkung, Niederschlagsmenge, Windgeschwindigkeit, Sonnenscheindauer und andere Wetterbedingungen (vgl. GROTZINGER et al. 2007). Doch das Klimasystem der Erde besteht aus einer komplexen Wechselwirkung zahlreicher Komponenten wie Erdatmosphäre, Kryosphäre, Biosphäre, Hydrosphäre und Lithosphäre.

Langfristige Klimaveränderungen werden entscheidend durch Bahnparameter der Himmelskörper, die den Strahlungshaushalt bestimmen, sowie von der Konfiguration der Kontinente beeinflusst. So gilt das Einrücken der Antarktis in die Polargebiet und die Entstehung des zirkumantarktischen Stromes als möglicher Auslöser der Eiszeiten. Tektonische Bewegungen können Meeresströmungen, wie den Golfstrom, blockieren, was ein drastisches Absinken der Temperaturen in Europa und Nordamerika zur Folge hätte. Die Anhebung der Landenge und somit die Schließung des Isthmus von Panama blockierte einen Wasserweg, der vor fünf Millionen Jahren den Atlantik mit dem Pazifischen Ozean verknüpfte. Dieses hatte zur Folge, dass das tropische Klima sich im Pleistozän zu Vereisungszyklen (Wechsel der Kalt- und Warmzeiten) umwandelte (GROTZINGER et al. 2007, GEBHARDT et al. 2011). Hier gibt es allerdings auch Ansätze, die dieser These widersprechen, da genauere stratigraphische Untersuchung gezeigt haben, dass die Vereisung der nördlichen Hemisphäre erst 700.000 Jahre nach der Schließung des Isthmus begann (vgl. PRELL 1982, THUNELL & WILLIAMS 1983, REA & SCHRADER 1998).

Nicht nur das Öffnen und Schließen von Meereswegen hat Auswirkungen auf das Klima, da es die Meeresströmungen und somit den globalen Transport von Feuchtigkeit und Wärme beeinflusst. Auch die chemische Zusammensetzung und hier insbesondere der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Ozeane und der Atmosphäre ändern sich als Reaktion auf hydrothermale Aktivitäten des Meeresgrunds und vulkanische Aktivitäten (REA et al. 1990).

### **2.2.2. Auswirkung von Plattentektonik auf die (Paläo-)Biogeographie**

Plattentektonik bzw. Kontinentaldrift zählt zu den wichtigsten Faktoren bei der langfristigen Veränderung geographischer Verbreitungsmuster von Organismen. Einerseits können durch geographische Veränderung Landmassen mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 5-10 cm/Jahr voneinander getrennt oder miteinander verbunden werden. Dieses hat zur Folge,

dass Populationen von Landbewohnern z.B. durch Gebirgs- oder Meeresbildungen oder auch durch Klimabarrieren isoliert werden können. Gleichzeitig bietet das Entstehen neuer Landbrücken einer Population die Möglichkeit sich in einem neuen, potentiellen Habitat auszubreiten (vgl. Kapitel 2.3.3.).

Andererseits können plattentektonische Veränderungen die Beschaffenheit der Kontinente, also ihrer Hydrosphäre (z.B. Gewässerbildung oder Trockenlegen eines Gewässers), Lithosphäre (Veränderung der Oberfläche), Atmosphäre (z.B. erhöhter Treibhausgasausstoß durch Vulkanausbrüche) und Kryosphäre verändern. Dieses wiederum hat Konsequenzen für die klimatischen Konditionen.

Grundsätzlich hängt das Klima von dem geographischen Breitengrad (Einfallwinkel der Sonnenstrahlen) ab, so dass, je nach Breitengrad, unterschiedliche Klimazonen gebildet werden, wie die kalten Polarregionen, die kühlen, feucht temperierten Regionen, trockene subtropische Zonen oder die feucht-warmen Äquatorialregionen. Auch Lage der Kontinente zu den Polen und die Landmassen an den Polen spielen eine große Rolle für die Kryosphäre und somit das Klima. Sind die Pole mit Land umgeben, so wie es während der Eiszeiten der Fall war, bildet der Schneefall eine weiße Oberfläche und reflektiert die Sonnenstrahlung, was zur Abkühlung des Landes führt. Werden die Pole vom Meer umgeben, so speichert das Meer einen Teil der Sonnenstrahlen (solange keine Eisschicht besteht). Durch die Verschiebung von Landmassen werden neue Gebirge, Ozeane oder Landbarrieren gebildet, was wiederum Einfluss auf das Klima und somit die Fauna und Flora einer bestimmten Region hat (vgl. Kapitel 2.2.3).

Plattentektonische Veränderungen können also als Herausforderung oder auch als Gelegenheit für Organismen dienen und stellen somit eine Art Motor für Evolutionsprozesse dar. Kurzfristige und langfristige Klimaveränderungen üben einen hohen Selektionsdruck auf Populationen aus.

Grundlegend können Organismen, die einer starken Klimaveränderung ausgeliefert sind, auf zweierlei Weise reagieren: Sie sterben aus oder sie tolerieren den Selektionsdruck und sind bereits an die Veränderungen angepasst bzw. passen sich an. Darüber hinaus können Organismen sich in Habitate bzw. Regionen mit Bedingungen zurückziehen oder ausbreiten, die sich näher im Optimum der Taxa befinden.

### **Verbreitungsmuster**

Verbreitungsmuster entstehen durch Kontinentalverschiebung; Fossilfunde liefern positive Evidenz für einen Verbreitungsprozess, der durch Konkurrenz, Prädation und anderen biotischen Faktoren bedingt ist.

Tierarten sind in der Lage sich aktiv (grabend, fliegend, gehend, kriechend oder schwimmend) oder durch passives getragen-werden zu verbreiten, bis sie eine Barriere erreichen, die die Grenzen der Verbreitung bestimmt. Solche Barrieren können beispielsweise geographischer (Gebirge, Gewässer etc.) oder klimatischer Natur sein. Die passive Verbreitung kann über physikalische Träger wie Wasser (Hydrochorie), Landmassen (Thallassochorie) oder Wind (Anemochorie) oder biologische Träger (Biochorie), wie andere Organismen, erfolgen. Bei einer Anemochorie können Insekten beispielsweise bis zu 3.500 km überwinden (vgl. HUGGETT 2004, 40)

### **Verbreitungsrouten und Barrieren**

Es gibt zweierlei Faktoren, die Einfluss auf die Verbreitungswahrscheinlichkeit und -rate nehmen: Topographie und Klima des Gebiets, das überbrückt werden soll und die „Wanderlust“ einer speziellen Spezies. Die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Verbreitung sinkt, wenn in dem zu überbrückenden Gebiet ungünstige Lebensbedingungen herrschen. Auch topographische Barrieren und Hindernisse nehmen Einfluss auf die Verbreitung. Nach ihrem Schwierigkeitsgrad teilte SIMPSON (1940) diese Barrieren und Hindernisse in drei unterschiedliche Typen ein:

1. Korridore durch unwegsames oder lebensfeindliches Gebiet, die eine ungehinderte Passage von Tieren und Pflanzen in beide Richtungen zulassen.
2. Filterrouten, wie Landbrücken, die aber beispielsweise gleichzeitig einen Klimazonenwechsel beinhalten und somit als klimatische Barrieren für einige Arten fungieren. Der Isthmus von Panama stellt beispielsweise eine klimatische Barriere für solche Arten dar, die keine tropischen Temperaturen tolerieren.
3. „Lotterierouten“, die eine große Hürde für die meisten Organismen darstellen, ähnlich wie die Gewinnchancen bei einer Lotterie. In diesem Kontext sind die Gewinner diejenigen Organismen, die es schaffen die Reise über Wasser oder Luft zu überleben und Gebiete weit weg von ihrem Ursprungsort zu besiedeln.

Als Erweiterung von Simpsons Thesen, entwickelte WILLIAMS (1989) ein Modell, das verschiedene Verbindungsarten zwischen Inseln und Kontinenten oder auch nur zwischen Inseln beschreibt:

1. Stabile Landbrücken: Diese in Simpsons Terminus ausgedrückten Filterrouten ermöglichen eine freie Migration von Organismen in beide Richtungen.
2. Periodisch unterbrochene Landbrücken: Diese Landbrücken unterscheiden sich von stabilen Landbrücken, da sie von Wasserlücken periodisch unterbrochen werden und der Landweg beidseitig versperrt ist. Gleichzeitig können Organismen durch die Aufspaltung und somit Verkleinerung ihres Lebensraums während der periodischen Trennung aussterben.
3. ‚Noahs Arche‘: Hier werden Fragmente von lithosphärischen Platten ganze Faunen von einem Ort zum anderen transportiert. Dieser Transportweg verläuft normalerweise in nur eine Richtung.
4. Trittstein Inseln: Eine nahezu permanente oder längerfristig existierende Serie von Inseln, die durch kleinere Wasserlücken voneinander getrennt sind. Eine Migration kann hier beidseitig vonstatten gehen, vollzieht sich aber meist von einer Insel höherer Diversität zu einer Insel niedrigerer Diversität.
5. Ozeanische Inseln: Diese Inseln liegen weit vom Festland entfernt. Demnach hängt es von den Eigenschaften der Organismen ab, ob sie es schaffen diese Inseln zu erreichen oder nicht. (HUGGETT 2004, 41)

Wenn Organismen einen neuen Lebensraum erreicht haben, heißt das noch lange nicht, dass sie ihr potentiell neues Habitat auch besiedeln, da ihre Überlebenschance von den Umweltbedingungen des Lebensraumes abhängig ist. Tropische Pflanzen und Tiere, die in höhere Breitengrade geraten, werden mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit in kälteren, trockenen klimatischen Zonen überleben.

Darüber hinaus hängt die Erfolgchance eines Überlebens bei Umweltveränderungen, die nicht nur durch Verbreitung, aber auch durch eine globale oder lokale Klimaveränderung stattfinden kann, von dem Toleranzbereich und der Anpassungsfähigkeit der einzelnen Arten bzw. Organismen ab (HUGGETT 2004, 42 ff.).



### 2.2.3. Rekonstruktion vergangener Lebensräume

#### 2.2.3.1. Untersuchungsmethoden

Für eine Rekonstruktion vergangener Lebensräume und komplexer Bedingungen, wie dem Paläoklima, sind eine Vielzahl von Disziplinen und Untersuchungsmethoden gefordert. Beantwortungsmöglichkeiten für die Fragestellung, welche klimatischen Bedingungen im Eozän in Europa geherrscht haben, werden beispielsweise von Sedimentanalysen geliefert, die pflanzliche Großreste und Mikrofossilien (z.B. Rhizopoden, Diatomeen/ Kieselalgen, Ostracoden oder Sternhaare, die oft im Baltischen Bernstein zu finden sind) und andere Indizien enthalten. Auch Makrofossilien wie fossile Tiere und Pflanzen (Samen, Blätter, Nadeln, Hölzer etc.) sind häufig bis zur Gattungsebene bestimmbar und lassen mit Hilfe des Aktualitätsprinzips Rückschlüsse über den jeweiligen Lebensraum zu (FRIEDMANN & SCHÄBITZ, in GEBHARDT et al. 2011). Je mehr Mikro- und Makrofossilien innerhalb eines bestimmten geographischen Raumes bestimmt und analysiert werden, desto erfolgreicher lassen sich ökologische Informationen über die Paläobedingungen der Fundstätte aus den Funddaten ableiten.

In der Geochemie und Paläoklimatologie werden häufig auch Isotopenuntersuchungen aus Sedimenten oder mikrofossilen Resten als Temperaturproxies verwendet, wie beispielsweise das Sauerstoffisotop  $\delta^{18}\text{O}$ . Delta-O-18 bzw.  $\delta^{18}\text{O}$  ist in der Paläoklimatologie ein Maß für das Verhältnis der stabilen Sauerstoffisotope  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ . Die  $^{18}\text{O}$ -Daten, vor allem von benthischen Foraminiferen werden für die Rekonstruktion von Temperatur und Niederschlag verwendet. Kalk besitzt zwei Sauerstoffisotope: das häufige  $^{16}\text{O}$  und das seltenere, und durch zwei zusätzliche Neutronen schwerere  $^{18}\text{O}$ .  $\delta^{18}\text{O}$  spiegelt die Verdunstungsrate und den Zustrom an Frischwasser wider. Meerwasser verdunstet bevorzugt die leichteren  $^{16}\text{O}$ -Atome, so dass Regenwasser reich an  $^{16}\text{O}$  ist. Das Oberflächenwasser selbst hat folglich eine höhere Konzentration von  $^{18}\text{O}$ , wenn viel  $^{16}\text{O}$  verdunstet ist. Geringere Mengen an  $^{18}\text{O}$  gibt es dort, wo es weniger Verdunstung und mehr Niederschlag gibt (also erhöhter Anteil an  $^{16}\text{O}$ ). Während Kaltzeiten lagert sich viel verdunstetes Wasser, das relativ wenig  $^{18}\text{O}$  enthält, als Schnee und Eis ab, und mehr von dem schwereren  $^{18}\text{O}$  bleibt im Ozean zurück. Da Foraminiferen die Sauerstoffisotope aus den Karbonat-Ionen des Meerwassers aufnehmen und für ihre Kalkbildung nutzen, werden klimatische Veränderung in der Isotopenzusammensetzung ( $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ ) der Foraminiferen-Kalkschalen widergespiegelt. Durch eine Analyse von Foraminiferenschalen kann die Sauerstoff-Zusammensetzung des Meerwassers und somit indirekt die Menge an Eis auf den Polkappen, sowie der damit zusammenhängende Meeresspiegelstand bestimmt werden (CLARK & FRITZ 1997).

Das Sauerstoffisotop ist nur eines von vielen Proxies, die als Indizien für bestimmte klimatische Verhältnisse in der Vergangenheit eine Rolle spielen (siehe Abb. 11 ZACHOS et al. 2001). Eine weitere wichtige Methode bei der Rekonstruktion des Klimas vergangener, prähistorischer Lebensräume ist beispielsweise die Altersbestimmung (Stratigraphie) von Gesteinen und Sedimenten. In der Geologie gibt es auch hier unterschiedliche Verfahren, die sich danach richten, welche Proxies bzw. Informationsträger, je nach Zeitabschnitt und Untersuchungsraum, zur Verfügung stehen. So werden ältere Gesteine meist mithilfe von Biostratigraphie zeitlich bestimmt, also z.B. durch Leitfossilien. Bei einer Untersuchung jüngerer Sedimente der letzten 50.000 Jahre werden häufig andere Isotope verwendet, wie z.B. Kalium oder Radiokarbon  $^{14}\text{C}$  (Messung des Zerfalls des radioaktiven Isotops  $^{14}\text{C}$ ). Um ein möglichst vollständiges Bild von klimatischen Bedingungen, sowie auch plattentektonischer Verhältnisse bzw. Veränderungen zu erlangen, sollten die zur Verfügung stehenden Proxies, die sowohl chemischen Ursprungs (wie z.B. Sauerstoff oder Kalium), aber auch geophysikalischen oder organismischen Ursprungs sein können, miteinander kombiniert und ergänzt werden (ZACHOS et al. 2001, WEFER 2004).

### **2.2.3.2. Klimawandel im „Bernsteinwald“**

Von der Trias bis ins Mitte Jura war die gesamte nördliche Hemisphäre, vom westlichen Nordamerika bis Eurasien und Ostsibirien verbunden und formte die riesige Landmasse Laurasien, die nur eine Einzige Unterbrechung bei der heutigen Beringstraße aufwies (Vgl. Abb. 7 und 9A).

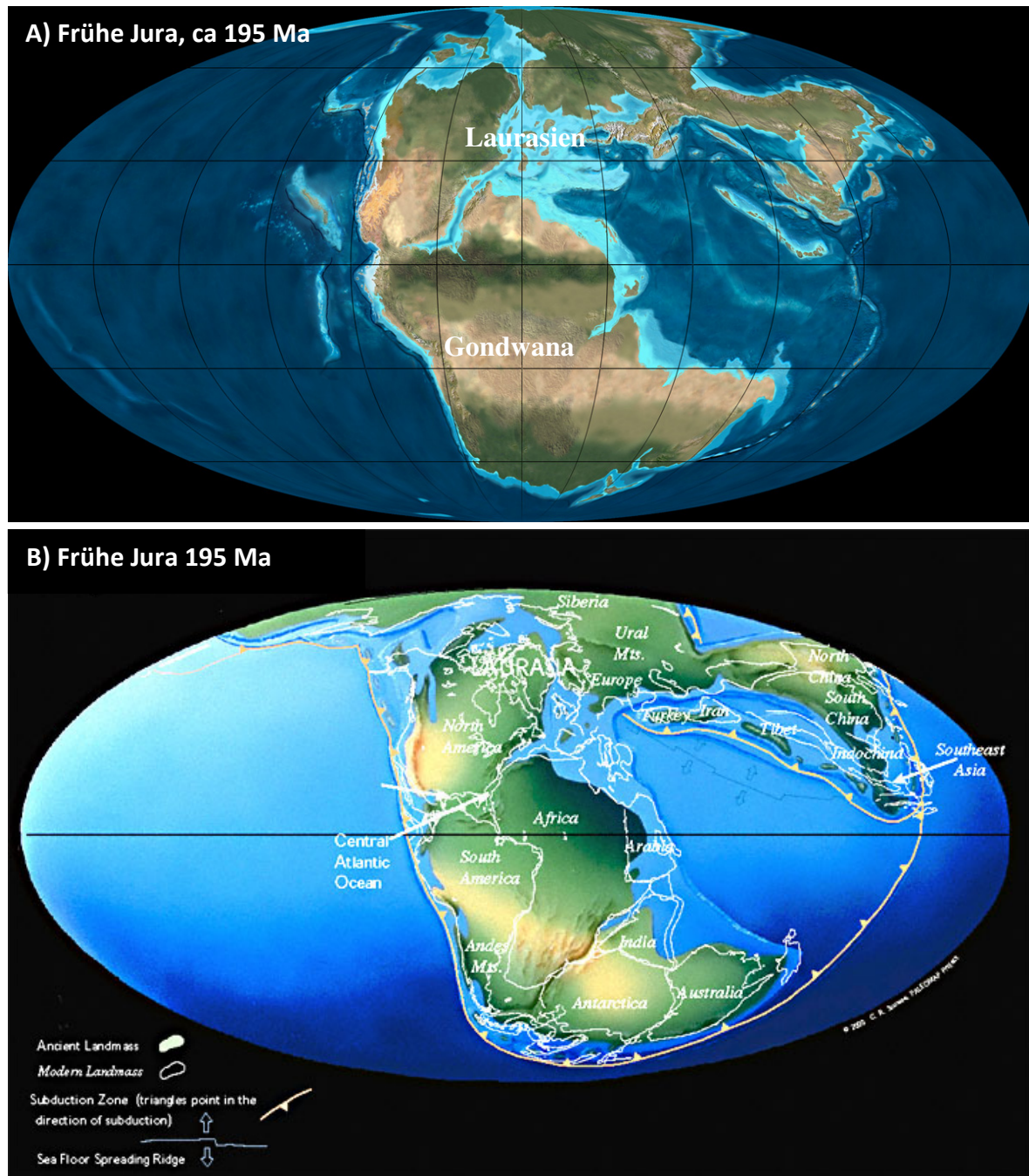
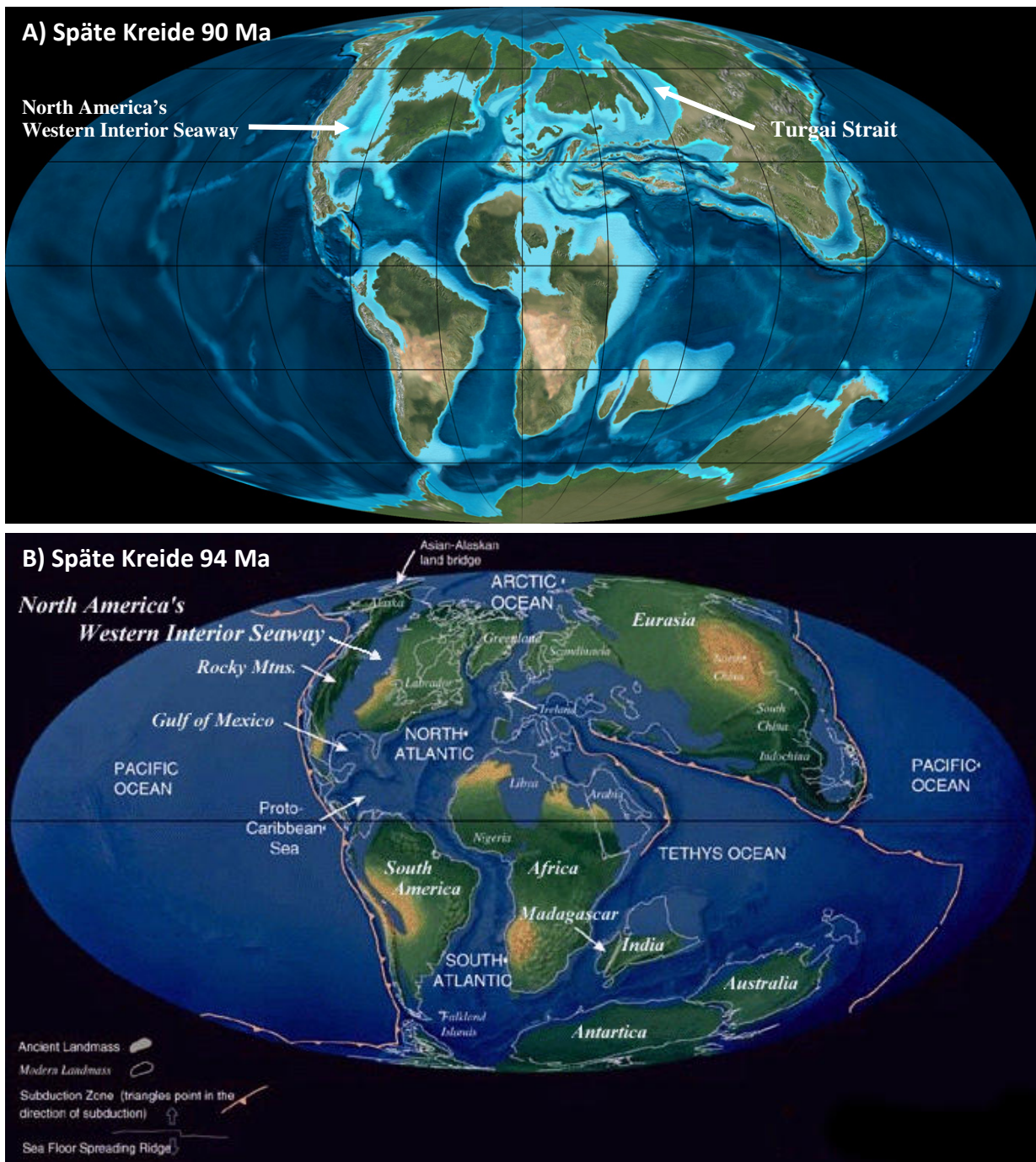


Abbildung 7: Rekonstruktion der Kontinentalkonfiguration im frühen Jura A) nach BLAKEY 2013; B) Nach SCOTSE 2001

Bis zur späten Kreide (vor 90-80 Mio. Jahren) wurde Laurasia durch die Bildung eines breiten, epikontinentalen Flachmeerstreifens in Nordamerika, dem *Western Interior Seaway* (oder *Mid-continental Seaway*) und die Turgai Senke in Eurasien getrennt, so dass nun ein westlicher und ein östlicher Teil entstand. Das Resultat waren zwei Kontinente, Euramerika und Asien-Amerika, die aber über Sibirien und Alaska miteinander verbunden waren (siehe Abb. 8 und 9B).



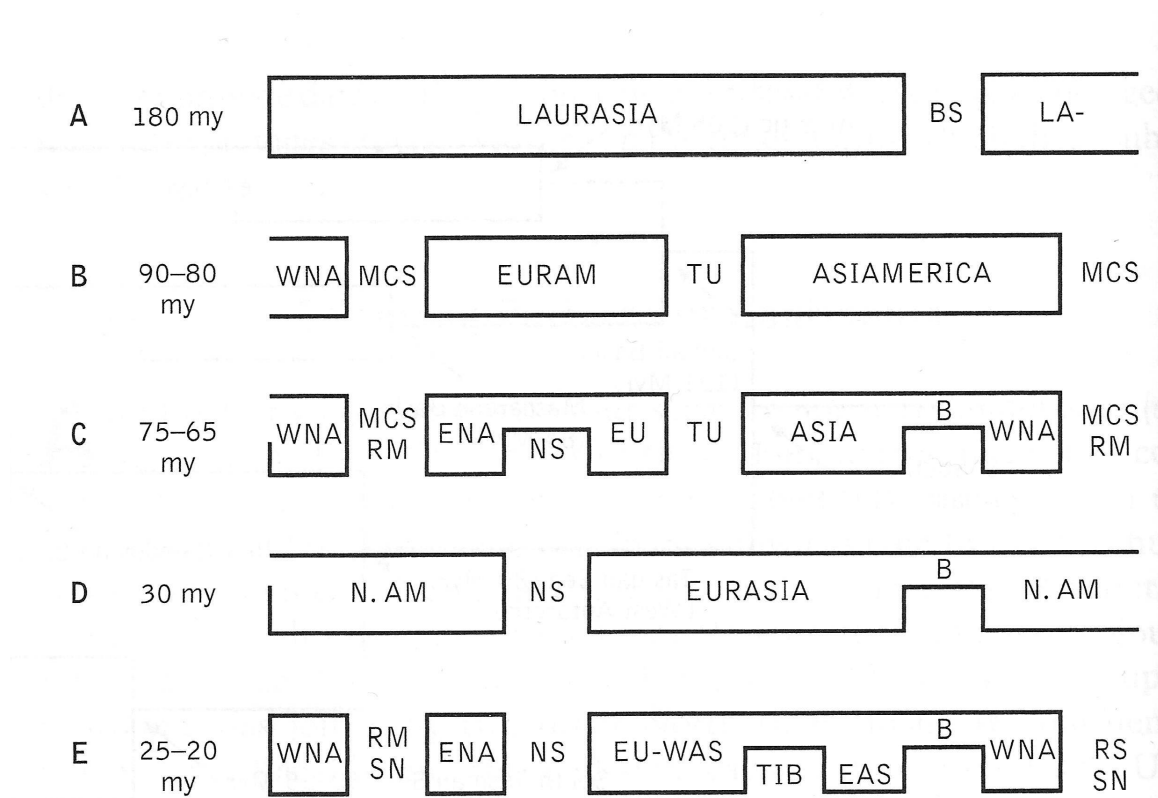
**Abbildung 8: Rekonstruktion der Kontinentalkonfiguration in der späten Kreidezeit. Der *Western Interior Seaway* teilt Nordamerika in einen westlichen und einen östlichen Teil. A) Die Turgai Senke (*Turgai Strait*) trennt Europa von Asien. Nach BLAKEY 2013, B) Die Turgai Senke ist periodisch verlandet. Nach SCOTSE 2001**

Gegen Ende der Kreide (75-65 Ma) bildeten sich die Rocky Mountains, wodurch der *Western Interior Seaway* immer schmaler wurde. Die Rocky Mountains spalteten Nordamerika erneut in zwei Teile, ein westliches und ein östliches Gebiet. Gleichzeitig trennte die Turgai Senke Europa immer noch von Asien. Sibirien und Alaska waren während der Kreide über eine Landbrücke in der Beringregion miteinander verbunden. Bei der Asien-Alaska Landbrücke handelt es sich um eine periodisch unterbrochene Landbrücke, die durch den variierenden

## 2. Paläobiogeographie und Baltischer Bernstein

Meeresspiegel und wechselndes Klima zeitweise immer wieder überflutet wurde. Während der Spätkreidezeit bis ins Eozän (ca. 55-34 Ma) bestand Europa aus einem Fennoskandinavischen Schild, großen Inseln, die immer wieder an ein größeres Landstück im Nordwesten Europas andockten, und ein tektonisches Archipelago in Südeuropa (TYSON & FUNNELL 1987, GHEERBRANT 1990, WEISHAMPEL et al. 1990). Dieses bestand aus vielen kleinen Inseln, die ebenfalls immer wieder periodisch miteinander in Verbindung standen.

Aus paläogeographischer Sicht stellte Europa eine Pufferregion zwischen Paläolaurasien und Gondwana dar (LE LOEUFF 1990), was heute vergleichbar mit der Filter Landbrücke von Ostindien ist, welche die relativ unterschiedlichen terrestrischen Biota von Südost Asien und Australien beinhaltet. (RUSSELL 1993).



**Abbildung 9 : Die Kontinentalkonfiguration der nördlichen Hemisphäre in den letzten 180 Millionen Jahren.**

- Frühe/Mittlere Kreide, 180 Ma. Die Landmasse Laurasien bedeckt nahezu die gesamte nördliche Hemisphäre. Das Beringmeer (BS) zwischen Asien und Alaska ist die einzige Unterbrechung dieses fast kreisrunden Kontinents.
- Frühe Spätkreidezeit, 90-80 Ma. Der *Western Interior Seaway* bzw. *Mid-Continental Seaway* (MCS) und die Turgai Senke (TU) spalten Laurasien in zwei Landmassen: Euramerika (EURAM) und Asien-Amerika.
- Ende der späten Kreide, 75-65 Ma. Der *Western Interior Seaway* bzw. die Rocky Mountains (RM) teilt Nordamerika in zwei Teile. Der westliche Teil (WNA) ist über die Beringregion (B), dem ehemaligen, ausgetrockneten Beringmeer (Beringstraße) mit Asien verbunden – die sogenannte Asien-Alaska Landbrücke. Der östliche Teil Nordamerikas (ENA) ist mit Europa verbunden. Die

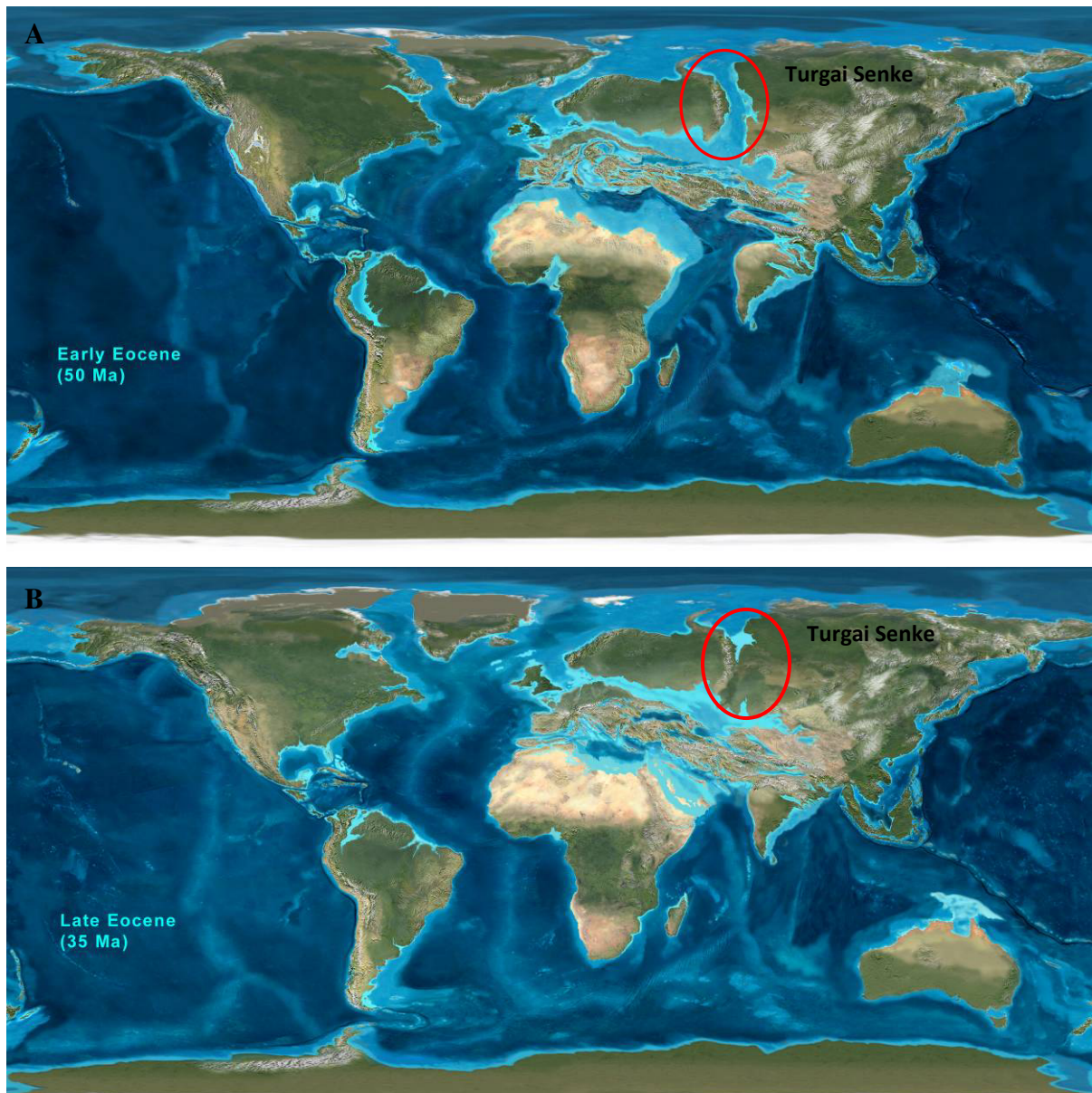
Turgai Senke besteht noch, doch das wachsende Norwegische Meer (NS) trennt nun die südlichen Teile Europas von Nordamerika/Grönland.

- D. Frühes Oligozän, 30 Ma. Nun sind die Kontinente nur durch das Norwegische Meer getrennt und ihre nördlichen Teile sind über die Beringregion miteinander verbunden.
- E. Spätes Miozän, 26-20 Ma. Die Rocky Mountains und Sierra Nevada (RM, SN) spalten Nordamerika, während das Tibetische Plateau (TIB) und die anschließende Gobi Wüste Südchina und Südostasien von Europa trennen. (Übersetzt aus COX & MOORE 2010, 160)

Bis ins späte Eozän (ca. 55-34 Mio. Jahre) war Europa ein Archipelago, dessen südliche Inseln durch die ständig variierende Meeresoberfläche zeitweise miteinander verbunden wurden und folglich nur eine schwache Barriere für Pflanzen und Tiere boten. Im Osten, entlang des Uralgebirges, war Europa von Asien durch die Turgai Senke getrennt, während im Süden Europa an die Nordwestküsten des Thetys Meeres angrenzte, aus dem später das Mittelmeer entstand.

Untersuchungen des Sauerstoffisotops  $\delta^{18}\text{O}$  von Kalkschalen benthischer Foraminiferen (MILLER et al. 1987, ZACHOS et al. 2001), haben ergeben, dass im eozänen Europa ein feuchtwarmes, subtropisches und tropisches Klima geherrscht haben musste. Der subtropische „Bernsteinwald“ Nordeuropas, aus dem der Baltische Bernstein entstammt, bedeckte weite Teile Fenno-Skandiaviens und reichte bis in die Ukraine, aus der mehrere eozäne Bernsteinlagerstätten bekannt sind (WEITSCHAT & WICHARD 2010, 86).

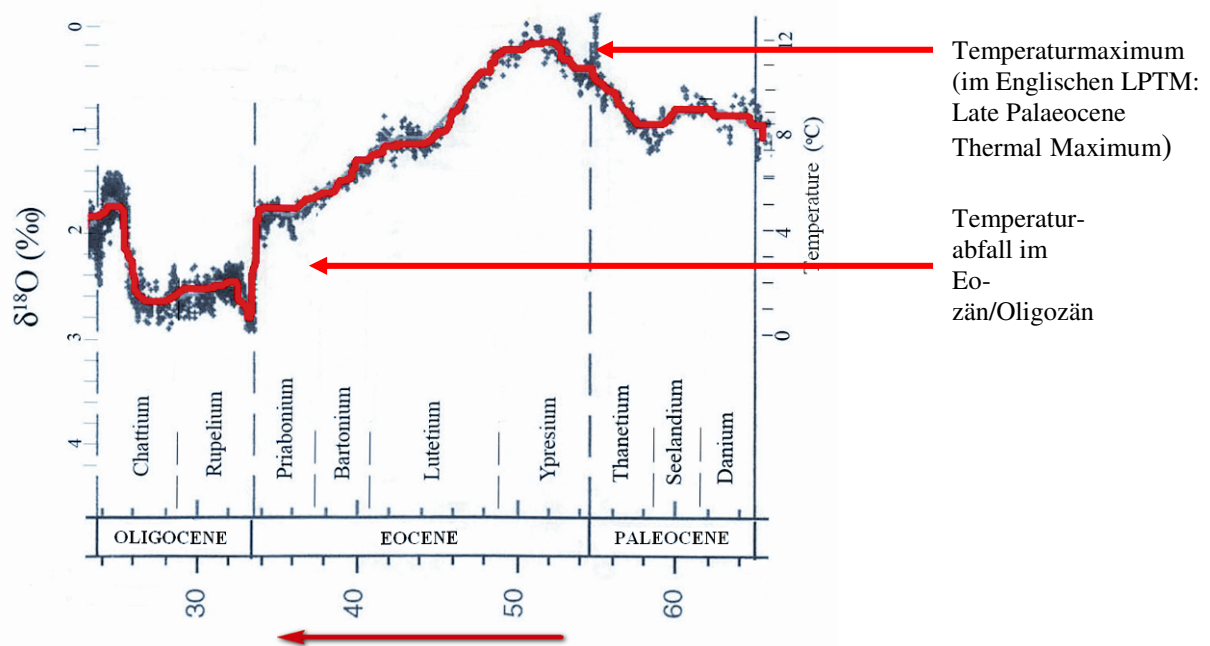
In niedrigeren Lagen herrschte im „Bernsteinwald“, der wahrscheinlich ein Kiefer-Eichen-Bergwald war, vermutlich ein paratropisches Klima mit subtropischen und tropischen Bedingungen (SCHUBERT 1961). Indizien hierfür liefern Bernstein-Inklusen, wie der kürzlich entdeckte Gladiator (Mantophasmatodea) (KLASS et al. 2002, ZOMPRO et al. 2002), Geckos, Termiten und Gottesanbeterinnen, deren rezente Verwandte subtropische Gebiete besiedeln. Des Weiteren lassen die Funde der zahlreichen Wasserinsekten darauf schließen, dass der „Bernsteinwald“ von vielen aquatischen Habitaten, wie Seen, Tümpel, Fließgewässer, temporäre Mikrogewässer, Phytotelmata, Auen- und Bruchwäldern und größeren Überschwemmungsgebieten durchzogen gewesen sein musste. Der Nachweis von Steinfliegen und vor allem der kaltstenothermen Steinfliegenlarven, die an sauerstoffreiche Gewässer angepasst sind, lässt darauf schließen, dass die Gewässer des „Bernsteinwaldes“ sauerstoffreich gewesen sein mussten (WICHARD et al. 2010).



**Abbildung 10:** A) Darstellung der Erde vor ca. 50 Millionen Jahren. Turgai Senke trennt Europa von Asien; B) Darstellung der Erde vor ca. 35 Millionen Jahren. Die Turgai Senke ist trocken gelegt und verbindet seitdem Europa mit Asien (BLAKEY 2013)

Bis zum Ende des Eozäns verschwand der *Western Interior Seaway* Nordamerikas allmählich, da die Rocky Mountains sich langsam formten, so dass Nordamerika über einen langen Zeitraum westlich und östlich von einer Barriere umgeben war. Die Turgai Senke trennte Europa immer noch von Asien (Abb. 10 A). Zwischen Grönland und Skandinavien trennt das wachsende Norwegische Meer Südeuropa von Nordamerika, während Sibirien und Alaska über die Beringregion miteinander verbunden waren. Durch die Fluktuation des Meeresspiegels wurde die Bering-Landbrücke teilweise und zeitweise wieder überschwemmt (vgl. COX & MOORE 2010, 160).

Klimatisch ist das Eozän durch zwei Ereignisse gekennzeichnet: Das erste ist das eozäne, thermale Maximum vor ca. 56 Mio. Jahren (im Englischen LPTM: Late Palaeocene Thermal Maximum). Indizien hierfür werden konkret aus geochemischen Isotopenuntersuchungen von marinen Sedimentproben geliefert, die geringe Mengen an  $\delta^{18}\text{O}$  der Kalksedimente aufweisen. Untersuchungen der Sauerstoffisotope von sedimentierten Foraminiferen des späten Eozäns/frühen Oligozäns hingegen weisen einen plötzlichen Anstieg der  $\delta^{18}\text{O}$  Konzentration auf. Die Temperaturen und jährliche Niederschlagsmenge sanken bei diesem zweiten klimatischen Ereignis also drastisch (vgl. Abb. 11).



**Abbildung 11: Sauerstoffisotope von sedimentierten benthischer Foraminiferen sind Indikatoren für die Temperatur ihres Lebensraums. Nach ZACHOS et al. (2001).**

Durch den ausbleibenden Niederschlag sank der Meeresspiegel um mindestens 120 m (TALLIS 1991) was langfristig zur Folge hatte, dass sich in Europa die Turgai Senke schloss und Asien mit Europa vereinte, so dass Nordamerika und Eurasien allmählich ihre heutige Gestalt annahmen (Abb. 10 B).

Da Landmassen weniger Wärme absorbieren und speichern als Meere, hatte das Sinken des Meeresspiegels extremere jahreszeitliche Temperaturschwankungen zur Folge, mit der Konsequenz, dass die Sommer heißer und trockener und die Winter kälter und feuchter wurden. Durch das Abkühlen der Meere konnte wiederum weniger Wasser als Niederschlagsspende verdunsten. All diese Wechselwirkungen und Verkettungen von Ereignissen resultierten in trockenem Klima, vor allem in Kontinenten mittlerer Breitenlage. Indizien hierfür liefern die



erhöhten windverbreiteten Staubablagerungen in Tiefseesedimenten (WOLFE 1989, ZACHOS et al. 1990, TALLIS 1991).

In Europa bedeutete dieser klimatische Wandel das Ende des eozänen, sub- und paratropischen „Bernsteinwaldes“ mit seiner damaligen Fauna und Flora. Viele subtropische Tiere Europas wurden in der Zeit stark reduziert oder starben ganz aus (vgl. JANIS 1993, KOHLER & MOYÀ-SOLÀ 1999, HOOKER et al. 2004, MOSBRUGGER et al. 2005). Andere Organismen wiederum passten sich an die klimatischen Bedingungen an. Im Gegensatz zu Europa fand der Verlust der tropischen Bedingungen in Nordamerika wahrscheinlich langsamer und schon früher statt und begann im mittleren Eozän (vgl. FREDERIKSEN 1988, JANIS 1993, PROTHERO 1998 WOLFE et al. 1998, TOWNSEND et al. 2010).

Welche Erkenntnisse Fossilien für die Rekonstruktion von plattentektonischen Prozessen, sowie die Paläoökologie liefern können und welche Auswirkungen der eozän-öligozäne Klimawandel auf viele Organismen hatte, soll im Folgenden an einem konkreten paläobiogeographischen Beispiel, den Steinfliegen des Baltischen Bernsteins, untersucht werden.

### **2.3. Paläobiogeographie und Baltischer Bernstein - Exemplarische Analyse anhand von Steinfliegen des Baltischen Bernsteins**

Steinfliegen des Baltischen Bernsteins bieten sich exemplarisch an, um zu rekonstruieren, wie sich die verschiedenen Gattungen dieser Insektengruppe in der Vergangenheit über die nördliche Hemisphäre verbreitet haben. Vergleicht man die Verbreitung der heutigen Steinfliegen-gattungen mit den bisher bekannten Gattungen des damaligen, eozänen „Bernsteinwaldes“ Fennoskandiaviens, so lässt dieses, kombiniert mit dem Blick auf die plattentektonischen Prozesse und Klimaveränderung der Vergangenheit, einige Rückschlüsse über mögliche Verbreitungsrouten zu.

Zunächst wird eine Bestandsaufnahme der Steinfliegen des Baltischen Bernsteins durchgeführt und die im Rahmen der vorliegenden Arbeit neu beschriebenen Arten werden vorgestellt (CARUSO & WICHARD 2010, 2011 - Teilpublikationen siehe Anhang I). In diese Diskussion werden auch Erkenntnisse aus anderen Untersuchungen von Mikro- und Makrofossilien in Bezug auf Migrationsverhalten nach Kontinentalverschiebung und Klimaveränderung mit eingeschlossen, um die aufgestellten biogeographischen Thesen zu untermauern. Für die Rekonstruktion der Paläobiogeographie, sowie die Paläoökologie sind aber in erster Linie Kenntnisse über die Biologie dieser Insektengruppe erforderlich, auf die im Folgenden kurz eingegangen werden soll.

### 2.3.1. Biologie der Steinfliegen

Mit etwa 3500 weltweit bekannten Arten sind Steinfliegen (Plecoptera) eine relativ kleine Wasserinsektenordnung, deren 16 Familien und 286 Gattungen in die Unterordnungen Arctoperlaria (12 Familien) und Antarctoperlaria (4 Familien) unterteilt sind. Die Namensgebung der beiden Unterordnungen bezieht sich auf die Verbreitung der enthaltenen Familien: Arctoperlaria sind in der südlichen Hemisphäre, die Antarktis umgebend, vertreten. Arctoperlaria kommen in der gesamten nördlichen Hemisphäre, sowie in orientalischen Regionen südlich bis zum Äquator vor. Eine Ausnahme bilden die beiden Arctoperlaria-Familien Perlidae und Notonemouridae, die auch in der südlichen Hemisphäre nachgewiesen sind (siehe Abb. 29) (vgl. Zwick 2000). Während die Steinfliegenfauna aus Europa (426 Arten), Nordamerika (650 Arten), Australien (191 Arten) und Neuseeland (104 Arten) relativ gut bekannt ist, sind die Plecoptera aus Zentral- und Südamerika, Afrika und Asien noch kaum erforscht. Zwar wurden rund 1500 asiatische Arten beschrieben, doch kommen die meisten Beschreibungen aus Japan und dem asiatischen Teil Russlands, während der Rest Asiens in Bezug auf die Kenntnisse über die Steinfliegenfauna noch relativ unerschlossen ist (vgl. FOCHETTI & TIerno DE FIGUEROA 2008).

In ihren ökologischen Anforderungen sind Steinfliegenlarven meist auf sauerstoffreiche Fließgewässer angewiesen, weshalb sie auch zu den wichtigsten Indikatoren saprobiologischer Gewässergütebestimmungen gehören. Zu den typischen Lebensräumen gehören stark strömende Bergbäche mit steinig-kiesigem Grund, deren Temperatur sich auch im Sommer nicht stark erhöht. Der Faunenreichtum in flachen, sauerstoffärmeren Gewässerläufen ist geringer, so dass sich längs eines größeren Fließgewässers eine charakteristische Abfolge unterschiedlicher Plecoptera-Gemeinschaften von der Quelle bis zur Mündung ergibt (Zwick 1980). Es sind nur wenige Arten bekannt, deren Larvalentwicklung in oligotrophen Stehgewässern stattfindet oder gänzlich terrestrisch ist (Zwick 1980, HYNES 1976). Die Imagines leben an Land, wo sie sich bevorzugt in der Nähe ihrer Brutgewässer aufhalten, da sie ungeschickte Flieger und wenig aktiv sind (ZWICK 1980).

### 2.3.2. Bernsteinbericht - Erfassung der Steinfliegen im Baltischen Bernstein



**Abbildung 12: Steinfliege der Familie Leuctridae des Baltischen Bernsteins**

Die Inkluden des Baltischen Bernsteins lassen darauf schließen, dass der eozäne „Bernsteinwald“ eine hohe Faunen- und Florenvielfalt besaß. Bei über 98% der Inkluden des Baltischen Bernsteins handelt es sich um Arthropoden (SONTAG 2003, WEITSCHAT & WICHARD 2002, 2010). Invertebraten, wie Protozoa, Nematelminthes, Annelida und

Mollusca sind mit 0.5% sehr selten.

Vertebraten sind vergleichbar selten und

nur durch Vogelfedern oder Säugetierhaare und bemerkenswerte Reptilfunde, z.B. einer Eidechse (BÖHME & WEITSCHAT 2002) und einem Geckokopf (BAUER et al. 2005) vertreten. Die bisher beschriebenen fossilen Arthropoden des Baltischen Bernsteins teilen sich in rund 540 Familien, 1535 Gattungen und 3100 Arten der Arachnida, Crustacea, Myriapoda und vor allem Hexapoda auf (WEITSCHAT & WICHARD 2010, 87), wobei diese Zahlen ständig steigen.

Steinfliegen (Plecoptera) gehören zu den Wasserinsekten, die mit ca. 25% aller tierischen Inkluden des Baltischen Bernsteins zahlreich vertreten sind (WICHARD et al. 2009). Schaut man sich die Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Wasserinsekten des Baltischen Bernsteins an (Abb. 13), gehören die Steinfliegen, mit einem Anteil von 4% zu einer kleinen, überschaubaren Gruppe.

Bis heute gibt es nur 18 beschriebene fossile Steinfliegenarten des Baltischen Bernsteins (vgl. Tabelle 1). Erstmals wurden Steinfliegen im Baltischen Bernstein durch PICTET (1856) und HAGEN (1856) bearbeitet, die in dem Grundlagenwerk von BERENDT (1856): „Die im Bernstein befindlichen organischen Reste der Vorwelt“ 13 Arten beschrieben haben. In den folgenden 150 Jahren wurde nur eine einzige Art, *Megaleuctra neavei* RICKER (1935) hinzugefügt.

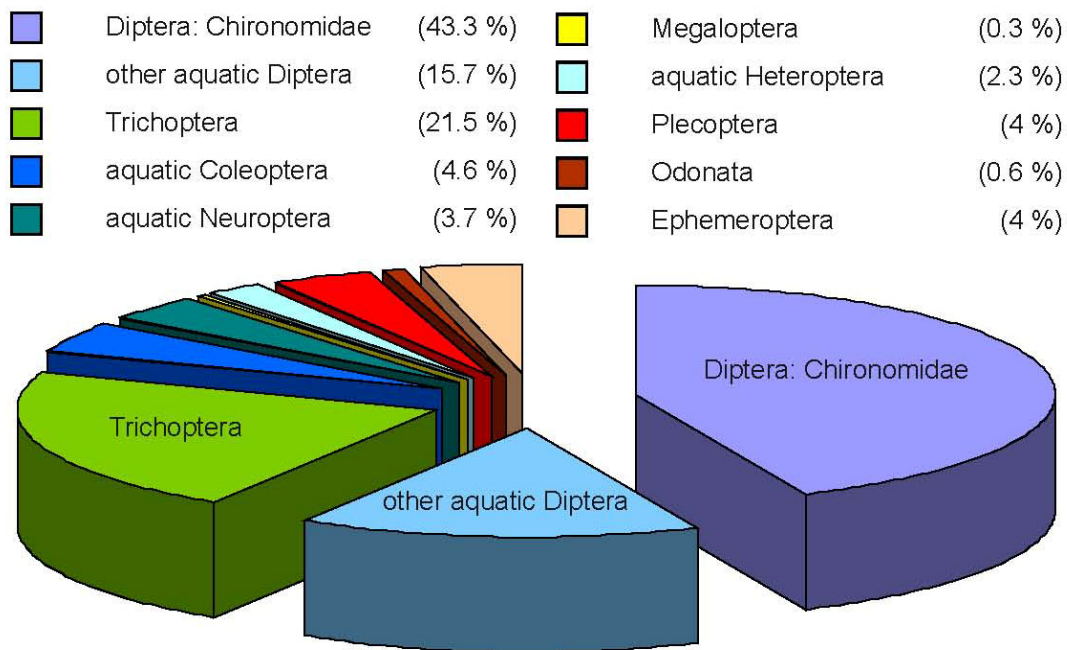


Abbildung 13: Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Wasserinsekten im Baltischen Bernstein (nach WICHARD 2005)

Für die vorliegende Arbeit wurden über 200 Steinfliegen-Inklusen des Baltischen Bernsteins aus unterschiedlichen privaten Sammlungen (z.B. Witsch, Hoffeins und Weiterschan) untersucht, von denen ca. 20% Larven und in seltenen Fällen Exuvien waren. Bis auf ein paar sehr schlecht erhaltene Exemplare konnte bei allen Larven und Imagines zumindest die Familie bestimmt werden.

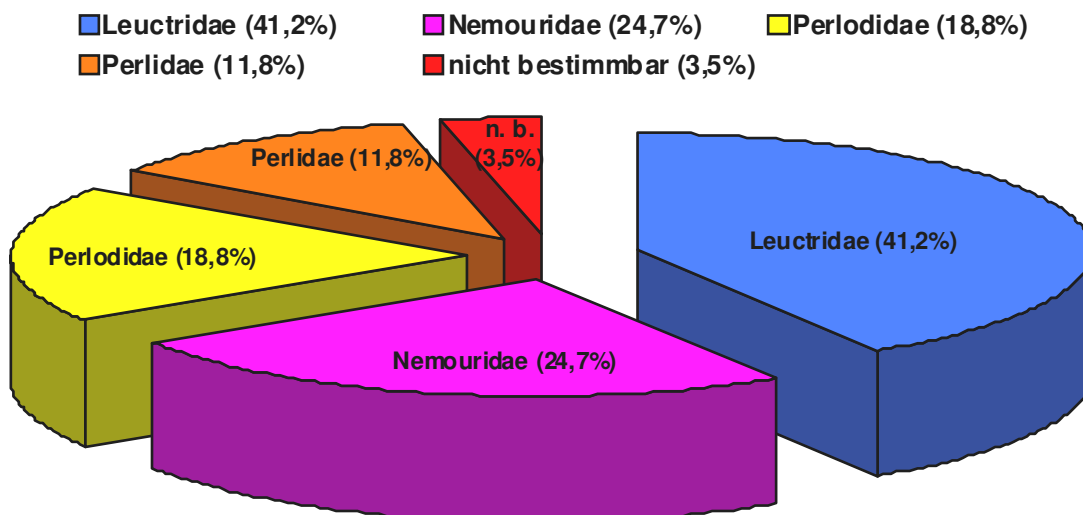


Abbildung 14: Häufigkeitsverteilung der im Baltischen Bernstein auftretenden Steinfliegen-Familien aus einer Selektion von 211 Steinfliegen-Inklusen (nach CARUSO & WICHARD, 2010)

Bei der Bestimmung stellte sich heraus, dass in den für die Untersuchung vorliegenden Sammlungen nur vier Steinfliegenfamilien vertreten waren (Perlidae, Perlodidae, Nemouridae und Leuctridae), von denen die meisten Exemplare (Leuctridae und Nemouridae: ca. 66%) der Überfamilie Nemouridea zugeordnet wurden (vgl. Abb. 14). Die Familie Taeniopterygidae, die bisher mit zwei Arten im Baltischen Bernstein nachgewiesen ist (vgl. Tabelle 1), fehlte bei der vorliegenden Untersuchung völlig.

Für die weitere Bearbeitung und Ermittlung der Gattungszugehörigkeit wurden nur die Imagines ausgewählt. Von über 100 adulten Steinfliegen-Inklusen eigneten sich nur 4 Männchen für eine Artbeschreibung, die in zwei Teilpublikationen dieser Arbeit vorab vorgestellt wurden (CARUSO & WICHARD 2010, 2011 – Teilpublikationen hierzu siehe Anhang I). Darüber hinaus konnte ein Weibchen der Gattung *Podmosta* (Nemouridae) zugeordnet werden. Dass sich nur wenige Inklusen für eine Gattungsbestimmung bzw. Artbeschreibung geeignet haben, mag die Frage beantworten, warum die Bearbeitung der Steinfliegen des Baltischen Bernsteins bisher so überschaubar war. Die ohnehin schon selten vorkommenden Inklusen müssen für eine nähere taxonomische Untersuchung sehr gut erhalten sein. Für eine Bestimmung muss eine optimale Sicht auf die wichtigsten charakteristischen Merkmale, wie die äußeren Genitalstrukturen aus lateraler, dorsaler und ventraler Ansicht, sowie die Flügeladerung gegeben sein. Allerdings sind die taxonomisch wichtigen Merkmale, vor allem des männlichen abdominalen Endes, häufig von den Flügeln verdeckt oder verlumt. Nach sorgfältiger Bearbeitung und Schleifung der ausgewählten Objekte, die für weitere Untersuchungen geeignet waren, konnte die Ansicht der Inkluse optimiert werden, um eine Bestimmung und Beschreibung zu erleichtern.

Insgesamt wurden 16 rezente (4 *Antarctoperlaria*, 12 *Arctoperlaria*) und 12 fossile (2 *Arctoperlaria*, 10 *Antarctoperlaria*) Steinfliegenfamilien nachgewiesen. Die 18 bisher beschriebenen Steinfliegenarten des Baltischen Bernsteins verteilen sich auf lediglich 5 der insgesamt 28 Familien (vgl. Abb. 15).

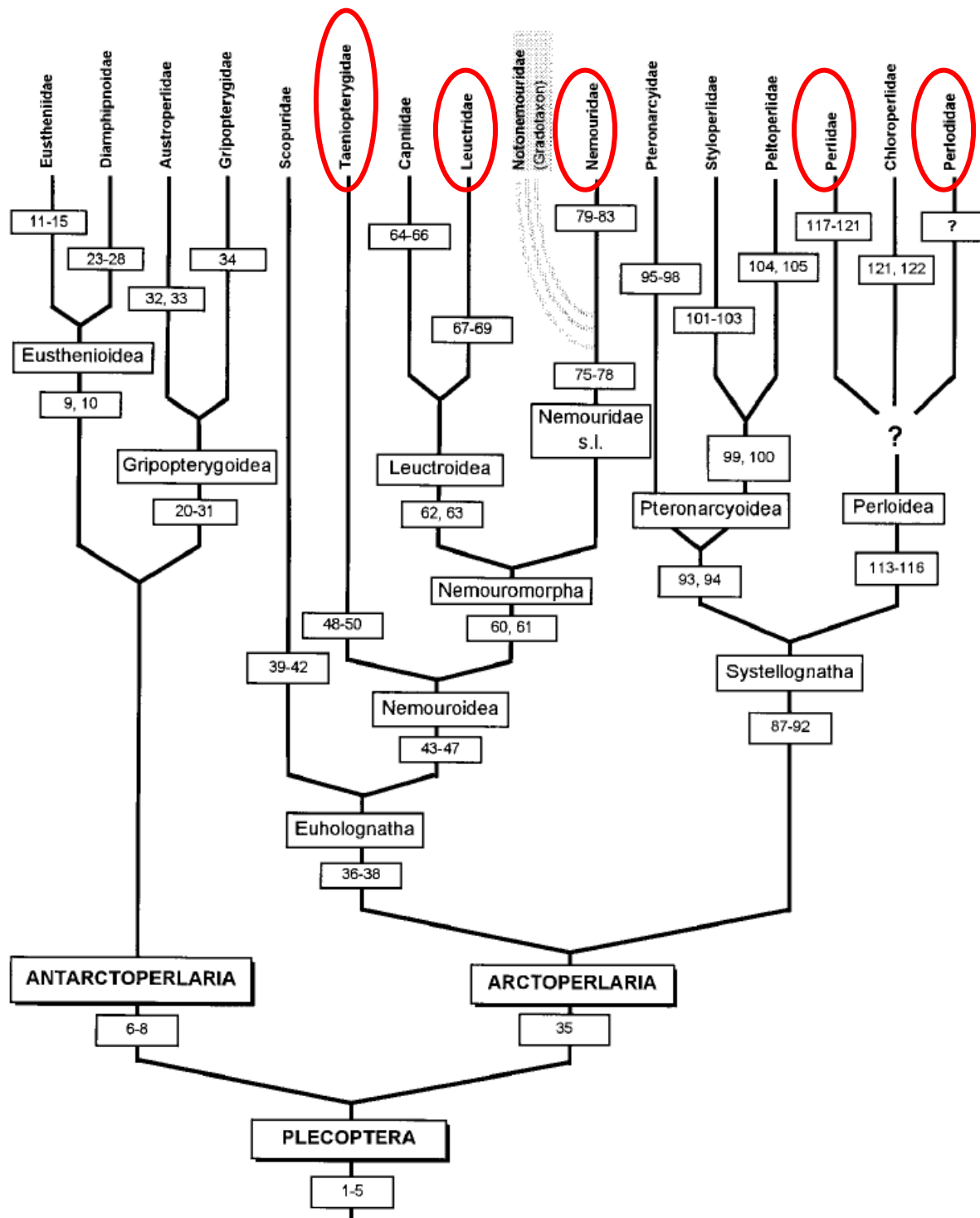


Abbildung 15: Kladogramm der rezenten Plecoptera (fossile Familien sind hier nicht aufgeführt). (Aus ZWICK 2000: 711). Die im Bernstein nachgewiesenen Familien sind hier rot umrandet.

Alle beschriebenen Steinfliegenarten des Baltischen Bernsteins gehören zu noch heute existierenden Familien und Gattungen, bis auf die fossile Gattung, *Palaeopsyle*, die für die Artbeschreibung von *Palaeopsyle weiterschani* neu eingerichtet wurde (CARUSO & WICHARD 2011).

UNTERORDNUNG ARCTOPERLARIA	
FAMILIE	ART
TAENIOPTERYGIDAE	<i>Taeniopteryx elongata</i> Hagen, 1856 <i>Taeniopteryx ciliata</i> Pictet, 1856
PERLIDAE	<i>Perla prisca</i> Pictet, 1856
PERLODIDAE	<i>Isoperla succinica</i> (Hagen, 1856) <i>Perlodes resinata</i> (Hagen, 1856)
LEUCTRIDAE	<i>Leuctra gracilis</i> Pictet, 1856 <i>Leuctra linearis</i> Hagen, 1856 <i>Leuctra fusca</i> Pictet, 1856 <i>Leuctra minuscula</i> Hagen, 1856 <i>Megaleuctra neavei</i> Ricker, 1935 <i>Zealeuctra cornuta</i> Caruso & Wichard, 2010 <i>Palaeopsole weiterschani</i> Caruso & Wichard, 2011
NEMOURIDAE	<i>Nemoura ocularis</i> Pictet, 1856 <i>Nemoura affinis</i> Berendt, 1856 <i>Nemoura lata</i> Hagen, 1856 <i>Nemoura puncticollis</i> Hagen, 1856 <i>Podmosta attenuata</i> Caruso & Wichard, 2010 <i>Lednia zilli</i> Caruso & Wichard, 2010

Tabelle 1: Steinfliegen des Baltischen Bernsteins mit den 4 Neubeschreibungen von CARUSO & WICHARD (2010, 2011)

### 2.3.3. Die Gattungen der im Bernstein nachgewiesenen Steinfliegenfamilie Nemouridae und Leuctridae und ihre Verbreitungsgeschichte

Das Verzeichnis der Plecoptera des Baltischen Bernsteins spiegelt fast das gesamte Spektrum der Familien wieder, die heute in der Paläarktis und in Europa vorkommen. Dieses vermittelt den Eindruck, dass die Lebensbedingungen, die im eozänen Lebensraum der Steinfliegen herrschten, vergleichbar mit den heutigen, holozänen Bedingungen in Europa sind. Alle im Bernstein nachgewiesenen Familien (Taeniopterygidae, Leuctridae, Nemouridae, Perlidae und Perlodidae) sind ausschließlich dem Unterstamm Arctoperlaria zuzuordnen und existieren noch heute. Lenkt man den Blick aber auf die Gattungen, dann werden die Vorstellungen von übereinstimmenden Faunenbildern im Baltischen Bernstein und im heutigen Europa wieder in Frage gestellt. Aus der Familie Nemouridae kommen neben der holarktisch verbreiteten Gattung *Nemoura* zwei weitere Gattungen vor, *Podmosta* und *Lednia*, die heute nearktisch verbreitet sind. Aus der Familie Leuctridae befinden sich im Baltischen Bernstein neben der hol-

arktischen Gattung *Leuctra* die, Gattungen *Megaleuctra* und *Zealeuctra*, die heute in Europa und der paläarktischen Region fehlen und ebenfalls ausschließlich in der Nearktis verbreitet sind. Nur eine der bisher nachgewiesenen Gattungen, *Palaeopsyle*, ist mittlerweile ausgestorben und wahrscheinlich nahe verwandt mit der heute in Südostasien verbreiteten *Rhopalopsyle* (CARUSO & WICHARD 2011). Zwei holarktisch verbreitete Gattungen und vier Gattungen aus nearktischen Regionen, sowie eine ausgestorbene Gattung treffen im eozänen Baltischen Bernstein aufeinander und lösen Diskussionen um die Verbreitungsgeschichte der Arctoperlaria und speziell der Nemouriden und Leuctriden aus.

### 2.3.3.1. Holarktisch verbreitete Steinfliegengattungen des Baltischen Bernsteins

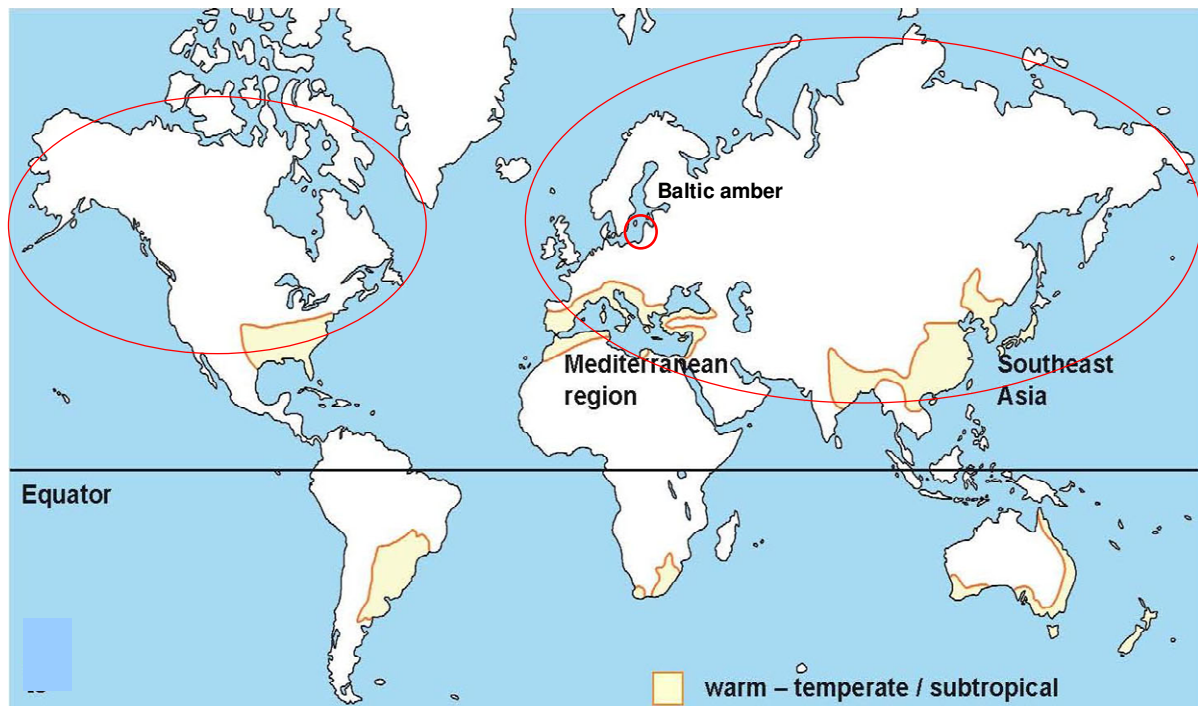


Abbildung 16: Verbreitung der holarktischen Steinfliegengattungen *Nemoura* und *Leuctra* im Baltischen Bernstein. (Quelle: WICHARD et al. 2009, modifiziert)

#### Die heutige Verbreitung von *Leuctra* (Leuctridae) und *Nemoura* (Nemouridae)

Die Gattungen *Leuctra* und *Nemoura* sind holarktisch verbreitet und kommen sowohl in Nordamerika, als auch in Europa vor (vgl. Abb. 16). Doch vor allem bei *Leuctra* sind die nordamerikanischen und die europäischen Arten sehr unterschiedlich (Zwick 1980). *Leuctra* kann als Teil einer alten Fauna der östlichen Nearktis betrachtet werden, die aus der westlichen Paläarktis hervorgeht, noch lange bevor der Atlantische Ozean Europa und Nordamerika völlig voneinander trennte, also vor ca. 90 Millionen Jahren, als Europa mit Grönland verbunden



war (HYNES 1988). Wahrscheinlich starben viele Gattungen während der ersten Kältewelle im Eozän/Oligozän und den pleistozänen Eiszeiten aus.

### 2.3.3.2. Nearktisch verbreiteten Steinfliegengattungen des Baltischen Bernsteins

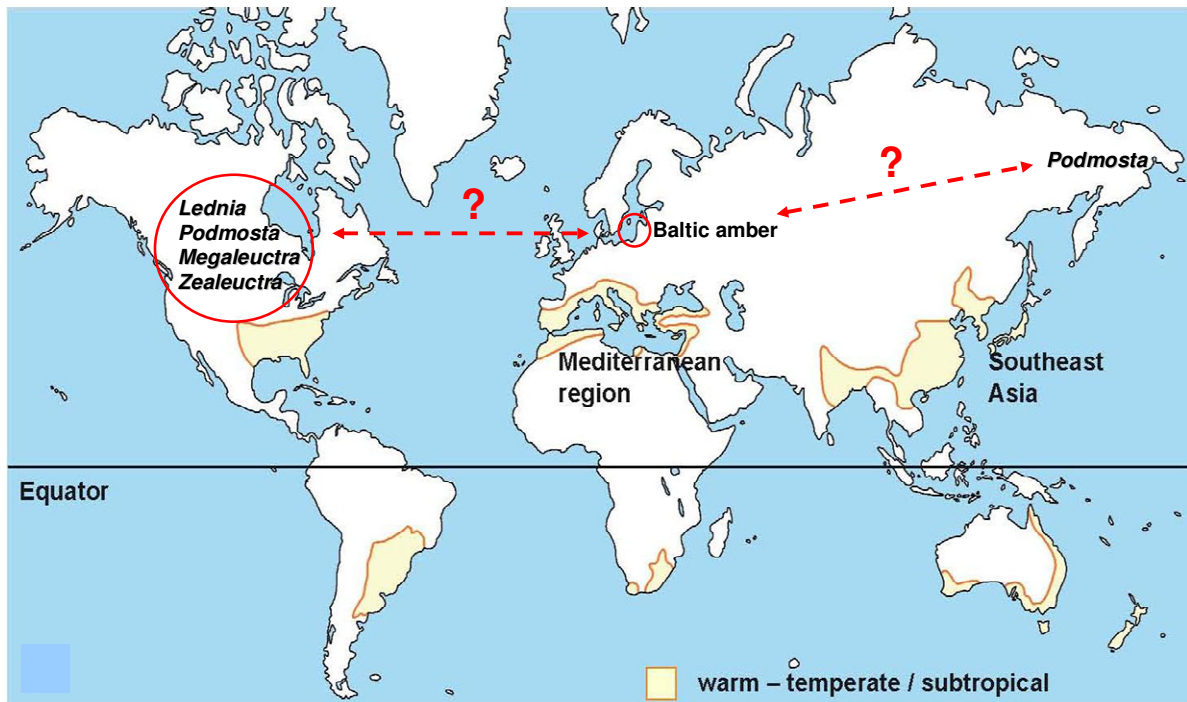


Abbildung 17: Verbreitung der nearktischen Steinfliegen des Baltischen Bernsteins (Quelle: WICHARD et al. 2009, modifiziert)

Die Verbreitungsgeschichte der nearktischen Steinfliegengattungen *Podmosta*, *Lednia*, *Megaleuctra* und *Zealeuctra* kann durch die Kontinentalkonfiguration und Klimaveränderung der späten Kreide bis zum Oligozän rekonstruiert werden.

Wie in Kapitel 2.2.3.2. beschrieben, war Nordamerika gegen Ende der späten Kreidezeit (75-65 Ma) geographisch durch die Rocky Mountains in zwei Teile geteilt. Der westliche Teil war über die Beringregion bzw. die Asien-Alaska-Landbrücke mit Eurasien verbunden (vgl. Abb. 9 C).

Im Laufe des Oligozäns (ca. 30 Ma) befanden sich die Rocky Mountains in Nordamerika durch stetige und langfristige Erosionsprozesse nur noch fast auf Meereshöhe, wodurch Nordamerika nun westlich und östlich miteinander verbunden wurde. Durch erneute Gebirgsbildungsprozesse während des späten Oligozäns bis zum Miozän, entstand eine neue Rocky Mountains Kette, so dass nun wieder eine natürliche Barriere zwischen der pazifischen Seite und dem Rest von Nordamerika bestand (COX & MOORE 2010).

In der Nearktis sind neben *Podmosta*, *Lednia*, *Megaleuctra* und *Zealeuctra* (vgl. Abb. 17) heute 102 Gattungen, in neun Familien und rund 650 Steinfliegenarten nachgewiesen. Von diesen kommen die Familien Capniidae, Leuctridae, Nemouridae, Taeniopterygidae, Chloroperlidae, Perlidae und Perlodidae mit den zehn Gattungen *Capnia*, *Leuctra*, *Amphinemura*, *Nemoura*, *Oemopteryx*, *Taeniopteryx*, *Agnatina*, *Isoperla*, *Arcynopteryx* und *Diura* auch in der Paläarktis vor. Bei der Gattungsverteilung gibt es eine klare Unterteilung in das westliche und östliche Nordamerika, wobei nur wenige Gattungen die geographischen Barrieren der zentral-amerikanischen Prärien und des Mississippi Valleys überwunden haben. Zwölf der westlichen Gattungen kommen auch im Fernen Osten Russlands oder Japan vor (FOCHETTI & TIERNO DE FIGUEROA 2008). Nach HYNES (1988) sind die nearktischen Steinfliegen verbreitungshistorisch in vier Gruppen aufgeteilt:

1. Die ursprüngliche Fauna, die bereits vor der entgeltigen Trennung von Europa im östlichen Nordamerika verbreitet war und von denen viele erst in Nordamerika evolviert sind.
2. Invasionen aus dem Westen Nordamerikas, die wahrscheinlich über einen längeren Zeitraum hinweg stattfanden, während des Entstehungsprozesses der nordamerikanischen Kordilleren.
3. Migration von einer Gattung aus Südamerika, nachdem der Isthmus von Panama sich geschlossen hatte.
4. Invasionen von mehreren Arten über die Beringstraße in den letzten tausend Jahren. Diese Arten hätten die pleistozänen Eiszeiten im geschützten Alaska überstehen können.

(Zusammengefasst aus FOCHETTI & TIERNO DE FIGUEROA 2008, nach HYNES 1988).

Bei den vier nearktischen Gattungen des Baltischen Bernsteins kann es also mehrere Verbreitungswellen gegeben haben: Einerseits können die Taxa während der späten Kreidezeit von Europa in den westlichen Teil Nordamerikas immigriert sein. Hierfür sprechen vor allem die Gattungen, die auch heute noch im westlichen Teil Nordamerikas vorkommen, wie beispielsweise *Podmosta*, *Zealeuctra* und *Megaleuctra*.

Andererseits kann ein Faunenaustausch im frühen Eozän, über die Beringstraße zwischen Asien und dem westlichen Teil Nordamerikas stattgefunden haben. In Nordamerika war allerdings der Westen durch den *Western Interior Seaway* (ein epikontinentales Flachmeer) von dem Osten getrennt. Erst später, gegen Mitte und Ende des Eozäns schloss sich diese Meeresbarriere, so dass die Faunen sich nun auch zwischen Ostamerika und Westamerika austauschen konnten, bevor sich die Rocky Mountains als eine weitere geographische Barriere bildeten (Abb. 18).

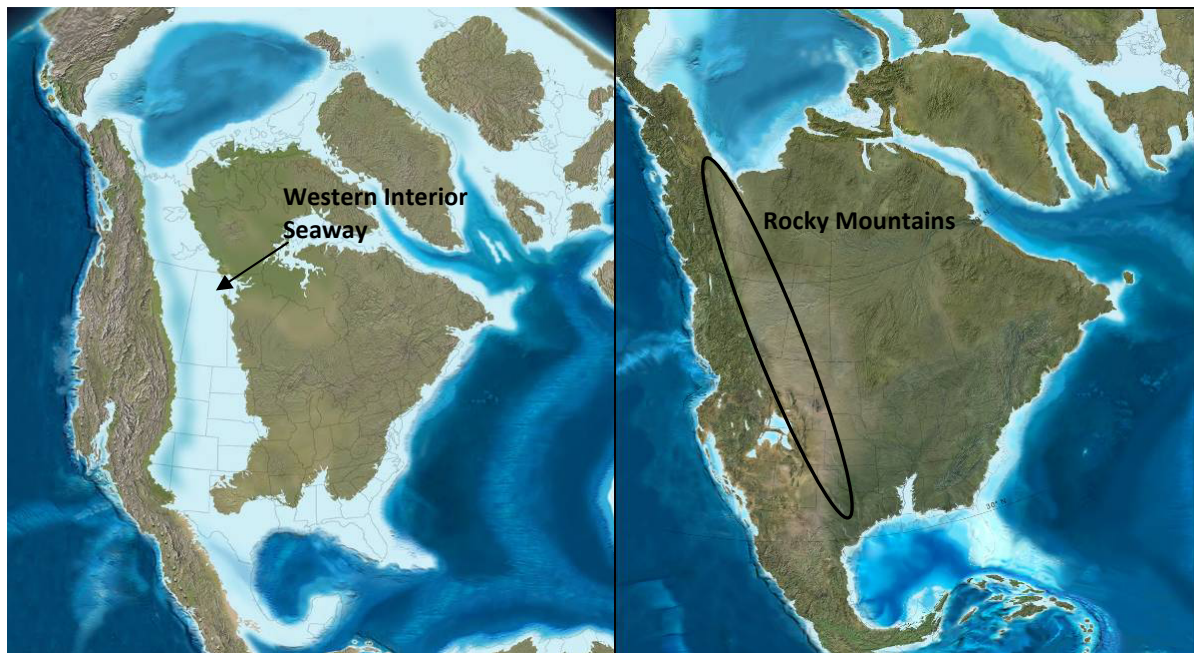


Abbildung 18: *Western Interior Seaway*. Links: Der östliche Teil Nordamerikas ist noch in der frühen Kreidezeit (ca 85 Ma) durch den *Western Interior Seaway* vom westlichen Teil getrennt; Rechts: Osten und Westen Nordamerikas sind ca. seit dem Paläozän (50 Ma) miteinander verbunden, waren aber geographisch die meiste Zeit durch die Rocky Mountains (bzw. dem *Western Interior Seaway*) voneinander getrennt. (BLAKEY 2013).

### Die Gattung *Podmosta* (Nemouridae)



Abbildung 19: *Podmosta attenuata* (CARUSO & WICHARD 2010)

rezente *Podmosta*-Arten, die vor allem in Nordamerika und Kanada vorkommen und in kalten, sauerstoffreichen Bergbächen und Flüssen auftreten.

Bisher sind vier rezente Arten der Gattung *Podmosta* in den Vereinigten Staaten und Kanada, eine aus dem Nordosten Asiens und eine ausgestorbene Art, aus dem Baltischen Bernstein bekannt. Hierbei ist anzumerken, dass Ricker (1952) sechs rezente *Podmosta*-Arten nennt, von denen zwei allerdings anhand weiblicher Holotypen aufgestellt wurden (*Podmosta rossi* und *P. weberi*). BAUMANN (1975) hingegen nennt fünf

<b>Gattung: <i>Podmosta</i> RICKER, 1952</b>	
Art:	Nachgewiesen in:
<i>Podmosta decepta</i> (Frison, 1942) Synonym <i>rossi</i> (Ricker, 1952)	Westen der U.S.A., Westen von Kanada
<i>Podmosta delicatula</i> (Claassen, 1923)	Westen der U.S.A., Westen von Kanada
<i>Podmosta macdunnoughi</i> (Ricker, 1952)	Osten der U.S.A., Maine, Osten von Kanada
<i>Podmosta obscura</i> (Frison, 1936)	Nordwesten der U.S.A.
<i>Podmosta weberi</i> (Ricker, 1952)	Nordosten, Kamchatka und nördliches Fern-östliches Russland  Nach Stewart & Ricker (1997) auch in Alaska, Yukon
<i>Podmosta attenuata</i> † Caruso & Wichard, 2010	Baltischer Bernstein

**Tabelle 2:** Liste der rezenten und im Baltischen Bernstein nachgewiesenen *Podmosta*-Arten



**Abbildung 20:** Heutige Verbreitung von *Podmosta* (Nemouridae), (Quelle: WICHARD et al. 2009, modifiziert)

Von den bisher fünf nachgewiesenen rezenten *Podmosta*-Arten kommen drei, *P. decepta*, *P. delicatua* und *P. weberi* im nordwest-Kanadischen Yukon Territorium vor (STEWART & RICKER 1997). Nach STEWART & RICKER (1997) kommt nicht nur die Gattung *Podmosta* in der Beringregion vor, sondern insgesamt 10% aller 71 nachgewiesenen Steinfliegenarten (in 8 Familien und 33 Gattungen) des Yukon. Auch ZWICK (1980, 22) weist bereits auf die besondere Beziehung zwischen Zentral- und Ostasien und Nordamerika hin, die auf Gattungsniveau und sogar gelegentlich auch auf Artniveau (z.B. *Triznaka diversa*, Kalifornien bis Alaska und Kamtschatka) ins Auge fällt. Der Austausch zwischen nearktischen und paläarktischen Steinfliegen über die Beringstraße bzw. Asien-Alaska-Landbrücke, hat die gesamte Steinfliegenfauna beeinflusst und spiegelt sich vor allem in der Fauna der Beringregion wieder.

Beachtlich ist, dass alle im Bernstein nachgewiesenen Steinfliegengattungen, auch die nearktischen, dem Unterstamm Arctoperlaria angehören.

Der älteste Steinfliegennachweis stammt aus dem Perm (258-263 Ma) (SINITSHENKOVA 1997). Sowohl Arctoperlaria als auch Antarctoperlaria sind monophyletisch. Nach ILLIES (1960, 1965) und ZWICK (1990, 2000) haben sich die beiden Unterstämme getrennt voneinander entwickelt, als Pangea auseinander brach und sich Gondwanaland gegen Ende des Trias von Laurasien trennte. Dass Antarctoperlaria weder in Südafrika noch in Indien vorkommen, kann sich durch ein später stattfindendes Aussterben erklären, als sich nämlich Australien von der Antarktis trennte und nordwärts wanderte, was zur Folge hatte, dass diese Regionen wärmer und trockener wurden (ZWICK 2000, FOCHETTI & TIerno DE FIGUEROA 2008).

Mit Ausnahme der Notonemouridae, die ausschließlich in der südlichen Hemisphäre vertreten sind, zeigen Arctoperlaria eine holarktische Verbreitung, wobei manche Gattungen und sogar Arten in Nordamerika und Ostasien vorkommen. Die europäische Steinfliegenfauna teilt hingegen nur wenige Gattungen mit Asien und noch weniger mit Nordamerika. Dieses könnte auf Ereignisse im Pleistozän zurückgehen, wie beispielsweise die temporäre Trennung von Europa und Asien durch die Turgai Senke, das Aussterben europäischer Taxa wie die Familien Pteronarcyidae und Peltoperlidae sowie ein Faunenaustausch zwischen Asien und Nordamerika über die Beringstraße. Dass Arctoperlaria, wie Notonemouridae oder auch Perlidae in afrotropischen Regionen der südlichen Hemisphäre vorkommen, könnte durch eine Verbreitungsrichtung von der nördlichen zur südlichen Hemisphäre im Tertiär erklärt werden (ZWICK 1980, 1990). Hier gibt es allerdings auch die Hypothese, dass die Antarctoperlaria zwar auch in der nördlichen Hemisphäre verbreitet waren, dort aber ausstarben (vgl. SINITSHENKOVA 2005). Laut SINITSHENKOVA (2005) könnte die Tatsache, dass die modernen Steinfliegenfamilien dieser bis ins Perm zurück gehenden Insektenordnung nicht wirklich alt sind, ein Indiz für

das Aussterben der *Antarctoperlaria* in der nördlichen Hemisphäre sein. Die älteste *Nemouridae* ist beispielsweise mit einer ausgestorbenen Gattung, *Dimoula*, aus der transbaikalen *Gluschkovo Formation* (Zentralsibirien, Russland) der frühen Kreidezeit bekannt.

Dass die nachgewiesenen Steinfliegen des Baltischen Bernsteins ausnahmslos den *Arctoperlaria* angehören und diese heute ausschließlich in der nördlichen Hemisphäre vertreten sind, weist darauf hin, dass sich die nearktischen Gattungen des Baltischen Bernsteins nicht bereits in Pangea verbreitet haben und so ihren Weg nach Nordamerika gefunden haben, sondern dass der Verbreitungsprozess erst viel später stattgefunden haben musste. Hierfür gibt es mehrere Indizien:

- Erst nachdem Pangea auseinanderbrach bildeten sich die Unterstämme *Arctoperlaria* in der nördlichen und *Antarctoperlaria* in der südlichen Hemisphäre.
- Alle Steinfliegenarten, die im Yukon Territorium (Nordwesten Kanada) vorkommen, haben einen Asiatisch-Amerikanischen Ursprung (STEWART & RICKER 1997).
- Die Affinität von Arten aus Europa, Asien und Nordamerika ist höher als zur südlichen Hemisphäre.
- Auch zahlreiche makrofossile Vertebratenfunde aus der Kreidezeit weisen auf, dass eine hohe Affinität vom westlichen Teil Nordamerikas zu zentralasiatischen Taxa besteht, so dass die Faunen der beiden Regionen fast identisch sind (vgl. z.B. RUSSELL 1993).

Diese Indizien sprechen dafür, dass die nearktische Gattung *Podmosta* den Weg von Eurasien nach Nordamerika über die Beringstraße genommen hat. Dass *Podmosta* in Südostasien, Nordamerika und im Baltischen Bernstein nachgewiesen ist, verstärkt diese These.

Es bleibt allerdings die Frage des Verbreitungszeitpunkts: Wann hat der Faunenaustausch zwischen Asien und Nordamerika stattgefunden? Hier teilen sich die wissenschaftlichen Meinungen, denn im Verlauf der Kontinentalverschiebung der letzten 100 Mio. Jahre gab es zwei Zeiträume, in denen die Bering-Landbrücke bestand: die Kreidezeit und das Pleistozän.

Während beispielsweise STEWART & RICKER (1997) einen prä-Pleistozänen Ursprung (ca. 1 Ma) von Plecoptera im Yukon für hoch spekulativ halten, gibt es andere Thesen, die für eine frühere, kreidezeitliche Verbreitung der Plecoptera in Nordamerika sprechen (z.B. ILLIES 1960, 1965, HYNES 1988).

**Die Gattung *Megaleuctra***

<b>Gattung: <i>Megaleuctra</i> Neave, 1935 (Leuctridae)</b>	
Art:	Nachgewiesen in:
<i>Megaleuctra complicata</i> Claassen, 1937	Nordamerika, Nordwesten U.S.A., Oregon, Benton County, Corvalis (Illies 1967, Zwick 1973, Stewart & Sandberg 2004, Baumann & Stark 2013)
<i>Megaleuctra flinti</i> Baumann, 1973	Nordamerika, Südosten U.S.A., Virginia, Madison County, Shenandoah N.P.; Hogcamp Brook (Baumann 1973, Baumann & Stark 2013)
<i>Megaleuctra kincaidi</i> Frison, 1942	Nordamerika, Nordwesten U.S.A., Washington, Pierce County, Fryingpan Creek, Mount Rainier National Park (Frison 1942, Illies 1967, Zwick 1973, Baumann & Stark 2013)
<i>Megaleuctra saebat</i> Ham & Bae, 2002	Korea (Ham & Bae 2002, Zwick 2010, Baumann & Stark 2013)
<i>Megaleuctra stigmata</i> (Banks, 1900) Synonym: <i>Megaleuctra sierra</i> Fields, 1977	Nordamerika, Westliches Kanada, Manitoba, Winnipeg (Banks 1900, Illies 1967, Zwick 1973, Baumann & Stark 2010, 2013)
<i>Megaleuctra williamsae</i> Hanson, 1941	Nordamerika, Südost U.S.A. Tennessee, Sevier County, Greenbriar Cove, Great Smoky Mountains (Hanson 1941, Illies 1967, Baumann & Stark 2013)
<i>Megaleuctra jewetti</i> <sup>†</sup> Lewis, 1969	Latah Formation (Miozän) östliches Washington und nördliches Idaho (Lewis 1969)
<i>Megaleuctra neavei</i> <sup>†</sup> Ricker, 1935	Baltischer Bernstein

**Tabelle 3: Rezente und im Baltischen Bernstein nachgewiesene *Megaleuctra*-Arten**

Bisher sind insgesamt sechs rezente und zwei fossile *Megaleuctra* Arten nachgewiesen worden. Drei Arten, *Megaleuctra stigmata* (BANKS 1900), bzw. *M. sierra* (FIELDS, 1977), *M. complicata* (CLAASSEN, 1937) und *M. kincaidi* (FRISON, 1942) sind in der westlichen Nearktis, entlang der Rocky Mountains, vertreten und zwei weitere Arten, *M. williamsae* (HANSON, 1941) und *M. flinti* (BAUMANN, 1973) wurden im Westen Nordamerikas, entlang der Appala-

chen nachgewiesen. Neben diesen rezenten Arten wurde eine fossile, miozäne Art, *M. jewetti* (LEWIS, 1969) von der Latah Formation im Westen Washingtons und nördlichen Idaho beschrieben. Den ersten paläarktischen Nachweis lieferte die fossile Art, *M. neavei* (RICKER, 1935) aus dem Baltischen Bernstein. Den ersten Nachweis einer rezenten Art der Gattung *Megaleuctra* aus der östlichen Paläarktis wurde von HAM & BAE (2002) mit der koreanischen Art *Megaleuctra saebat* erbracht.

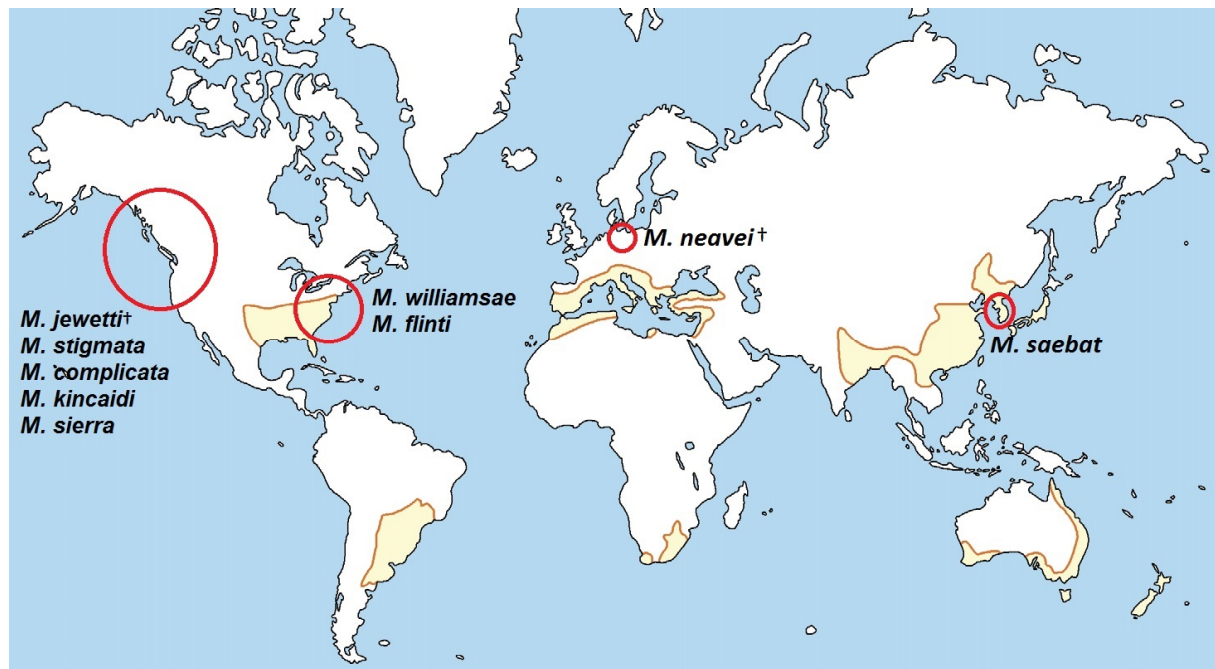


Abbildung 21: Verbreitung von *Megaleuctra* (Leuctridae). Rezent und fossil. Weltkarte aus WICHARD et al. (2009). Angelehnt an HAM & BAE (2002).

### Verbreitungsgeschichte von *Megaleuctra*

Trotz langzeitlicher taxonomischer Studien der Plecoptera in Japan (KAWAI, 1985) und Russland (ZHILTZOVA & ZAPEKINA-DULKEIT, 1986) wurde der erste paläarktische Nachweis der Gattung *Megaleuctra* erst 2002 von HAM und BAE durch *M. saebat* in Korea erbracht. Äußerliche morphologische Untersuchungen haben ergeben, dass *M. saebat* eine hohe Affinität zu der *M. stigmata*-Gruppe, die in der westlichen Nearktis auftritt, aufweist. Dieses könnte nach HAM & BAE (2002) auf eine mögliche Verbindung von *M. saebat* und der *M. stigmata*-Gruppe über die Beringstraße in den Eiszeiten des Känozoikums, also in den letzten 66 Mio. Jahren, hindeuten. Weiterhin argumentieren die Autoren, dass *Megaleuctra saebat* wahrscheinlich in den Eiszeiten des Känozoikums in Europa ausgestorben ist, während die Art in Nordamerika in den nord-süd orientierten Gebirgsregionen erhalten blieb, denn die Gebirgsketten hätten als Refugium dienen können. (HAM & BAE 2002, COX & MOORE 2010).



Nach HAM & BAE (2002) könnten die Vorfahren der Gattung *Megaleuctra* sich mindestens bis zum unteren Oligozän (36-24 Ma) über die Holarktis verbreitet haben. Die heutige Verteilung von *M. saebat* und der nah verwandten *stigmata*-Gruppe auf das westliche Nordamerika und Nordost Asien könnte an Adaptationsprozessen von Habitat und Verhalten liegen (HAM & BAE 2002). Diese getrennte Verbreitung in unterschiedliche holarktische Kontinente ist auch von der Steinfliegen-Familie Pteronarcyidae (Plecoptera) (NELSON 1988), sowie von anderen aquatischen Insektengruppen bekannt, wie den Potamanthidae (Ephemeroptera) (BAE & MCCAFFERTY, 1991) und Neophemeridae (Ephemeroptera) (BAE & MCCAFFERTY, 1998).

**Die Gattung *Lednia* (Nemouridae)**



**Abbildung 22: *Lednia zilli* (CARUSO & WICHARD 2010)**

Die Gattung *Lednia* Ricker, 1952 ist mit 4 rezenten Arten endemisch in der Nearktis bzw. im westlichen Teil Nordamerikas nachgewiesen. In der Paläarktis ist diese extrem seltene Gattung nur mit einer einzigen fossilen Art aus dem Baltischen Bernstein vertreten (CARUSO & WICHARD 2010). *Lednia* (Russischen „led“ =Eis) kommt heute ausschließlich in kalten Gewässern von überwiegend alpinen und glazialen Naturschutzgebieten im westlichen Nordamerika vor.

<b>Gattung: <i>Lednia</i> Ricker 1952 (Nemouridae)</b>	
Art	Nachgewiesen in:
<i>Lednia tumana</i> (Ricker, 1952)	Nordamerika, Nordwesten U.S.A., Montana, Glacier National Park, (Ricker 1952, Illies 1967, Zwick 1973, Baumann & Stewart 1980, Kondratieff & Lechleitner 2002)
<i>Lednia borealis</i> Baumann & Kondratieff, 2010	Nordamerika, Nordwesten U.S.A., Washington, Whatcom County, North Cascades National Park, Redoubt Lake (Baumann & Kondratieff 2010)
<i>Lednia sierra</i> Baumann & Kondratieff, 2010	Nordamerika, Südwesten U.S.A., Californien, Inyo County, South Fork Big Pine Creek (Baumann & Kondratieff 2010)

<i>Lednia tetonica</i> Baumann & Call, 2012	Nordamerika, Nordwesten U.S.A., Wyoming, Teton County, South Fork, Darby Creek, Wind Cave (südöstlich von Driggs, Idaho)
<i>Lednia zilli</i> † Caruso & Wichard 2010	Baltischer Bernstein

**Tabelle 4: Verbreitung der rezenten und im Baltischen Bernstein nachgewiesenen *Lednia*-Arten**



**Abbildung 23: Heutige Verbreitung der Gattung *Lednia* (Nemouridae) im westlichen Teil von Nordamerika (Quelle: WICHARD et al. 2009, modifiziert)**

Ricker (1964) vermutete, dass als sich die pleistozänen Eistränder nordwärts zurückzogen, die Steinfliegenfauna in die östlichen und westlichen Kordillern Nordamerikas aufgeteilt wurde. Von anderen Steinfliegengattungen, die im westlichen Teil Nordamerikas vorkommen, wie *Podmosta* oder *Megaleuctra*, aber auch anderen, wie z.B. *Perlomya*, *Chloroperla*, *Skwala* oder *Capnia* wissen wir, dass sie eine hohe Ähnlichkeit zu den asiatischen Arten aufweisen, was auf eine Verbreitung über die Beringstraße hindeutet. Allerdings gibt es in Nordamerika 26 endemische Plecoptera-Gattungen, wie auch *Lednia*, so dass vermutet werden kann, dass sie entweder lange Zeit hatten, um sich zu evolvieren oder in Asien ausgestorben sind. Dieses wiederum liefert den Hinweis, dass die Migration von Asien nach Amerika vor einer langen Zeit stattfand und durch mehrfache Migrationswellen ausgezeichnet war (HYNES 1988). Dass *Lednia* im Baltischen Bernstein, und somit erstmals in Europa nachgewiesen ist, lässt den

Rückschluss zu, dass *Lednia* vor dem Eozän in Europa, aber auch in Asien und Nordamerika verbreitet war, aber überall außer in der westlichen Nearktis ausgestorben ist.

Über die Fragestellung wann und wie genau die ursprüngliche Verbreitung der jetzt endemischen *Lednia* stattgefunden hat, kann allerdings nur spekuliert werden.

Alaska und der fernöstliche Teil Asiens waren über einen langen Zeitraum hinweg miteinander verbunden und gebirgsbildende, plattentektonische Prozesse in Nordamerika, die gerade für die alpine *Lednia* passende Habitate hätten bieten können, fanden vor ca. 70 Mio. Jahren statt (vgl. z.B. COX & MOORE 2010). Wenn wir dieses Wissen mit der Möglichkeit einer mehrfach unterbrochenen Route über den Nordpazifik kombinieren, dann könnte daraus geschlossen werden, dass manche der westlich verbreiteten und sogar auch manche der pan- und amphi-Nordamerikanischen Gattungen asiatische Vorfahren hatten (vgl. HYNES 1988).

Dass die rezente *Lednia* mit so wenigen Arten montan, endemisch vertreten ist, kann nicht zuletzt daran liegen, dass sie als extrem kaltstenotherme Gattung, die im Larvalstadium ihren Sauerstoffbedarf ausschließlich über die Hautoberfläche deckt und keine zusätzlichen Tracheenkiemen besitzt, einen niedrigen Toleranzbereich gegenüber anderen Lebensräumen hat und in ihren bisher nachgewiesenen Lebensräumen geographisch isoliert ist. Demzufolge ist *Lednia* durch eine globale Erwärmung vom Aussterben bedroht und steht mittlerweile auf der roten Liste gefährdeter Tierarten.

### Die Gattung *Zealeuctra* (Plecoptera: Leuctridae)



**Abbildung 24:** *Zealeuctra cornuta* (Caruso & Wichard 2010)

*Zealeuctra* (Plecoptera: Leuctridae) ist mit elf rezenten Arten endemisch in der zentral und östlichen Nearktis vertreten. In ihren ökologischen Anforderungen wird diese Gattung meist mit temporären Hochlandbächen assoziiert (STEWART & STARK 2002) *Zealeuctra fraxina* und *Zealeuctra claasseni* sind die einzigen Arten, die weiträumiger verbreitet sind (Nord-Zentral bis Südost U.S.A.). Die anderen

Gattungen sind entweder im Texas Hill Country (Zentraltexas) oder in vereinzelt Regionen des Zentralplateaus Nordamerikas vertreten. In der Paläarktis ist *Zealeuctra* nur mit einer fossilen Art des Baltischen Bernsteins nachgewiesen (CARUSO & WICHARD, 2010).

<b>Gattung: <i>Zealeuctra</i> Ricker, 1969 (Leuctridae)</b>	
<b>Art</b>	<b>Nachgewiesen in:</b>
<i>Zealeuctra arnoldi</i> Ricker & Ross, 1969	Nordamerika, Süd-Zentral U.S.A., Texas, Comal County, Sorrel Cr. (Ricker & Ross 1969, Zwick 1973, Grubbs et al. 2013)
<i>Zealeuctra cherokee</i> Stark & Stewart, 1973	Nordamerika, North-Zentral U.S.A., Oklahoma, Sequoyah County (Stark & Stewart 1973, Grubbs et al. 2013)
<i>Zealeuctra claasseni</i> (Frison, 1929)	Nordamerika, Nord-Zentral U.S.A., Illinois, Bushy Fork, (Ricker 1952, Illies 1966, Zwick 1973, Grubbs et al. 2013)
<i>Zealeuctra fraxina</i> Ricker & Ross, 1969	Nordamerika, Südost U.S.A., Kentucky, (Ricker 1952, Illies 1966, Zwick 1973, Grubbs et al. 2013)
<i>Zealeuctra hitei</i> Ricker & Ross, 1969	Nordamerika, Süd-Zentral U.S.A., Texas, Blanco County (Ricker & Ross 1969, Zwick 1973, Snellen & Stewart 1979, Grubbs et al. 2013)
<i>Zealeuctra narfi</i> Ricker & Ross, 1969	Nordamerika, Nord Zentral U.S.A., Wisconsin, Sauk County, (Ricker & Ross 1969, Zwick 1973, Grubbs et al. 2013)
<i>Zealeuctra stewarti</i> Kondratieff & Zuellich, 2004	Nordamerika, Texas (Kondratieff & Zuellich 2004, Grubbs et al. 2013)
<i>Zealeuctra talladega</i> Grubbs, 2005	Nordamerika, Alabama (Appalachen) (Grubbs 2005, Grubbs et al. 2013)
<i>Zealeuctra wachita</i> Ricker & Ross, 1969	Nordamerika, Südost U.S.A., Arkansas, Polk County, (Ricker & Ross 1969, Zwick 1973, Grubbs et al. 2013)
<i>Zealeuctra warreni</i> Ricker & Ross, 1969	Nordamerika, Südost U.S.A., Arkansas, Sharp County, Ricker & Ross 1969, Zwick 1973, Grubbs et al. 2013)
<i>Zealeuctra ukayodi</i> Grubbs, 2013	Nordamerika, Südost U.S.A., Alabama, Jackson County, (Grubbs et al. 2013)
<i>Zealeuctra cornuta</i> † Caruso & Wichard, 2010	Baltischer Bernstein

**Tabelle 5: Verbreitung der rezenten und im Baltischen Bernstein vorkommenden *Zealeuctra*-Arten**



**Abbildung 25: Heutige Verbreitung der Gattung *Zealeuctra* in südöstlichen Teil Nordamerikas (Quelle: WICHARD et al. 2009, modifiziert)**

Dass *Zealeuctra* endemisch im Südosten Nordamerikas vorkommt (vgl. Abb. 25) kann bedeuten, dass sie, ähnlich wie *Leuctra*, in der späten Kreidezeit über die Bering-Landbrücke von Asien nach Amerika immigrierte, wo sie viel Zeit zur Verfügung hatte, um sich vom Westen Nordamerikas in den Südosten zu verbreiten, aber dann sowohl in Asien als auch in Europa und der restlichen Nearktis ausstarb.

Während des Pleistozäns gab es noch keine natürlichen Barrieren wie heute die *Blackland* Prärie, ein texanisches *Grassland*, das vom nördlichen Texas zum südlichen San Antonio nahe der mexikanischen Grenze verläuft und eine geographische Barriere für die Verbreitung von *Zealeuctra* darstellt. *Zealeuctra* hätte wahrscheinlich von Vorfahren evolvieren können, die in der Lage waren während des Pleistozäns vom westlichen in den östlichen Teil Nordamerikas zu wandern.

In jedem Fall ist *Zealeuctra*, wie auch die anderen endemischen Steinfliegen der Nearktis, ein Relikt aus einer vor dem Eozän weit verbreiteten Fauna, die im Laufe der Klimaveränderung gegen Ende des Eozäns und wahrscheinlich auch in den pleistozänen Eiszeiten fast überall ausstarben, wie es auch bei zahlreichen anderen Taxa der Fall war.

### 2.3.3.3. Subtropische Reliktarten

#### Die Gattung *Palaeopssole* † (Leuctridae)



Abbildung 26: *Palaeopssole weiterschani* (CARUSO & WICHARD, 2010), Zeichnung von Claus Lüer

*Palaeopssole* (Plecoptera: Leuctridae) ist eine mittlerweile ausgestorbene Gattung und mit einer einzigen Art aus dem Baltischen Bernstein, *Palaeopssole weiterschani*, nachgewiesen, für die die Gattung *Palaeopssole* eingerichtet wurde (CARUSO & WICHARD 2011). *Palaeopssole* wird allerdings als nahe Verwandte der rezenten Gattung *Rhopalopssole* angesehen, da die beiden Gattungen sich in Bezug auf einige taxonomische Merkmale sehr ähnlich sind (vgl. CARUSO & WICHARD 2011).

*Palaeopssole* ist ein gutes Indiz für die Möglichkeit, dass die Gattungen der Familien Nemouridae und Leuctridae im Baltischen Bernstein bereits in der Kreidezeit existiert haben könnten, auch wenn kreidezeitliche Nachweise bisher fehlen. Die Arten waren an ein warm-temperiertes, subtropisches Klima angepasst, das vom mittleren Jura bis zum Ende des Eozäns fast in der gesamten nördlichen Hemisphäre herrschte. Aus dem Baltischen Bernstein gibt es viele nachgewiesene Gattungen und Arten, deren rezente Verwandte heute in Südostasien und in orientalischen Regionen verbreitet sind. Als das globale Klima sich während des Eozäns änderte, fielen die Temperaturen bis zum Ende des Eozäns ab, während in Südostasien und in manchen orientalischen Regionen das warm-temperierte Klima bis heute erhalten blieb. So hätten die Verwandten der frühen *Palaeopssole* in den subtropischen Regionen Südostasiens überleben können. Die nächsten Nachfahren der Gattung sind wahrscheinlich Vertreter der Gattung *Rhopalopssole*.

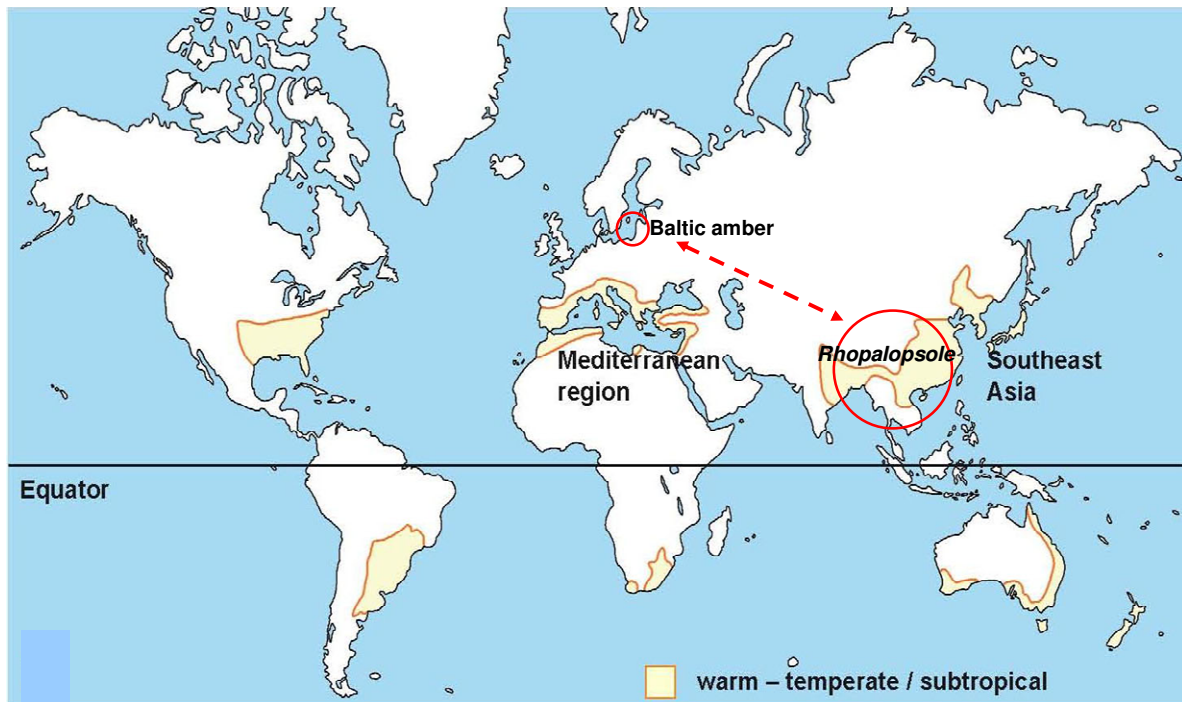


Abbildung 27: Verbreitung der subtropisch-asiatischen Gattung *Palaeopsole* (Leuctridae) im Baltischen Bernstein und ihrer wahrscheinlich nächsten Verwandten *Rhopalopsole* (Quelle: WICHARD et al. 2009, modifiziert)

### 2.4. Diskussion der Ergebnisse (Teil I)

Mit einer allgemeinen Verbreitung der Steinfliegen-Familien Leuctridae und Nemouridae in der nördlichen Hemisphäre konzentrieren sich die rezenten Vertreter der Gattungen, die fossil im Baltischen Bernstein nachgewiesen sind, auf vier Regionen:

- subtropisches Asien (*Rhopalopsole* als nächste Verwandte von *Palaeopsole*)
- Bering-Region mit Ausbreitung in die Nearktis (*Podmosta*)
- Nearktische Verbreitung (*Lednia*, *Megaleuctra*, *Zealeuctra*)
- Holarktische Verbreitung (*Leuctra*, *Nemoura*)

Die oligozän-eozäne Klimaveränderung hatte verheerende Auswirkungen auf die Fauna des eozänen „Bernsteinwaldes“. Durch die sinkende Temperatur und die Änderung der klimatischen Bedingungen ging der subtropische „Bernsteinwald“ langsam zu Grunde. Diese veränderten Konditionen hatten mehrerlei Auswirkungsmöglichkeiten auf die eozäne Steinfliegenfauna:

### 1. Organismen starben aus:

Fast keine der im Baltischen Bernstein nachgewiesenen Familien und Gattungen der Steinfliegen sind ausgestorben, sondern existieren heute noch. Nur die an subtropisches und paratropisches Klima angepasste *Palaeopsyle* starb offensichtlich während der eozänen Klimaveränderung oder zu einem späteren Zeitpunkt aus. Wenn die wahrscheinlich nahe Verwandtschaft zu der rezenten *Rhopalopsyle* einbezogen würde, die mit über 60 beschriebenen Arten in subtropischen, orientalischen Regionen nachgewiesen sind, könnte *Palaeopsyle* auch als subtropische Reliktart gelten.

### 2. Organismen adaptierten sich (vom subtropischen zum gemäßigten Klima):

Die ursprünglich (sub)tropischen Gattungen sind heute überwiegend holarktisch nachgewiesen und haben sich entweder großflächig in der Paläarktis und Nearktis verbreitet, wie *Nemoura* und *Leuctra*, oder sind heute reliktiert in der Nearktis verbreitet, wie *Lednia*, *Megaleuctra*, *Podmosta* und *Zealeuctra*, von denen zwei (*Lednia* und *Zealeuctra*) nordamerikanische Endemiten sind. Fast alle im Bernstein nachgewiesenen Gattungen (außer *Palaeopsyle*) haben also die Klimaveränderung des späten Eozäns überlebt und sich dem gemäßigten Klima der nördlichen Hemisphäre angepasst.

Bei der Rekonstruktion der möglichen Paläobiogeographie der Plecoptera können folgende Thesen abgeleitet werden:

#### 1. Der eozäne „Bernsteinwald“ des europäischen Archipelagos ist nicht der Entstehungsort der im Baltischen Bernstein nachgewiesenen Gattungen:

Zwar sind die im Baltischen Bernstein nachgewiesenen Gattungen der Leuctridae (*Leuctra*, *Megaleuctra*, *Zealeuctra*) und Nemouridae (*Nemoura*, *Lednia*, *Podmosta*) mit Ausnahme der ausgestorbenen Gattung *Palaeopsyle*, die ältesten Vertreter der rezenten Gattungen, doch ist es sehr unwahrscheinlich dass das eozäne Europa der Entstehungsort bzw. der Entstehungszeitpunkt dieser Gattungen ist. Es ist viel wahrscheinlicher, dass diese Gattungen lange vor dem Eozän über die nördliche Hemisphäre verbreitet waren.

Zwar sind die ältesten fossilen Plecoptera bereits aus dem Perm bekannt, und die ältesten fossilen Leuctridae und Nemouridae sind aus der unteren Kreidezeit nachgewiesen (SINITSHENKOVA 1997, 2004), doch ist es ebenso unwahrscheinlich, dass die im Bernstein nachgewiesenen Gattungen und Familien bereits zu Zeiten von Pangea vertreten waren und so ihren Weg in die Nearktis fanden.

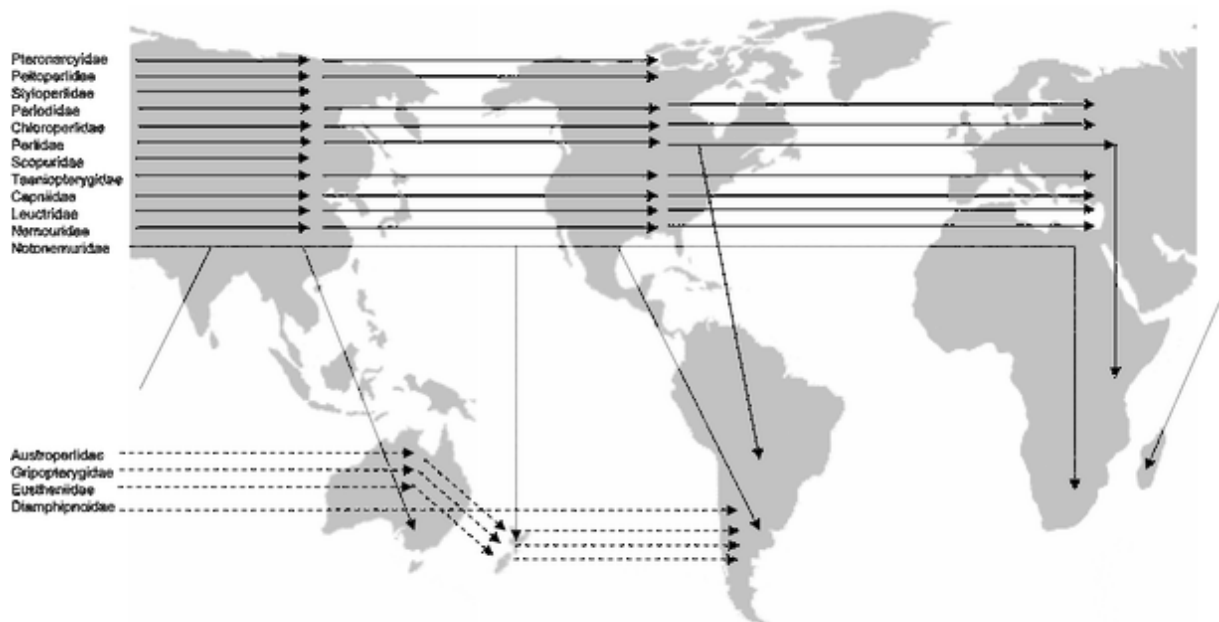


Mehrere Phänomene sprechen gegen eine Verbreitung, die bereits erfolgte, als Pangea noch existierte:

1. Die im Baltischen Bernstein nachgewiesenen Steinfliegen stammen ausschließlich aus der Unterordnung Arctoperlaria.
2. Alle im Baltischen Bernstein nachgewiesenen Familien sind heute in der nördlichen Hemisphäre verbreitet.
3. Die eozänen Steinfliegen sind nah mit ihren heutigen Vertretern verwandt: Es sind noch keine ausgestorbenen Familien und nur eine ausgestorbene Gattung nachgewiesen worden.

Es ist folglich viel wahrscheinlicher, dass sich die heutigen Gattungen später, nachdem Laurasien und Gondwanaland auseinanderbrachen, verbreitet haben. Erst nach der Teilung von Pangea entwickelten sich die Unterordnungen der Plecoptera, die Arctoperlaria in der nördlichen Hemisphäre und die Antarctoperlaria in der südlichen (ZWICK 1980). Dass manche Familien und Gattungen der Arctoperlaria auch in der südlichen Hemisphäre vorkommen, lässt sich durch eine spätere Einwanderungswelle erklären. So konnten sich einige nearktische Arctoperlaria nach Südamerika verbreiten, nachdem sich der Isthmus von Panama geschlossen hatte (vgl. Abb. 28, ZWICK 1990).

Die Gattungen des Baltischen Bernsteins stammen wahrscheinlich vielmehr aus der Kreidezeit und waren in der (sub)tropischen, nördlichen Hemisphäre weit verbreitet.



**Abbildung 28: Globale Verteilung der Plecoptera Familien; Arctoperlaria = durchgezogene Linie; Antarctoperlaria = gestrichelte Linie (Aus FOCHETTI & TIerno DE FIGUEROA 2008, modifiziert nach ZWICK 1990)**

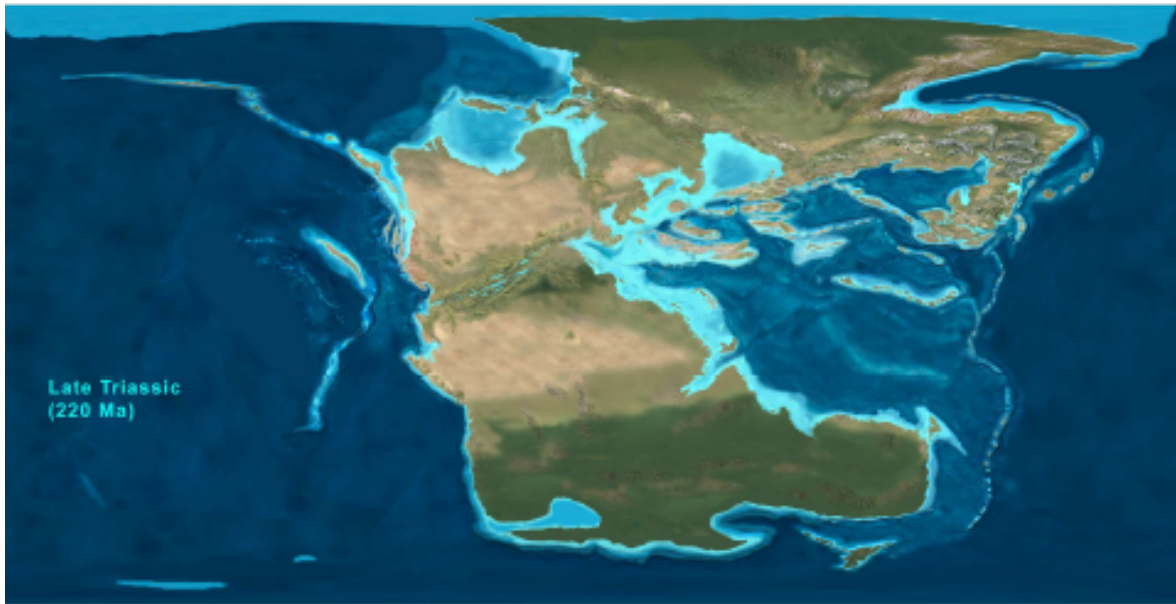


Abbildung 29: Die Kontinentalkonstellation (Pangea) vor ca. 220 Millionen Jahren. Nach BLAKEY (2013).

2. Die Ausbreitung der Gattungen erfolgte wahrscheinlich erstmals in der Kreidezeit, über die Asien-Alaska Landbrücke (Bering-Landbrücke).

Die Verbreitung der Steinfliegen-Gattungen über die nördliche Hemisphäre fand wahrscheinlich weder einheitlich noch zu nur einem bestimmten Zeitpunkt, sondern auf mehreren Wegen und innerhalb mehrerer Zeiträume statt.

Es gibt in der paläobiogeographischen Forschung immer wieder Hypothesen, die von einer möglichen Faunenverbreitung über eine direkte Verbindung von Europa und Nordamerika sprechen, z.B. über die kreidezeitliche *Thulean* und *de Geer* Routen, die Europa mit Grönland verbunden haben sollen (TARLING 1982, COX & MOORE 2010). Allerdings gibt es nur wenige paläontologische Nachweise hierüber, die überwiegend aus der Wirbeltierforschung entstammen (z.B. DORÉ 1991, ROSE 2006). Es ist darüber hinaus auch fraglich, ob es sich um eine stabile Landbrücke bzw. einen Korridor gehandelt hat (vgl. MATTHES 1962). Dass sich große Wirbeltiere über diesen Kontinentalshelf verbreiten konnten, heißt nicht unbedingt, dass auch Invertebraten dazu in der Lage waren. Noch weniger wahrscheinlich ist es, dass die trägen Steinfliegen-Imagines, die sich durch eine gernige „Wanderlust“ auszeichnen, diese für Invertebraten bestehende Barriere der Schelfmeere überwunden haben.

Es ist deshalb viel wahrscheinlicher, dass die Steinfliegen einen anderen Weg in die Nearktis genommen haben, und zwar eine eurasisch-nordamerikanische Verbreitung über die Bering-Landbrücke.

Obwohl die Turgai Senke mehr als 125 Millionen Jahre lang (Mitte Jura bis Oligozän) Europa von Asien trennte, trocknete sie mehrfach aus, als der Meeresspiegel abfiel (vgl. SCOTese 2001, BARABOSCHKIN et al. 2003).

Während der Kreidezeit rückten Asien und Europa näher aneinander, wodurch sich subtropische Pflanzen und Tiere in Eurasien verteilen konnten. Hiervon zeugen auch andere Nachweise des Baltischen Bernsteins, wie z.B. die Nevrorthidae (vgl. z.B. WICHARD et al. 2010)

Dass die Bering-Landbrücke einen Faunenaustausch zwischen Asien und Nordamerika ermöglichte, kann vor allem von solchen Gattungen und Arten gezeigt werden, die sowohl in der Nearktis als auch in Asien vertreten sind, wie beispielsweise *Podmosta weberi*, die rezent sowohl im nördlichen Fernosten Russlands, den russischen Halbinseln Chukotka und Kamchatka als auch im Yukon und in Alaska verbreitet ist (STEWART & STARK 2011). Da das Klima während der Kreidezeit in der gesamten nördlichen Hemisphäre relativ einheitlich war und auch in der Beringregion überwiegend Koniferen wuchsen, wie auch zahlreiche Belege aus der Paläobiogeographie anderer Tier- und Pflanzengruppen zeigen, konnten sich Organismen leicht von Eurasien in die westliche Hälfte Nordamerikas ausbreiten. Von einer kreidezeitlichen Verbreitung über die Beringstraße zeugen auch Belege aus anderen Forschungsbereichen, vor allem die der Wirbeltier-Paläobiogeographie (z.B. Dinosaurierforschung) (z.B. RUSSELL 1993, CIFELLI et al. 1997, SERENO 2000, FIORILLO 2004, 2006, FIORILLO & PARRISH 2004, FIORILLO et al. 2009, 2010). Vor ca. 80-60 Mio. Jahren waren die westliche Nearktis und Asien paläogeographisch identisch und teilten sich viele Vertebratenarten (NESSOV 1991, JERZYKIEWICZ & RUSSELL 1991, RUSSELL 1993).

Die geographische Trennung zwischen der westlichen und der östlichen Fauna Nordamerikas findet sich nicht nur bei den Vertebraten, sondern auch, wie sich herausgestellt hat, bei den untersuchten Steinfliegen. Während der meisten Zeit der späten Kreide war Nordamerika durch den *Western Interior Seaway* in einen westlichen und einen östlichen unterteilt, was auch der Grund für diese Faunenaufspaltung gewesen sein könnte. Eine Verbreitung der westlichen, nearktischen Taxa nach Osten konnte erst dann stattfinden, als keine intrakontinentale geographische Barriere (der *Western Interior Seaway* und später die Rocky Mountains) mehr bestand, also z.B. kurzzeitig während des Oligozäns, als die Rocky Mountains durch Verwitterungs- und Erosionsprozesse abgetragen wurden (COX & MOORE 2010).

Bei einer Anwendung von Ergebnissen aus der Wirbeltierforschung auf Arthropodenverbreitung ist allerdings zu beachten, dass Wirbeltiere Barrieren überschreiten und Dispersionsrouten einschlagen, die für Arthropoden eine unüberwindbare Hürde darstellen könnten. Hier muss in Betracht gezogen werden, dass die sogenannten Landbrücken nicht immer komplett

verlanden, sondern als Schelfmeere angelegt sein können. Diese flachen Gewässer werden in geographischen Darstellungen in der Regel mit Landmassen gleichgesetzt, obwohl die Verbindung der Kontinente, wie hier von Asien und Alaska unter Umständen gar nicht komplett verlandet war. Diese teilweise sehr weitreichenden Flachgewässer können zwar von großen Wirbeltieren, wie den Dinosauriern überbrückt werden, doch gegebenenfalls nicht von Insekten. Steinfliegen beispielsweise sind schlechte Flieger und bevorzugen es, sich in Ufernähe krabbelnd statt fliegend fortzubewegen. Hier wäre eine Winddispersion von Einzelexemplaren über mehrere hundert Kilometer Schelfmeer kaum denkbar und für eine permanente Besiedelung eines neuen Kontinents fragwürdig. Auch die Tatsache, dass Kontinentalschollen, wie Neuseeland und Australien-Tasmanien heute weitgehend endemische Steinfliegenfaunen aufweisen und wenn überhaupt nur küstennahe Inseln reich besiedelt sind, spricht gegen eine passive und aktive Ausbreitung über marine Barrieren (vgl. ZWICK 1980). Gleichzeitig ist es aber der Fall, dass Küstenregionen wie Schelfmeere sich kurzfristig aufgrund von Meeresspiegelschwankungen, die beim Tidenhub oder beim Auflaufen der Wellen oder als Folge von tektonisch bedingter Subsidenz auftreten, verändern können. So können die flachen Schelfgebiete beispielsweise innerhalb eines kurzen Zeitraums verlanden (GROTZINGER et al. 2007, vgl. Kapitel 2.2.).

Auch die Asien-Alaska Landbrücke war zeitweise durch Überflutung unterbrochen, doch verband sie durch Fluktuationen des Meeresspiegels in den letzten 90 Millionen Jahren Asien immer wieder mit Nordamerika. Dass die Verbreitung von Plecoptera nach Nordamerika kein Zufall oder Einzelfall war, sondern auf die meisten nearktischen Gattungen zutrifft, weist darauf hin, dass die Landbrücke über mehrere Zeiträume stabil genug gewesen sein musste, um einen Faunenaustausch von Arthropoden zu ermöglichen. Dieser hohe Faunenaustausch spricht also für das Vorhandensein eines Korridors und weniger für eine Filterbrücke, wie bereits MATTHES (1962) bei der Verbreitungsgeschichte der Säugetiere festgestellt hat.

Nachweise anderer Arthropoden, die sich über die kreidezeitliche Landbrücke zwischen Asien und Amerika austauschen konnten, was sich meist in einer Überschneidung von Gattungen (oder Arten) Asiens und Nordamerikas auszeichnet, liefern beispielsweise einige Vertreter der Salticidae (HILL 2009) oder die Nevrothidae (Neuroptera) des Baltischen Bernsteins (WICHARD et al. 2010).

Zwar hat eine frühe Verbreitung der Steinfliegen über die nördliche Hemisphäre wahrscheinlich schon während der Kreidezeit stattgefunden, doch ist es nicht ausgeschlossen, dass es auch spätere Verbreitungswellen gegeben hat: Die Bering-Landbrücke existierte mehrfach in den letzten 90 Mio. Jahren, wie beispielsweise im Eozän-Miozän (vor ca. 40-25 Mio. Jahren,

vgl. BLAKEY 2013) sowie im Pleistozän (vor ca. 2,6 Mio.- 10.000 Jahre.). Hinweise auf eine mögliche pleistozäne Verbreitung könnten vor allem von Beispielen erbracht werden, bei denen es eine Faunenüberschneidung auf Artniveau gibt, wie *Triznaka diversa*, die sowohl in Kamchatka (ostasiatisches Russland) als auch in Kalifornien und Alaska vorkommt (ZWICK 1980, 22). Die Verbreitung der rezenten Steinfliegenarten der Nearktis wird nach ILLIES (1965) und ZWICK (1980) allerdings ausschließlich mit einer pleistozänen Beringbrücke und keiner kreidezeitlichen Ausbreitungsmöglichkeit erklärt.

Obwohl ein pleistozäner Faunenaustausch über die Beringstraße sicherlich stattgefunden hat, kann dennoch aus den zuvor erläuterten Sachlagen geschlussfolgert werden, dass die im Baltischen Bernstein nachgewiesenen nearktischen Gattungen bereits über eine prä-pleistozäne, kreidezeitliche Landbrücke von Eurasien nach Nordamerika gelangt sind. Vor allem diejenigen Gattungen, die sowohl in der Nearktis, als auch im Baltischen Bernstein nachgewiesen sind, lassen darauf schließen, dass sie zur Zeit des eozänen Bernsteinwaldes bereits holarktisch verbreitet waren, aber in der Zwischenzeit in Eurasien ausgestorben sind.

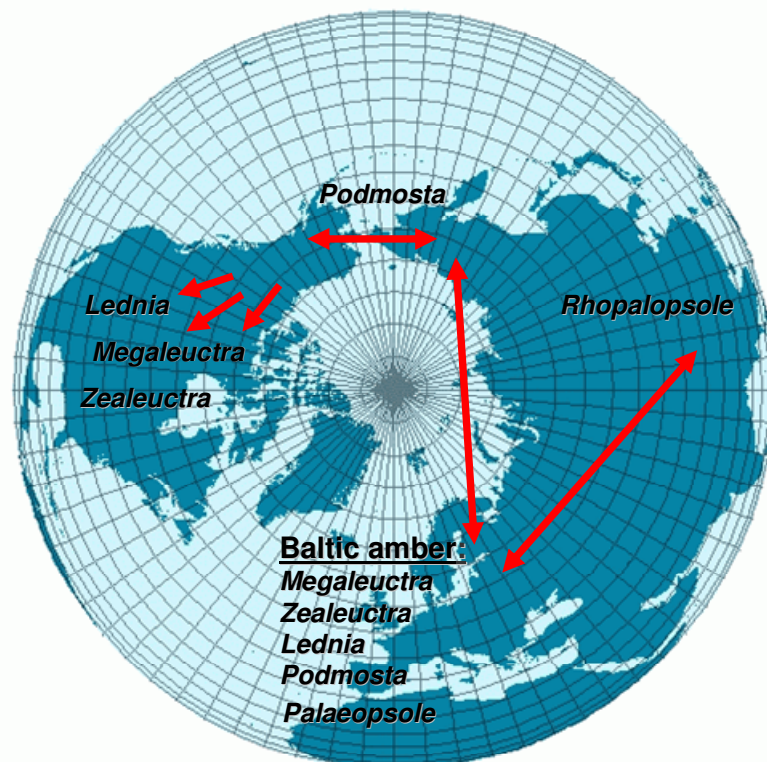
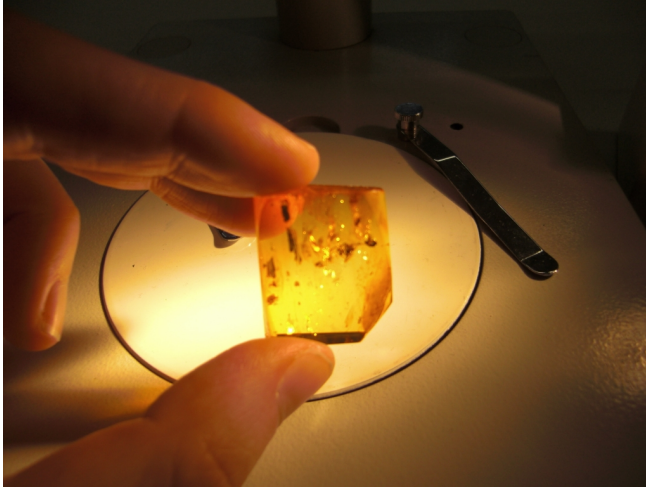


Abbildung 30: Übersicht über die mögliche Paläobiogeographie der Steinfliegen Gattungen des Baltischen Bernsteins (Abbildung der Nordhalbkugel nach KÜHN 2003, Beschriftung ergänzt)

**TEIL II: KONZEPTION UND FORMATIVE EVALUATION EINES UNTERRICHTS-  
PROJEKTS ZUM THEMA „BALTISCHER BERNSTEIN UND SEINE INKLUSE**

### 3. Unterrichtsentwurf zum Thema Baltischer Bernstein und seine Inkluden

#### 3.1. Einleitung



**Abbildung 31: Ein geschliffener Baltischer Bernstein mit Inkluse. (Foto: C. Stiehm)**

Baltischer Bernstein mit seinen organismischen Einschlüssen liefert nicht nur Forschungsmaterial für die Paläontologie, sondern eröffnet auch Möglichkeiten, neue Aspekte für verschiedene Teil- und Themenbereiche des Biologieunterrichts zu nutzen. In der Vergangenheit wurden paläontologische Themen im schulischen Unterricht vermehrt als problematisch angesehen (vgl. KNOLL 1985). So gibt es anscheinend nur wenig

Bezugspunkte zwischen Paläobiologie und den Alltagserfahrungen der Schülerinnen und Schüler<sup>1</sup>, denn weder Fossilien noch die fossil erhaltenen Objekte oder Organismen gehören im Normalfall zur alltäglichen Lebenswelt der Schüler. Dieses war in der Vergangenheit sicher auch vermehrt der Fall. Spätestens seit Michael Crichtons Bestseller *Jurassic Park* (1990) und Steven Spielbergs Verfilmung, die 1993 die Kinos stürmte, scheinen Dinosaurier und ihre prähistorische Welt allerdings wieder präsenter im Film und Fernsehbereich zu sein. Dieses größere Interesse spiegelt sich vor allem in den Massen an Dokumentarfilmen wider, die sich mit prähistorischen Themen auseinandersetzen und durch ihre computeranimierte Darstellung und explizite Rekonstruktion der damals lebenden Dinosaurier eher fiktionalen Charakter haben. Gängige Beispiele aus zeitgenössischen Film- und Fernsehproduktionen sind „*Dinosaurier – Giganten Patagoniens 3 D*“ (Kanada 2007, 47 min, Regie: Marc Fafard), „*Dinosaurier aus dem ewigen Eis*“ (AUS 2008; 45 min, Regie: Ruth Berry), „*Friedhof der Dinosaurier*“ (USA 2007, National Geographic) „*Last Day of the Dinosaurs*“ (GB 2010, 66 min, Discovery Channel, Regie: Richard Dale).

Auch die paläontologische Forschung wurde, nicht nur durch den bahnbrechenden Fund des letzten Urvogel Exemplars durch XU (et al. 2011), der die gesamte „Archäopteryx als Urvogel Debatte“ herausfordern sollte, sondern nicht zuletzt auch durch diese Mediendarstellung der Dinosaurier inspiriert (DIERKES & SCHEERSOI 2012). Darüber hinaus ist es umso wichti-

---

<sup>1</sup> Für eine bessere Lesbarkeit wird im Rahmen dieser Arbeit vorwiegend das generische Maskulinum „Schüler“ verwendet, das immer weibliche und männliche Personen einschließt.

ger, paläontologische Unterrichtsthemen aktuell zu gestalten, das heißt sie zum Anliegen der Schüler zu machen. Das funktioniert aber nur, wenn die Schüler Fossilien auch zur Hand bekommen. Eine praktische Auseinandersetzung mit anschaulichen Beispielen ist deswegen unumgänglich (KNOLL 1985). Die Masse an aktuellen TV-Dokumentationen oder (pseudo-)wissenschaftlichen Berichten über die prähistorische Fauna und Flora zeigen bereits, dass das Interesse an der Erdgeschichte ein konstantes Phänomen bleibt (DIERKES & SCHEERSOI 2012).

Der Einbezug von Baltischem Bernstein in den Schulkontext kann ebenfalls aktuell gestaltet und zum Anliegen der Schüler gemacht werden. Auf der einen Seite kann das fossile Harz selbst Gegenstand schulischer Untersuchungen sein, wobei beispielsweise auf die Bernsteinogenese im Kontext der Fossilentstehung eingegangen werden kann. Gleichzeitig sind die fossilen Inkluden oftmals gut erhalten. Hierbei können originale Exemplare als authentische Zeitzeugen im Klassenraum genutzt werden und es muss nicht auf Nachbildungen von Fossilien zurückgegriffen werden, wie es z.B. bei der Verwendung von versteinerten Fossilien und Abdrücken der Fall ist. Im Geschichtsunterricht wird beispielsweise mit Zeitzeugen gearbeitet, um den Geschehnissen jüngerer Vergangenheit eine andere Qualität und Erfahrbarkeit zu verleihen. Dies ist im Biologieunterricht bei der Behandlung prähistorischer Welten sicherlich insofern möglich, als dass durch die Authentizität und die direkte Erfahrung mit fossilen Zeitzeugen, Inhalte im Sinne des ganzheitlichen Lernens begreifbar gemacht werden können. Die eigenständige Erfahrung schafft darüber hinaus durch ihren direkten Bezug zu den Inkluden einen hohen Veranschaulichungsgrad. So sind häufig viele Details der Körperoberfläche, wie z.B. bei Insekten die Struktur der Flügel, die Facettenaugen oder selbst die feinsten Härchen der Antennen oder Flügel sichtbar, so dass der Eindruck entsteht, dass die eingeschlossenen Organismen sich noch nicht allzu lange in ihrem Harzbett befinden können.

Für die vorliegende Arbeit wurden die folgenden fachwissenschaftlichen Inhalte aus Kapitel 1 und 2 ausgewählt, didaktisch aufgearbeitet und lehrplankonform für ein Unterrichtsprojekt zum Thema „Baltischer Bernstein mit seinen Inkluden“ für die Sekundarstufe I umgesetzt:

1. Die physikalischen Eigenschaften von Bernstein (Kapitel 1.2)
2. Die Entstehung von Baltischem Bernstein (Kapitel 1.3)
3. Untersuchung und Bestimmung ausgewählter Inkluden des Baltischen Bernsteins (Kapitel 2)

Darüber hinaus wurden angrenzende Themen in das Unterrichtsprojekt mit einbezogen, die zwar in den ersten Kapiteln keine explizite Erwähnung fanden, für die Schule aber interessante Ergänzungen darstellen:



4. Veranschaulichung der Zeitdimensionen
5. Evolutionsbiologische Aspekte

Im schulischen Kontext können die Inklusen des Bernsteins für eine Bestimmung und systematische Einordnung verwendet werden. Hierfür reichen, zumindest für die Sekundarstufe I, die Ermittlung der Ordnung und gegebenenfalls die Familienzugehörigkeit der Inkluse aus. Für Baltischen Bernstein gibt es gut aufgearbeitetes Informationsmaterial und dichotome Bestimmungsschlüssel (z.B. ROSS 1998) mit denen man selbst ohne taxonomische Vorkenntnisse oder Erfahrungen die gängigsten tierischen Inklusen mit geringem Aufwand bestimmen kann.

Die taxonomische Ermittlung der Familien kann bei Arthropoden bereits durch grobe, leicht erkennbare Merkmale, wie dem Habitus, der Flügelform, Form und Anzahl der Extremitäten etc. erfolgen. Demnach sind die schwieriger zugänglichen, charakteristischen Gattungsmerkmale (z.B. Flügeladerung und Genitalmerkmale), die für einen Taxonomen oder Paläontologen wichtig sind und die Inkluse ggf. auch selten und wertvoller machen, für die Sekundarstufe I von geringerer Bedeutung. Aus diesem Grund sind die für die Schule nutzbaren Bernsteine in der Regel sehr erschwinglich, wenn man Inklusen erwirbt, die häufig vorkommen, wie z.B. Zuckmücken, Schmetterlingsmücken, Trauermücken, Ameisen, Köcherfliegen oder Spinnen.

#### **3.2. Vorüberlegungen zum Unterrichtsentwurf (Sekundarstufe I)**

Der theoretische Hintergrund für die Entwicklung des neuen Unterrichtsentwurfs wird von dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion geliefert, das einen theoretischen und methodischen Rahmen sowohl für Unterrichtsplanung als auch für Lehr- und Lernforschung darstellt (KATTMANN et al. 1997, KATTMANN 2007). Das Modell versucht die Vermittlung von Wissensbeständen und die damit verbundenen pädagogischen Aspekte in ein Gleichgewicht zu bringen. Hierbei werden drei Untersuchungsaufgaben definiert und aufeinander bezogen (Abb. 32): Fachliche Klärung, Erhebung von Lernerperspektiven und die didaktische Strukturierung.



Abbildung 32: Modell der didaktischen Rekonstruktion (nach KATTMAN et al. 1997)

Die Unterrichtsgegenstände müssen erst methodisch und mit pädagogischer Zielsetzung entwickelt, d.h. didaktisch rekonstruiert werden. Fachliche Vorstellungen und Schülerperspektiven sollen nach diesem Modell so in Beziehung gesetzt werden, dass die Unterrichtsgegenstände sinnvoll entwickelt werden können.

Die Untersuchungsaufgabe der fachlichen Klärung umfasst eine kritische und methodisch kontrollierte, systematische Untersuchung fachwissenschaftlicher Grundlagen aus fachdidaktischer Sicht, also im Hinblick auf die Vermittlungsabsicht (KATTMANN 2007, 94). Vorstellungen von Schülern und Wissenschaftlern müssen miteinander vereinbart werden. Diese drei Untersuchungsaufgaben sollten bei der Unterrichtsplanung im steten Rückbezug zueinander betrachtet werden. Die didaktische Strukturierung, der Planungsprozess des Unterrichts, sollte also stets mit den Lernerperspektiven und der fachlichen Klärung in Wechselbeziehung stehen.

### 3.3. Bedingungsanalyse

#### 3.3.1. Bernstein im Schulkontext: Eine Bestandsaufnahme

Für die didaktische Gestaltung und schulische Umsetzung des Themas *Bernstein* bzw. *die in Bernstein konservierten Inkluden* wurde zunächst eine kurze Bestandsaufnahme im Hinblick auf die Fragestellung durchgeführt, wie das Thema Bernstein in Unterrichtsmaterialien, wie Biologie-Schulbüchern und biologischen Lehrerfachzeitschriften, behandelt wird. Ziel dieser Bestandsaufnahme war es herauszufinden, ob und in welchem Kontext das Thema Bernstein

in der Schule Erwähnung findet, um einen entsprechenden Ansatzpunkt für den in diesem Kapitel vorgestellten und im Kapitel 4 evaluierten Unterrichtsentwurf auszuwählen.

#### 3.3.1.1. Untersuchung der Kernlehrpläne NRW

##### **Methodik:**

Zunächst wurden die Kernlehrpläne NRW von Haupt-, Real- und Gesamtschulen, sowie dem Gymnasium auf dem Internet-Server des Schulministeriums NRW mit den Schlagwörtern „Bernstein“ sowie „Fossil“ bzw. „Fossilien“ durchsucht. Relevant waren die Jahrgangsstufen 5-13. Auch die neuen, in 2014 in Kraft tretenden Kernlehrpläne für die gymnasiale Oberstufe (Schulministerium NRW 2013) wurden hierbei berücksichtigt.

##### **Ergebnisse:**

Sowohl in der Gesamtschule (Sekundarstufe I) als auch in der Hauptschule wird laut Kernlehrplan NRW das Thema Fossilien zwar behandelt, doch wird es im Basiskonzept *System und Entwicklung* bzw. im Evolutionsbiologischen Kontext eingesetzt, wobei hier aber lediglich die Wirbeltierfossilien explizite Erwähnung finden (SCHULMINISTERIUM NRW 2011 d, 49).

Dieser Fokus auf die Fossilien und Evolution der Wirbeltiere besteht zwar in den Kerncurricula für die Realschule auch, doch wird hier auch die Entstehung von Fossilien und die Einordnung von Lebewesen in die Erdzeitalter erwähnt. In diesem Kontext wird die Rekonstruktion von einem Zeitstrahl und der Einsatz von Leitfossilien als mögliche Werkzeuge gesehen, mit denen die Schüler die komplexen Informationen zur biologischen Entwicklung sammeln und graphisch darstellen können (SCHULMINISTERIUM NRW 2011 c, 37).

In der gymnasialen Sekundarstufe I sollen Fossilien ebenfalls im Inhaltsfeld der evolutionären Entwicklung eingesetzt werden, wobei hier der Fokus auf die dauernde Veränderung von Lebewesen und Lebensräumen gelegt wird (SCHULMINISTERIUM NRW 2008, 37). In der Oberstufe für Gymnasien und Gesamtschulen taucht das Thema Fossilien in den neuen Kernlehrplänen NRW, die September 2014 in Kraft treten, nicht explizit auf (SCHULMINISTERIUM NRW 2013).

#### 3.3.1.2. Untersuchung der Lehrerfachzeitschriften und Biologie Schulbücher

##### Methodik

Auf der Basis der Ergebnisse der Kernlehrplanuntersuchung kann folglich angenommen werden, dass Bernstein und die darin eingeschlossenen Organismen am wahrscheinlichsten in Verbindung mit paläontologischen oder evolutionsbiologischen Themen in der Schule, also in Inhaltsfeldern, *System und Entwicklung* bzw. *Evolutionäre Entwicklung* behandelt wird. Aus diesem Grund wurden neben den Begriffen „Bernstein“ und „Fossilien“ die Schlagwörter „Fossilientstehung“ und „Paläontologie“ in die Bestandsaufnahme der weiteren Unterrichtsmaterialien mit einbezogen.

Basis für die Untersuchung der Unterrichtsmaterialien bildeten sowohl alle erschienenen Ausgaben der naturwissenschaftlich-didaktischen Lehrerfachzeitschriften *Unterricht Biologie* (Friedrich-Verlag), *Geographie Heute* (Friedrich-Verlag) und *Praxis der Naturwissenschaften Biologie* (Aulis), als auch ausgewählte Lernmittel des Faches Biologie, die vor allem an Schulen in NRW verwendet werden (Schulministerium NRW 2015). Bei der digitalen Bestandsaufnahme wurde auf der Homepage der entsprechenden Lehrerfachzeitschriften eine Stichwortsuche aller erschienenen und digital aufgelisteten Werke durchgeführt. Da die Stichwortsuche bei *Praxis der Naturwissenschaften Biologie* keinen einzigen Treffer generierte, wurde hier zusätzlich eine „analoge“ Indexsuche aller erschienenen Bände (1982-2013) in der Lehrbuchsammlung der Universität zu Köln durchgeführt. Obwohl sich die Bestandsaufnahme auf die gymnasiale Sekundarstufe I und II fokussierte, wurden auch Ergebnisse von Haupt- Real- und Gesamtschulen, insofern sie von Relevanz waren, mit einbezogen. Hierbei wurde sich vor allem auf Unterrichtsmaterialien ab der Jahrgangsstufe 7 beschränkt.

Gegenstand der Schulbuchrecherche waren ausgewählte, in NRW zugelassenen Lernmittel des Faches Biologie, wie *Natura* vom Ernst Klett Verlag (BEYER et al. 2005, BÄCHLE et al. 2002,) *Biologie* von Cornelsen (WEBER 2009), *Linder Biologie* von Schroedel (BAYRHUBER et al. 2005) *Biologie – Gymnasiale Oberstufe* (CAMPBELL & REECE 2010) und andere (volle Liste siehe Anhang VI). Hierbei wurde ein Fokus auf die Stichwörter *Bernstein* vor allem im Zusammenhang mit den Themen *Fossilien* und *Fossilientstehung* und *Paläontologie* gelegt. Insofern die Inhaltsverzeichnisse und Indexe der betroffenen Lernmittel auf den jeweiligen Internetseiten der Verlage oder Drittanbieter, wie Amazon oder Google-Books veröffentlicht waren, wurde die Stichwortsuche elektronisch durchgeführt (z.B. bei Klett, Cornelsen und Campbell). Bei allen anderen Lehrwerken wurde eine „analoge“ Stichwortsuche im Index bzw. Inhaltsverzeichnis durchgeführt.

Im Folgenden werden ausschließlich die Unterrichtswerke genannt, bei denen relevante inhaltliche Aspekte zu finden waren. Eine volle Liste der untersuchten Unterrichtsmaterialien mit den entsprechenden Treffern befindet sich im Anhang VI.

#### **Ergebnisse:**

Die Untersuchung aller verfügbarer Ausgaben der Zeitschrift *Unterricht Biologie* aus den Jahren 1980 bis 2013 mit den Schlagwörtern „Bernstein“, „Fossilien“, „Fossilentstehung“ und „Paläontologie“ hat ergeben, dass die meisten Artikel aus dem Bereich Paläontologie solche waren, die das Thema Dinosaurier im Schulunterricht beinhalteten. Beispiele hierfür lieferten in den Jahrgängen 1985, Heft 105: „Paläontologie“ mit Artikeln von 1985, Heft 105: „Pflanzen und Tiere des Karbons“ (S.25) und KNOLL (1985) „Lebensvorgänge in der Urzeit (Beiheft)“ oder Jahrgang 2012, Heft 374: „Dinosaurier“, mit dem Leitartikel von DIERKES & SCHEERSOI (2012). Fossilien und ihre Entstehung wurden im letztgenannten Werk beispielsweise mit praktischen Beispielen, wie dem Unterrichtsspiel „Wer wird zum Fossil?“ (SCHEERSOI 2012) behandelt. Das Thema Bernstein hingegen fand in den untersuchten Jahrgängen keine explizite Nennung. In *Praxis der Naturwissenschaften Biologie* gab es zahlreiche Artikel, die sich im Kontext der Evolutionsforschung mit Leitfossilien, wie dem Archäopteryx auseinander gesetzt haben. Auch Fossilien und Fossilentstehung wurden in einem Fall ausführlicher behandelt (*Praxis der Naturwissenschaften Biologie* Jahrgang 1985, S. 90). Bernstein fand aber in keinem der von 1983 bis heute untersuchten Jahrgänge explizite Erwähnung.

Die Recherche der Lernmaterialien hat ergeben, dass das Thema Bernstein höchst selten in Schulbuchliteratur auftritt. In fast allen Werken wurde zwar das Thema Fossilien und gelegentlich auch Fossilentstehung besprochen, doch auf Bernstein wurde auch hier nicht näher eingegangen. Bei *Natura* (BÄCHLE-KNAUER et al. 2002) beispielsweise werden Fossilien in den Klassen 7-10 im Zusammenhang mit dem Inhaltsbereich „Evolution: Stammesgeschichte der Organismen“ besprochen. Hier werden Themen, wie „Ammonit und Nautilus“, „Entlarvung von Fossilfälschung durch Datierung“, „Massensterben“, „Eroberung des Landes“, „Eine Saurierspur - mehr als nur ein Abdruck“, oder „Stammbaum der Rüsseltiere“ behandelt.

Bei *Natura. Biologie für Gymnasien. Oberstufe* (BEYER et al. 2005) gab es wiederum keine Ergebnisse zum Themenbereich Fossilien. Im Kontext des Inhaltsfeldes Evolution wurden allerdings Themen, wie „Erdgeschichtliche Evolution der Lebewesen“ und „Systematische Reiche der Lebewesen“ behandelt.

Eine der wenigen Ausnahmen bildet *Biologie Oberstufe* des Cornelsen Verlags (WEBER 2009). Hier werden zwar ebenfalls Inhalte zum Thema Fossilien, Fossilentstehung, sowie die Bedeutung von Leitfossilien für die Evolutionslehre in Informationstexten dargestellt, doch auch Bernstein und darin erhaltene, fossile Organismen werden in diesem Kontext kurz angesprochen. Allerdings wird hierauf mit der Begründung nicht weiter eingegangen, dass Bernstein-Inkluden als Leitfossilien ungeeignet und somit für evolutionsbiologische Themen von geringer Bedeutung sind.

Den zweiten nennenswerten Nachweis des Themas Bernstein in Schulbuchliteratur liefert *Biologie. Lehrbuch für die Klasse 10. Berlin* vom Paetec-Verlag (PEWS HOCKE & ZABEL 2002). Im Kontext des Inhaltsfeldes Evolution und der Bedeutung von Fossilien für die Evolutionslehre wird Bernstein als Beispiel für einen Fossiltypus (Abdruck, Versteinierung und Einschluss) erwähnt und die fotografische Abbildung einer Hundertfüßer-Inkluse zur Veranschaulichung eingefügt.

Für Ergebnisse, bei denen das Thema Bernstein über eine bloße Nennung als Beispiel für einen Fossiltypus hinausgeht und bei denen Bernstein als Unterrichtsgegenstand auftaucht, musste die Suche auf angloamerikanische Unterrichtsmaterialien ausgeweitet werden.

In John STIDWORTHYS (1989) Unterrichtswerk „Fossils: Science in Action“ (Zusatzmaterial für Lehrer und Schüler) ist beispielsweise eine Anleitung enthalten, mit der man seine eigenen tierischen oder pflanzlichen Inkluden in Kunstharz einbetten und konservieren kann.

Bei ROSS (2010) handelt es sich zwar nicht um didaktische Literatur, sondern ist eher für den Hobby-Bernsteinforscher bestimmt, doch nennt er verschiedene Ideen, mit denen das Thema Bernstein in einem didaktischen Kontext verwendet werden kann. So wird ein kurzer Versuch beschrieben, bei dem die physikalischen Eigenschaften von Bernstein bestimmt werden können. In der Regel besteht Bernstein aus 79% Kohlenstoff, 10% Wasserstoff und 11% Sauerstoff mit einer kleinen Spur von Schwefel. Mit einer Moshärte von 2-3 ist Bernstein ca. so hart wie ein Fingernagel und leicht zerkratztbar. Da die Dichte 1.04 – 1.10 beträgt ist das fossile Harz nur wenig schwerer als Wasser und schwimmt. Bei einem Schmelzpunkt von 200-380 °C verkohlt er bei offener Flamme eher, statt zu schmelzen (ROSS 2010: 4). Ross beschreibt ein paar einfache Versuche, mit denen man die physikalischen Eigenschaften von Bernstein untersuchen kann. So kann beispielsweise eine Dichtepfung durchgeführt werden, bei der ein Kubikzentimeter Bernstein abgewogen wird. Der abgelesene Wert des Gewichts ist der Dichtegrad, d.h. es sollte ca. 1.1 g/cm<sup>3</sup> herauskommen. Im Anschluss wird der Bernstein auf destilliertes Wasser gelegt. In der Regel sollte der Stein nun sinken. Danach können

die Schüler graduell Salz in die Lösung geben und schauen, bei welcher Konzentration der Bernstein auf Salzwasser schwimmt.

Die beiden Beispiele von STIDWORTHY und ROSS, welche die Möglichkeiten von Bernstein in einem didaktischen Kontext behandeln, sind jedoch nicht zufriedenstellend, wenn es um die Fragestellung des fachlichen bzw. fachwissenschaftlichen Lernwertes geht. Ob und welche Kompetenzen die Schüler bei der Anfertigung von selbstgemachten Kunstharzinkluden, wie von STIDWORTHY (1989) vorgeschlagen, etwas für den naturwissenschaftlichen Unterricht erwerben oder fördern ist nicht weiter erläutert.

#### **3.3.1.3. Fazit der Bestandsaufnahme**

Sowohl bei den rund 4000 untersuchten Seiten der Schulbuchliteratur, als auch bei der Durchsicht aller in den letzten 30 Jahren erschienenen Ausgaben der Lehrerfachzeitschriften, *Unterricht Biologie*, *Praxis der Naturwissenschaften* und *Geographie Heute*, gab es ein einschlägiges Ergebnis: Das Thema Bernstein findet häufig keine Erwähnung. Wenn Bernstein Erwähnung findet, dann höchstensfalls in Zusammenhang mit dem Thema Fossilien und Fossilbildung im didaktischen Kontext oder im Zusammenhang mit Dinosaurierforschung, z.B. bei der Fragestellung, ob sich DNA Sequenzen tatsächlich aus Bernstein-Inkluden extrahieren ließen. Doch gerade in Kapitel 1 und 2 dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass Bernstein mit seinen eingeschlossenen Organismen fachwissenschaftliche Erkenntnisse, nicht nur im Bereich der Fossilkunde, sondern auch aus den Bereichen Insektenkunde, Biogeographie und Ökologie zur Verfügung stellt. Wie diese fachwissenschaftlichen Inhalte didaktisch aufgearbeitet und im Rahmen eines kurzen Unterrichtsprojektes umgesetzt werden können, soll im Folgenden dargestellt werden.

Für die vorliegende Arbeit wurde ein Unterrichtskonzept im Rahmen des außerschulischen Lernorts *zdi Schülerlabor - Unser Raumschiff Erde* der Universität zu Köln entwickelt. Da das Schülerlabor vor allem an Unterricht von Schülerinnen und Schüler der Unter- und Mittelstufe an Gesamtschulen Gymnasien und Realschulen gerichtet ist, wurde das entwickelte Unterrichtsprojekt zunächst auf die Sekundarstufe I ausgerichtet. Bei der Planung des Unterrichtsprojektes wurde die Sachanalyse, basierend auf Kapitel 2, die Bedingungsanalyse, sowie die methodische und didaktische Reflexion in Wechselwirkung aufeinander abgestimmt.

Ziel des entwickelten Bernsteinprojektes ist es, die Schülerinnen und Schüler in naturwissenschaftliche Forschungsgebiete des (Baltischen) Bernsteins und seinen Inkluden einzuarbeiten. Hierbei wird durch die Bestimmung der im Vorfeld ausgewählten Inkluden nicht nur taxono-

misch, sondern auch paläontologisch bzw. paläoökologisch gearbeitet, indem eine grobe Rekonstruktion des eozänen „Bernsteinwaldes“ unternommen wird.

#### **3.3.2. Der außerschulische Lernort *zdi-Schülerlabor - Unser Raumschiff Erde***

Der Bernsteinworkshop wurde für das *zdi-Schülerlabor – Unser Raumschiff Erde* der Universität zu Köln entwickelt und mit 5 Schulkassen der Sekundarstufe I durchgeführt.

Das *zdi-Schülerlabor Unser Raumschiff Erde* ist eine kooperative Einrichtung der Universität zu Köln und des *zdi-Zentrums LNU Frechen Rhein-Erft*. In den Räumlichkeiten des Schülerlabors werden mit Schulklassen der Sekundarstufe I Projekte und Workshops aus den verschiedensten Bereichen der Biologie, Chemie, Physik und Geographie durchgeführt. Gefördert wird das Schülerlabor durch die Initiative *Zukunft durch Innovation (zdi)* des Innovationsministeriums NRW. Im Mittelpunkt aller Veranstaltungen steht das selbstständige Forschen und entdeckende Lernen mit der Devise „Naturwissenschaften machen Spaß“. Im Jahre 2013 fanden mehrere Projekte im Schülerlabor statt, wie z.B. ein fächerübergreifender Experimentiertag zum Thema Klima, Verhaltensexperimente mit Insekten, das Projekt „Schülervorstellungen zum Thema Stadt“ und der im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelte Bernsteinworkshop. Die Projekte des Schülerlabors ermöglichen nicht nur der besuchenden Schülerschaft eventuelle Anregungen für die spätere Studien- und Berufswahl, sondern bieten Lehramtsstudierenden, die häufig die Veranstaltungen betreuen, Möglichkeiten bereits während des Studiums praktische Erfahrungen zu sammeln. Darüber hinaus haben Lehrerinnen und Lehrer mit einem Besuch am Schülerlabor die Möglichkeit sich die entwickelten Experimente anzuschauen und fachwissenschaftliche Hintergrundinformationen und Anregungen für die didaktische und methodische Unterrichtsgestaltung zu erhalten. Erfahrungen in außerschulischen Lernorten zu sammeln, wie dem Schülerlabor, also solchen Orten, die einen Schwerpunkt auf das forschende Lernen und die experimentelle Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte, aber auch den Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen legen, sind eine fruchtbare Ergänzung für den schulischen Unterricht.

Das *zdi-Schülerlabor* der Universität zu Köln ist für eine Schülergruppe von bis zu 24 Schülerinnen und Schülern eingerichtet. Die technische Ausstattung umfasst einen Wand- und Deckenbeamer, ein Whiteboard, Binokulare und Mikroskope, sowie umfangreiche Materialien für die Umsetzung von chemischen Laborexperimenten. Für die Durchführung von Projekten im Schülerlabor stehen in der Regel 3 Zeitstunden, von 9-12 Uhr zur Verfügung. Da die Schüler eigenständig und selbstgesteuert arbeiten können, wird eine große Pause von 30 Mi-



nuten nach 90 Minuten Arbeitszeit eingeplant. Da im Schülerlabor allerdings weder gegessen noch getrunken werden darf, sollen mehrere kleine Trinkpausen, in denen die Schüler auf den Flur gehen, angeboten werden.

#### **3.3.3. Erfassung der Schülerperspektiven**

Die Analyse schulischer Unterrichtsmaterialien zum Thema Fossilien, Fossilentstehung und Bernstein hat gezeigt, dass Bernstein bislang nur in ganz seltenen Ausnahmefällen für den Biologieunterricht genutzt wird und dann nur ggf. erwähnt wird. Mit authentischen Bernstein-Inkluden wird, so hat die Untersuchung gezeigt, nicht gearbeitet. Dieses schließt natürlich nicht aus, dass in Einzelfällen Bernstein-Inkluden für den Biologieunterricht genutzt werden. Mit Inkluden des Baltischen Bernsteins könnten Schüler beispielsweise bei Exkursionen, Museumsbesuchen oder im Urlaub an der Ostsee in Kontakt gekommen sein.

Dadurch, dass sich Schülergruppen verschiedener Gruppengrößen, Klassenstufen und Schulformen am Schülerlabor anmelden, bringt jede Gruppe einen anderen Grad an Vorwissen und Erfahrung mit. Die Gruppen sind dem Workshopleiter gänzlich unbekannt, weshalb sowohl Vorwissen und Erfahrung, als auch die sozialen Bedingungen der verschiedenen Schülergruppen im Vorfeld kaum erfasst werden können. Lediglich die Gruppengröße und Klassenstufe, sowie Schulform und der Rahmen des Besuchs (z.B. Klassenexkursion oder naturwissenschaftliche AGs) werden im Vorfeld bekannt gegeben. Aus diesem Grund wurde der Bernsteinworkshop so entwickelt, dass Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichen Graden an Vorwissen, Kompetenzen und selbst aus unterschiedlichen Unter- und Mittelstufenklassen und Schulformen die Stationen selbstständig erarbeiten können.

Das Schülerlabor der Universität zu Köln richtet sich vor allem an die Klassen 6-9 von Gymnasien und Realschulen. Die Schülergruppen, die das Schülerlabor aufsuchen, können unterschiedlich groß sein, je nachdem ob es sich um Arbeitsgemeinschaften oder reguläre Schulklassen handelt. Der Bernsteinworkshop muss also so ausgelegt sein, dass sowohl kleine Gruppen, bestehend aus nur ein paar Schülern, als auch Gruppen mit bis zu 24 Schülern unterrichtet werden können.

#### **3.4. Sachanalyse**

Die Sachanalyse befasst sich mit den wissenschaftlichen Hintergründen des im Unterricht vermittelten Stoffs. Die fachwissenschaftliche Durchleuchtung der für den Bernsteinworkshop ausgewählten Unterrichtsgegenstände wurde ausführlich in Kapitel 2 behandelt. Welche

fachlichen Inhalte im Bernsteinworkshop genutzt wurden und wie sie didaktisch reduziert wurden, wird in der didaktischen Reflexion (Kapitel 3.5.) sowie in der Vorstellung des Bernsteinworkshops (Kapitel 3.6., methodische Reflexion) näher vertieft.

## 3.5. Didaktische Reflexion

### 3.5.1. Relevanz für Kernlehrpläne NRW

Biologieunterricht sollte stets auf einer wissenschaftlichen Grundlage erfolgen, unabhängig davon, ob der Unterricht in der Grundschule oder in der Oberstufe stattfindet. Abgesehen von dieser Wissenschaftsrelevanz sollte Biologieunterricht darüber hinaus gleichermaßen gesellschaftsrelevant, wie schülerorientiert sein. (BERCK & GRAF 2010).

In den letzten Jahren ist die Forderung an *scientific literacy*, einer naturwissenschaftlichen Grundbildung als Feld der Allgemeinbildung, fächerübergreifenden Unterrichts und Interdisziplinarität gestiegen. Naturwissenschaftliche Grundbildung ist „die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus den Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, die die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderung betreffen.“ (BAUMERT et al. 2001, 192). Der Begriff der naturwissenschaftlichen Grundbildung geht also über den Begriff der Allgemeinbildung hinaus, da er nicht nur angeeignetes naturwissenschaftliches Wissen umfasst, sondern ein Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte, Denk und Arbeitsweisen sowie eine kritische Anwendung und Reflexion naturwissenschaftlicher Inhalte einschließt. (vgl. STAECK 2009, GRÄBER et al. 2002).

Dieses in den Kernlehrplänen verankerte Richtziel der naturwissenschaftlichen Grundbildung (*scientific literacy*) soll durch die Entwicklung von insgesamt vier Kompetenzbereichen erreicht werden: Fachwissen (konzeptbezogenen Kompetenzen), Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung (prozessbezogene Kompetenzen). Kompetenzen bezeichnen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten, die die Schüler in die Lage versetzen, Probleme oder Aufgaben situations- und fachgerecht zu lösen und bilden die Basis der naturwissenschaftlichen Grundbildung. (SCHULMINISTERIUM NRW 2008, 15)

In den Kernlehrplänen NRW werden im Fach Biologie drei verschiedene Basiskonzepte (Ausschnitte fachlicher Konzepte und Leitideen) unterschieden: 1. Struktur und Funktion, 2. System, 3. Entwicklung (SCHULMINISTERIUM NRW 2013, 12). Die Basiskonzepte strukturieren den Unterricht mit seinen Wissensbeständen und erleichtern so den kontinuierlichen Ausbau von fachlichen Kompetenzen.

### 3. Unterrichtsentwurf zum Thema Baltischer Bernstein und seine Inkluden

Bevor die konkrete Unterrichtsplanung für den Bernsteinworkshop stattfinden kann, müssen im Vorfeld Intentionen des Unterrichts mit seinen Kompetenzen unter kognitiven und handlungsbezogenen Schwerpunkten formuliert werden.

Für die Planung des Bernsteinworkshops wurde zunächst ein Katalog an möglichen Kompetenzen erstellt, die die Schülerinnen und Schüler während der Stationsarbeit des Bernsteinworkshops entwickeln können. Diese wurden in den Kernlehrplänen NRW für die Sekundarstufe I des Faches Biologie verankert (vgl. Tab. 6).

Inhaltsfeld / Schlüsselbegriffe	Kompetenzen Bis zum Ende der Jahrgangsstufe 9 Die Schülerinnen und Schüler...	Lernen im Kontext: Mögliche Anwendungsbezüge des Bernsteinworkshops
<b>Energiefluss und Stoffkreislauf:</b>	<b>Prozessbezogene Kompetenzen</b>	
	erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mit Hilfe naturwissenschaftlicher Kenntnisse und Untersuchungen zu beantworten sind.	formulieren Hypothesen zur Bernsteinentstehung.  formulieren Hypothesen zum Aktualitätsprinzip.
	mikroskopieren und stellen Präparate in einer Zeichnung dar.	bestimmen die Inkluden nach einfachen dichotomen Bestimmungsschlüsseln.  stellen ausgewählte Inkluden in einer Zeichnung dar.
	planen, strukturieren, kommunizieren und reflektieren ihre Arbeit, auch als Team.	tauschen ihre Ergebnisse in Gruppen und Partnerarbeit aus.
	veranschaulichen Daten angemessen mit sprachlichen, mathematischen und bildlichen Gestaltungsmitteln.	veranschaulichen die letzten 200 Mio. Jahre auf einer Zeitskala o.ä.
<b>Evolutionäre Entwicklung:  Den Fossilien auf der Spur</b>	<b>Prozessbezogene Kompetenzen</b>	
	analysieren Ähnlichkeiten und Unterschiede durch kriteriengeleitetes Vergleichen u.a. bzgl. Anatomie und Morphologie von Organismen.	vergleichen die Entwicklung des Habitus einer ausgewählten Insektengruppe (Ameisen) mit der Entwicklung des Habitus einer ausgewählten Säugetiergruppe (Wale).
	nutzen Modelle und Modellvorstellungen zur (Analyse von Wechselwirkung) Bearbeitung, Erklärung und Beurteilung naturwissenschaftlicher Fragestellungen und Zusammenhänge.	rekonstruieren den eozänen Bernsteinwald mit Hilfe des Aktualitätsprinzips.

**Tabelle 6: Übersicht der in den Kerncurrikula NRW aufgeführten Kompetenzen (linke Spalte) und ihr möglicher Anwendungsbezug im Bernsteinworkshop (rechte Spalte). Angepasst aus (SCHULMINISTERIUM NRW 2011)**

#### **3.5.2. Didaktische Reduktion der Themen und Inhalte**

Bei der didaktischen Reduktion werden Sachverhalte sowohl sektoral als auch strukturell reduziert. Bei der sektoralen Reduktion wird ein fachwissenschaftlicher Inhalt auf einen Teilaspekt (Sektor) beschränkt (KILLERMANN et al. 2011). Bei der strukturellen Reduktion werden hingegen komplizierte Sachverhalte vereinfacht, wobei aber die inhaltliche Kernaussage unverändert bleibt. Die inhaltliche Vereinfachung kann beispielsweise erfolgen, indem wissenschaftliche Einzelheiten weggelassen werden. Auch fachgemäße Arbeitsweisen, wie z.B. Experimente, werden vereinfacht und den jeweiligen technischen und inhaltlichen Voraussetzungen angepasst (wie z.B. bei der experimentellen Erforschung der physikalischen Eigenschaften von Bernstein). In der Fachsprache erfolgt ebenfalls eine Vereinfachung, dementsprechend werden im Schulkontext anstelle von (lateinisch- oder griechischen) Fremdwörtern beispielsweise deutsche Fachbegriffe verwendet. In der schulischen Praxis gehen die verschiedenen didaktischen Reduktionen meist ineinander über.

Folgende fachwissenschaftliche Inhalte wurden aus der Sachanalyse in den Kapiteln 1 und 2 für die Mittelstufen, die das Schülerlabor besuchten, ausgewählt und didaktisch reduziert:

##### **3.5.2.1. Die physikalischen Eigenschaften von Bernstein**

Bernstein zeichnet sich durch unterschiedliche physikalische Eigenschaften aus, die häufig wie folgt definiert werden: Moshärte 2.0 – 3.0; Dichte 1.04 – 1.10; Schmelzpunkt 200 – 380 Grad Celsius; Refraktionsindex 1.5 – 1.5 (POINAR 1992). Die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Bernstein können in der Regel experimentell durch unterschiedliche Methoden untersucht werden, wie die Infrarot-Spektroskopie oder der Pyrolyse-Gas-Chromatographie. In der Wissenschaft gehen Experimente meist induktiv vor, wobei im Vorfeld die zu untersuchenden Elemente isoliert und Hypothesen gebildet werden. Vereinfacht dargestellt werden aus Hypothesen Einzelfälle abgeleitet und durch Experimente überprüft. Der Versuch muss hierbei reproduzierbar sein, was meist durch einen Vergleich mit anderen, durch die Hypothese erfassten und experimentell untersuchten Fällen gewährleistet wird. Wenn die Ergebnisse aller Experimente die Hypothese bestätigen, kann diese ggf. den Rang einer Theorie erlangen. Im Schulkontext wird synonym für „Experiment“ in der Regel der Begriff „Versuch“ verwendet, um auszudrücken, dass der Schulversuch sich von dem wissenschaftlichen Experiment unterscheidet. Schulversuche werden meist einfach gehalten und der Ablauf der Hypothesenbildung bis zur Erkenntnisformulierung wird verkürzt. Stattdessen stehen Aspekte, wie Durchschaubarkeit, Klarheit der Ergebnisse, angemessener Zeitbedarf,

geringer Aufwand (z.B. in Bezug auf Material und Methoden) etc. im Vordergrund (KILLER-MANN et al. 2011, 147).

Didaktisch haben Schulversuche durch ihre sehr anspruchsvolle fachgerechte Arbeitsweise einen hohen Stellenwert, denn der Schüler oder die Schülerin muss die Versuche fachgerecht aufbauen und durchführen, beobachten, beurteilen, schlussfolgern, vergleichen, beschreiben, protokollieren, zeichnen etc. Hierdurch bekommen die Schüler einen Einblick in die Methoden der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (Induktion). Experimentieren schafft darüber hinaus durch seinen direkten Objektbezug einen hohen Veranschaulichungsgrad, regt die Schüleraktivität an und fördert die Selbstständigkeit. Hierdurch wird das Interesse an biologischen Sachverhalten gefördert (vgl. LÖWE 1992) und die Lerneffektivität gesteigert, was zahlreiche Untersuchungen empirisch belegt haben (z.B. FÜLLER 1992).

Eine Untersuchung von Bernstein im Schulkontext fängt in erster Linie mit der Untersuchung des fossilen Harzes an.

Baltischer Bernstein wird häufig an Küstenbereichen der Ost- und Nordsee gefunden, da er über das Meer, vor allem nach Stürmen, bei denen Bernsteine aus dem Sediment ausgespült werden, an die Küste angeschwemmt wird. Dass Bernstein über das Meereswasser an die Ufer und Strände angespült werden kann, liegt an seiner Dichte. Diese kann leicht bestimmt werden, indem die Masse und das Volumen von Bernstein ermittelt werden. Hierfür wird ein  $1 \text{ cm}^3$  großer Bernsteinwürfel ausgemessen, ausgesägt und dann ausgewogen.

Um die Dichte zu errechnen ist folgende Formel relevant:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{1,05 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3}$$

$$\rho(\text{Bernstein}) = 1,05 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Die Dichte einer 10% NaCl Lösung beträgt ca.  $1,071 \text{ g/cm}$ . Demzufolge würde Bernstein in einer 10-prozentigen Salzlösung schwimmen. Mit einem Salzgehalt von ca. 4% ist die Dichte von Meereswasser geringer, weshalb die meisten Bernsteine auf Meereswasser zwar nicht treiben, aber durch Wasserbewegung, die beispielsweise bei Stürmen besteht, leichter ausgespült werden und somit an die Strände der Ostsee gelangen. Darüber hinaus ist Bernstein brennbar.

Diese beiden Eigenschaften, „Auftrieb in Salzwasser“ und „Brennbarkeit“ von Bernstein können mit einfachen Mitteln experimentell erforscht werden und eignen sich vor allem für die Unter- und Mittelstufe. Hierfür werden sowohl die zu erforschenden physikalischen Eigenschaften inhaltlich vereinfacht, als auch die Arbeitsweise. So wird beispielsweise die Methode der Pyrolyse, mit der die chemischen-physikalischen Bestandteile von Bernstein ergründet werden können (LÜHR 2004), für die Mittelstufe durch eine einfache Verbrennung eines Rohbernsteins ersetzt, da es hier nicht relevant ist, woraus Bernstein genau zusammengesetzt ist, sondern vor allem dass er überhaupt brennbar ist. Der freigesetzte, aromatisch-harzige Duft, der bei der Verbrennung von Bernstein entsteht, gilt wiederum für die Schüler als Indiz, dass es sich bei Bernstein um fossiles Harz handelt.

#### **3.5.2.2. Die Entstehung von Bernstein**

Der Entstehungsprozess von Baltischem Bernstein ist zwar ein komplexer Vorgang, doch er kann von der Schülerschaft durch entsprechende strukturelle Reduktion bzw. inhaltliche Vereinfachung auf wesentliche Aspekte gut genutzt werden, um sich Wissen über den Ursprung, Alter und Entstehungsprozess des (Baltischen) Bernsteins anzueignen. Kenntnisse über Fossilien, deren Bedeutung für die Evolutionstheorie, sowie Fossilentstehung werden als Kompetenzerwartung bis zum Ende der Sekundarstufe I in Gymnasien und Gesamtschulen bzw. bis zum Ende der Jahrgangsstufe 10 in Realschulen (SCHULMINISTERIUM NRW 2008) beschrieben. Das Thema „Den Fossilien auf der Spur“ mit der stammesgeschichtlichen Entwicklung von Wirbeltieren, sowie den Inhaltsfeldern Erdzeitalter und Datierungsmethoden wird in einigen Schulen, die am Bernsteinworkshop teilgenommen haben beispielsweise bereits in der Jahrgangsstufe 7 behandelt. Im Laufe der Mittelstufe müssten viele Schüler bereits mit den Grundprinzipien von Fossilentstehung in Kontakt gekommen sein. Faktoren, wie Zeit, Druck und ggf. sogar Temperatur, die bei der Fossilentstehung eine Rolle spielen, können für die Behandlung des Themas „Bernsteinentstehung“ gleichermaßen genutzt werden.

#### **Die Veranschaulichung der Zeitdimensionen**

Die Schülerinnen und Schüler werden während des Workshops mit 40-50 Millionen Jahre altem Baltischem Bernstein, sowie seiner Genese konfrontiert. Diese enormen Zeitdimensionen müssen den Schülern allerdings erst so gut wie möglich begreiflich gemacht werden.

Im Gegensatz zu Erwachsenen haben Kinder und Jugendliche gänzlich andere Vorstellungen von räumlichen und zeitlichen Dimensionen. Das liegt daran, dass Kinder Ereignisse nicht in

einer Zeitachse einordnen, sondern mit emotionalen Erlebnissen in Beziehung setzen, wie bereits Untersuchungen von HUG (1980) gezeigt haben. Selbst relativ kurze Zeiteinheiten, wie die regelmäßig wiederkehrenden Jahreszeiten, werden Kindern erst zwischen dem 8. und 12. Lebensjahr bewusst. Zwar werden längere Zeiteinheiten bildlich umschrieben (z.B. „Wenn ich mal groß bin“) und personalisiert wahrgenommen, doch Zeitalter, die über den persönlichen Erfahrungsschatz des Kindes bzw. Jugendlichen hinaus gehen, sowie Jahrhunderte oder gar Jahrtausende bleiben überwiegend inhaltsleere Begriffe (vgl. HUG 1980, 71). Anscheinend entwickelt sich erst in der Jugendphase nach der Klasse 11, also im Alter von ca. 16-17 Jahren, ein abstrakteres und umfassenderes Vorstellungsvermögen von Zeit, das ähnlich dem eines Erwachsenen ist (BIRKENHAUER 1986, 1999).

Zeitdimensionen, die Millionen von Jahre umfassen, müssen den Schülervorstellungen entsprechend angepasst und bildhaft ausgelegt sein, um so gut wie möglich veranschaulicht zu werden. Wenn also Bernstein im Schulkontext behandelt wird, müssen Schülerinnen und Schüler für die Zeitdimension, die für die Bernsteingenesen von Nöten ist, sensibilisiert werden, um zu verstehen, dass es sich bei den eingebetteten Inkluden um uralte, prähistorische Fossilien handelt, selbst wenn sie den heutigen Vertretern täuschend ähnlich sind.

#### **3.5.2.3. Bestimmung von ausgewählten Inkluden des Baltischen Bernsteins**

Kenn- und Bestimmungsübungen zielen darauf ab, Formen- und Artenkenntnisse zu sichern und zu erweitern und basieren auf den Arbeitsweisen des Beobachtens, Vergleichens und Untersuchens. Darüber hinaus regen Bestimmungsübungen zum genauen Hinsehen und sorgfältigen Arbeiten an, und durch die Verwendung von Lebewesen im Original, wie hier den 40-50 Millionen Jahre alten Inkluden des Baltischen Bernsteins, wird Freude und Interesse an der Natur und ihren Lebewesen geweckt. (vgl. KILLERMANN et al. 2011, 142).

Für die Bestimmung von Arthropoden des Baltischen Bernsteins gibt es gute Literatur mit einfachen dichotomen Bestimmungsschlüsseln, die es selbst unerfahrenen Schülern ermöglicht mit einfachen Mitteln eine Bestimmung der Ordnungs- und ggf. Familienzugehörigkeit der fossilen Inkluden durchzuführen (z.B. ROSS 1998, bzw. modifizierter Bestimmungsschlüssel in Anhang II). Durch die Bestimmung von tierischen Inkluden, bei denen es sich vor allem um kleinere Insekten und Spinnen handelt, werden den Schülern Aspekte von Arten- und Formkunde vermittelt.

Aspekte der Formenkenntnis werden im Biologieunterricht seit einiger Zeit als relevante Sachverhalte angesehen (MAYER 1992, 1994, 1995, MAYER & HORN 1993), und formenkundliche Inhalte lassen sich nach GERHARDT-DIRCKSEN (1995) gut in Bereiche, wie Angewandte Biologie, Evolutionsbiologie, Verhaltensbiologie und Ökologie einbinden. Dass auch Insektenkunde wieder mehr im Fokus von aktuellem Biologieunterricht steht, zeigt beispielsweise der momentan im Biologieunterricht häufig genutzte BBC Dokumentarfilm *Alien Empire. Das Reich der Insekten* (2001), der die Welt der Insekten in wundervoll gefilmten Nahaufnahmen darstellt. Am Gymnasium werden verschiedene Ökosysteme beispielsweise in der Klasse 8 mit Themen, wie „Erkundung und Beschreibung eines Biotops (Ökosystem Wald)“ unter Einbezug insektenkundlicher Aspekte behandelt, wie es bei einer der Schülerlaborklassen der Fall war (Lehrplan des FREIHERR VON STEIN GYMNASIUMS Rösrath). Auch im Rahmen der Kernlehrpläne für Haupt- und Realschulen wird die „Kenntnis verschiedener Lebewesen in ihrem Lebensraum mit spezifischen Merkmalen, Eigenschaften und Abhängigkeiten [als] Voraussetzung für ein Verständnis einfacher ökologischer Zusammenhänge“ gesehen (SCHULMINISTERIUM NRW 2011 b).

Die im Bernstein eingeschlossenen Fossilien bieten einen besonderen Zugang zu Formenkunde und Ökologie, da die Schüler einen Einblick in vergangene Lebensräume und Lebensgemeinschaften bekommen. Die Allgemeinheit der in Bernstein konservierten Lebewesen kann als eine Grabgemeinschaft betrachtet werden, die viel Informationen über die früheren Lebensgemeinschaften (Paläobiozönose) enthält. So sind beispielsweise fossile Insekten des Baltischen Bernsteins ihren heutigen Vertretern auf den ersten Blick sehr ähnlich. Die im Baltischen Bernstein nachgewiesenen fossilen Insekten gehören fast ausschließlich noch heute existierenden Ordnungen, Familien und in vielen Fällen auch Gattungen an. Nur auf Artenebene unterscheiden sich die eozänen Inkluden von der heutigen Fauna. Eine Ausnahme bildet die im Bernstein erstmals nachgewiesene Ordnung Mantophasmatodea (KLASS et al. 2002, ZOMPRO et al. 2002).

Durch die Vielfalt der fossilen Bernstein-Inkluden können durch den Vergleich mit heutigen Verwandten Rekonstruktionen ehemaliger Lebensräume durchgeführt werden. Dieses geschieht mit Hilfe des Aktualitätsprinzips, bei dem Eigenschaften von heutigen Vertretern auf die verwandten Inkluden aus dem Eozän übertragen werden. Haben die Schüler die Inkluse bestimmt, können sie Informationen über die Lebensweise und den Lebensraum der rezenten Vertreter anwenden, um den Lebensraum und die Lebensgemeinschaften des eozänen Bernsteinwaldes zu rekonstruieren.



#### **3.5.2.4. Evolutionsbiologische Aspekte**

Die fossilen Inkluden von Insekten, Krebstieren oder Spinnen des Baltischen Bernsteins stellen gewiss kein klassisches Material dar, um Thesen der Evolution zu veranschaulichen, wie es beispielsweise bei Wirbeltieren der Fall ist. Darüber hinaus liefern sie keine Belege für Evolutionsprozesse und schließen sicher keine „missing links“ bzw. Leitfossilien ein, die der Evolutionsbiologie neue Erkenntnisse liefern. Gleichwohl können durch Bernstein-Inkluden andere Aspekte der Evolution behandelt werden, die normalerweise im Schulunterricht vernachlässigt werden. Bei einem Vergleich der eozänen Arthropoden-Inkluden mit ihren heutigen Vertretern wird schnell deutlich, dass sich die fossilen Inkluden nur wenig von den heutigen nächsten Verwandten unterscheiden. ULMER (1912) erwähnt, dass man bei der Betrachtung der Köcherfliegen des Baltischen Bernsteins annehmen könne, eine bisher noch unbekannte, rezente Fauna vor sich zu haben. Der Autor betont jedoch auch, dass keine rezenten Köcherfliegenarten im Bernstein zu finden sind und rund die Hälfte der Köcherfliegengattungen heute nicht mehr existieren. Auch bei den meisten anderen Inkluden des Baltischen Bernsteins kann eine ähnliche Beobachtung gemacht werden. Die Tatsache, dass sich beispielsweise die Wasserinsekten des Baltischen Bernsteins in den letzten 40 bis 50 Millionen Jahren auf den ersten Blick anscheinend kaum verändert haben, kann im Schulkontext so genutzt werden, dass den Schülern verdeutlicht wird, dass es bei unterschiedlichen Tiergruppen verschiedene „Dynamiken“ gibt, was den Evolutionsprozess angeht. Wenn man die Evolution der Insekten vom Eozän bis heute beispielsweise mit der Evolution von Säugetieren (z.B. die Evolution der Pferde oder Wale) vergleicht, wird der Unterschied verschiedener „Evolutionsdynamiken“ besonders veranschaulicht.

Das Thema Evolution wird in der Schule erst in der Mittelstufe angesprochen, sodass die Schüler bis Ende der Jahrgangsstufe 6 lediglich den Anpassungsbegriff von ausgewählten Tier- und Pflanzenarten an ihren Lebensraum behandelt haben. Dieser Begriff der Angepasstheit kann ab der Klasse 7 wieder aufgegriffen und vertieft werden. Dieses wird häufig anhand von klassischen Brückentieren, wie dem Archäopteryx, sowie lebenden Fossilien behandelt. Als prozessbezogene Kompetenzen werden hier beispielsweise genannt: Die Schülerinnen und Schüler....

- analysieren Ähnlichkeiten und Unterschiede durch kriteriengeleitetes Vergleichen u.a. bezgl. Anatomie und Morphologie von Organismen.
- nutzen Modelle und Modellvorstellungen zur Analyse von Wechselwirkungen, Bearbeitung, Erklärung und Beurteilung biologischer Fragestellungen und Zusammenhänge.

- beurteilen die Anwendbarkeit eines Modells

(SCHULMINISTERIUM NRW 2013, KLP Gymnasium Sek. I, 17)

Als obligatorische, schulinterne Konkretisierung wird an dieser Stelle die Erstellung von Stammbäumen genannt. Fakultative Konkretisierungen sind beispielsweise Modellversuche mit Gips zur Fossilentstehung (SCHULMINISTERIUM NRW 2008, 20). Bis zum Ende der Jahrgangsstufe 9 sollen die Schüler Fossilien als Belege für Evolution benennen und am Beispiel von Mutation und Selektion Beispiele von Evolutionsmechanismen erläutern können (31).

Erst in der Oberstufe erfolgt eine vertiefte Auseinandersetzung evolutionsbiologischer Themen und die Aneignung von Basiskompetenzen über Fitness, Divergenz, Konvergenz, Coevolution, Adaptive Radiation, Artbildung und Phylogenese (SCHULMINISTERIUM NRW 2013, 34).

Für die Unter- und Mittelstufe kann eine Einbettung von Aspekten der Evolutionslehre im Bernsteinworkshop allerdings dazu dienen, die Schülervorstellungen und Vorkenntnisse zum Thema Evolution zu erfassen, sowie auf unterschiedlichen Evolutionsdynamiken verschiedener Tiergruppen aufmerksam zu machen.

#### **3.6. Methodische Reflexion: Materialien und Methoden des *Bernsteinworkshops***

Nach einer kurzen experimentellen Einführung in die physikalischen Eigenschaften des fossilen Harzes, werden die für den Workshop ausgewählten Inkluden von den Schülerinnen und Schülern mit Hilfe von Bestimmungskarten, sowie eines leichten dichotomen Bestimmungsschlüssels identifiziert. Die Schüler haben durch die Untersuchung und Identifizierung der Organismen des Baltischen Bernsteins die Möglichkeit, eine Szene aus dem eozänen Bernsteinwald zu entschlüsseln.

Bei einem Vergleich der damaligen Organismen mit ihren heutigen Verwandten können Teilaspekte aus den Bereichen Evolution, Formenkunde, Ökologie, Biogeographie und Kontinentaldrift bzw. Plattentektonik behandelt werden. Je nach Schulstufe können hier unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt werden. Dadurch, dass die Voraussetzungen und Jahrgangsstufen der teilnehmenden Schülergruppen bis kurz vor ihrem Schülerlaborbesuch unbekannt waren, wurden die Inhalte und Methoden des Bernsteinworkshops so konzipiert, dass er flexibel auf die unterschiedlichen Schülervoraussetzungen eingehen kann.

#### **3.6.1. Sozialformen – Lernen an Stationen**

Die Erarbeitung der verschiedenen Inhalte des Workshops ist als Lernen an Stationen ausgelegt. Im Fokus steht hier, wie auch bei anderen offenen Unterrichtsformen, die Aneignung von Wissen und nicht die Wissensvermittlung. Hierfür werden den Schülern zahlreiche Arbeitsmaterialien zur Verfügung gestellt, die möglichst vielfältig gestaltet sind und den Schülerinnen und Schülern ein selbstbestimmtes Arbeiten ermöglichen. Das übergeordnete Thema, hier das Thema „Bernstein mit seinen Inkluden“, wird in Teilthemen unterteilt und die Lerninhalte werden auf verschiedene Stationen aufgeteilt. Die Stationen werden räumlich als Lerninseln angelegt, sodass jede Schülergruppe geschlossen an einer Station arbeiten kann. An den jeweiligen Stationen werden schriftliche Arbeitsaufträge bzw. Stationsportfolios sowie Lernmaterialien hinterlegt, „die zur handelnden Auseinandersetzung anregen und mit denen [die Schülerinnen und Schüler] die Aufgaben selbständig lösen können.“ (KILLERMANN et al. 2011, 206).

Für das Lernen an Stationen arbeiten die Schüler während des Bernsteinworkshops, je nach Gruppengröße, in Paaren oder Kleingruppen, bestehend aus drei bis fünf Schülern. Jede Schülergruppe setzt sich an einen Stationstisch, der mit einer Ziffer (1-6) gekennzeichnet ist und arbeitet sich nach beliebiger Reihenfolge durch die verschiedenen Stationen. Jede der sechs entwickelten Stationen beinhaltet unterschiedliche Themenschwerpunkte und Inhalte, wobei Stationen drei und vier identisch sind, um sicher zu stellen, dass jede Gruppe diese Station behandelt und nicht überspringt. Die Stationen sind so gestaltet, dass sie unterschiedliche Arbeitsweisen fordern und unterschiedliche Sinne ansprechen. So ist die erste Station beispielsweise experimentell ausgelegt und die sechste Station sehr instruktiv, mit einem erhöhten schriftlichen Anteil, gestaltet.

In den drei zur Verfügung stehenden Zeitstunden haben die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit ca. drei bis vier Stationen zu durchlaufen. Dadurch, dass sich hieraus eine inhaltliche und zeitliche Variabilität ergibt, wird im Vorfeld vereinbart, dass jede Schülergruppe bis zum Ende des Workshops mindestens drei verschiedene Stationen erarbeitet haben muss. Jede Schülergruppe hat ein unterschiedliches Bearbeitungstempo. Es wird deshalb im Vorfeld darauf geachtet, dass es, sozusagen als didaktische Reserve, mehr Stationen als Schülergruppen gibt und dass jede Station mit ausreichenden Materialien ausgestattet ist, um einen „Leerlauf“ bzw. einen Stau an einer bestimmten Station zu vermeiden.

Die an jeder Station ausliegenden Stationsportfolios geben den Schülern instruierende Informationen über die Durchführung und beinhalten Aufgaben und Fragen, die die Schüler bear-

beiten und notieren müssen. Innerhalb der unterschiedlichen Stationen haben die Schüler die Möglichkeit die Inhalte in Kleingruppen-, Partner-, oder auch Einzelarbeit zu erarbeiten, wobei aber jeder die Ergebnisse eigenständig in sein Stationsportfolio notieren soll.

Der Bernsteinworkshop wurde als „Lernen an Stationen“ angelegt, da diese Sozialform eine hohe Themen- und Methodenvielfalt abdecken kann und unterschiedliche Herangehensweisen und Zugänge ermöglicht. Darüber hinaus kann sie flexibel auf die unterschiedlichen Lernvoraussetzungen und Arbeits- bzw. Lerntempi der Schüler(-gruppen) eingehen. Auch ein fächerübergreifendes Arbeiten ist gegeben (siehe Beschreibung zu Station 5). Die Schüler haben nicht zuletzt die Möglichkeit, eigenständig zu forschen, da sie sich ihre Zeit selbst einteilen und ihr Lerntempo selbst bestimmen. Darüber hinaus nehmen die Lerner darauf Einfluss, auf welche Weise und wie „tief“ sie die einzelnen Inhalte erarbeiten wollen. Dieses hilft auch schwächeren Schülern, die so leichter an Erfolgserlebnisse gelangen können. Gleichzeitig bietet die eigenständige Arbeitsweise auch stärkeren Schülern Gelegenheit, ihr Wissen für die Beantwortung der Fragestellungen vertiefter anzuwenden.

Die Schülerinnen und Schüler werden also angeregt biologisches Wissen selbstständig, eigenverantwortlich und lehrerunabhängig durch die Begegnung mit Baltischem Bernstein und seinen Inkluden aufzubauen und erweitern auf diese Weise ihre *Fachkompetenz*. Auch die *Methodenkompetenz* wird durch die biologische Arbeitsweise gefördert, wie z.B. bei den experimentellen Versuchen in Station 1 oder dem Umgang mit Binokularen in Station 3. Die Schüler werden dazu motiviert aktiv und nicht passiv zu sein, ihre Konzentrationsfähigkeit und Arbeitsdisziplin zu verbessern und somit ihre *Handlungskompetenz* zu fördern. Auch die *Sozialkompetenz* soll durch das gemeinsame Erarbeiten und Problemlösen gesteigert werden.

Um den unterschiedlichen Lernständen der Schüler gerecht zu werden, werden für die unterschiedlichen Stationen die Materialien so aufgearbeitet, dass sie einerseits aufsteigendes Komplexitätsniveau aufweisen (Sicherstellung der Anschlussfähigkeit, Orientierung am bereits vorhandenen Wissen und Lebensweltbezug), die Inhalte aber gleichzeitig auch so strukturiert sind, dass ein Einstieg an jeder Station möglich ist.

Für den Workshopleiter bzw. die Lehrperson ist der Arbeitsaufwand für die Materialbeschaffung und den Aufbau der Stationen im Vorfeld relativ hoch. Während der Zeit, die die Schüler an den Stationen verbringen, stellt sich für ihn lediglich die Herausforderung, auf einzelne Schülerfragen einzugehen, den Schülern Hilfestellung zu leisten, wenn sie an einer Station Probleme haben und darauf zu achten, dass jede Gruppe auch mindestens drei der sechs Stati-

### 3. Unterrichtsentwurf zum Thema Baltischer Bernstein und seine Inkluden

onen bearbeitet. Die Rolle des Workshopleiters wird erst wieder in der Reflexion der Lerninhalte bei der Ergebnissicherungsphase verstärkt aktiviert.

#### 3.6.2. Unterrichtsskizze / Verlaufsplan

<b>Zeit (Min)</b>	<b>Phase</b>	<b>Unterrichtsschritte / Unterrichtsinhalte</b>	<b>Materialien</b>	<b>Sozialform</b>
0-5	<b>Eröffnungsphase:</b> <i>Einstieg- Was ist Bernstein?</i>	Vorwissen zum Thema Bernstein wird aktiviert, indem Schüler auf einem Plakat festhalten, was Bernstein ist und woher die Schülerinnen und Schüler diesen ggf. kennen.	Plakat auf dem Tisch. Jeder Schüler schreibt auf eine Ecke	Einzelarbeit
5-8	<i>Ergebnis-Mitteilung</i>	Jede Gruppe tauscht sich zunächst miteinander aus und schreibt eine gemeinsame Antwort in die Mitte des Plakats.		Gruppenarbeit
8-10		Vorstellung der Ergebnisse jeder Gruppe.		Plenum
10-90	<b>Erste Erarbeitungsphase</b>	Arbeiten an den Stationen (jede Station nimmt ca. 40 Min. in Anspruch).	Stationsportfolios und Materialien an den verschiedenen Stationen	Lernen an Stationen: Gruppenarbeit, Partnerarbeit oder Einzelarbeit, je nach Station.
90-120	<i>Pause</i>			
120-160	<b>Zweite Erarbeitungsphase</b>	Arbeiten an den Stationen – Bearbeitung der letzten Station.	Stationsportfolios und Materialien an den verschiedenen Stationen	Lernen an Stationen: Gruppenarbeit, Partnerarbeit oder Einzelarbeit, je nach Station.
160-175	<b>Erste Ergebnissicherung</b>	Vorstellen der Ergebnisse aus den Stationsportfolios, Diskussion der Ergebnisse, Rekonstruktion des Bernsteinwaldes.	Whiteboard; Beamer, Abbildungen von bestimmten Inkluden.	Plenum
175-180	<b>Zweite Ergebnissicherung und Abschluss</b>	Schülerinnen und Schüler sollen in 2-3 Min auf das anfänglich gebrauchte Plakat aufschreiben, was sie jetzt, im Vergleich zu vorher, über Bernstein wissen bzw. gelernt haben.		Plenum

### 3.6.3. Vorgehensweise und Ablauf des Bernsteinworkshops

Jede der 6 Stationen befasst sich mit einem der im Vorfeld ausgewählten und in Kapitel 3.5 vorgestellten Aspekte. Die Stationen unterscheiden sich in mehrererlei Hinsicht voneinander: Dem *Thema*, der *Interaktionsform* (Einzelarbeit, Partnerarbeit, Gruppenarbeit) sowie den *Anforderungsbereichen* (AFB) der Aufgaben und den entsprechenden *Operatoren* (Arbeitsanweisungen). Die verschiedenen Operatoren der Aufgaben, wie z.B. Beschreiben, Protokollieren, Zusammenfassen, Vergleichen, Interpretieren, Ableiten etc. lassen sich, je nach „Anspruch“ in eine der drei unterschiedlichen Anforderungsbereiche einordnen (KMK 2004).

- **Anforderungsbereich I Reproduktion (Wissen):** Wiedergabe von erlerntem Wissen, z.B. Schaubilder beschriften, Fakten aufzählen etc.
- **Anforderungsbereich II Reorganisation/ Transfer (Verstehen):** Wissen neu angeordnet anwenden, z.B. Vergleichen, Übertragung des Gelernten auf unbekannte Inhalte etc.
- **Anforderungsbereich III Problemlösen (Anwenden):** Argumentation in größeren Zusammenhängen, z.B. Probleme lösen, Hypothesen aufstellen, Lösungswege skizzieren, Entscheidungen bewerten und begründen.

#### Thematische Übersicht der Stationen:

Nr	Überschrift	Interaktionsform	Operator	Kompetenzerwartung	Aufgabe im Stationsportfolio	AFB
1	Eigenschaften von Bernstein	Partnerarbeit	Dokumentieren	Alle notwendigen Erklärungen, Herleitungen und Skizzen zu einem Sachverhalt/Vorgang darstellen	Beobachtung und Dokumentation der Versuchsergebnisse	I
			Erklären	Strukturen, Prozesse, Zusammenhänge, usw. des Sachverhaltes erfassen und auf allgemeine Aussagen/Gesetze zurückführen	Vermutung anstellen, wie es zu den Versuchsergebnissen kommt	II
			Ableiten	Auf der Grundlage von Erkenntnissen sachgerechte Schlüsse ziehen	Auf der Basis der Versuchsergebnisse ableiten, was Bernstein ist	II
2	Zeitvorstellung	Gruppenarbeit	Bestimmen	Rechnerische, grafische oder inhaltliche Generierung eines Ergebnisses	Darstellung von 200 Mio. Jahren mit den gegebenen Hilfsmitteln	I

### 3. Unterrichtsentwurf zum Thema Baltischer Bernstein und seine Inkluden

			Benennen	Begriffe und Sachverhalte einer vorgegebenen Struktur zuordnen	Abbildungen und Zeitalter der entwickelten Zeitleiste (o.ä.) zuordnen und Unterschied zwischen verschiedenen Perioden benennen	I
3	Was gibt es im Bernstein zu sehen?	Einzelarbeit	Klassifizieren	Begriffe, Gegenstände etc. auf der Grundlage bestimmter Merkmale systematisch einteilen	Inkluden mit Hilfe eines dichotomen Bestimmungsschlüssels bestimmen	II
4			Hypothese aufstellen	Eine begründete Vermutung formulieren	Wie kommen die Inkluden in den Bernstein	III
			Hypothese aufstellen	Eine begründete Vermutung formulieren	Aktualitätsprinzip eigenständig herleiten	III
5	Wie entsteht Bernstein?	Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit	Darstellen	Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden, Ergebnisse etc. strukturiert wiedergeben	Schlüsselemente der Bernsteingenesse rekonstruieren (Abbildungen in richtige Reihenfolge bringen und beschriften)	II
6	Evolution	Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit	Ermitteln	Einen Zusammenhang oder eine Lösung finden und das Ergebnis formulieren	Vergleich: Evolution der Ameisen und Evolution der Wale	II
			Hypothese aufstellen	Eine begründete Vermutung formulieren	Begründete Vermutung über den Unterschied der Insektenevolution und Walevolution aufstellen	III

**Tabelle 7: Thematische Übersicht der Stationen des Bernsteinworkshops:**

**Kurze Beschreibung der verschiedenen Stationen, Angabe ihrer Interaktionsform, Operatoren (Arbeitsanweisungen), den jeweiligen Anforderungsbereichen (AFB), Kompetenzerwartungen (bis zum Ende der Klasse 9), sowie die damit verbundenen Kompetenzerwartungen des Bernsteinworkshops.**

Der Ablauf des Workshops untergliedert sich in mehrere Phasen: Die Eröffnungsphase, bei der Vorwissen zu Bernstein aktiviert wird, die Erarbeitungsphase, bei der die Schülerinnen und Schüler die Stationen erarbeiten und eine anschließende Klassendiskussion, bei der die einzelnen Stationen durchgesprochen und die Ergebnisse gesichert werden.

#### 3.6.3.1. Eröffnungsphase

Bereits während die Schüler den Raum betreten, werden sie dazu instruiert, sich auf die sechs aufgebauten Stationen zu verteilen, wodurch sich gleichzeitig die Arbeitsgruppen bilden (meist bestehend aus vier bis fünf Schülern, je nach Klassengröße). In diesen Kleingruppen

werden die Schüler in den nächsten Stunden zusammenarbeiten. Auf jedem Stationstisch liegt ein DIN A1 großes Plakat, an dessen vier Ecken sich je ein Schüler setzt.

Die Eröffnungsphase beginnt nach einer kurzen Begrüßung mit einem *stummen Impuls* als motivationale Maßnahme (nach BERCK 1992, GRAF 1995), bei dem ein paar Stücke Bernstein den Schülern in verschiedenen Formen (eine Bernsteinkette und Rohbernsteine) präsentiert werden, ohne dabei zu erklären oder vorweg zu nehmen, um was es sich bei den Gegenständen handelt. Natürlich wissen die Schüler, dass es sich bei dem Schülerlabortag um ein Projekt mit dem Thema Bernstein handelt, doch da Bernstein normalerweise kein Unterrichtsgegenstand ist, kennen die Schüler das fossile Harz unter Umständen nur in privatem Kontext als Schmuck oder sind ihm an der Ostsee begegnet, ohne vielleicht zu wissen, um was es sich genau handelt.

Nachdem durch Schülerbeiträge kurz geklärt wurde, dass es sich bei den gezeigten Gegenstände um Bernstein handelt und die Schülerinnen und Schüler nun zumindest wissen, wie Baltischer Bernstein in seinen verschiedenen Formen und Farben aussieht, sollen sie auf eine der Ecken des Plakats in ein bis zwei Minuten notieren, was sie alles über Bernstein wissen und woher sie diesen ggf. kennen. Es wurden keine Informationen über Bernstein oder den Inhalt des Projektes preisgegeben, weshalb ausschließlich die Erfahrungen der Schüler gefragt sind, die jeder Schüler in den Unterricht mitbringt. Diejenigen Schüler, die nichts über Bernstein wissen, werden aufgefordert dies auch zu notieren. Diese Aktivität zielt darauf ab, das ggf. vorhandene Vorwissen über Bernstein zu aktivieren. Im Anschluss an die zwei Minuten soll sich jeder Schüler die Ergebnisse der anderen Gruppenmitglieder anschauen, indem das Plakat um je eine Ecke gedreht wird, so dass die notierten Erfahrungen mit Bernstein in der Gruppe rotieren.

Wenn jeder Schüler das Ergebnis seiner anderen Gruppenmitglieder gesehen hat, werden die Schüler dazu aufgefordert ein Endergebnis zur Fragestellung „Was ist Bernstein?“ und „Woher kennt ihr Bernstein?“ auf der Mitte der Plakats zu schreiben, so dass alle Ergebnisse zu einigen Kernaussagen zusammengefasst werden können. In den darauf folgenden fünf Minuten werden alle Ergebnisse im Plenum vorgestellt und zusammengetragen.

In dieser Eröffnungsphase, soll ausschließlich das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler aktiviert und festgehalten werden, es findet aber noch keine Diskussion statt, bei der geklärt wird, was Bernstein genau ist, woher er kommt und wie alt der im Workshop behandelte Baltische Bernstein ist. Lediglich das, was die Schüler an Wissen in den Unterricht mitbringen dient als Ausgangslage für die anschließende Bearbeitung der Stationen.



#### 3.6.3.2. Erarbeitungsphasen – Lernen an Stationen

Die Schülerinnen und Schüler befinden sich bereits in ihren Arbeitsgruppen und haben sich an eine der sechs Stationen gesetzt. Es gibt insgesamt zwar sechs Stationen, doch zwei (Station 3 und 4 – die Bestimmung der Inklusen) sind hierbei identisch, um sicher zu stellen, dass jeder Schüler sich mit der Bestimmung der Bernstein-Inklusen auseinander gesetzt hat. Jede der fünf unterschiedlichen Stationen besitzt verschiedene inhaltliche und methodische Schwerpunkte.

In den nächsten 170 Minuten sollen sich die Schüler, je nach Arbeitstempo, mit drei bis vier verschiedenen Stationen auseinander gesetzt haben und ca. 40 Minuten an jeder Station verbringen. Jede Gruppe durchläuft die Stationen in einer anderen Reihenfolge und bringt demnach unterschiedliche Erfahrungen in Form von Vorwissen und gerade Gelerntem zum Thema Bernstein bei der Erarbeitung der Aufgaben mit.



**Abbildung 33: Eine Schülergruppe (7.-9. Mischklasse) im Schülerlabor. An jedem Tisch sind unterschiedliche Stationen aufgebaut.**

#### **Beschreibung von Station 1: Was ist Bernstein?**

Diese Station beschäftigt sich mit der experimentellen Untersuchung der physikalischen Eigenschaften von Bernstein. Sie umfasst zwei Versuche und eine Aufgabe, in der die Schüler Hypothesen auf der Basis der Versuchsergebnisse bilden sollen. Bei Schülern, die noch nicht wissen, was genau Bernstein ist, können die Ergebnisse der Versuche und die Diskussion am Ende der Erarbeitungsphasen dabei helfen zu ermitteln, dass es sich bei Bernstein um fossiles Baumharz handelt.

Schwerpunkt dieser Station liegt auf dem eigenständigen, experimentellen Forschen von einer (den meisten Schülern) unbekanntem Substanz. Hierbei arbeiten die Schüler fachgerecht und eigenverantwortlich. Die beiden Versuche, die in Station eins zum Thema „Auftrieb / Dichte“ und „Brennbarkeit“ von Bernstein durchgeführt werden sind sehr unkompliziert und kostengünstig im Materialaufwand und einfach in der Beschaffung sowie in der Durchführung.

Bei der Wahl der Sozialform bietet sich Partnerarbeit an, bei der sich die Schülerinnen und Schüler in den Kleingruppen selbstständig mit einem Lernpartner zusammensetzen (in Ausnahmefällen, d.h. bei einer ungeraden Schülerzahl in der Arbeitsgruppe können auch drei Schüler zusammenarbeiten).

#### 1. Versuch: Ist Bernstein ein Stein?

Materialien:

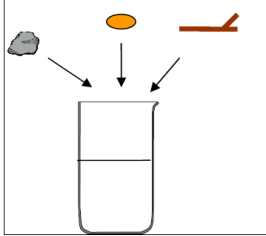
Glas mit Leitungswasser, Gefäß mit Kochsalz, einen Löffel oder einen vergleichbaren Gegenstand zum Umrühren, ein ca. 2 cm großes Stück Holz, einen Stein, ein Stück Rohbernstein

In diesem kurzen Versuch sollen die Schüler herausfinden, welche der auf dem Arbeitsplatz befindlichen Gegenstände (ein Stein, ein Stück Rohbernstein und ein Stück Holz) im Leitungswasser und im Salzwasser schwimmen. Hierfür werden die Gegenstände erst in ein Gefäß mit Leitungswasser gelegt. Die Schüler sollen beobachten und in ihrem Stationsportfolio (siehe Abb. 34) notieren, welche Gegenstände auf der Wasseroberfläche schwimmen und welche sinken. Im Anschluss wird eine Kochsalzlösung angefertigt, indem die Schüler das zur Verfügung gestellte Salz in dem Leitungswasser auflösen. Es wird erneut beobachtet und notiert, was passiert. Wenn die Schüler eine gesättigte Salzlösung angefertigt haben, schwimmt der Bernstein in der Regel an der Wasseroberfläche. Im Anschluss an den Versuch sollen die Schüler begründen, warum der Bernstein in der Kochsalzlösung an der Wasseroberfläche schwimmt, im Leitungswasser aber nicht.

**Versuch 1: Ist Bernstein ein Stein?**

**Materialien:**  
Glas mit Leitungswasser, Kochsalz, verschiedene Gegenstände (Stein, Bernstein, Stück Holz)

**1a) Versuchsbeschreibung und Durchführung:**  
In diesem Versuch sollst du herausfinden, welche Gegenstände in Leitungswasser schwimmen und welche absinken. Lege hierfür die verschiedenen Gegenstände in das Glas mit Leitungswasser.



**Beobachtung:**  
Welche Gegenstände schwimmen an der Wasseroberfläche und welche sinken auf den Boden?

Leitungswasser		
	schwimmt	sinkt auf den Boden
Stein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bernstein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stück Holz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Abbildung 34: Auszug des Stationsportfolios von Station 1: Versuch 1**

#### Versuch 2: Die Brennbarkeit von Bernstein

##### Materialien:

Eine feuerfeste und verschließbare Schale, ein Stück Rohbernstein, Feuerzeug, Kerze, Metallzange

Bei diesem Versuch haben die Schüler die Gelegenheit, ein Stück Rohbernstein auf seine Brennbarkeit zu untersuchen. Hierfür wird eine feuerfeste, verschließbare Schale (mit Deckel) bereit gelegt, sowie Feuerzeug, Kerze, Zange und ein kleines Stück Rohbernstein. Die Schüler sollen den Bernstein mit der Zange aufnehmen, so dass er fest umschlossen ist und für ca. zwei Sekunden in die Kerzenflamme halten. Sobald der Bernstein Feuer fängt, soll er in das Glas gelegt werden. Das Glas wird mit dem Deckel sofort verschlossen, so dass der Rauch des angezündeten Bernsteins für die „Schnupperprobe“ im Glas bleibt. Schließlich sollen die Schüler langsam den Deckel lüften und vorsichtig an dem Rauch riechen. Im Stationsportfolio

### 3. Unterrichtsentwurf zum Thema Baltischer Bernstein und seine Inkluden

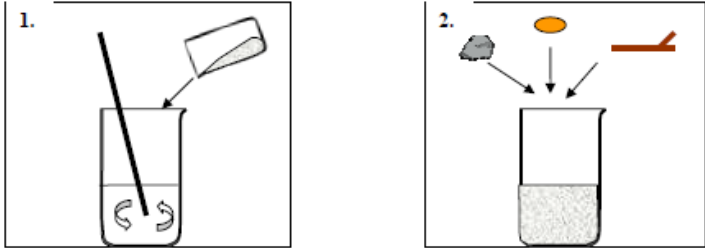
soll notiert werden, wonach der Bernsteinrauch riecht und ob der Rauch die Schüler an etwas Bestimmtes erinnert.

**1b) Versuchsbeschreibung:**

In diesem Teil des Versuchs wollen wir herausfinden, ob die Gegenstände auch in Salzwasser schwimmen oder absinken. Hierfür musst du den Bernstein, den Stein und das Stück Holz aus dem Glas mit Leitungswasser fischen und auf das Blatt Papier legen.

**Durchführung:**

1. Fertige eine Salzlösung an: Hierfür schüttest du das Kochsalz in das Leitungswasser und rührst so lange, bis das Salz sich aufgelöst hat.
2. Lege nun die Gegenstände wieder ins Wasser und beobachte was passiert.



**Beobachtung:** Welche Gegenstände schwimmen an der Wasseroberfläche und welche sinken auf den Boden?

Salzwasser		
	schwimmt	sinkt auf den Boden
Stein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bernstein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stück Holz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Vermutung:**

Woran könnte es deiner Meinung nach liegen, dass manche Gegenstände im Salzwasser schwimmen, im Leitungswasser aber nicht?

Abbildung 35: Auszug des Stationsportfolios von Station 1: Versuch 1 „Ist Bernstein ein Stein?“

Nach den beiden Versuchen sollen die Schüler im Stationsportfolio eine Hypothese darüber formulieren, was (auf der Basis der in den Versuchen erforschten Indizien) Bernstein sein könnte bzw. woraus er bestehen könnte, welche Stoffe im Bernstein brennbar sein könnten und wie alt die Duftstoffe im Rauch sind, der von den Schülern eingeatmet wurde (Schätzung über das Alter des Baltischen Bernsteins).

**Versuch 2: Die Brennbarkeit von Bernstein**

**Materialien:**  
Sicherheitsbekleidung, Stück Bernstein, Feuerzeug, Kerze, Zange, Glas mit Deckel

**ACHTUNG: SICHERHEITSHINWEIS**  
Achte darauf, dass deine Ärmel hochgekrempelt sind und dass du (bei langen Haaren) deine Haare zusammenbindest!

**Schritt 1 - Durchführung:** Nimm ein Stück Bernstein mit der Zange auf, so dass du es fest im Griff hast und es nicht wegrutschen kann.  
Nun halte den Bernstein für ca. 2 Sekunden über die Flamme. Lege das angezündete Bernsteinstück sofort in das Glas und verschließe das Glas mit dem Deckel!

**Beobachtung 1:** Was passiert, wenn der Bernstein angezündet wird?

**Schritt 2 - Durchführung:**  
Nun nimm den Deckel ab und schnuppere **vorsichtig** an dem Rauch, indem du den Rauch mit deiner Hand zur Nase wedelst! Bitte atme den Rauch nicht direkt ein!

**Beobachtung 2:**  
Beschreibe wonach der Bernsteinrauch riecht. Woran erinnert Dich der Geruch?

**3. Hypothesen formulieren:**

Schau dir die Ergebnisse aus den Versuchen an. Was könnte Bernstein sein und woraus könnte Bernstein entstehen?

Welche Stoffe könnten im Bernstein brennbar sein

Weißt du, wie alt der Rauch ist, den du gerade eingeatmet hast? Wie alt könnte Bernstein sein? Mache eine Schätzung:

Abbildung 36: Auszug des Stationsportfolios von Station 1: Versuch 2 „Brennbarkeit von Bernstein“

**Kompetenzentwicklung (Station 1)**

Prozessbezogene Kompetenzen	Entwicklung der Kompetenzen im Bernstein-workshop
<b>Kompetenzbereich Kommunikation</b> Die Schülerinnen und Schüler...	
<b>Kompetenzbereich Kommunikation:</b> Planen, strukturieren, kommunizieren und reflektieren ihre Arbeit, auch als Team.	Bauen mit Hilfe der gegebenen Materialien die Versuche auf, führen sie selbstständig durch und reflektieren die Ergebnisse in Partnerarbeit.

Konzeptbezogene Kompetenzen (Fachwissen)	Entwicklung der Kompetenzbereiche im Bernsteinworkshop
<p><b>Gymnasium Sekundarstufe I (Kerncurriculum Chemie)</b> Stoffe aufgrund von Stoffeigenschaften (z.B. Löslichkeit, Dichte) bezüglich ihrer Verwendungsmöglichkeit bewerten.</p> <p><b>Gesamtschulen (Kerncurriculum Chemie) Umgang mit Fachwissen</b> die Größen Druck und Dichte an Beispielen erläutern und quantitativ beschreiben.</p> <p>Auftrieb sowie Schwimmen, Schweben und Sinken mit Hilfe der Eigenschaften von Flüssigkeiten, des Schweredruckes und der Dichte qualitativ erklären. (UF1)</p>	<p>Begreifen, dass die Auftriebunterschiede von Bernstein mit Dichteveränderungen des Salzwassers zusammenhängen.</p>

**Tabelle 8: Kompetenzentwicklung in Station 1, angepasst aus SCHULMINISTERIUM NRW (2008)**

#### **Beschreibung von Station 2 – Zeitvorstellung**

Materialien:

Kreppband, Maßband, Schere, Textmarker, sowie Karten und Abbildungen verschiedener erdgeschichtlicher Abläufe und Ereignisse, kurzer bildsequentieller Abriss der menschlichen Evolution der letzten 2 Millionen Jahre

Bei dieser Station geht es darum, dass die Schüler sich 200 Millionen Jahre veranschaulichen können. Da ein abstraktes Zeitvermögen und die Vorstellung größerer Zeitdimensionen bei Jugendlichen erst mit ca. 16 Jahren vollkommen entwickelt ist, und jüngere Kinder ein sehr bildhaftes Zeitvorstellungsvermögen haben, bei dem die Zeiträume, wie 40-50 Millionen Jahre oder selbst hunderte von Jahren weitgehend bedeutungslos bleiben (vgl. Kapitel 3.5.2.2.) ist eine Veranschaulichung der enormen Zeitdimensionen, mit denen im Bernsteinworkshop gearbeitet wird, wichtig.

Mit den gegebenen Materialien sollen die Schüler in einer offenen Fragestellung (siehe Abb. 37) 200 Mio. Jahre darstellen. Hierbei ist es den Schülern überlassen, in welcher Form sie die Zeitdimensionen darstellen, beispielsweise als Zeitleiste. Die Ergebnisse werden dann wieder im Portfolio dokumentiert, also etwa bezogen auf die Länge der Zeitleiste.

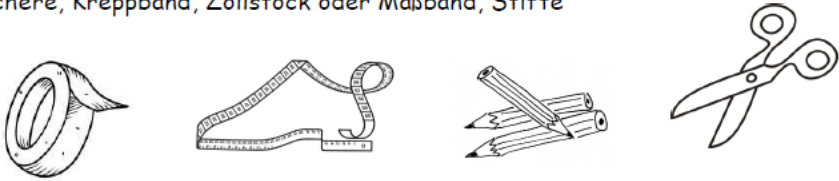
<b>Bernsteinworkshop: 28.06.2013</b> <b>Station 2: Zeitvorstellung</b>	
<b>Dein Name:</b>	<b>Alter / Schulklasse:</b>
<b>Welche Stationen hast du bereits gemacht:</b>	
<b>Startzeit:</b>	<b>Endzeit:</b>
<b><u>Beschreibung:</u></b> Kannst du dir vorstellen, wie viel 200 Millionen Jahre sind? In dieser Übung geht es darum, dass du dir 200 Millionen Jahre veranschaulichst und einen Überblick über verschiedene Erdzeitalter bekommst.	
<b><u>Aufgabe 1:</u></b> Stelle mit Hilfe der dir zur Verfügung stehenden Materialien 200 Millionen Jahre dar.	
<b><u>Materialien:</u></b> Schere, Kreppband, Zollstock oder Maßband, Stifte	
	

Abbildung 37: Auszug des Stationsportfolios von Station 2: Zeitvorstellung

Wenn die Schüler die Aufgabe erledigt haben und z.B. einen Zeitstrahl einer bestimmten Länge entwickelt haben, sollen sie in Aufgabe 2 die Karten und Abbildungen erdgeschichtlicher Epochen, Kontinentalverschiebung und erdgeschichtliche Ereignisse, sowie die verschiedenen Abbildungen der Hominidenevolution in ihre Zeitskala zuordnen (siehe Abb. 40).

In Aufgabe 3 sollen die Schüler eine leichte rechnerische Aufgabe erledigen, in der sie ermitteln, wie sie ihre Veranschaulichung ändern müssten, um die 4,6 Milliarden Jahre der gesamten Erdgeschichte darstellen zu können. Wenn die Schüler also eine 2 m Skala entwickelt haben, auf der sie die 200 Mio. Jahre dargestellt haben (1cm=1 Mio. Jahre), dann müsste folglich die Zeitleiste auf 46 m erweitert werden, damit 4,6 Milliarden Jahre der Erdgeschichte erfasst werden können.

### 3. Unterrichtsentwurf zum Thema Baltischer Bernstein und seine Inkluden



Abbildung 38: Oben: Von einer Schülergruppe entwickelte 2m Zeitleiste. Unten: Details von zugeordneten Bildern der Evolution des Menschen



Abbildung 39: Teil einer von einer Schülergruppe entwickelte 6m Zeitleiste, die durch das gesamte Schülerlabor führte.



### 3. Unterrichtsentwurf zum Thema Baltischer Bernstein und seine Inkluden

---

Durch die Zuordnung der Bilder zur Evolution der Menschen, die sich bei der oben angegebenen Zeitskala in den letzten 4 cm der Darstellung abspielt sowie dem Vergleich mit der Dinosaurierära der Jura (vor 201 – 145 Millionen Jahren) und Kreidezeit (vor 145-66 Mio. Jahre) bis zum kreidezeitlichen Massensterben vor ca. 66 Mio. Jahren (was ca. 1,20 m auf der Zeitskala einnimmt) haben die Schüler die Möglichkeit sich die Kurzweiligkeit der Menschen auf der Erde zu veranschaulichen. Die Darstellung und Veränderung der Kontinentalplatten der Erde vor 200, 120, 90, 50, 20 Mio. Jahren und heute hingegen soll den Schülern die konstante Veränderung der Erdoberfläche verdeutlichen. In der letzten Aufgabe des Stationsportfolios sollen die Schüler sich die Erde vor 90 Mio. Jahren anschauen und beschreiben, wie Europa und Nord Amerika vor 90 Mio. Jahren und vor 50 Mio. Jahren aussahen und was sich in Bezug auf unsere heutige Erdoberfläche verändert hat.

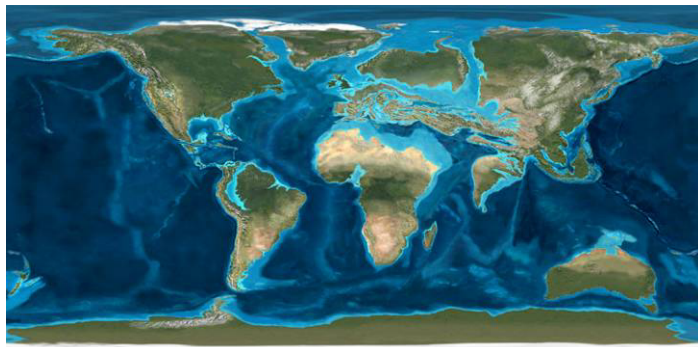


Die Erde vor ca. 200 Mio. Jahren

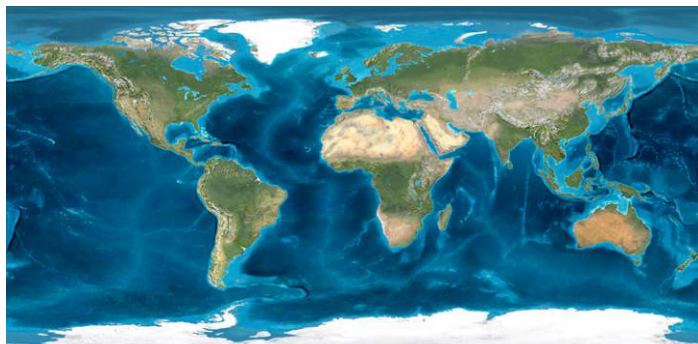


Die Erde vor ca. 90 Mio. Jahren

### 3. Unterrichtsentwurf zum Thema Baltischer Bernstein und seine Inkluden



Die Erde vor ca. 50 Mio. Jahren



Die Erde heute

Abbildung 40: Karten mit den Darstellungen der Erde in verschiedenen erdgeschichtlichen Epochen (BLAKEY 2013)

Konzeptbezogene Kompetenzen (Fachwissen)	Entwicklung der Kompetenzen im Bernsteinworkshop
<b>Bis zum Ende der Jahrgangsstufe 9 Die Schülerinnen und Schüler..</b>	
Veranschaulichen Daten angemessen mit sprachlichen, mathematischen und bildlichen Gestaltungsmitteln	<p>Veranschaulichen die letzten 200 Mio. Jahre in einer Zeitleiste (o.ä.)</p> <p>Begreifen, dass die Erde sich ständig verändert (Plattentektonik, Fauna und Flora)</p> <p>Stellen anhand einer Zeitleiste o.ä. die die Ära der Dinosaurier, im Vergleich dazu die Ära der Menschen sowie konstante plattentektonische Veränderungen dar</p>
Prozessbezogene Kompetenzen	Entwicklung der Kompetenzen im Bernsteinworkshop
	Machen auf die kurze Lebensspanne der Menschen (vor allem im Vergleich zur gesamten Erdgeschichte bzw. der Dinosaurierära) aufmerksam.

Tabelle 9: Kompetenzentwicklung in Station 2, angepasst aus SCHULMINISTERIUM NRW (2008)

#### **Beschreibung von Station 3 und 4 – Was kann man im Bernstein sehen?**

##### Material:

Ausgewählte Inkluden des Baltischen Bernsteins, Binokular, dichotomer Bestimmungsschlüssel (siehe Anhang II), Bestimmungskarten, die auf der einen Seite eine Abbildung heutiger Organismen und auf der anderen Seite eine Beschreibung zu Lebensraum und Lebensweise enthält.



**Abbildung 41: Schüler untersucht Bernstein-Inkluse unter dem Binokular. Foto: C. Stiehm**

Die Schüler sollen bei dieser Station ausgewählte Inkluden des Baltischen Bernsteins mit Hilfe eines Binokulars, eines modifizierten, dichotomen Bestimmungsschlüssels, sowie mit den für den Bernsteinworkshop angefertigten Bestimmungskarten identifizieren. Im Stationsportfolio steht eine kurze Anleitung zur Verwendung von Binokularen, die die Schüler durchlesen sollen, bevor sie mit der Bestimmung beginnen. Binokulare sind, im Gegensatz zu Mikroskopen, einfach und fast selbsterklärend zu handhaben, da sie einen kontinuierlichen Vergrößerungswechsel haben. Dennoch sollte der Workshopleiter bei dieser Station darauf achten, dass jeder Schüler in der Lage ist, sein Objekt scharf zu stellen, da das Okular

manchmal verstellt sein kann, was eine Scharfstellung erschwert. Da das Bild der Inkluse dreidimensional ist und eine große Tiefenschärfe besitzt, können die Bernsteine nach Belieben gedreht werden, um eine Ansicht von allen Seiten zu ermöglichen. Dieses erleichtert die Bestimmung der Inkluse, für die die Schüler z.B. die Flügeladerung der Diptera untersuchen müssen.

##### **Termiten**

**Termiten** sind eine staatenbildende, in warmen Erdregionen vorkommende Insekten, die zu den Fluginsekten gehören. Rund 2800 Arten sind bekannt. In der Regel werden Termiten zwischen 2 und 20 mm lang. Wie bei anderen, staatenbildenden Insekten (z.B. Ameisen oder Bienen) gibt es in einem Termitenstaat verschiedene ‚Klassen‘ bzw. Kasten: Eier-Legende Königinnen, verteidigende Soldaten und fleißige Arbeiter, die sich um Nahrungsbeschaffung und Koloniebau kümmern. Die Geschlechtstiere (geschlechtsreife ‚Königin‘ und ‚König‘, die einen Staat gründen) tragen Flügel, während Arbeiter und Soldaten flügellos sind (siehe Abbildung).

**Lebensraum/ Lebensweise:** Termiten kommen ausschließlich in warmen Regionen und vor allem in afrikanischen, südamerikanischen und fernöstlichen Tropenwäldern vor. Sie ernähren sich bevorzugt von organischem Material wie Holz, Humus oder Gras.





#### **Trauermücken**

**Allgemeines:** Die Trauermücken sind eine Familie der Zweiflügler (Diptera: Fliegen und Mücken) und gehören zur Unterordnung der Mücken. Weltweit sind etwa 1.800 Arten beschrieben, was aber vermutlich nur ein Bruchteil der Gesamtartenzahl ist. In Europa sind mehr als 600 Arten bekannt. Trauermücken erreichen eine Körperlänge von 1-7 mm. Sie haben charakteristisch dunkle Flügel, auf denen sich die Mittelader glockenförmig aufteilt (siehe rot markierte Flügelader auf der Abbildung) Wie die meisten Mücken haben sie lange Beine und 8- bis 16-gliedrige Fühler.

**Lebensraum:** Die Trauermücken sind weltweit verbreitet. Sie besiedeln auch extreme Lebensräume weit nördlich bzw. südlich der Polarkreise. Die meisten Arten findet man aber in feuchten Habitaten wie Wäldern, Mooren, Feuchtwiesen, auf Weiden, Feldern. Dort leben sie versteckt in Laub und Pflanzen.

**Abbildung 42:** Beispiel von zwei Bestimmungskarten (Termiten, Zuckmücken). Vorderseite mit Abbildung; Rückseite mit Lebensraumbeschreibung. Quelltext der Angaben zusammengefasst aus: STICHMANN & KRETZSCHMAR 2006; Foto Sciaridae: L. Marx



**Abbildung 43:** Arbeitsplatz der Station 3 während eines Bernsteinworkshops

Die insgesamt 10 verwendeten Bernsteine beinhalten unterschiedliche Ordnungen und Familien von Arthropoden (Gliederfüßer). Die Bernsteine enthalten sowohl Einzelinkluden, als auch Grabgemeinschaften verschiedener Inkluden aus teilweise verschiedenen Ordnungen und Familien.

**Folgende Arthropoden-Inkluden wurden den Schülern zur Verfügung gestellt:**

Nr.	Klasse	Ordnung / Unterordnung	Familie	Bemerkung	
1	Insekten (Insecta)	Köcherfliege (Trichoptera)		Imago Einzelne Inkluse	
				Köcher Grabgemeinschaft mit Hundertfüßer	
2		Schabe (Blattodea)		Larve Einzelne Inkluse	
3		Termite (Isoptera)		geflügeltes Geschlechtstier Einzelne Inkluse	
4				Schmetterlingsmücken Psychodidae	Imago Grabgemeinschaft mit Sciari- dae, Chironomidae und Tetragnathidae
5				Trauermücken Sciaridae	Imago Grabgemeinschaft (s.o.)
6	Zuckmücken Chironomidae			Imago Grabgemeinschaft (s.o.)	
7	Krebstiere (Crustacea)	Hundertfüßer (Myriapoda / Chilopoda)		Grabgemeinschaft mit Chironomidae und Sciaridae	
8	Spinnentiere (Arachnida)	Araneae	Salticidae Springspinnen	Einzelne Inkluse	
9		Araneae Araneae	Tetragnathidae Dickkieferspinnen	Adultes Männchen (Pedipalpen sichtbar) Grabgemeinschaft	
10			Tetragnathidae Dickkieferspinn	Exuvie einer einzelnen Inkluse	

**Tabelle 10: Liste der verwendeten Inkluden**

Jeder Schüler soll während der für diese Station zur Verfügung stehenden Zeit drei verschiedene Inkluden bestimmen. Während die beiden Spinnen-Inkluden beispielsweise anhand der auf den Bestimmungskarten angegebenen Merkmale bestimmbar sind, benötigen die Schüler für die erfolgreiche Bestimmung der Insekten den dichotomen Bestimmungsschlüssel. So erfordert beispielsweise die Identifizierung der schwer unterscheidbaren Dipteren eine Untersuchung der Flügeladerung. Auch um auszuschließen, dass die Schüler statt dem Hundertfüßer einen Tausendfüßer identifizieren, ist der Bestimmungsschlüssel nötig, um die Beinpaare pro Segment zu zählen (siehe Bestimmungsschlüssel Anhang II). Nach der erfolgreichen Be-

### 3. Unterrichtsentwurf zum Thema Baltischer Bernstein und seine Inkluden

---

stimmung notieren die Schüler im Stationsportfolio, welche Lebensräume die heutigen nächsten Verwandten der bestimmten Inkluden bewohnen. Die hierfür notwendigen Informationen befinden sich auf der Rückseite der Bestimmungskarten. Die Bestimmung der Inkluden sollen die Schüler innerhalb ihrer Gruppe erneut per Partnerarbeit durchführen, während die Dokumentation der Ergebnisse auf dem Portfolio wiederum in Einzelarbeit erfolgt.

Bernstein Nummer:	Inkluse 1 Name:
- Wie viele Beine kannst Du zählen? Achtung, die Beine können manchmal ausgerissen sein!	
- Wie viele Flügel kannst Du zählen? Achtung, die Flügel können manchmal ausgerissen sein!	
- Woran (bzw. an welchen Merkmalen) hast Du das Tier erkannt?	
- In welchem Lebensraum lebt das Tier (Umgebung, Ernährung, Temperatur etc.)?	

Abbildung 44: Auszug des Stationsportfolios von Station 3 bzw. 4

Bei der nächsten Aufgabe von Station drei und vier sollen die Schüler eine Zeichnung einer ausgewählten Inkluse mit Bleistift anfertigen, wobei besonderes Augenmerk auf die wesentlichen Merkmale der Inkluse gerichtet werden soll. Bei Zeichnungen müssen die Schüler das dreidimensionale Objekt zweidimensional auf Papier bringen. Diese Arbeitstechnik schult und regt die Denkfähigkeit und Beobachtungsfertigkeiten der Schüler an.

Die Bestimmung der Inkluse und das Betrachten des Objektes durch das Binokular ist eine nicht zu unterschätzende, wichtige Arbeitsweise. Im Zeitalter des Fernsehens, Films, Computers und anderen visuellen und akustischen Medien werden vor allem Jugendliche häufig mit Reizen bzw. Sinneswahrnehmungen überflutet. Ein ruhiges, länger andauerndes Betrachten von Naturobjekten mit einer gezielten Wahrnehmung von wenigen Reizen gehört häufig nicht mehr zu unserem Alltagsleben (vgl. KILLERMANN et al. 2011, 134). Aus diesem Grunde bedarf das Betrachten und Beobachten einer Anleitung und Übung, z.B. durch einen konkreten Arbeitsauftrag. Diese Kriterien werden bei dieser Station sowohl durch die Bestimmung der Inkluse als auch durch die Anfertigung einer Zeichnung erfüllt. Durch beide Arbeitsaufträge

### 3. Unterrichtsentwurf zum Thema Baltischer Bernstein und seine Inkluden

wird das Augenmerk der Schüler auf wesentliche Merkmale der Inkluse gelenkt, wobei ausschließlich der visuelle Wahrnehmungssinn angesprochen und der Beobachtungssinn gefördert wird.

Bei der letzten Aufgabe von Station 3 bzw. 4 werden die Schüler dazu aufgefordert eine Hypothese zu formulieren, auf welche Weise sie das Wissen, das sie über heute lebende Tiere besitzen, auf die fossilen Verwandten des Baltischen Bernsteins übertragen können. An dieser Stelle wird noch einmal betont, dass die in Bernstein eingeschlossenen Tiere bereits seit 40-50 Millionen Jahren tot bzw. ausgestorben sind, die Informationen auf den Bestimmungskarten aber von heute lebenden Arten stammen. Die Aufgabenstellung zielt darauf ab, dass die gegebenen Hinweise (die Inkluse ist fossil und 40.50 Mio. Jahre alt; die Informationen auf den Bestimmungskarten stammen von rezenten Tieren) die Schüler zu dem Rückschluss führen, dass die Informationen, die wir über heutige Lebewesen und ihren Lebensräumen haben, auf die Vergangenheit bzw. die fossilen Vertreter anwendbar sind. Dieses Konzept des Aktualismus (Aktualitätsprinzip) wird in der Schule sicher kaum behandelt, doch wird hier davon ausgegangen, dass die Schüler gleichwohl in der Lage sind, die Aufgabe zu lösen und eine entsprechende Hypothese, die in Ansätzen das Aktualitätsprinzip widerspiegelt, zu formulieren.

Prozessbezogene Kompetenzen	Kompetenzentwicklung im Bernsteinworkshop
<b>Bis zum Ende der Jahrgangsstufe 9 Die Schülerinnen und Schüler..</b>	
<b>Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung:</b>  Erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mit Hilfe naturwissenschaftlicher Kenntnisse und Untersuchungen zu beantworten sind.  Nutzen Modelle und Modellvorstellungen zur (Analyse von Wechselwirkung) Bearbeitung, Erklärung und Beurteilung naturwissenschaftlicher Fragestellungen und Zusammenhänge.	Formulieren Hypothesen zum Aktualitätsprinzip.  Entwickeln Kenntnisse über den Lebensraum der verschiedenen, bestimmten Tierordnungen und wenden ihr Wissen an, um das Ökosystem „Eozäner Bernsteinwald“ zu rekonstruieren (Aktualitätsprinzip).
Ermitteln mit Hilfe geeigneter Bestimmungsliteratur im Ökosystem häufig vorkommende Arten.	Identifizieren die Inkluden des Baltischen Bernsteins mit Hilfe eines dichotomen Bestimmungsschlüssels sowie der Bestimmungskarten.

**Tabelle 11: Kompetenzentwicklung in Station 3 bzw. 4, angepasst aus SCHULMINISTERIUM NRW (2008)**

#### **Beschreibung von Station 5 – *Die Entstehung von Bernstein***

In Station 5 sollen grundlegende Faktoren zur Entstehung von Bernstein mit Hilfe einer Bildergeschichte rekonstruiert werden. Diese Station setzt sich mit folgenden Fragestellungen auseinander: Wie kommen Inkluden in den Bernstein? Wie wird aus Baumharz Bernstein? Was für Bedingungen und Umgebungen werden für die Bildung von Bernstein benötigt?

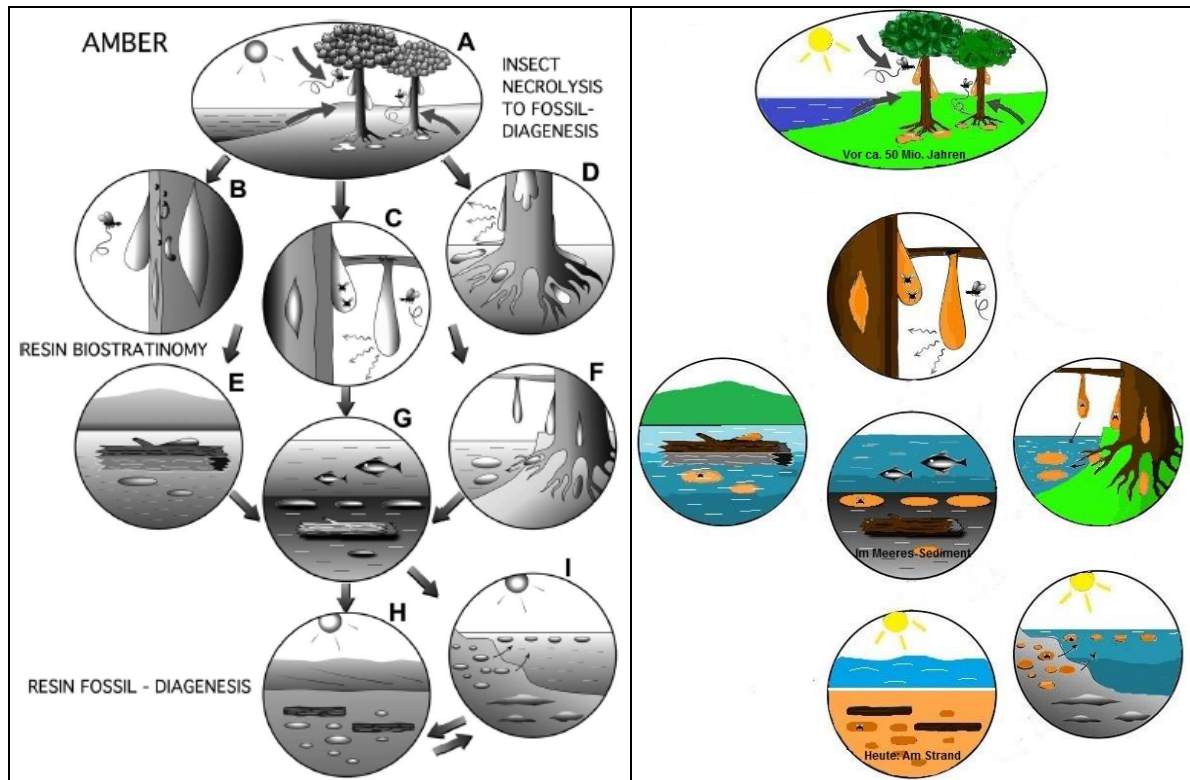
Hierfür wurde die in Kapitel 1.3. (die Entstehung von Baltischem Bernstein) vorgestellte Abbildung 3 koloriert und didaktisch reduziert, indem die Beschriftungen mit Hilfe eines Bildbearbeitungsprogramms (Microsoft Paint) weg-retuschiert wurden. Die Reihenfolge der Bilder wurde darüber hinaus durcheinander gebracht. Die Schülerinnen und Schüler werden in der ersten Aufgabe des Stationsportfolios dazu aufgefordert die Bilder auszuschneiden, wieder in die richtige Reihenfolge zu bringen, aufzukleben und für jedes Bild eine Überschrift zu verfassen. Durch das Verfassen der Überschriften werden die Schüler dazu aufgefordert, die Kernaussage der jeweiligen Abbildung zu begreifen und in Worte zu fassen. Die Schüler sollen mit Hilfe der visuellen Unterstützung begreifen, wie die Insekten in den Bernstein gekommen sind. Der komplizierte Prozess der Bernsteingenesse wurde strukturell reduziert und inhaltlich vereinfacht, indem die Pfeile der Originalversion der Abbildung (siehe Abb. 45) und die Überschriften retuschiert und zwei Bilder gelöscht wurden. Einzelne Bilder wurden darüber hinaus mit Untertiteln versehen („Vor 50 Mio. Jahren“, „Im Meeres-Sediment“, Heute: Am Strand), um das Bildmaterial weiter zu veranschaulichen. Darüber hinaus wurde eines der Originalbilder (Bild H) inhaltlich modifiziert. Statt der Sedimentation und Umlagerung, die auf Bild H angezeigt wird, wurde die Abbildung so koloriert, dass sie nun eine der möglichen Endstationen (Strand) zeigt, an dem der Bernstein heute gefunden wird.

Die Sachverhalte werden durch die einzelnen Bilder entschlüsselt, so dass die Schüler in der Lage sind den Prozess der Einbettung zu verstehen und den Entstehungsprozess von Bernstein in seinen didaktisch reduzierten Grundzügen zu begreifen. Aus den Bildern geht hervor, dass vor 50 Millionen Jahren ein geflügeltes Insekt in Baumharz stecken bleibt, vom Baum in ein Gewässer gelangt, im Meeres-Sediment eingebettet wird und von dort aus heute, nach 50 Millionen Jahren an den Strand gelangt. Die Schüler müssten also in der Lage sein, die Faktoren Zeit, Sedimentation, Gewässer bzw. Meer die bei der Bernsteinentstehung eine große Rolle spielen, aus den Abbildungen zu abstrahieren.

Zwar nimmt das Ausschneiden und Aufkleben der Bilder mit mindestens 10 Minuten einen relativ langen Zeitraum in Anspruch, doch eignet sich diese Arbeit sehr gut für eine kleine Erholungsphase, die bei einem dreistündigen Workshop sicherlich angebracht ist.



### 3. Unterrichtsentwurf zum Thema Baltischer Bernstein und seine Inkluden



**Abbildung 45: Arbeitsblatt Bernsteinentstehung: Links: Originalversion der Abbildung zur Bernstein Taphonomie aus MARTÍNEZ-DELCLÒS et al. 2004, 41. Rechts: Modifizierte Version für den Bernsteinworkshop (ohne Beschriftung, keine Pfeile, koloriert)**

In der zweiten Aufgabe von Station 2, einer kreativen Schreibaufgabe, sollen die Schüler einen Text zur Bernsteinentstehung verfassen. Hierbei können sie sich entscheiden, ob sie einen Sachtext darüber schreiben wie Bernstein entsteht und wie die Insekten in den Bernstein kommen oder ob sie eine Geschichte verfassen, bei der ein Insekt erzählt, wie ein Vorfahre in den Bernstein eingebettet wurde und nun als Studienobjekt für eine Schulklasse dient (Siehe Anhang III, Stationsportfolio von Station 5). Bei dieser kreativen Schreibaufgabe können die Schüler mit Hilfe der in der ersten Aufgabe konstruierten Bilderreihenfolge die von ihnen erfassten Faktoren, die bei der Bernsteinentstehung eine Rolle spielen, schriftlich in Worte fassen. Der produzierte Text fungiert als Ergebnissicherung, da die Schüler die erworbenen Unterrichtsinhalte in schriftlicher Form fixieren. In dem Text wird deutlich, welche Faktoren die Schüler aus der Bildergeschichte herausfiltern konnten und ob sie begriffen haben, dass die Bernsteinengese ein lang andauernder Prozess ist.

Durch die Tatsache, dass die Schüler wählen können, ob sie einen Sachtext oder einen Erzähltext schreiben, findet eine Verzahnung mit Arbeitsweisen und Inhalten aus anderen Fächern statt. Die Schülerinnen und Schüler haben die Wahl, auf verschiedene ihnen aus dem Deutschunterricht bekannte Schreibformen, hier Erzähltexte und Sachtexte, zurückzugreifen

und ihr erworbenes Wissen entsprechend zu reproduzieren. Darüber hinaus wird beim Schreiben einer Geschichte die Phantasie und Kreativität der Schüler angeregt.

<b>Prozessbezogene Kompetenzen</b> <b>Bis zum Ende der Jahrgangsstufe 9</b> <b>Die Schülerinnen und Schüler..</b>	<b>Lernen im Kontext: Anwendungsbezug Bern-</b> <b>steinworkshop</b>
<b>Erkenntnisgewinnung</b> Erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mit Hilfe naturwissenschaftlicher Kenntnisse und Untersuchungen zu beantworten sind.	Formulieren Hypothesen zur Bernsteinentstehung.
	Begreifen die grundlegenden Prozesse der Bernstein-Fossilisierung (Faktor Zeit, Sedimentation und Meer).
Veranschaulichen Daten angemessen mit sprachlichen, mathematischen und bildlichen Gestaltungsmitteln.	Können mit Hilfe der gegebenen Materialien den Entstehungsprozess von Bernstein rekonstruieren.


**Tabelle 12: Kompetenzentwicklung in Station 5, angepasst aus SCHULMINISTERIUM NRW (2008)**

#### **Beschreibung von Station 6 – Evolution**


Station 6 widmet sich evolutionsbiologischer Fragestellungen und unterscheidet sich von den anderen Stationen dadurch, dass sie keinerlei Wissen vermittelt bzw. Kompetenzen entwickeln soll, sondern sich primär mit den Schülervorstellungen zum Thema Evolution befasst. Bei dieser Erfassung der Schülervorstellungen sollen die Schüler eigenständige Hypothesen zu evolutionsbiologischen Fragestellungen (Vergleich Evolution der Wale mit Evolution der Insekten) entwickeln, aber nicht selbst überprüfen.

Die erste Aufgabe von Station 6 zeigt eine Bildabfolge von der Evolution der Wale. Die Schüler sollen auf der Basis der Abbildungen beschreiben, wie sich die Wale in den letzten 50 Millionen Jahren evolviert haben und in welchen Lebensräumen sie gelebt haben, bzw. leben. In Aufgabe 1b) sollen die Schüler mit Hilfe von zwei Abbildungen beschreiben, wie sich die Ameise des Baltischen Bernsteins in den letzten 55 Millionen Jahren, im Vergleich zu ihren heutigen Verwandten verändert oder entwickelt hat und wie sich der Lebensraum verändert hat.


**Die Evolution der Wale**



vor ca. 50 Mio. Jahren



vor ca. 40 Mio. Jahren




heute

**Aufgabe 1:**


a) Beschreibe kurz, wie sich der Wal im Laufe der letzten 50 Millionen Jahre verändert hat.

- Welche Merkmale haben sich verändert?
- Hat sich der Lebensraum verändert (Umgebung, Lebensraum etc.)?

**Die Evolution der Insekten**



Ameise im Baltischen Bernstein,  
ca. 40-50 Mio. Jahre alt



heutige Ameise

**b) Nun vergleiche die Evolution der Wale mit der Evolution der Insekten:**  
Wie haben sich die Insekten im Laufe der letzten 50 Mio Jahre verändert.

- Hat sich die ca. 55 Mio Jahre alte Ameise des Baltischen Bernsteins im Hinblick auf äußerliche Merkmale auf den ersten Blick verändert, wenn Du es mit heutigen Verwandten vergleichst? Wenn ja wie?
- Hat sich der Lebensraum verändert (Umgebung und Klima)?

Abbildung 46: Ausschnitt aus dem Stationsportfolio von Station 6, Oben: Aufgabe 1 a (Bildquelle: UNDERSTANDING EVOLUTION 2016); Unten: Aufgabe 1b. (Fotos mit freundlicher Genehmigung von Carsten GRÖHN (2016) „Ameise in Bernstein“ und Richard BARTZ (2007) „rezente Roßameise *Camponotus ligniperda*“.

Die beiden Aufgabenstellungen zielen darauf ab, dass die Schüler die Unterschiede zwischen der Säugetierevolution, hier am Beispiel der Wale, und der Insektenevolution, am Beispiel der Ameise, zu ermitteln und die evolutiven Prozesse mit den Lebensraumbedingungen in Verbindung setzen.

In der zweiten Aufgabe sollen die Schüler eine Hypothese entwickeln, bei der sie erklären sollen, warum die Evolution der Wale sich auf den ersten Blick scheinbar so sehr von der Evolution der Ameisen unterscheidet. Die Aufgabe zielt darauf ab, dass die Schülerinnen und Schüler je nach Vorwissen und je nach ihren Vorstellungen zur Evolution mögliche Hypothesen zur Ursache der unterschiedlichen Evolutionsabläufe formulieren. Die Aufgabenstellung ist bewusst sehr komplex gewählt worden, und wird für die Unter- und Mittelstufe schwer zu bewältigen sein, doch steht das Lösen der Aufgabe oder die „Richtigkeit“ hier nicht im Vordergrund. Vielmehr soll auf der Basis der Schülerantworten bei der anschließenden Evaluation des Bernsteinworkshops erfasst werden, welche Vorstellungen sie zu evolutiven Anpassungsprozessen und –mechanismen bereits entwickelt haben.

#### **3.6.3.3. Abschluss- und Ergebnissicherungsphase**

Im Anschluss an die Erarbeitungsphase sollen die Schüler für die abschließende Klassendiskussion wieder im Plenum zusammenkommen. In den letzten 30 Minuten des Bernsteinworkshops sollen die Ergebnisse jeder Station zusammengetragen und diskutiert werden. Bei der Diskussion der von den Schülern gebildeten Hypothesen können die Schüler ihre Ideen testen. Hierdurch werden die einzelnen Absichten und Lerninhalte der Stationen näher erläutert und den Schülern verdeutlicht. Während die Arbeit in den Stationen die erste Stufe der Kompetenzentwicklung darstellt, sollen in der zweiten Stufe, der abschließenden Diskussion und finalen Ergebnissicherung die wichtigsten Kompetenzen gesichert bzw. voll entwickelt werden. Während der Diskussion werden nicht nur die Ergebnisse präsentiert, wie z.B. aus Station 1 (Dichte von Bernstein), sondern auch Fragen beantwortet, warum es beispielsweise wichtig war den Lebensraum der bestimmten Inkluse bzw. ihrer heutigen Verwandten zu kennen (Station 3 bzw. 4).

**Während der Diskussion sollen die folgenden Kompetenzen weiterentwickelt werden:**

- *Verstehen, dass der Bernstein in Salzwasser schwimmt, weil sich durch das Salz die Dichte des Wassers erhöht und die Dichte des Bernsteins dann kleiner ist.*

- *Verstehen, wie die Inkluden in den Bernstein kommen und dass die Inkluden des Baltischen Bernsteins ca. 40-50 Mio. Jahre alt sind.*
- *Grundzüge des Entstehungsprozesses von Baltischem Bernstein mit den wichtigen Faktoren (Harz, Meer, Zeit) verstehen.*
- *Aktualitätsprinzip „Die Gegenwart ist der Schlüssel zur Vergangenheit“ anwenden (Station 3 und 4) können, um den Lebensraum „Bernsteinwald“ zu rekonstruieren.*

Bei dem Diskussionspunkt „Aktualitätsprinzip“ wird zunächst die Aufmerksamkeit der Schüler auf die Tatsache gelenkt, dass es sich bei den Bernstein-Inkluden um über 50 Mio. Jahre alte Fossilien handelt, während die Vertreter auf den Bestimmungskarten, mit deren Hilfe sie die Inkluden bestimmt haben, heute noch lebende Tierarten sind. Daran anschließend kann nun gefragt werden, was die Schüler mit dem Wissen, das sie über die heutigen, nächsten Verwandten der im Workshop behandelten Inkluden erworben haben, anfangen können. Die Informationen, die wir über heutige Tierarten, deren Lebensweise, Ernährung, etc. haben kann dabei helfen, vergangene Lebensräume und Lebensgemeinschaften zu rekonstruieren. Um die Schüler zu unterstützen kann zunächst gefragt werden, wie und wo beispielsweise Termiten heute leben und welche Rückschlüsse mit diesem Wissen auf die Umgebung der eozänen Termiteninkluse gezogen werden können. Auf diese Weise kann mit Hilfe der vielfältigen Bernstein-Inkluden und der Information, die die Schüler über den Lebensraum und Lebensweise der heutigen Vertreter haben, ein Stück Bernsteinwald rekonstruiert werden.

Vor allem bei den Jahrgangsstufen 5-8 ist es an dieser Stelle denkbar den rekonstruierten Bernsteinwald im Anschluss an die Diskussion zu visualisieren. Hierfür kann mit Hilfe eines Beamers ein Bild über die mögliche Fauna und Flora eines Bernsteinwaldes an die Wand projiziert werden. Die Schüler sind nun aufgefordert die Bestimmungskarten mit den Abbildungen der jeweiligen Tiergruppen in den jeweiligen Lebensraum des Bernsteinwaldes zu kleben, also beispielsweise die Termiten auf das Totholz, die Zuckmücke in die Luft und die Köcherfliege an das Gewässerufer. Durch diese „Belebung“ des eozänen Bernsteinwaldes soll das Vorstellungsvermögen der Schüler angeregt werden und es soll ihnen veranschaulicht werden, dass sie mit Hilfe des Wissens, das sie über rezente Fauna und Flora haben, das Paläohabitat rekonstruieren können, also die Prinzipien des Aktualitätsprinzips verstanden haben und anwenden können.

### 3. Unterrichtsentwurf zum Thema Baltischer Bernstein und seine Inkluden

---

Am Ende des Bernsteinworkshops wurde jeder Schüler in einer kurzen Reflexionsphase gebeten, sich über die positiven und negativen Aspekte des Workshops zu äußern. In diesem offenen Feedback hatten die Schüler die Gelegenheit sich positiv und negativ in Bezug zu den einzelnen Stationen oder einzelnen Aspekten des Workshops zu äußern. Die Ergebnisse wurden für die im nächsten Kapitel folgende Evaluation verwendet.



**Abbildung 47: Schüler rekonstruieren die Flora des an die Wand projizierten eozänen Bernsteinwaldes mit Hilfe der im Workshop verwendeten Bestimmungskarten. Hintergrundbild: Zeichnung des „Bernsteinwaldes“ aus dem Deutschen Bernsteinmuseum, Ribnitz-Damgarten.**

### 4. Formative Evaluation des Bernsteinworkshops

#### 4.1. Einleitung

Evaluation (Bewertung, Beurteilung) „ist die systematische Sammlung, Analyse und Bewertung von Information über schulische Arbeit“ (SCHULMINISTERIUM NRW 1999) und beschreibt das „methodische Erfassen, begründete Bewerten von Prozessen und Ergebnissen zum besseren Verstehen und Gestalten einer Praxis-Maßnahme im Bildungsbereich durch Wirkungskontrolle, Steuerung und Reflexion“ (REICHMANN 2004, 18). Bei der Evaluation kommt es zu einer Beurteilung des Wertes eines Produktes, Prozesses oder Programms unter Zugrundelegung eines Gütemaßstabs mit dem Ziel das Programm oder Produkt zu verbessern. Im Gegensatz zu summativen Evaluationen, die abschließende Bewertungen abliefern und nach Abschluss eines Themas/Schuljahres/etc. erfolgen soll, sind formative Evaluationen vorwiegend auf weitere Maßnahmen zur Förderung im Sinne von Leistungs- oder Kompetenzzuwachs ausgerichtet und erfolgen in der Regel nach einzelnen Lernphasen (z.B. einer Unterrichtsstunde).

Für die vorliegende Arbeit wurde der in Kapitel 3 vorgestellte Bernsteinworkshop mit mehreren Klassen im Rahmen des *zdi*-Schülerlabors der Universität zu Köln durchgeführt und formativ evaluiert. Hierfür wurden im Vorfeld Fragestellungen und Hypothesen entwickelt, auf deren Basis die Untersuchung gestaltet wurde. Ziel der Evaluation war es, den entwickelten Bernsteinworkshop in Hinblick auf die im Fokus stehenden Fragestellungen auf der Basis der erhobenen und ausgewerteten Daten zu analysieren. Bei der vorliegenden Untersuchung soll des Weiteren herausgefunden werden ob und in wieweit das Thema Bernstein sich als Alternative zum konventionellen Einsatz von Fossilien im Biologieunterricht eignet, welche Inhalte und Methoden vertieft werden müssen und welche evtl. modifiziert oder gar herausgenommen müssen.

Auf der Basis der formativen Evaluation, ihrer Auswertung und abschließender Reflexion wird ein weiteres, in Kapitel 5 vorgestelltes Bernsteinprojekt für die gymnasiale Oberstufe entwickelt.

### 4.2. Forschungsfragen zum Bernsteinworkshop

Vor der Planung des Bernsteinworkshops und seiner Durchführung im Rahmen des *zdi-Schülerlabors* der Universität zu Köln wurden unterschiedliche Fragestellungen zu Methoden und Inhalten formuliert um die entwickelten Auswertungsmaterialien vorzustrukturieren.

#### Fragestellungen / Untersuchungsgegenstände

- **Fragestellung 1:** Über welches Vorwissen verfügen die Schülerinnen und Schüler zum Thema Bernstein?
- **Fragestellung 2:** Welche Kompetenzen werden im Bernsteinworkshop entwickelt bzw. gefördert?
- **Fragestellung 3:** Wie wurden die einzelnen Stationen von Seiten der Schülerinnen und Schüler bzw. Lehrerinnen und Lehrer thematisch, inhaltlich und methodisch beurteilt?
- **Fragestellung 4:** Welche Schlussfolgerungen können aus den Ergebnissen für ein Unterrichtsprojekt zum Thema Bernstein in der Oberstufe abgeleitet werden?

### 4.3. Methoden der Datenerhebung

#### 4.3.1. Beschreibung der Probanden

Unterrichtet und evaluiert wurden insgesamt fünf unterschiedlich große Schülergruppen der Jahrgangsstufen 6-10, die im Schülerlabor am Bernsteinworkshop teilgenommen haben. Bei der 10. Klasse handelt es sich um eine Realschule, die restlichen Schüler sind Gymnasialschüler. Bei drei der fünf Schülergruppen handelt es sich um Naturwissenschaftliche AGs, die klassenübergreifend als Mischklassen der Stufen 6-7, 7-9 und 7-8 angelegt sind.

	Klassenform / Kontext	Anzahl Schüler	Jahrgangsstufe	Alter (Jahre)	Schulform
1	Naturwissenschaftliche AG	5	6.-7. Klasse	11-13	Gymnasium
2	Naturwissenschaftliche AG	20	7.-9. Klasse	12-15	Gymnasium
3	Naturwissenschaftliche AG	25	7.-8. Klasse	13-14	Gymnasium
4	Französischkurs (Exkursion)	26	7. Klasse	12-13	Gymnasium
5	Chemiekurs (Exkursion)	12	10. Klasse	15-17	Realschule



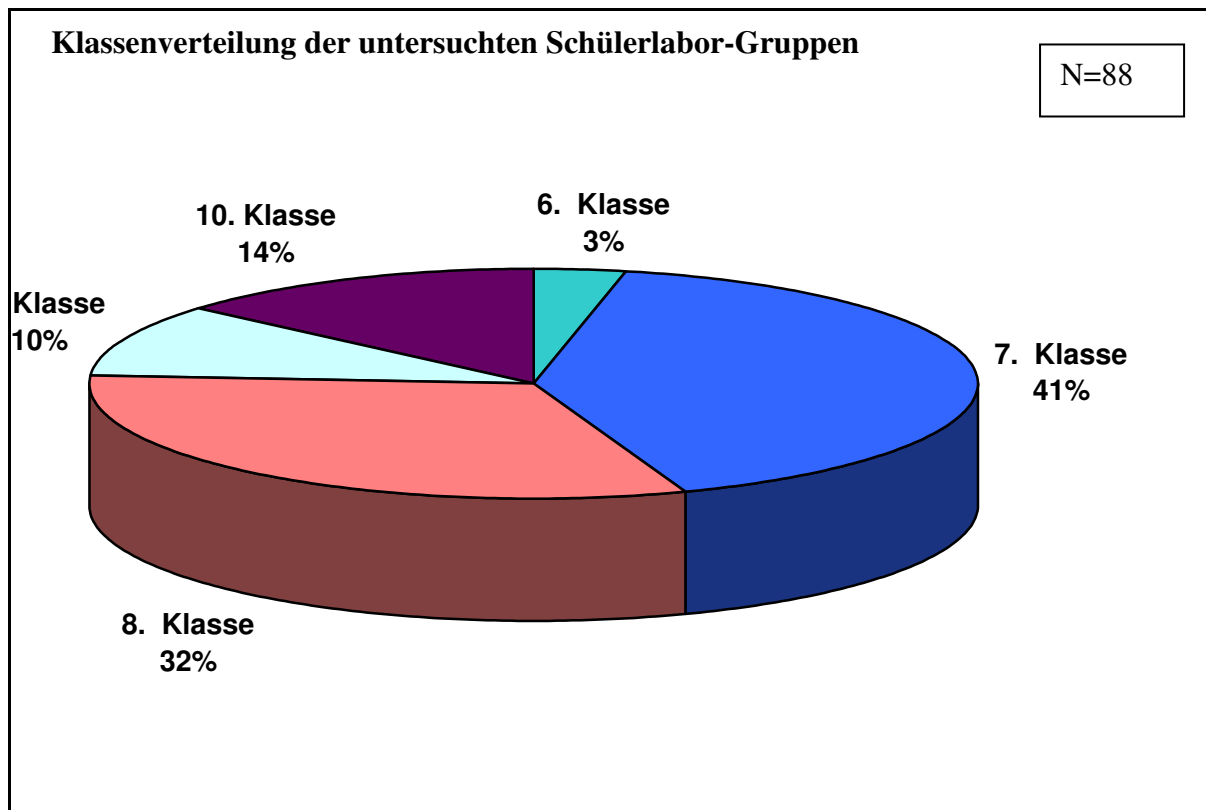
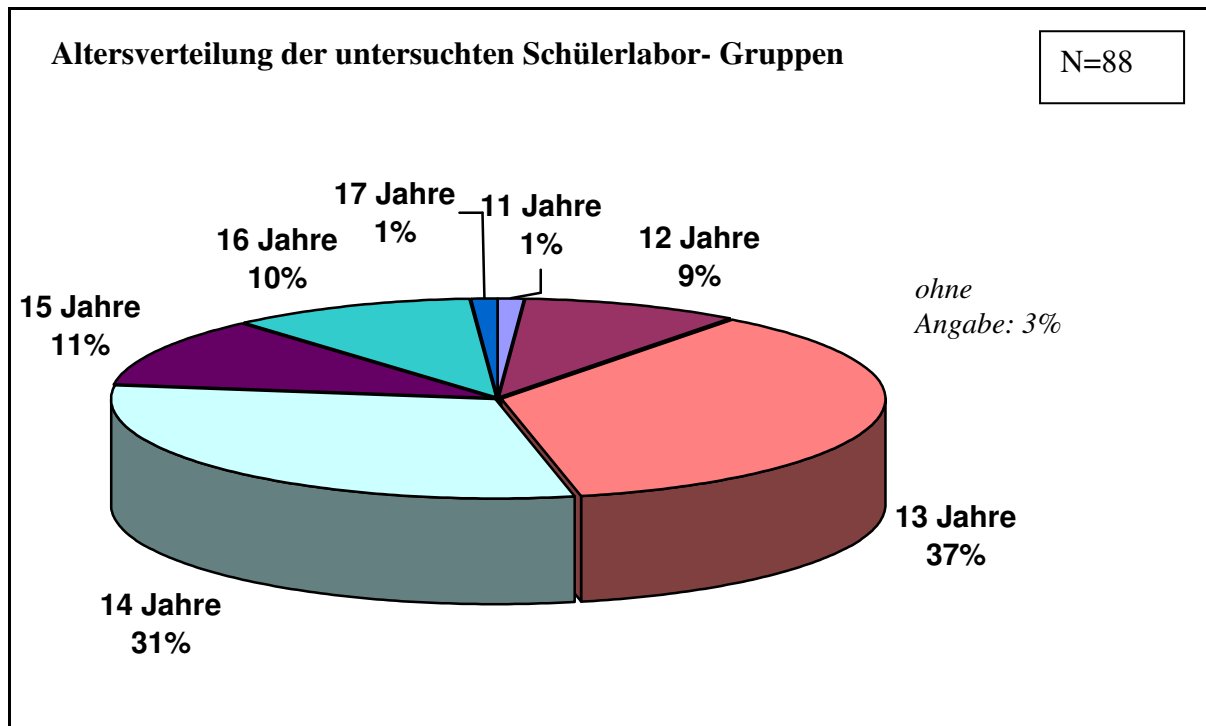


Abbildung 48: Altersverteilung (oben) und Klassenverteilung (unten) der Probanden

### 4.3.2. Auswertung der Fragestellungen

Für die Beantwortung der Forschungsfragen wurden folgende Daten erhoben und qualitativ ausgewertet (nach LAMNEK 2005):

- Die schriftlichen Schülerantworten in den Stationsportfolios sowie der Vorkaktivität (Eröffnungsphase).
- Die letzte Schülerlaborgruppe einer 7-9. gymnasialen Mischklasse wurde darüber hinaus per SchülerInnen- und LehrerInnen-Interview bezüglich der Stärken und Schwächen des Bernsteinworkshops befragt.

#### ***Auswertung von Fragestellung 1: Über welches Vorwissen verfügen die Schülerinnen und Schüler zum Thema Bernstein?***

Die Auswertung der Fragestellung 1 wurde in Form eines Prä- und Posttests gestaltet. Das im Prätest abgefragte Vorwissen über Bernstein wurde für die Auswertung in unterschiedliche Kategorien eingeteilt. Im Anschluss an den Bernsteinworkshop wurden die Schüler erneut gefragt, was sie nun über Bernstein wissen und wurden aufgefordert dies in einem kurzen Brainstorming niederzuschreiben (Posttest).

#### ***Auswertung der Fragestellung 2: Welche Kompetenzen werden im Bernsteinworkshop entwickelt?***

Grundlage für die Auswertung von Fragestellung 2 waren primär die Schülerantworten der Stationsportfolios.

#### ***Auswertung der Fragestellung 3: Wie wurden die einzelnen Stationen von Seiten der Schülerinnen und Schüler bzw. Lehrerinnen und Lehrer thematisch, inhaltlich und methodisch beurteilt?***

Die Auswertung der Fragestellung 3 basierte einerseits auf einer kurzen Reflexionsaufgabe am Ende des Bernsteinworkshops, in der jeder Schüler kurz darstellen sollte, was ihm und ihr am Bernsteinworkshop nicht gefallen und gut gefallen hat. Darüber hinaus wurden für die qualitative Auswertung die Lehrer- und Schülerinterviews hinzugezogen, in denen sich die Probanden begründet zu ihren negativen und positiven Bewertungen äußern sollten.

##### **4.3.3. Schriftliche Antworten der Schüler in den Stationsportfolios sowie in der Vorabaktivität (Eröffnungsphase)**

Die meisten Fragestellungen konnten mit Hilfe der schriftlichen Schülerantworten untersucht werden. Die Stationsportfolios wurden so konzipiert, dass jeder Schüler die Ergebnisse der einzelnen Versuche, die Antworten zu den Aufgaben, sowie Hypothesen schriftlich notieren musste. Die Schülerantworten reflektierten also einerseits, ob die Station (erfolgreich) beendet wurde und gleichzeitig auch, ob die in der Unterrichtsplanung formulierten Kompetenzen entwickelt waren bzw. wurden. Da die Schüler am Ende jeder Station die Möglichkeit hatten sich zu eventuellen Problemen oder Dingen zu äußern, die nicht funktioniert haben, konnten auch eventuelle Störfaktoren erfasst und für die Auswertung genutzt werden.

##### **4.3.4. LehrerInnen- und SchülerInnen-Interviews**

Im Anschluss an den durchgeführten Bernsteinworkshop wurden LehrerInnen- und SchülerInnen-Interviews geführt, die, zusammen mit den schriftlichen Schülerantworten zur Evaluation herangezogen wurden. Ziel der Interviews war es, jede einzelne Station hinsichtlich ihrer Stärken und Schwächen zu untersuchen und herauszufinden, worauf die Bewertungskriterien der Schülerinnen und Schüler sowie den Lehrerinnen und Lehrern für eine positive bzw. negative Bewertung einer Station beruhten. Hierfür wurde im Vorfeld ein Interviewleitfaden entwickelt, der die Inhalte strukturiert und eine Vergleichbarkeit der Daten gewährleistet. Bei der Interviewform handelt es sich um ein halbstandardisiertes Kleingruppeninterview mit halboffen formulierten Fragestellungen, deren Wortlaut dem Gesprächsverlauf angepasst und je nach Antworten der Befragten modifiziert werden kann. Der Interviewleitfaden kann deshalb zwar hinsichtlich seiner Fragestellungen modifiziert werden, doch sollte das Ziel, also die Ermittlung von Stärken und Schwächen des Workshops, stets im Auge behalten werden. Die Gesprächsführung sollte darüber hinaus Raum für unerwartete Reaktionen lassen und diese gegebenenfalls aufgreifen, um neue Hypothesen zu formulieren, die für die Evaluation geeignet sein könnten. Hierbei liegt die Überlegung zugrunde, dass unterschiedliche Probanden mit unterschiedlichen bzw. flexibel gestalteten Fragen konfrontiert werden müssen, um ihnen zu einem vergleichbaren Verständnis der Fragestellungen zu verhelfen (vgl. BORTZ & DÖRING 2006, 326).

Wichtig bei der Entwicklung eines Interviewleitfadens ist die Beachtung gewisser Regeln, wie z.B. auf die Formulierung von Ja/Nein- Fragen zu verzichten oder immer nur eine Frage

und nicht ein Fragecluster oder Suggestivfragen zu stellen, bei der die Befragten beeinflusst werden (HUSSY et al. 2013).

**Die Rolle des Interviewers:** Der Interviewer steht vor der Herausforderung die richtigen Fragen zu stellen und die Befragten durch das Interview zu leiten, ohne dabei durch Erwartungshaltungen beeinflussend auf die Befragten zu wirken (HUSSY et al. 2013). Der Interviewer fordert die Befragten zur retrospektiven Introspektion auf, bei der sich die Befragten in den Zeitpunkt des Bernsteinworkshops zurückversetzen sollen, um auf ihre Erinnerungen und Gedanken während der Durchführung zurückzugreifen.

##### 4.3.4.1. Beschreibung des Interviewleitfadens

Der Interviewleitfaden für die SchülerInnen- und LehrerInnen-Interviews ist in erster Linie darauf ausgerichtet, die einzelnen Stationen auf ihre Stärken und Schwächen hin zu untersuchen und festzustellen, welche Bewertungskriterien die Befragten angeben. Da manche zu evaluierenden Fragestellungen durch die schriftlichen Schülerantworten nicht (ausreichend) beantwortet wurden, können diese „Lücken“ während des Interviews gefüllt werden. Bei der Durchsicht der von den Schülern ausgefüllten Stationsportfolios wurden in einigen Fällen Fragen aufgeworfen, die durch das Interview beantwortet werden sollten. So waren beispielsweise einige Antworten der Schüler in den Stationsportfolios nicht eindeutig und konnten aber während des Interviews näher erläutert werden.

Es wurden zwölf Schülerinnen und Schüler eines Kölner Gymnasiums, sowie ihre beiden Biologielehrerinnen interviewt. Bei der Schülergruppe handelt es sich um eine Naturwissenschaftliche AG, die aus einer Mischklasse der Jahrgangsstufen 7 und 8 besteht. Nach einem 6-stündigen Schultag war die Schülergruppe am 28.06.2013 im Schülerlabor, um den Bernsteinworkshop von 13:30-17:00 Uhr zu besuchen. Die Befragung erfolgte zwei Wochen nach dem Schülerlabortermin, am 12.07.2013 und fand an einer Kölner Schule statt.

Während des Interviews wurden die drei Schülergruppen zum Einstieg gefragt, was sie vom Bernsteinworkshop, der mittlerweile zwei Wochen zurück lag, in Erinnerung behalten haben. Im Anschluss fragte der Interviewer, welche Station den Schülerinnen und Schülern am besten und am schlechtesten gefallen hat. Gründe hierfür sollten ebenfalls spezifiziert werden. Im Anschluss wurden ausgewählte Aspekte jeder Station besprochen, je nachdem ob die Antworten auf den Protokollbögen der Schülerinnen und Schüler noch Fragen aufwarfen oder besondere Aufmerksamkeit verlangten. Die restlichen Fragen, vor allem zu Station 2 – „Zeitstrahl“

#### 4. Formative Evaluation des Bernsteinworkshops

und 6- „Evolution“, waren fachlicher Art und sollte klären, ob die Schüler den Inhalt bestimmter Fragen verstanden haben.

<b>Leitfaden des Schülerinterviews</b>	
<b>Phase</b>	<b>Frage</b>
<b>Aufwärmphase</b>	War es eine freiwillige Entscheidung am Bernsteinworkshop teilzunehmen?
<b>Überleitung zum Hauptteil</b>	Wenn ihr so an den Bernsteinworkshop zurück denkt – was ist hängen geblieben? An was könnt ihr euch erinnern?
<b>Hauptfrage 1:</b>	Welche Stationen fandet ihr am besten? Was genau fandet ihr am besten?
<b>Hauptfrage 2:</b>	Welche Station fandet ihr am schlechtesten? Was genau fandet ihr daran am schlechtesten?
<b>Spezielle Fragen</b>	Was hattet ihr mit „[spezifische Fragestellung]“ gemeint?
<b>Spezielle Fragen zur Vorstellung von Evolutionsmechanismen:</b>	Wie könnt ihr euch das erklären? Was habt ihr schon zum Thema Evolution gemacht?

<b>Leitfaden des Lehrerinterviews</b>	
<b>Phase</b>	<b>Frage</b>
<b>Hauptfrage 1:</b>	Welche Station hat Ihnen am besten gefallen? Warum?
<b>Hauptfrage 2:</b>	Welche Station hat Ihnen am wenigsten gefallen? Warum?
<b>Hauptfrage 3:</b>	<b>Methoden</b> Kommentieren Sie die Methoden zu den einzelnen Stationen des Bernsteinworkshops. Was fanden Sie gut? Was fanden Sie verbesserungswürdig?
<b>Hauptfrage 4</b>	<b>Inhalte und Lernziele</b> Was fanden Sie bezüglich der Inhalte und Lernziele gut? Was fanden Sie verbesserungswürdig?
<b>Hauptfrage 5</b>	<b>Bedingungsfeldanalyse Schüler</b> Wie schätzen Sie die Leistung und das Verhalten der Schüler während des Bernsteinworkshops ein?  Wie war die Tagesform der Schüler?

### 4.3.4.2. Ablauf des Interviews und Datenaufzeichnung

Um zu gewährleisten, dass alle Gesprächsteile so vollständig wie möglich dokumentiert werden, wurden alle Interviews mit einer Videokamera in Bild und Ton aufgezeichnet. Hierüber waren alle Schüler und die Lehrerinnen im Vorfeld in Kenntnis gesetzt worden, da eine Einverständniserklärung der Eltern vonnöten war, die von den Lehrerinnen vor dem Interview eingefordert wurde.

Eine audiovisuelle Aufzeichnung der Interviews hat mehrere Vorteile im Vergleich zu einer schriftlichen Datenerfassung, die per Protokoll während des Interviews stattfindet. So werden alle verbalen und nonverbalen Äußerungen der Interviewten erfasst, die beliebig reproduziert und in aller Vollständigkeit wiedergegeben werden können. Somit können beispielsweise Momente der Unaufmerksamkeit von Seiten des Interviewers kompensiert und alle potentiell wichtigen Gesprächsfragmente erfasst werden. Die Videographie birgt aber auch einige Nachteile: Das Bewusstsein, in Bild und Ton aufgenommen zu werden ist für die meisten Menschen eine ungewöhnliche und unnatürliche Situation. So kann dieses Bewusstsein zu einem erhöhten Effekt der sozialen Erwünschtheit führen oder die Äußerungen der Teilnehmer hemmen. Um diese unerwünschten Nebeneffekte zu kompensieren, können mehrere Strategien genutzt werden. Bereits vor der Datenerhebung sollte deshalb über das Ziel der Aufnahme und Untersuchung frei gesprochen werden (LAMNEK 2005). Aus diesem Grund wurden bereits nach der Durchführung des Bernsteinworkshops die Schüler und die Lehrerinnen darüber informiert, dass der Forscher zwei Wochen später in die Schule kommen wird, um ausgewählte Gruppen zu interviewen und per Video aufzuzeichnen. Alle Beteiligten hatten ausreichend Zeit, um sich zu überlegen, ob sie an dem Interview teilnehmen wollen und, von Seiten der Erziehungsberechtigten, dürfen.

Das Interview wurde, was seinen Ablauf betrifft, im Vorfeld genau geplant, um Missgeschicke und Fehler zu vermeiden und eine sorgfältige Datenaufzeichnung zu gewährleisten. Die typischen Arbeitsschritte sind, abgesehen von der inhaltlichen Vorbereitung, des im letzten Unterkapitel vorgestellten Interviewleitfadens, 1. organisatorische Vorbereitung, 2. Gesprächsbeginn, 3. Durchführung und Aufzeichnung des Interviews, 4. Gesprächsende, 5. Verabschiedung und 6. Gesprächsnotizen (vgl. BORTZ & DÖRING 2006, 310).

Das Interview fand im Biologieklassenraum der Schüler, also einer gewohnten Umgebung, statt. Es wurden drei Gruppen ausgewählt, die sich freiwillig für das Interview meldeten. Die Gruppen wurden einzeln interviewt, wobei weder Lehrerinnen noch die übrigen Mitschüler im Raum waren.

Zu Anfang des Interviews wurde jede Gruppe darüber aufgeklärt, dass die erhobenen Daten ausschließlich zur Auswertung der vorliegenden Dissertation verwendet werden und nur von dem Interviewer/Forscher selbst gesichtet werden. Es wurde auch betont, dass die Befragung das Ziel hat, den geplanten und durchgeführten Bernsteinworkshop im Hinblick auf Methoden, Inhalte und Ergebnisse zu untersuchen und zu optimieren. Aus diesem Grund wurden die Schüler explizit aufgefordert eine ehrliche Rückmeldung zu geben, bei der Kritik erwünscht ist. Um alle Beteiligten an die laufende Videokamera zu gewöhnen, wurden zu Anfang eines jeden Interviews ein paar einführende Fragen gestellt. Jede Schülergruppe, sowie die Lehrerinnen wurden jeweils ca. 10-15 Minuten interviewt und gleichzeitig auf Video aufgezeichnet.

#### **4.3.5. Auswertung und Analyse der qualitativen Daten**

Genauso, wie bei der quantitativen Forschung, müssen Ergebnisse der qualitativen Forschung auf der Basis der Prinzipien wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung ermittelt werden. Diese Kriterien sollen die angewandte Forschungsmethode reproduzierbar, standardisierbar und messbar machen, wodurch die Daten objektiv, reliabel und valide erfasst werden können (LAMNEK 2005, 142).

*Objektivität* wird gewährleistet, wenn unterschiedliche Forscher bei der Untersuchung der vorliegenden Sachverhalte und Materialien zu vergleichbaren Resultaten kommen. Dieses Kriterium wurde zunächst durch die genaue Beschreibung des methodischen Vorgehens zwecks Transparenz (vgl. Kapitel 4.1-4.4) erfüllt. Während in quantitativen Ansätzen die äußeren Bedingungen unabhängig von der Person des Forschers streng standardisiert werden, „versucht man im qualitativen Ansatz eher, im subjektiven, inneren Erleben der Befragten vergleichbare Situationen zu erzeugen, indem sich Interviewer, Beobachter usw. individuell auf die untersuchten Personen einstellen“ (BORTZ & DÖRING 2006, 326).

Wie auch bei der quantitativen Forschung ist die *Validität* bei der qualitativen Forschung das wichtigste Gütekriterium. Für die Sicherstellung der Validität müssen die qualitativen Daten eingehend untersucht werden, z.B. hinsichtlich widersprüchlicher oder unglaubwürdig klingender Äußerungen. Auffällig am Material, das der qualitativen Evaluation des Bernsteinworkshops zugrunde liegt, ist der hohe Umfang. So hat jeder der 88 Schüler im Durchschnitt 3-4 Stationen abgeschlossen, womit der Umfang der Stationsportfolios (19 Seiten Stationsportfolios insgesamt) bei rund 320 Stück lag. Insgesamt mussten also über 6000 Seiten Material gesichtet werden. Der Umfang des auszuwertenden Materials, also die Antworten der Schüler betrug deutlich weniger, da nicht jeder der Bögen von den Schülern beschriftet wur-

de, sondern häufig auch Arbeitsanweisungen aufführte. Hinzu kamen 17 Seiten Interviewskript.

Damit die Ergebnisse aus dieser Menge an erhobenen Daten objektiv, vergleichbar und zuverlässig (*reliabel*) sind, müssen sie in unterschiedlichen Schritten aufbereitet bzw. operationalisiert werden. Bei der Auswertung dienten vor allem die Interviews und die Abschriften der Schülerprotokolle (Stationsportfolios) als Grundlage.

Die folgenden Auswertungsschritte wurden für die qualitative Inhaltsanalyse der Schüler- und Lehrerinterviews, sowie der Schülerantworten auf den Stationsportfolios vorgenommen (nach LAMNEK 2005):

##### **(1) Transkription:**

- Transkription der Interviews: Bei dieser technischen und sehr aufwändigen Phase soll die Information, die im Fall der Interviews als Videoaufzeichnung vorliegt durch Abtippen in eine lesbare, schriftliche Form gebracht werden. Da es sich bei den Interviews um keine editierte Fachsprache, sondern Alltagssprache handelt, bei der sehr lange Sätze und Phrasen gebildet und ineinandergeschachtelt oder unvollständig und unverständlich geäußert werden, gestaltet sich die Transkription schwierig. Für die vorliegende Datenerhebung sind einfache und schnell umsetzbare Transkriptionsregeln nach KUCKARTZ et al. (2008, 27) verwendet worden. Es wurde wörtlich transkribiert, wobei aber die Sprache und Interpunktion leicht geglättet, d.h. an das Schriftdeutsche angenähert wurde (z.B. „Ich fand das interessant“ statt „Ich fand’s interessant“). Des Weiteren wurden längere Pausen durch Auslassungspunkte gekennzeichnet (...). Darüber hinaus wurde auf Verwechslungen oder Missverständnisse, beispielsweise bei der Angabe der Stationen, hingewiesen. Solche und ähnliche Kommentare und Vervollständigungen wurden in eckige Klammern gesetzt. Die Transkription wurde im Anschluss editiert und eventuelle Tipp- und Hörfehler verbessert (Transkription der Interviews siehe Anhang IV).
- Transkription der Schülerantworten (Stationsportfolios, Prä- und Posttest, Bewertung des Bernsteinworkshops): Auch die Antworten der Schüler in den Stationsportfolios und dem Prä-/Posttest wurden zur besseren Datenhandhabung digital verschriftlicht und tabellarisch dargestellt, wobei Rechtschreib- und Grammatikfehler der Schüler vermerkt und korrigiert wurden (Stationsportfolios und Abschrift der Schülerantworten siehe Anhang IV). Einzelne Aussagen wurden auch in ihrer Originalform gelassen, wenn eine Korrektur ggf. den Inhalt der Aussage verändert hätte.



Alle Namen der Schülerinnen und Schüler bzw. Lehrerinnen wurden durch anonymisierte Kürzel ersetzt, die sich aus der in der Evaluation zugewiesenen laufenden Nummer, dem Geschlecht (m/w) und der Jahrgangsstufe zusammensetzt (also beispielsweise 1/m/7 für Laufende Nr. 1/männlich/Jahrgangsstufe 7).

##### **(2) Einzelanalyse:**

Bei diesem Schritt wird die volle, schriftliche Datenaufzeichnung im Hinblick auf ihre wesentlichen und relevanten Aspekte komprimiert. Hierbei werden beispielsweise nebensächliche Passagen entfernt und zentrale Aussagen hervorgehoben, sowie die wichtigsten Textabschnitte einer inhaltsanalytischen Auswertung unterzogen.

##### **(3) Generalisierende Analyse (Bildung von Kategorien):**

In diesem dritten, analytischen Schritt werden allgemeine theoretische Erkenntnisse aus den Interviews und schriftlichen Schülerantworten abgeleitet. Hierfür müssen alle Äußerungen auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede untersucht werden. Satzaussagen müssen auf Abstraktionsniveau generalisiert und auf Auswertungskategorien reduziert werden. Die abstrahierten Kernaussagen der Schüler- und Lehreräußerungen werden dann in die verschiedenen Kategorien einsortiert, um im Anschluss im Hinblick auf die zu untersuchenden Fragestellungen ausgewertet zu werden.

Bei den Schülerantworten in den Stationsportfolios handelt es sich häufig um kurze Sätze oder Stichpunkte, weswegen die zentralen, für die Auswertung relevanten Aussagen hervorgehoben wurden und somit offensichtlich sind. Wegen diesem Wegfall nebensächlicher Passagen wurden die Schritte (2) Einzelanalyse und (3) Generalisierende Analyse bei den betreffenden Antworten zusammengefasst.

##### **(4) Kontrollphase**

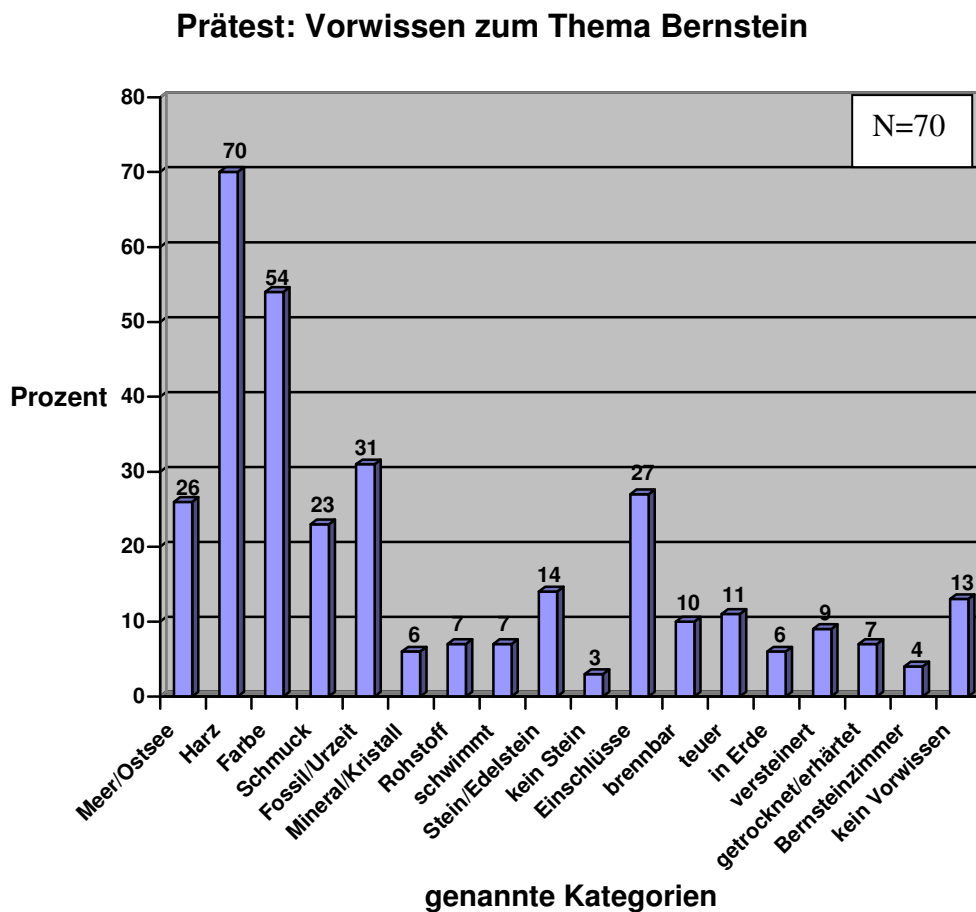
Um Fehlinterpretationen auszuschließen, müssen alle Materialien und Schritte im Anschluss kontrolliert werden, indem die vollständige Transkription immer wieder zu Rate gezogen wird.

#### 4.4. Ergebnisse: Beantwortung der Fragestellungen

Die Ergebnisse der schriftlichen Schülerantworten (Vorabaktivität und Stationsportfolios) und der Interviews wurden im Hinblick auf die im Vorfeld formulierten Fragestellungen strukturiert und ausgewertet, indem die Materialien (Interviewskript und Schülerantworten) generalisiert und auf ihre Kernaussagen reduziert wurden.

##### 4.4.1. Über welches Vorwissen verfügen die Schülerinnen und Schüler zum Thema Bernstein?

Die von den Schülern genannten Antworten wurden Kategorien zugeordnet und erbrachten folgende Ergebnisse:



**Abbildung 49:** Die im Prätest (Wissen zum Thema Bernstein vor dem Bernsteinworkshop) genannten Kategorien

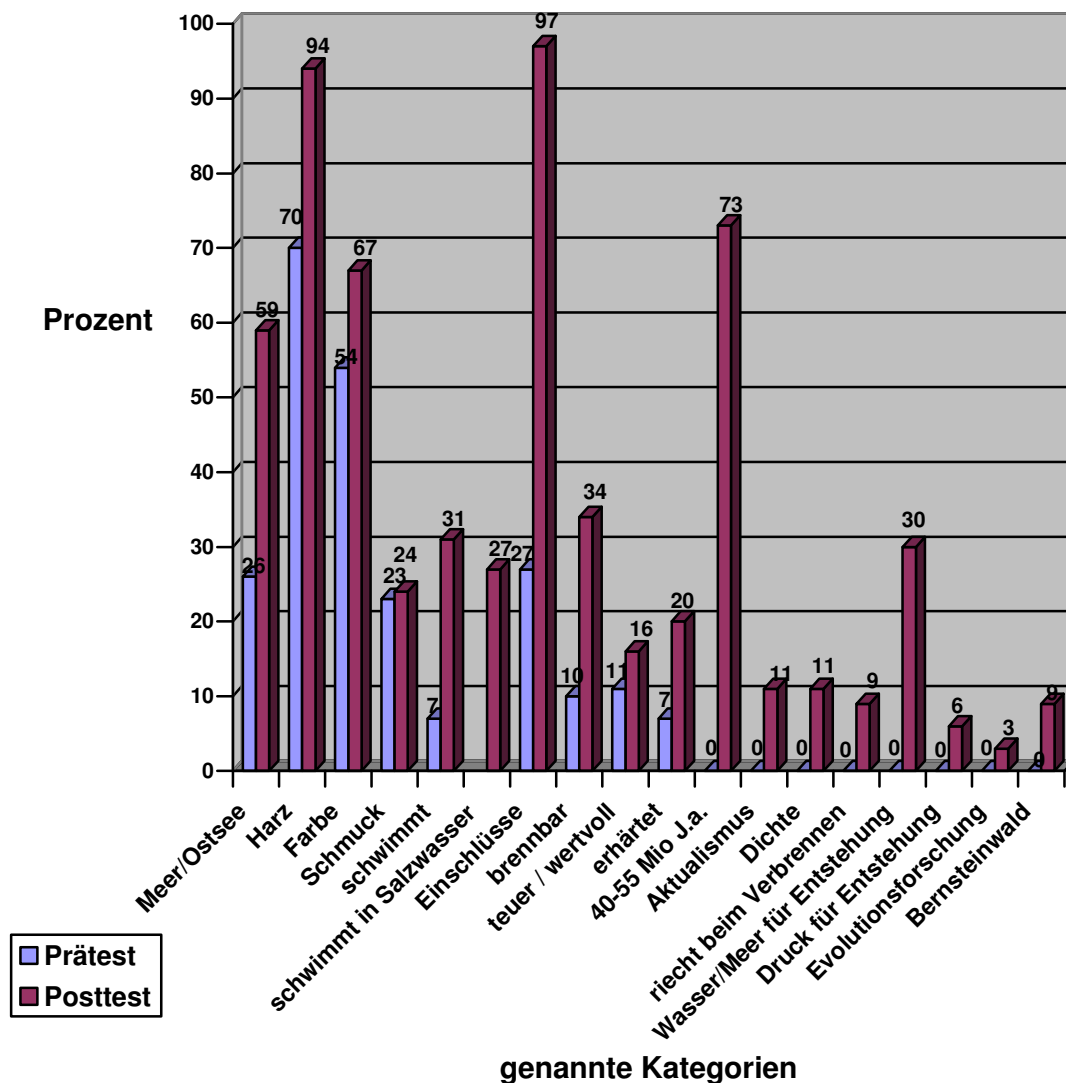
Genau 70% der Schüler wussten beim Prätest, dass Bernstein aus Harz besteht, wobei weitere 7% erwähnten, dass es sich bei Bernstein um getrocknetes/erhärtes Harz handelt. Über die Hälfte der Schüler hatte Bernstein offensichtlich vorher bereits gesehen, denn sie verwiesen

#### 4. Formative Evaluation des Bernsteinworkshops

auf seine orange-braune oder karamellartige Farbe. Die genannten Kategorien bezogen sich auf den Fundort von Bernstein (*Meer/Ostsee* 26%, *in Erde* 6%), seinen Ursprung (*Harz* 70%, in 7% der Fälle kombiniert mit *getrocknet/erhärtet*)

Rund 13% der Schülerinnen und Schüler hatten keinerlei Vorwissen, was die meisten auch so niedergeschrieben haben. Nur in zwei Fällen rieten die Schüler, was Bernstein sein könnte („Stein aus Bern“, siehe Anhang IV, Auswertung von Station 1).

**Vergleich der genannten Kategorien vor (Prätest) und nach (Posttest) dem Bernsteinworkshop**



**Abbildung 50: Vergleich der im Prätest und Posttest genannten Kategorien**

Der Vergleich des Vorwissens über Bernstein und des Wissens nach dem Bernsteinworkshops zeigt unterschiedliche Kategorien, die von den Schülern genannt wurden und sich auf die Ei-

genschaften von Bernstein, sowie seine Zusammensetzung, Entstehung etc. beziehen. Bei dem Vergleich der Daten vom Prätest (Vorwissen vor dem Bernsteinworkshop) und Posttest (Wissen nach dem Bernsteinworkshop) wurden nur solche Kategorien genannt, die die Schüler explizit aufgeschrieben haben. Einige im Prätest genannten Kategorien, wie z.B. die Vermutungen, dass es sich bei Bernstein um ein Mineral, Kristall oder Rohstoff handelt, wurden von den Schülern im Posttest nicht mehr aufgeführt und sind deshalb auch nicht in die Statistik mit einbezogen worden.

Die Ergebnisse (Abb. 50) zeigen, dass die Schüler bei allen im Prätest genannten Kategorien, die im Bernsteinworkshop vorgekommen sind einen deutlichen Lernzuwachs hatten. Eine Ausnahme bildet die Kategorie „Schmuck“, die im Prä- und Posttest ähnlich oft genannt wurde. Hingegen wurden die Inklusen des Bernsteins in 97% der Fälle und die Kategorie „Harz“ in 94% der Fälle im Posttest aufgeführt.

Der Vergleich von Prä- und Posttest zeigt ebenfalls, dass die im Prätest genannten Kategorien teilweise spezifiziert werden. Während nur 7% der Schüler im Prätest angaben, dass Bernstein schwimmt, wiesen 31% der Schüler im Posttest darauf hin, wobei aber 27% von den Antworten näher angaben, dass Bernstein im Salzwasser schwimmt. Statt *Fossil/Urzeit* (31% Nennung) bezogen sich die Schülerinnen und Schüler nach dem Bernsteinworkshop in 73% der Fälle auf die genaue Altersbestimmung des Baltischen Bernsteins (40-55 Mio. Jahre). Weitere 11% gaben Altersangaben, bis zu 120 Millionen Jahre an. Hier haben die Schüler sich unter Umständen auf die Klassendiskussion und Ergebnissicherungsphase bezogen, in der auch andere Arten von Bernstein, wie beispielsweise der 120 Millionen Jahre Libanesische Bernstein als ältestes Bernstein-Vorkommen erwähnt wurden. Auch die Eigenschaft, dass Bernstein schwimmt (6% Erwähnung im Prätest) wurde im Posttest mit Erklärungen zur Dichte und dem Auftriebsverhalten von Bernstein in Salzwasser spezifiziert (11%).

Statt der Kategorien *Mineral/Kristall*, *Rohstoff*, *Stein/Edelstein*, *kein Stein*, *in Erde*, *versteint* und *Bernsteinzimmer* werden im Posttest gänzlich neue Wissenskategorien genannt, die offensichtlich während des Bernsteinworkshops in den unterschiedlichen Stationen gelernt wurden. Gänzlich neue Kategorien, die erstmals im Posttest genannt werden sind die folgenden:

- 40-55 Millionen Jahre: Altersangabe des (Baltischen) Bernsteins
- Aktualismus (Station 3 / 4; abschließende Klassendiskussion / Ergebnissicherung)
- Dichte (Station 1)

- stinkt beim Verbrennen (Station 1)
- Wasser/Meer nötig für Entstehung (Station 5)
- Druck nötig für Entstehung (Station 5)
- Nutzen für Evolutionsforschung (Station 6)
- Bernsteinwald (abschließende Klassendiskussion / Ergebnissicherung)

Der Prätest zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler vor dem Bernsteinworkshop zwar über Vorwissen verfügten, dieses sich aber häufig auf das Aussehen von Bernstein und den Zusammenhang mit Harz beschränkten. Die im Posttest genannten neuen Wissenskategorien beziehen sich vor allem auf das in Station 1 (Physikalische Eigenschaften von Bernstein), 3 (Bestimmung der Inkluden) und 5 (Entstehung von Bernstein) vermittelte Wissen. Auffällig war bei dem Posttest, dass auch neue Kategorien genannt wurden, die nur in der abschließenden Klassendiskussion besprochen wurden, wie beispielsweise „Bernsteinwald“ oder den Bezug zum Aktualitätsprinzip („Aktualismus“).

In Bezug auf den Aktualismus kamen Antworten vor, wie:

- *Zeig die Welt, wie sie früher war* (Siehe Anhang IV, Station 1, Schülerantwort 1)
- *Lässt auf die Umgebung und Tierwelt schließen* (Schülerantwort 5)
- *Zeigt die Umgebung von Insekten. Gibt Rückschlüsse auf die Landschaftszonen* (Schülerantwort 17)
- *Insekten werden zur Rekonstruktion der damaligen klimatischen Bedingungen benutzt. Die meisten Insekten ähneln den heutigen stark und so lässt sich anhand der Lebensräume der heutigen Insekten die klimatische Verteilung auf der Erdkugel rekonstruieren* (Schülerantwort Nr. 12)

Benmerkenswert bei den Schülerantworten zum Aktualismus war, dass die Schüler das Prinzip in seinen Grundzügen selbst von dem in Station 3 gelernten Sachverhalten ableiten konnten, ohne dabei weitere Instruktionen zu haben. Darüber hinaus kamen die meisten Antworten von Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 7-8.

#### 4.4.2. Welche Kompetenzen werden während des Bernsteinworkshops entwickelt?

##### Auswertung von Station 1:

##### **Konzeptbezogene Kompetenzen (Fachwissen):**

- *Begreifen, dass die Auftriebunterschiede von Bernstein mit Dichteveränderungen des Salzwassers zusammenhängen.*

Die Frage des Stationsportfolios 1: „Woran liegt es, dass Bernstein im Salzwasser schwimmt, im Leitungswasser jedoch nicht?“ wurde von insgesamt 57 der 88 Schüler beantwortet: Bei der 10 Realschulklasse wurde die Station nicht durchgeführt und manche Gruppen haben Station 1 nicht erledigt. Einige Schüler haben ihre Stationsportfolios darüber hinaus nicht ausgefüllt. In 5 Fällen wurde die Frage nicht, und in 5 Fällen falsch beantwortet. Die nicht beantworteten Fragen, sowie die falschen Antworten wurden nicht in die folgende Statistik aufgenommen. Bei den (scheinbar korrekten) Antworten wurden Attribute genannt, wie „Salz verändert die Dichte des Wassers“, oder „Dichte verändert sich“, „Dichte erhöht sich“.

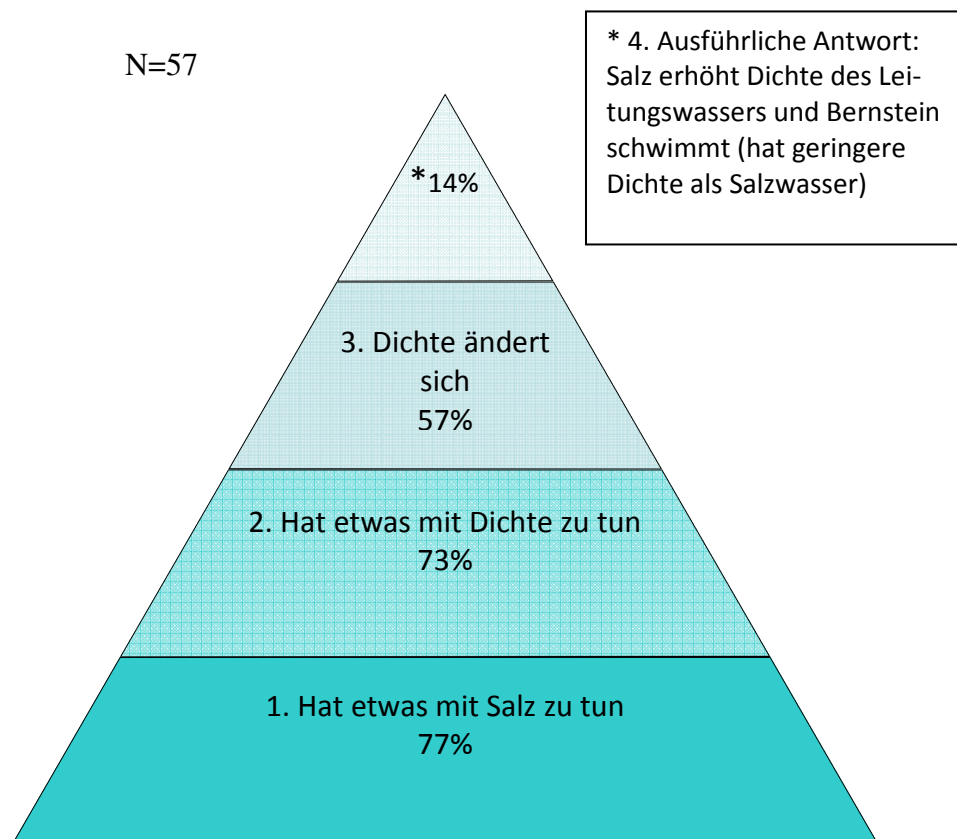


Abbildung 51: Diagramm: Schülerantworten auf die Frage woran es liegen könnte, dass manche Gegenstände im Salzwasser schwimmen, im Leitungswasser aber nicht?

Die Schülerantworten wurden in unterschiedliche Kategorien eingeordnet, die auf der Basis der verschiedenen Faktoren gebildet wurden, die in den Antworten enthalten waren:

1. Hat etwas mit Salz zu tun
2. Hat etwas mit Dichte zu tun
3. Die Dichte ändert sich (Leitungswasser hat niedrigere Dichte, als Salzwasser)
4. Ausführliche Antwort, die sich auf die Dichteverhältnisse von Leitungswasser, Salzwasser und Bernstein beziehen (vgl. Abb. 51)

Auffällig bei den Schülerantworten ist, dass die genannten *Faktoren Salz, Dichte, Dichteveränderung* und das *Verhältnis der Dichte des Bernsteins zu der Dichte des Salzwassers* unterschiedlich komplex zu sein scheinen. Dass das Salz mit dem veränderten Auftriebsverhalten des Bernsteins zu tun hat, konnte direkt beobachtet werden. Folglich wurde das Salz in 77% der Fälle als ausschlaggebender Faktor bei dem veränderten Auftriebsverhalten von Bernstein interpretiert. Bei der Auswertung von Antworten, die den Faktor „Salz“ enthalten, wurden auch implizierte Nennungen gezählt, bei denen die Schüler den Begriff *Salz* zwar nicht nennen, doch aus deren Antwort hervorgeht, dass beispielsweise die Dichte erhöht wird (z.B. Antwort 68: „Die Dichte des Wassers wird erhöht“ oder Antworten 56-58: „Die erhöhte Dichte“ – Siehe Anhang IV: Auswertung der Schülerantworten zu Station 1). Die in diesen Antworten erwähnte Dichteveränderung bezieht sich auf die Anfertigung der Salzlösung, auch wenn dies hier nicht explizit genannt wird.

In vielen Fällen wurde auch auf die veränderte Tragfähigkeit von Salzwasser hingewiesen. In 73% der Fälle wurde Dichte als Begriff erwähnt, wobei die meisten Schüler hier spezifizierten, dass sich die Dichte von Salzwasser erhöht. Aus der Auswertung ergab sich, dass nur 16% der Schüler ausschließlich den Faktor „Salz“ erwähnten, ohne dabei den Salzgehalt in Verbindung mit der Dichte zu setzen. Hier wurden meist Antworten, wie „Salz erhöht Tragfähigkeit“ oder „Salz = schwimmt“ notiert. Bei 13 von 57 Nennungen (23%) wurde sich nur auf die Dichte („Dichte verändert sich/erhöht sich“, „Hat etwas mit Dichte zu tun“) bezogen. Immerhin 8 Schüler (14%) haben die Aufgabe in aller Ausführlichkeit gelöst und das Dichteverhältnis von Leitungswasser, Salzwasser und Bernstein erwähnt.

Die Eigenschaften, Zusammensetzung und Veränderung von Materie, sowie Körper von Stoffen nach ihrem Aussehen, ihren physikalischen Eigenschaften (z.B. Dichte, Schmelz- und Siedetemperatur, spezifische Leitfähigkeit) gehören zum Basiskonzept des Chemieunterrichts der Sekundarstufe I an Gymnasien und werden bereits in der Klasse 7 gelehrt (SCHULMINISTERIUM NRW 2008 b, KLP Chemie). Die Antworten der Siebtklässler unterschieden sich in-

sofern von den Antworten der Achtklässler, als dass sie häufiger nur den Faktor „Salz“ erwähnten. Auch waren es ausschließlich Schüler der 7. Klasse (einer Schülerlaborgruppe), die in vier Fällen die Frage nicht beantwortet haben. Auch drei der fünf falschen Antworten kamen von Schülern der siebten Klasse (Antworten 27, 29 und 36: „Dichte des Leitungswassers und Salz ist niedriger als von Bernstein“, „Weil Salz leichter ist“ – siehe Anhang IV: Auswertung der Schülerantworten zu Station 1). Interessant zu sehen war auch, dass die beiden verbleibenden falschen Antworten von Schülern der neunten Klasse (Antworten 70 und 71: „Salzwasser hat geringere Dichte als Bernstein“) geleistet wurden. Dies kann allerdings darauf hinweisen, dass sich die Schüler bei der Aufgabe gelangweilt haben. Einer der beiden Schüler wurde von den Lehrerinnen, darüber hinaus, als „seinen Mitschülern weit voraus“ beschrieben, der einen unglaublichen Wissensdurst habe und sich allerdings gleichzeitig auch schnell langweilt (siehe Transkription der Lehrerinterviews im Anhang IV).

Fazit Station 1: Die Station eignet sich gut, um eigenständig und experimentell mit Dichte zu arbeiten und ein außerschulisches Beispiel anhand eines Materials (Bernstein) kennen zu lernen, der für die Schüler normalerweise fast gänzlich unbekannt ist. Dass Erkenntnisse über Dichte durch Station 1 erlangt wurden, spiegelt sich auch im Posttest bei 17% der Befragten wieder, die explizit auf das Dichtephänomen hinwiesen.

#### **Auswertung von Station 2**

##### **Konzeptbezogene Kompetenzen:**

- *Die Schülerinnen und Schüler veranschaulichen die letzten 200 Mio. Jahre in einer Zeitleiste o.ä.)*
- *Begreifen, dass die Erde sich ständig verändert (Plattentektonik, Fauna und Flora)*
- *Stellen anhand einer Zeitleiste o.ä. die Ära der Dinosaurier, im Vergleich dazu die Ära der Menschen sowie konstante plattentektonische Veränderungen dar*

Alle bis auf eine Schülergruppe haben die Aufgabe mit der Darstellung einer Zeitleiste gelöst. Bei einer Gruppe (Gruppe 6 – 28.06.2014: Schüler 21/m/8, 22/w/8, 23/w/8, 24/m/8 und 25/w/8) versuchten die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe ohne Zeitstrahl und nur „abstrakt“ in ihrem Stationsportfolio zu lösen. Die Karten hatten sie auf dem Tisch ausgebreitet und, der Reihenfolge nach, hintereinander gelegt. Hier konnten die Zeitdimensionen und Verhältnisse nicht eingehalten werden, da nicht genug Platz zur Verfügung stand. Eine Veran-



#### 4. Formative Evaluation des Bernsteinworkshops

schaulichung fand also hier wahrscheinlich nicht statt, weshalb es fraglich ist, ob die Schüler die Zeitdimensionen besser begreifen konnten. Während viele Gruppen sich auf den Vergleich der langen Dinosaurierära mit der sehr kurzen Menschenära bezogen, beschrieb diese Gruppe lediglich, dass die Menschen nach den Dinosauriern kamen. Obwohl die Aufgabenstellung offen war und es nicht vorgegeben wurde, auf welche Weise die Schüler die Aufgabe lösen, haben alle anderen Gruppen einen Zeitstrahl entwickelt (vgl. Abb. 52). Dass fast alle Gruppen diesen recht einheitlichen Lösungsweg gewählt haben, könnte daran liegen, dass die Schüler in der 7. Klasse häufig bereits mit Zeitleisten gearbeitet haben. Bei der Erstellung des Zeitstrahls unterschieden sich allerdings die Ausmaße der Zeitleiste gewaltig. Während die meisten Schüler den Zeitstrahl auf die 2m ihres Zollstockes beschränkten, gab es einige, die das Kreppband zur Hilfe nahmen und 4-8 m Raum in Anspruch nahmen.



**Abbildung 52: Fotografische Dokumentation einer möglichen Lösung zur Visualisierung der Zeitdimensionen: Unten: 2m lange Zeitleiste, die auf die Wand geklebt wurde. Oben: Detail der Zeitleiste mit der Darstellung der Evolution des Menschen.**

##### **Prozessbezogene Kompetenzen:**

- *Die Schülerinnen und Schüler machen auf die kurze Lebensspanne der Menschen (vor allem im Vergleich zur gesamten Erdgeschichte bzw. der Dinosaurierära) aufmerksam.*

Ob die Schülerinnen und Schüler ein Verständnis über das Verhältnis der menschlichen Evolutionsspanne zur Dinosaurierära in den letzten 120 Millionen Jahren, entwickelt haben, sollte mit folgender Aufgabenstellung im Stationsportfolio von Station 2 überprüft werden:

„Was fällt dir auf, wenn du das Alter der Erde und die Ära der Dinosaurier betrachtest und du sie mit der Evolution des Menschen vergleichst?“

Bezogen auf den Vergleich der Dinosaurierära mit der Menschenära wurden die Stationsportfolios so ausgewertet, dass für die zahlreichen und heterogenen Antworten Überkategorien angelegt wurden, um Kernaussagen abstrahieren zu können (Generalisierende Analyse nach LAMNEK 2005). Die Kategorien waren wie folgt:

##### **Kompetenzbezogene Antworten unter Angabe der Kategorien:**

1. **Explizite Erwähnung**, dass Menschenära in der Erdgeschichte nur einen Bruchteil der Dinosaurierära einnimmt (affektiv).
2. **Vergleich** von Zeitspannen ohne (explizit) affektiven Bezug.

##### **Andere Antworten unter Angabe der Kategorien:**

3. **Alter**: Dinosaurier sind alte, Menschen junge Spezies.
4. **Ausgestorben/rezent**: Dinosaurier sind ausgestorben, Menschen leben noch.
5. **Zeitdimension**: Dinosaurierära ist nicht lange her.
6. **Evolution und Entwicklung**: z.B. Menschen entwickelten sich schneller / besser.
7. **Frage nicht oder missverständlich beantwortet** (passt in keine der oben genannten Kategorien).

Je nach Inhalt und der Anzahl der unterschiedlichen Aussagen, wurden die Schülerantworten in mehr als eine Kategorie eingeordnet. Die Schülerantwort „Die Dinos sind länger auf der Erde aber die Menschen sind Fortschrittlicher“ (vgl. Anhang IV, Auswertung von Station 2; Schülerkürzel: 41/m/7), kann beispielsweise in die Kategorie 2 „Vergleich der Zeitspannen ohne Wertung“ (Die Dinos sind länger auf der Erde) und 6 „Evolution und Entwicklung“ (Menschen entwickelten sich besser) eingeordnet werden.

Die Auswertung der Schülerantworten ergab folgende Häufigkeitsverteilung:

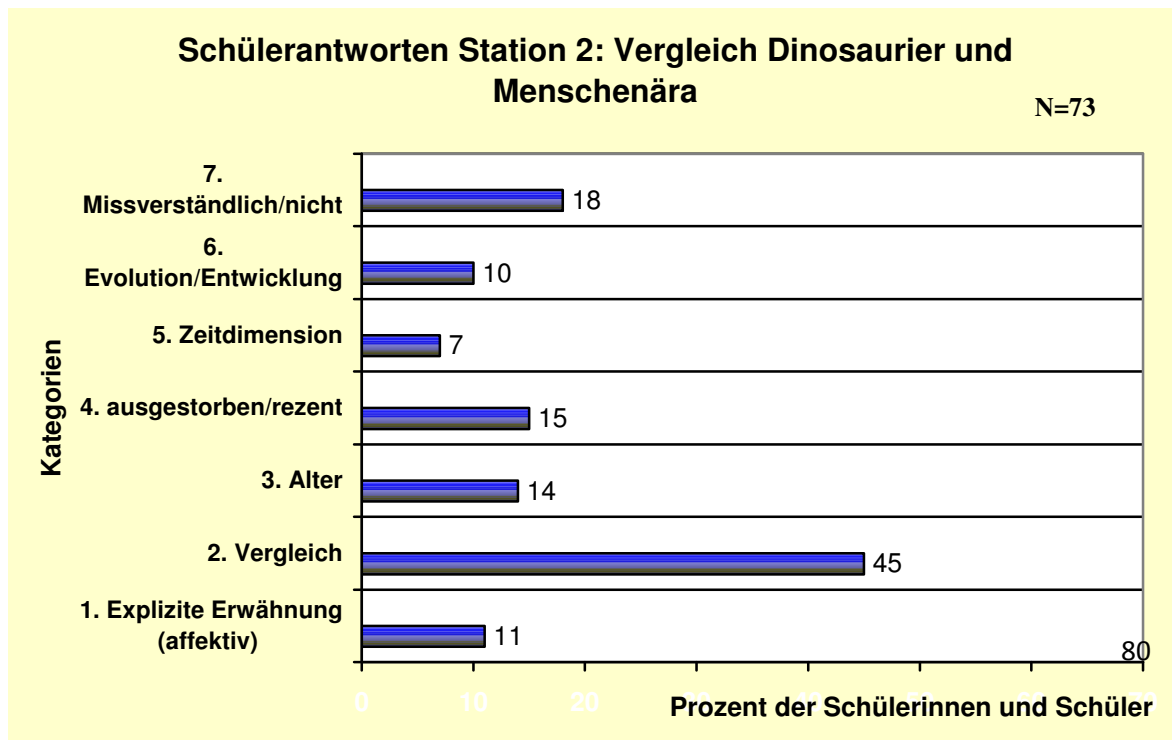


Abbildung 53: Schülerantworten zu Station 2: Vergleich der Dinosaurierära und der Menschenära; unterteilt in unterschiedliche Kategorien

Sowohl die zu Kategorie 1 zugeordneten ausführlichen Antworten mit emotionalen Markern, als auch die wertfreien, rein vergleichenden Antworten von Kategorie 2 spiegeln das Bewusstsein über die vergleichsweise kurze Lebensspanne der Menschen wieder, nicht nur wenn man die „Menschenära“ mit der Dinosaurierära vergleicht, sondern auch wenn man sie in Bezug zu der gesamten 4,6 Milliarden Jahre andauernden Erdgeschichte setzt. Antworten, die den ersten beiden Kategorien zugeordnet wurden, beinhalten folglich die in den Fragestellungen formulierte prozessbezogene Kompetenz. Der Unterschied zwischen Kategorie 1 und 2 ist subtil: Während beide Kategorien inhaltlich ähnlich sind, spiegeln Formulierungen der Antworten von Kategorie 1, die beispielsweise Metaphern („Die Geschichte der Menschen ist nur ein *Bruchteil* der Geschichte der Dinosaurier“; „Die Menschheitsära nimmt nur einen *Wimpernschlag* der Erdgeschichte ein“), Adjektive, wie „winzig“, „un glaublich“ oder redundante Steigerungsformen („sehr sehr lange“) enthalten, eine affektive Haltung zu der Fragestellung wieder (vgl. Abschrift der Schülerprotokolle Anhang IV: Auswertung von Station 2). Bei der Auswertung der Schülerantworten wurde, auf der Basis emotionslinguistischer Textanalyse, folglich auf emotionale Marker in der Sprache der Schülerinnen und Schüler geachtet (nach ORTNER 2014, LÜDTKE 2012). Werden die Kategorien 1 und 2 zusammengefasst, so wurde bzw. ist bei 56% der Schülerinnen und Schülern die angestrebte Kompetenz offenbar entwi-

ckelt. Abgesehen von einer Nicht-Beantwortung der Frage wiesen auch Antworten, wie „Die Dinosaurierära ist gar nicht so lange her“ oder „Menschen entwickelten sich länger“ darauf hin, dass die Schüler die Aufgabe entweder nicht verstanden haben, oder die angestrebte Kompetenz nicht entwickelt ist, da die 60 Millionen Jahre, die seit dem Aussterben der Dinosaurier vergangen sind, als kurze Zeitspanne angesehen wird. Dieses war bei insgesamt 11 % der Schülerantworten der Fall. Ob die Schüler die Antwort „Dinosaurierära ist gar nicht so lange her“ in Bezug zu der gesamten Erdgeschichte gesetzt und gesehen haben, bleibt allerdings unklar.

#### **Auswertung von Station 3 bzw. 4**

##### **Prozessbezogene Kompetenzen:**

- *Die Schülerinnen und Schüler identifizieren die Inklusen des Baltischen Bernsteins mit Hilfe eines dichotomen Bestimmungsschlüssels, sowie der Bestimmungskarten*

Die Schülerinnen und Schüler haben die ausgewählten Inklusen des Baltischen Bernsteins in den meisten Fällen (255 Bestimmungen bzw. 79%) korrekt auf Ordnungs- und Familienzugehörigkeit bestimmt. Hierbei wurde allerdings nur in 22 Fällen der Bestimmungsschlüssel und hier fast ausschließlich nur bei der Schabe und bei den Dipteren, gelegentlich auch bei Köcherfliegen verwendet. Der Umgang mit dem Bestimmungsschlüssel resultierte in den meisten Fällen in einer korrekten Bestimmung. Nur in einem Fall wurde ein Weberknecht statt der Dickkieferspinne und in 4 Fällen eine Motte statt einer Köcherfliege identifiziert. Die häufigste Bestimmung erfolgte über die Bestimmungskarten. Hierbei orientierten sich die Schülerinnen und Schüler an der visuellen Darstellung der auf den Bestimmungskarten abgebildeten Arthropoden, sowie den beschriebenen charakteristischen Merkmalen. In wenigen Fällen wurden weder die Karten noch der Schlüssel verwendet, was darin resultierte, dass Schüler die Inklusen fälschlicherweise als Kellerassel (statt Schabe), Motte oder Mücke, Stehmücke, Floh oder Käfer bestimmt haben. Eine falsche oder ungenaue Bestimmung erfolgte allerdings nur bei 15% bzw. in 47 Fällen (vgl. Abbildung 54). Hierzu wurden auch solche Ergebnisse gezählt, bei denen die Schüler eine adulte Schabe statt einer Larve oder einer Springspinne statt Dickkieferspinne identifiziert haben. In 19 Fällen (6%) war das Ergebnis der Bestimmung unklar, z.B. wenn zwar einige Felder des Bestimmungsbogens korrekt ausgefüllt wurden, doch der Inklusenname nicht angegeben wurde.

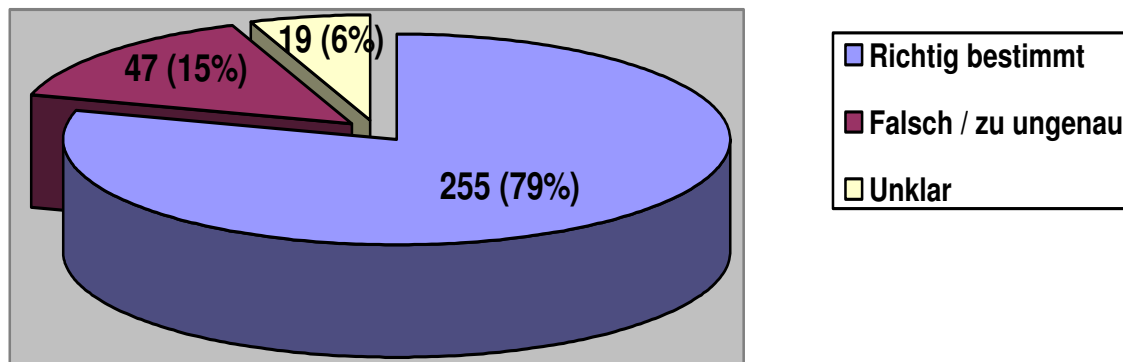


Abbildung 54: Bestimmung der ausgewählten Inkluden des Baltischen Bernsteins

**Prozessbezogene Kompetenzen:**

- *Die Schülerinnen und Schüler formulieren Hypothesen zum Aktualitätsprinzip*
- *Die Schülerinnen und Schüler entwickeln Kenntnisse über den Lebensraum der verschiedenen, bestimmten Tierordnungen (konzeptbezogene Kompetenz) und wenden ihre Wissen an, um das Ökosystem „Eozäner Bernsteinwald“ zu rekonstruieren (prozessbezogene Kompetenz)*

Ob die Schüler sich das Aktualitätsprinzip aus den ihnen zur Verfügung stehenden Materialien eigenständig herleiten können, sollte mit folgender Aufgabe geprüft werden (Ausschnitt aus dem Stationsportfolio):

Die eingeschlossenen Spinnen und Insekten des Baltischen Bernsteins sind ca. 40-50 Mio. Jahre alt.  
Die Bestimmungskarten, mit denen Du die Bernstein-Tiere bestimmt hast, sind von heute lebenden Arten.  
**Fragestellung:** Wie können wir das, was wir über heute lebende Tiere wissen, auf die fossilen Verwandten des Baltischen Bernsteins anwenden?

Abbildung 55: Auszug aus dem Stationsportfolio von Station 3

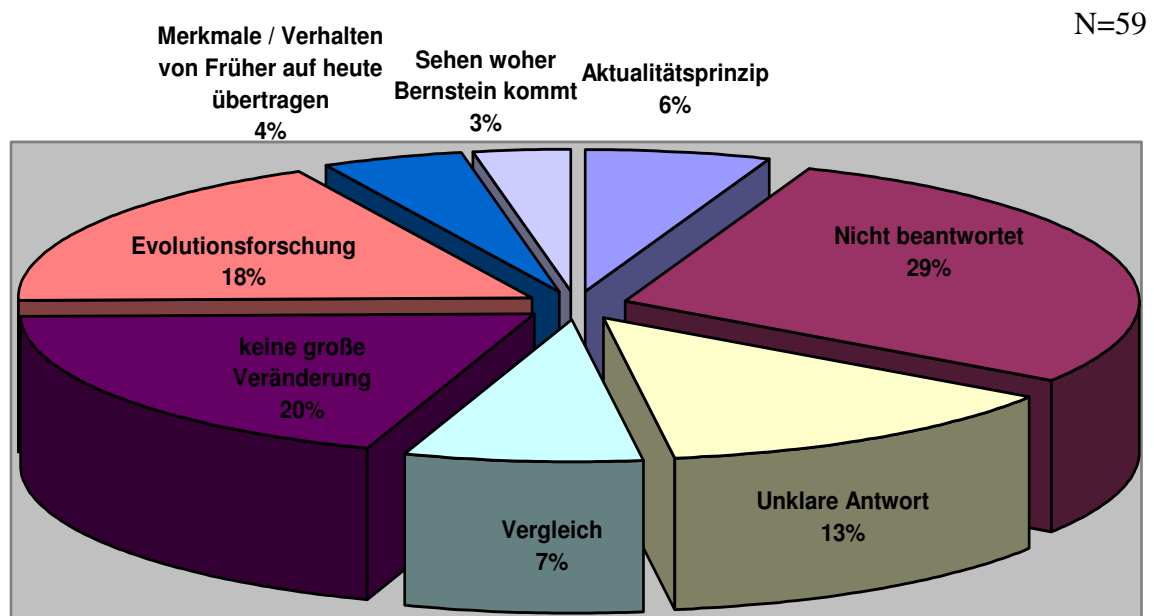
Insgesamt 57 von 88 Schülern haben sich mit der Fragestellung auseinandergesetzt. Die Schülerantworten waren sehr vielfältig und wurden zur besseren Handhabung und Auswertung in folgende Kategorien eingeteilt:

**Kompetenzbezogene Antwort:**

- Aktualitätsprinzip: Herleitung des Aktualitätsprinzips in seinen Grundzügen

**Andere Antworten:**

- Vergleich der damaligen mit den heutigen Organismen
- Feststellung, dass keine großen Veränderungen aufgetreten sind
- Evolution erforschen / wie sich Tiere entwickelt haben
- Merkmale / Verhalten von Früher auf heute übertragen
- Sehen, woher der Bernstein kommt
- Unklare Antwort (Frage evtl. nicht/falsch verstanden)
- Nicht beantwortet



**Abbildung 56: Schülerantworten zu der Aufgabe „Aktualitätsprinzip“**

Die Auswertung der Ergebnisse (vgl. Abb 57) zeigt an, dass in nur 6% der Fälle das Aktualitätsprinzip in seinen Ansätzen formuliert worden ist, wie beispielsweise bei den folgenden Antworten:

- Schüler 45/w/7: „Weil man an den Fossilien sehen konnte, dass die Tiere sich nicht sehr verändert haben, und deshalb kann man die Forschung von heute anwenden.“
- Schüler 82/m/10: „Wir können dadurch vielleicht wissen, wie früher die Insekten/Tiere gelebt haben. Ob sie gleich aussahen, [sich] gleich ernährten usw.“

In 29% der Fälle wurde die Frage nicht beantwortet, wobei häufig ein „?“ oder „verstehe ich nicht“ von Seiten der Schüler hinzugefügt wurde.

Bemerkenswert war hierbei, dass die Antworten der Jahrgangsstufe 10 häufig evolutionsbezogen waren und auf „Leitfossilien“ oder „Brückentiere“ ansprachen:

- *„Da man an den heutigen Tieren die Entwicklung nachvollziehen kann“*,
- *„Durch die lebenden Tiere, die heute leben, kann ungefähr erkannt werden, wie die vor ca. 40-50 Mio. Jahren gelebt haben und ob die Bedingungen genauso gleich sind, wie vor 40-50 Mio Jahren. Sie leiten sich von den Übergangstieren ab“*. (Auszug Stationsportfolios der Jahrgangsstufe 10).

Aus den Antworten könnte geschlussfolgert werden, dass die Fragestellung entweder zu schwer war, oder anders hätte formuliert werden sollen. Nichtsdestotrotz versuchten die Schülerinnen und Schüler offensichtlich Konzepte, die sie in der Schule gelernt haben (wie die Begriffe Leitfossilien, Übergangstiere/Brückentiere, Entwicklung, Anpassung) auf die gestellte Aufgabe anzuwenden, auch wenn dies hier nur schwer möglich war.

In der abschließenden Gruppendiskussion und Ergebnissicherung, bei der die Antworten der einzelnen Stationen durchgesprochen wurden, stellte sich heraus, dass die Schüler sich in den meisten Fällen herleiten konnten, dass sich ihr Wissen über die heutigen Verwandten der Inklusen eignen kann, um die unterschiedlichen Habitate des „eozänen Bernsteinwalds“ zu rekonstruieren. Als die geeigneten Leitfragen von Seiten des Anleiters gestellt wurden, so waren selbst die Schüler der Jahrgangsstufe 6 in der Lage den Grundgedanken des Aktualitätsprinzips, „die Gegenwart als den Schlüssel zur Vergangenheit“, herzuleiten, um den eozänen Bernsteinwald zu rekonstruieren. Bei der Rekonstruktion waren vor allem die jüngeren Schüler der 6. und 7. Jahrgangsstufen erstaunlich detailliert und phantasievoll.

#### **Auswertung von Station 5**

##### **Prozessbezogene Kompetenzen:**

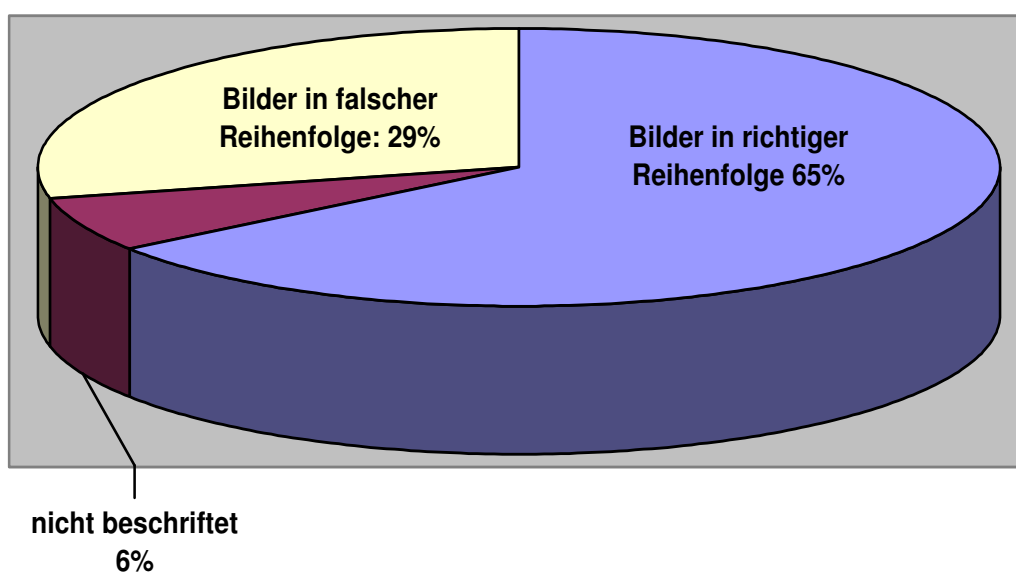
- *Die Schülerinnen und Schüler verstehen, wie die Inklusen in den Bernstein kommen und wie alt die Inklusen des Baltischen Bernsteins sind.*
- *Die Schülerinnen und Schüler begreifen die grundlegenden Prozesse der Bernstein-Fossilisierung (Faktor Zeit, Sedimentation und Meer)*

#### 4. Formative Evaluation des Bernsteinworkshops

Kompetenzen Bis zum Ende der Jahrgangsstufe 9 Die Schülerinnen und Schüler..	Lernen im Kontext: Anwendungsbezug Bernsteinworkshop
<b>Prozessbezogene Kompetenzen</b>  <b>Erkenntnisgewinnung</b> Erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mit Hilfe naturwissenschaftlicher Kenntnisse und Untersuchungen zu beantworten sind.	Formulieren Hypothesen zur Bernsteinentstehung
	Begreifen die grundlegenden Prozesse der Bernstein-Fossilisierung (Faktor Zeit, Sedimentation und Meer)
Veranschaulichen Daten angemessen mit sprachlichen, mathematischen und bildlichen Gestaltungsmitteln	Können mit Hilfe der gegebenen Materialien den Entstehungsprozess von Bernstein rekonstruieren

**Tabelle 13: Kompetenzentwicklung von Station 5, angepasst aus SCHULMINISTERIUM NRW (2008)**

Das Ziel der Aufgabe, bei dem die Schüler die Bilder zur Entstehungsgeschichte (vgl. 3.6.3.2. Abb. 45) von Bernstein sortieren und mit Überschriften versehen sollen, ist, dass sie sich den groben Entstehungsprozess veranschaulichen und verstehen können. Die Auswertung der Protokollbögen hat ergeben, dass von 80 Schülerinnen und Schülern rund 52 (65%) die Bilder in die korrekte Reihenfolge gebracht haben. Ebenso viele Schüler haben die Bilder mit Überschriften versehen.



**Abbildung 57: Schülerlösungen des Stationsportfolios: Bilder zur Entstehungsgeschichte von Bernstein in die richtige Reihenfolge bringen und mit Überschriften versehen**



Nur wenige Schüler (6%) haben die Bilder weder beschriftet, noch mit Pfeilen versehen, so dass es unklar war, ob sie die Aufgabe richtig gelöst haben. Bei rund 29% war die Reihenfolge der Bilder falsch, wobei es sich in den meisten Fällen um das Vertauschen von 2 Bildern handelte. In nur 3 Fällen wurden die Abbildungen falsch interpretiert.

Sowohl die Lehrerinnen als auch die Schüler bestätigten in den Interviews, dass die Bildergeschichte essentiell für die Veranschaulichung und das Verstehen der Aufgabe sei. Während sich die Schüler vorher kaum vorstellen konnten, wie der Entstehungsprozess von Bernstein vonstatten hätte gehen können, wurden die grundlegenden Prozesse durch die Abbildungen klarer. Bei den produzierten Texten konnte danach genau geschaut werden, ob die Schüler auch wichtige Faktoren, wie ‚Zeit‘ oder ‚die Rolle des Meeres/ bzw. des Meeressediments‘ verstanden haben.

Bei der Auswertung der Sachtexte bzw. Erzähltexte wurden die Kernaussagen zusammengefasst und auf die Fragestellung untersucht, ob sich die Erzähltexte inhaltlich und in den erwähnten Faktoren zur Bernsteinentstehung von den Sachtexten unterscheiden. Hierbei hat sich herausgestellt, dass sich, was die erwähnten Hauptaussagen angeht, die Sachtexte kaum von den Erzähltexten unterscheiden. So werden in beiden Textarten folgende Faktoren genannt:

- Zeitfaktor/Alter des Bernsteins
- Tiere bleiben im Harz kleben und sterben
- Harz gelangt in Flüsse und dann ins Meer
- Wird im Meeressediment gelagert
- Wird durch Auftrieb an den Strand gespült

Bei einigen Fällen wurde allerdings der Zeitfaktor nicht erwähnt, so dass der Eindruck entstand, dass das Harz unmittelbar nachdem es im Meeressediment gelagert wurde, wieder an den Strand gespült wurde.

Überraschend war allerdings, in welche Ausführlichkeit die Schüler, vor allem die der unteren Jahrgangsstufen (6 und 7) ihre Geschichten produziert haben. Darüber hinaus tauchen auch Faktoren mehrfach in den Erzähltexten auf, die in keinem Sachtext beschrieben wurden. Die offenbar erhöhte Kreativität und Imagination, die bei der Produktion von Erzähltexten involviert ist, veranlasste die Schüler dazu die Ursache der Harzeinbettung sowie den Sterbeprozess des gefangenen Tieres umfangreicher zu erläutern. So beschrieben die Schüler beispielsweise, dass der „duftende“ oder „schön funkelnde“ Harz die Insekten/Spinnen anlockte, diese dann in der klebrigen Harzfalle stecken blieben, von weiteren Harzflüssen übergossen wurden

und dann erstickten, da sie keine Luft mehr bekamen oder „Harz einatmeten“ (siehe beispielsweise Erzähltexte der 6. Klasse, Abschrift der Stationsportfolios von Station 5, Anhang IV).

### 4.4.3. Wie wurden die einzelnen Stationen beurteilt?

Grundlage der Datenauswertung für die Beurteilung bildeten, neben den qualitativen Interviews auch eine kurze Reflexionsaufgabe, die den Schülern am Ende des Bernsteinworkshops gegeben wurde und in der die Schüler die Gelegenheit hatten sich über positive und negative Aspekte des Workshops zu äußern.

#### Station 1: Was ist Bernstein

Station 1 wurde in den meisten Fällen positiv bewertet und bei den Interviews sowohl bei den Schülern, als auch bei den Lehrerinnen mehrfach als „die beste“ Station gewählt. Als Gründe für die gute Bewertung wurden folgende Faktoren genannt:

- experimentell, praktisch
- eigenständiges Arbeiten
- interessant (Geruch von Bernstein beim Anzünden; ähnlich wie Weihrauch)
- einfach aber trotzdem informativ
- musste nicht viel schreiben
- man hat etwas gelernt (Dichte und Brennbarkeit von Bernstein)
- der Stoff baut auf Chemieunterricht der Klasse 7 auf: Dichte. Können das Wissen praktisch und außerhalb des schulischen Unterrichts anwenden
- altersgemäß
- emotional (wegen außergewöhnlichem Geruch)

Was bei der Erwähnung der Station am häufigsten vorkam, war das Experiment mit dem Feuer und die Tatsache, dass der Bernstein außergewöhnlich riecht, wenn er angezündet wird. Auch die Eigenständigkeit und das praktische Experimentieren mit Feuer und Wasser (Dichterversuch) wurden bei der positiven Bewertung mehrfach erwähnt. Der Umgang mit Feuer schien den Schülern besonders im Gedächtnis geblieben zu sein, denn dies wurde bei fast allen Gruppen des Interviews erwähnt, als die Frage aufkam, woran sich die Schüler noch erinnern, wenn sie an den Bernsteinworkshop zurück denken, der zu dem Zeitpunkt zwei Wochen zurücklag. Negative Aussagen oder Bewertungen lagen für diese Station nicht vor.

### **Station 2: Zeitvorstellung**

Station 2 wurde nur selten positiv und kein einziges Mal negativ bewertet. In den meisten Fällen fand die Station aber weder bei der Fragestellung „Welche Station hat dir/Ihnen am besten gefallen?“ noch bei der Fragestellung „Welche Station hat dir/Ihnen am wenigsten gefallen?“ Erwähnung. Die Visualisierung der verschiedenen Erdzeitalter wurde durch die Karten und vor allem durch den Vergleich der langen Dinosaurierära mit der sehr kurzen Menschenära gut veranschaulicht. Die Station selbst wurde aber als „einfach“ und nicht herausfordernd, oder „ein bisschen langweilig“ bewertet. Im Gegensatz zu Station 1, die ebenfalls mehrfach als „einfach“ bezeichnet wurde, insgesamt aber sehr positiv bewertet wurde, wurde Station 2 weniger positiv bewertet, was offensichtlich mit dem Faktor „etwas gelernt zu haben“ zusammen hängt. Dieses könnte auch damit zu tun haben, dass die Schüler meist in den Klassen 6 oder 7 bereits Zeitleisten entwickelt haben. Bei der in Station 2 entwickelten Zeitleiste gab es allerdings einen Faktor, den die Schüler bisher offenbar noch nicht kannten und der sich bei den Interviews als interessante Variation herausgestellt hat: Die kurze Ära des Menschen, die sich im Vergleich zu der Dinosaurierära nur auf sehr kleinem Raum abspielt.

Da in zwei der fünf Schülerlaborgruppen die Station aus Platzmangel auf den Flur bzw. das Universitätsfoyer verlegt wurde, nahm der Ortswechsel anscheinend einen positiven Einfluss auf die Bewertung der Station.

### **Station 3 bzw. 4: Die Bestimmung der Inkluden des Baltischen Bernsteins**

Die Arbeit mit dem Binokular und den Inkluden wurde bei der Fragestellung „Was hat dir am Bernsteinworkshop am besten gefallen?“ am häufigsten genannt. Positiv empfunden wurden folgende Faktoren:

- die Variation der zur Verfügung gestellten Inkluden,
- der Informationstext auf den Bestimmungskarten,
- die Inkluden mit dem Binokular genau zu betrachten,
- zu wissen, wie alt die Inkluden sind.

Allgemein wurde die Arbeit mit den Inkluden als interessant und lehrreich angesehen, was maßgebend zu der positiven Bewertung beigetragen haben könnte. Die Schülerreaktionen auf die Inkluden waren sehr vielfältig. Während einige offensichtlich ins Staunen geraten sind, empfanden andere den detaillierten Anblick der Insekten und Spinnen als „ekelig“ oder „gruselig“. Vor allem die Springspinne hatte bei den Schülern einen großen Eindruck hinterlassen, da sie „einen direkt angeschaut hat.“ (vgl. Anhang IV Transkription Schülerinterview).

Bei den negativen Bewertungskriterien wurden einerseits affektive Faktoren, wie diese mit negativen Emotionen verbundenen Beispiele genannt. Andererseits wurde auch erwähnt, dass die Bestimmung zu langwierig war. Vor allem gemessen an den insgesamt 3 Stunden, in denen die Schüler die einzelnen Stationen durchgearbeitet haben, wurde die Bestimmung von 4 Inkluden als zu viel betrachtet. Darüber hinaus schien es ebenfalls Probleme mit den Bestimmungskarten gegeben zu haben, denn diese waren wohl nach einiger Zeit „chaotisch“ auf den Stationstischen verteilt, so dass es sich schwierig gestaltete die richtige Karte zu finden. Der Faktor „chaotisch“ wurde mehrfach von den Schülern erwähnt. In einzelnen Fällen hatten die Schüler Schwierigkeiten bei der Anwendung des Bestimmungsschlüssels.

#### **Station 5: Die Entstehung von Bernstein. Schreiben eines Textes.**

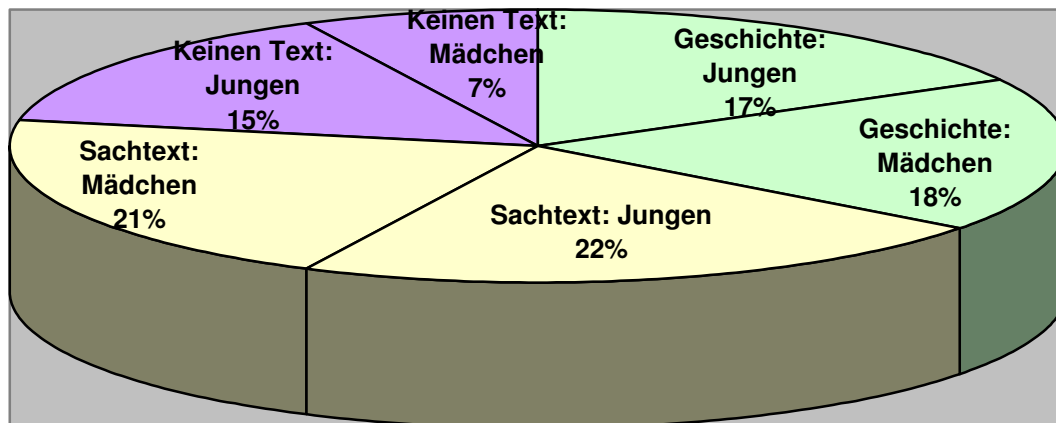
Diese Station war, was ihre Bewertung angeht, sehr kontrovers. Während sie bei manchen Schülern als unter der Kategorie „am besten gefallen“ benannt wurde, gab es auch einige negative Bewertungen („am wenigsten gut gefallen“).

Allgemein fanden die Schüler den ersten Teil der Aufgabe, das Ausschneiden, Sortieren und Aufkleben der Bilder zur Entstehungsgeschichte von Bernstein positiv. Hierbei wurde vor allem bei den Interviews erklärt, dass die Bilder den Entstehungsprozess sehr veranschaulicht hätten, wodurch die Schüler erst verstanden haben, wie die Inkluse in den Bernstein kommt und wie aus Harz Bernstein wird. Auch kommunikative und kooperative Aspekte wurden positiv bewertet. So äußerten zwei Schülerinnen im Interview, dass sie im Austausch mit den Partnern ihrer Kleingruppe die Bilder erst in die richtige Reihenfolge bringen konnten und es „alleine nicht geschafft hätten“.

Bei dem zweiten Teil der Station konnten die Schüler wählen, ob sie zu den sortierten Abbildungen einen Sachtext oder eine Geschichte schreiben sollen.

41 % der Schüler entschieden sich für einen Sachtext. Dieser wurde als „einfacher“ empfunden, da das Produzieren einer Geschichte offenbar mehr spontane Kreativität erfordert. Gerade diese Aufgabe wurde von Seiten der Schüler sehr gegensätzlich bewertet. Einige Schüler empfanden es als „langweilig“ einen Text zu produzieren und bezeichneten die Aufgabe als „schulisch“ (vgl. Anhang IV, S.303), da sie einen ähnlichen Arbeitsauftrag hatten, wie in der Schule, wo sie häufig z.B. Texte produzieren und Inhalte zusammenfassen müssen. Andere Schüler beurteilten die Aufgabe wiederum positiv. Bei der Begründung für eine positive Bewertung äußerte beispielsweise eine Schülerin in den Schülerinterviews, dass sie es gut fand eine Geschichte selber zu erfinden, da dies ein außergewöhnlicher Arbeitsauftrag für den Biologie- und Chemieunterricht sei (vgl. Anhang IV, S. 303).

N=80



**Abbildung 58:** Verteilung der Schülerinnen und Schüler, die einen Sachtext, eine Geschichte oder keinen Text geschrieben haben.

Insgesamt haben sich 35% der Schülerinnen und Schüler für die Geschichte und 41% für einen Sachtext entschieden. Der Geschlechtsunterschied spielte für die Wahl der Textsorte offenbar keine Rolle. Von insgesamt 22% der Schülerinnen und Schüler, die weder Sachtext, noch Geschichte geschrieben haben, waren rund zwei Drittel Jungen und ein Drittel Mädchen. Fast alle, die keinen Text verfasst haben, wiesen aber wenigstens ausführliche Beschriftungen der Bilder auf (vgl. Anhang IV, S.287-294).

### Station 6: Evolution

Bei Station 6 gab es mehr negative Bewertungspunkte als positive. Zwar wurde vor allem die Walevolution als überraschend und interessant empfunden, doch konnte dies die allgemeine schlechte Bewertung der Aufgabe nicht kompensieren. Zum einen haben einige Schüler die Aufgabe nicht verstanden, was sie explizit auch so vermerkt haben, oder sie haben die Aufgabe nicht bearbeitet (vgl. Anhang IV, S. 295-300). Gleichzeitig, so betonten sowohl die Schüler, als auch die Lehrerinnen in den Interviews, war der Zusammenhang der Darstellung der Walevolution mit dem Thema Bernstein nicht klar. Die Aufgabe schien aus dem Kontext gerissen. Ebenfalls negativ bewertet wurde die Tatsache, dass die Station weder „Materialien“ zur Verfügung gestellt hat noch experimentell war (S.310), sondern sich auf „Theorie“ und Textproduktion beschränkte. Die Schüler können „weniger eigenständig agieren und müssen gleichzeitig mehr denken“ (S. 311ff: Lehrerinterview).

### Schülervorstellungen zum Thema Evolution

Jeder Lernende bringt seine eigenen Vorstellungen zu einem bestimmten Thema mit in den Unterricht. Diese Schülervorstellungen entsprechen zwar nicht immer der fachlichen Sichtweise, da sie meist auf individuellen und lebensweltlichen Erfahrungen beruhen, doch sollten sie keinesfalls als irrelevant ignoriert oder gar als Fehlvorstellungen abgewertet werden. Auch wenn für Lehrer bestimmte fachliche Inhalte leicht begreifbar sind, heißt dies nicht, dass die Lernenden den Lehrstoff genauso leicht begreifen. „Die Vorstellungen der Lernenden zu (be-)achten, ist deshalb so wichtig, weil Sie daran erkennen können, warum manche Sachverhalte so schwer gelernt werden, obwohl Sie selbst sie als leicht, klar und verständlich einschätzen.“ (GROPENGBIEBER et al. 2013, 12). Damit die Lehrpersonen also einen Eindruck darüber bekommen, über welche Vorstellungen die Lernenden zu einem bestimmten Thema verfügen, ist es sinnvoll einfache Erhebungsmethoden von Schülervorstellungen in den Unterricht zu integrieren (GROPENGBIEBER et al. 2013). Es gibt bereits viele Arbeiten, die Schülervorstellungen zum Thema Evolution erhoben haben und beispielsweise untersuchen, inwieweit Vorstellungen der Schüler das Verstehen von Evolutionsprozessen beeinflussen (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE 1992, SCHILKE & LEHRKE 1994, SETTLAGE 1994, BAALMANN et al. 2004, JOHANNSEN & KRÜGER 2005, FENNER 2013).

In Station 6 sollten die Schüler die Evolution der Wale mit der Evolution der Ameisen vergleichen und eine Hypothese zu der folgenden Frage formulieren:

*Wie kommt es, Deiner Meinung nach, dass sich die Evolution der Wale anscheinend so sehr von der Evolution der Insekten unterscheidet?*

Die Schülerantworten hierzu waren vielseitig, beinhalteten aber folgende Kernaussagen:

Allgemeine Aussagen	Evolution der Wale	Evolution der Ameisen
Veränderung des Lebensraums verursacht Veränderung der Lebewesen	Lebensraum des Wals hat sich stark verändert	Lebensraum der Ameise hat sich nicht verändert
	Der Wal musste sich anpassen	Ameise musste sich nicht anpassen
	Der Wal musste sich zum Meereslebewesen verändern, da Bedingungen an Land nicht gut waren	Ameise musste sich nicht an Lebensraum anpassen, da sie nicht so groß ist
	Wal ging ins Wasser (z.B. wegen Flut) und musste sich dann verändern	Ameise optimal an Lebensraum angepasst
		Ameisen reagieren flexibel auf Umweltveränderungen

#### 4. Formative Evaluation des Bernsteinworkshops

---

Selektionsdruck Nahrungsbeschaffung	Wal hatte nicht genug Nahrung an Land und zog sich über die Zeit ins Wasser zurück	Ameisen essen weniger
Selektionsdruck Räuber/Feinde	Wal wurde an Land gejagt und ging deshalb ins Wasser	
Selektionsdruck allgemein	Wale hatten im Wasser bessere Überlebenschancen	

**Tabelle 14: Auswertung der der Schülerantworten unter Nennung der Kategorien. Auswertungsmaterialien hierzu siehe Anhang IV: Auswertung von Station 6 - Schülerantworten**

Die Schülerantworten lassen darauf schließen, dass der überwiegende Teil der Schülerschaft, der an dem Bernsteinworkshop teilgenommen hat, über Wissen zu grundlegenden Evolutionsfaktoren, wie Selektionsdruck, die Rolle des Lebensraums, die Rolle der Nahrung und biotische Faktoren, wie Räuber/Feinde, verfügt. Dass der Lebensraum maßgeblich an der Veränderung von Lebewesen beteiligt ist, wurde von den meisten Schülerinnen und Schülern realisiert, denn sie bezogen ihre Antworten fast immer in einer bestimmten Weise auf den Lebensraum. Warum die Ameisen sich in den letzten 50 Millionen Jahren anscheinend kaum verändert haben, beantworteten immerhin 12% der Schüler mit „die Ameisen waren optimal an ihren Lebensraum angepasst“. Bei der Evolution der Wale gestalteten sich die Antworten schwieriger, da häufig Äußerungen gemacht wurden, die darauf schließen lassen, dass der Wal:

1. unter hohem Selektionsdruck litt,
2. daraufhin seinen Lebensraum gewechselt hat und
3. sich dann durch die Bildung von Flossen etc. an den neuen Lebensraum anpassen musste.

Obwohl also das grundlegende Konzept des Selektionsdrucks offenbar verstanden wurde, scheinen die Schüler überwiegend eine Lamarcksche Vorstellung zur Evolution zu vertreten, bei der der Gebrauch bzw. der Nichtgebrauch von Organen zu deren Ausbildung bzw. Verkümmern führen und diese erworbenen Eigenschaften an die Folgegeneration weitergegeben wird.

Auch eine Finalität wird angenommen, also eine Zweckgerichtetheit, bei der die Funktionalität einer Eigenschaft als Ursache derselben gilt. Anpassung unterliegt dieser Vorstellung nach nicht dem Zufall, sondern erfolgt durch das Lebewesen selbst. Die Ausnahme bildete ein Schüler der 8. Klasse, der im Interview äußerte, dass die „Bildung von etwas“ immer Zufall sei. Kann sich das „Gebildete“ durchsetzen, so wird es weitervererbt, andernfalls geht es verloren (vgl. Anhang IV. S. 307).

Der zweite Rückschluss aus den Schülerantworten zu Evolutionsvorstellungen kann in Bezug auf die ‚Geschwindigkeit‘ und ‚Art und Weise‘ des Evolutionsprozesses getätigt werden. So scheinen ausnahmslos alle Schüler, die sich mit der Aufgabe auseinandergesetzt haben, einen saltatorischen Evolutionsprozess zu vertreten, statt einen graduellen. Das Konzept von Variation scheint, darüber hinaus, noch nicht entwickelt zu sein.

Die Ergebnisse dieser sehr kurzen Untersuchung von Schülervorstellungen stimmen mit den Ergebnissen vorheriger Studien zu Schülervorstellungen zum Thema Evolution überein, wie beispielsweise BAALMANN et al. (2004), deren Untersuchung Schüleraussagen, wie „gezieltes adaptives Handeln von Individuen“ (also Anpassung als absichtsvolles und zielgerichtetes Handeln von Lebewesen) oder „adaptive körperliche Umstellung“ (Automatische Veränderungen durch Reaktionen der Organismen auf Lebensbedingungen) enthielten (in JOHANNSEN & KRÜGER 2005). Auch die quantitative Studie von JOHANNSEN & KRÜGER (2005) erbrachte ähnliche Ergebnisse, bei der finale Vorstellungen sowohl bei Mittel- als auch bei Oberstufenschülern vorherrschend zu sein scheinen und sogar scheinbar widersprüchliche Vorstellungen („Anpassung erfolgt, weil sie für das Bestehen der Lebewesen notwendig ist“ und „Entwicklung hängt von Mutation und Selektion ab“) vollständige Zustimmung erhielten. Die Studie belegte ebenfalls, dass auch Lamarcksche Vorstellungen noch sehr stark verbreitet sind: Bei einer Auswahl unterschiedlicher Antwortmöglichkeiten zur Evolutionstheorie spiegelten rund die Hälfte der Schülerantworten der Jahrgangsstufe 10 und circa ein Drittel der Oberstufenschülerantworten die Theorie von Lamarck wider (JOHANNSEN & KRÜGER 2005. 43f).

#### **4.5. Fazit und Schlussfolgerungen für ein Unterrichtsvorhaben für die Gymnasiale Oberstufe**

Die Evaluation des Bernsteinworkshops hat ergeben, dass sich das Wissen der Schüler, was Bernstein und seine Inkluden angeht, nicht nur in allen vorgestellten Kategorien vermehrt hat (Forschungsfrage 1), sondern auch, dass sie neue, teilweise komplexe Wissenskategorien gebildet haben. Ein verhältnismäßig kleiner Teil der Schülerschaft schien vorher mit Bernstein, sowie seinen Inkluden in Kontakt gekommen zu sein, denn das Vorwissen, das die Schüler mit in den Unterricht gebracht haben, bezog sich fast ausschließlich auf das äußere Erscheinungsbild des Bernsteins (Kategorie Farbe), sowie auf das Wissen, dass zwischen Harz und Bernstein ein Zusammenhang besteht. Diese Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zum Thema Bernstein, sowie die im Vorfeld, im Schulunterricht erworbenen Kompetenzen (z.B. zur Dichte) konnten durch den Bernsteinworkshop auf andere Bereiche ausgeweitet und an-



schaulich angewendet werden, wie sich bei der Auswertung von Forschungsfrage 2 (Kompetenzentwicklung) herausgestellt hat.

Aufgaben, die einem höheren Anforderungsbereich (vgl. Kapitel 3.6.3) zugeordnet waren, wie zum Beispiel die Hypothesenentwicklung (Station 3), sowie evolutionsbezogene Fragen (Station 6- Vergleich von Insektenevolution und Walevolution) waren offensichtlich schwerer für die Schüler zu meistern. Hierbei war vor allem die Gruppendiskussion von Station 3 ein Schlüsselfaktor für die Entwicklung der prozessbezogenen Kompetenz *„Die Schülerinnen und Schüler formulieren Hypothesen zum Aktualitätsprinzip“* sowie der Kompetenz *„Die Schülerinnen und Schüler entwickeln Kenntnisse über den Lebensraum der verschiedenen, bestimmten Tierordnungen (konzeptbezogene Kompetenz) und wenden ihre Wissen an, um das Ökosystem „Eozäner Bernsteinwald“ zu rekonstruieren (prozessbezogene Kompetenz).“*

Während der Erarbeitungsphase an der Station 3 bzw. 4 und der Auseinandersetzung mit den Bernstein-Inklusen wurden Grundlagen für die Entwicklung der entsprechenden Kompetenz gelegt, die aber erst später, in der Ergebnissicherungsphase (Klassendiskussion) (weiter-) entwickelt werden konnten. Während der Ergebnissicherungsphase konnten folglich nicht nur zentrale Inhalte der einzelnen Stationen gesichert werden, sondern offenbar war die Klassendiskussion für den „finalen“ Schritt der Kompetenzentwicklung essentiell, da hier flexibel auf den Wissensstand und auf die offensichtlichen Verständnisschwierigkeiten der Schüler eingegangen werden konnte. Im Gegensatz zur schriftlichen Dokumentation, in der die Schüler möglicherweise auch eine zeitökonomisch formulierte Antwort als ausreichende Bearbeitung der Aufgabe werten mögen, bietet eine mündliche Diskussion verschiedene Vorteile:

- Fragen oder Verständnisschwierigkeiten können direkt erörtert werden.
- Lösungswege können gemeinsam evaluiert und ggf. angepasst werden.
- Durch die große Anzahl an Schülern, die sich mit dem gleichen Thema beschäftigen, darf davon ausgegangen werden, dass zahlreiche, unterschiedliche Ideen und Impulse verbalisiert werden, die dann aufgegriffen und vertieft bzw. generalisierend auf andere Bereiche angewendet werden können.

In den Schülerinterviews hat sich darüber hinaus gezeigt, dass die Schüler die Angaben zu den Lebensräumen der Inklusen häufig nur oberflächlich behandelt haben, da sie sich über den „Nutzen“ des Wissens nicht im Klaren waren. Durch die abschließende Ergebnissicherungsphase in der Klassendiskussion konnten diese Wissenslücken aber gefüllt und die entsprechenden Kompetenzen entwickelt werden, wie der Posttest nachweislich zumindest bei 11% der Schülerantworten gezeigt hat. An dieser Stelle sei aber erneut angemerkt, dass der

Posttest aus einer offenen Fragestellung und keinem expliziten Wissenstest zum Aktualitätsprinzip bestand.

Bei der Bewertung der verschiedenen Stationen hat sich herausgestellt, dass die Stationen mit einem experimentelleren Anteil, an denen die Schüler entdeckend lernen, besser bewertet wurden. Doch nicht nur die Bewertung von Seiten der Schüler und Lehrer stand in Zusammenhang mit der Art des Arbeitsauftrags sondern auch die Entwicklung der Kompetenzen scheint mit dem Einsatz der unterschiedlichen Operatoren bzw. der Art der Aufgabe im Zusammenhang zu stehen. So scheinen die Aufgaben, die experimenteller sind und eine höhere Schüleraktivität und auch Schülerkreativität fordern, deutlichere Kompetenzentwicklungen zu ermöglichen, als solche, die rein instruktiv waren. Darüber hinaus schien der Faktor „Emotionalität“ einerseits eine Rolle bei der Bewertung der Stationen und andererseits bei der angestrebten Kompetenz zu spielen. Waren die affektive Dimension der Schülerinnen und Schüler involviert, wie beispielsweise bei Station 1 (Verbrennung des Bernsteins und Geruchstest), so schienen die betroffenen Stationen einerseits positiver bewertet zu werden. Gleichzeitig aber spiegelten die mit emotionalen Markern versehenen Schülerantworten (bei dem Vergleich der Dinosaurierära mit der Menschenära, Station 2) vermehrt die angestrebte Kompetenz wieder und entsprachen einer angemessenen Antwort auf die Fragestellung.

Die negative Bewertung von Station 6 (Evolution), die im Schülerinterview als „schulisch“ bezeichnet wurde, weist darüber hinaus darauf hin, dass die Schüler offenbar die Erwartung haben, dass es sich bei einem außerschulischen Lernort um eine Erfahrung handelt, bei dem die in der Schule üblichen Vorgehensweisen nicht zur Anwendung kommen. Dieses entspricht auch dem Konzept eines außerschulischen Lernorts, der, wie im Falle des Schülerlabors primär auf forschendes Lernen ausgelegt sein sollte.

Allgemein konnte der Bernsteinworkshop einen umfassenden Überblick über unterschiedliche Inhalte rund um das Thema „Baltischer Bernstein mit seinen Inkluden“ geben. Hierbei erhielten die Schülerinnen und Schüler die Gelegenheit ihre Vorkenntnisse und Vorstellungen zu Bernstein fachlich zu erweitern und zu ergänzen. Durch die Arbeit mit den Inkluden und dem fossilen Harz hatten sie weiterhin die Möglichkeit, im Rahmen eines entdeckenden und selbstgesteuerten Lernens die angebotenen Kompetenzen, die innerhalb und außerhalb des Lehrplans verankert waren, zu fördern und zu entwickeln. Hierbei wurde nicht nur spezifisches Wissen zu Bernstein aufgebaut, sondern auch allgemeine naturwissenschaftliche Ar-

beitsweisen (z.B. experimentieren, systematische Untersuchungen, paläontologische Arbeit) sowie anschlussfähige und vernetzbare Konzepte (Aktualitätsprinzip) entwickelt, um einen Baustein für die kontinuierliche Konstruktion einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (*scientific literacy*) zu legen.

#### **Schlussfolgerungen für die Planung einer Doppelstunde in der Oberstufe**

Der Prätest zum Vorwissen, das die Schüler zum Thema Bernstein in den Bernsteinworkshop mitgebracht haben, hat ergeben, dass die Schüler in wenigen Fällen mit Bernstein-Inklusen in Kontakt gekommen sind. Zwar haben ca. 70% der Schüler Bernstein in Zusammenhang mit Harz gebracht, doch dass es sich bei Bernstein um fossiles Baumharz handelt, und dass demnach die eingeschlossenen Organismen genau so alt wie der Millionen Jahre alte Bernstein sind, war den meisten Schülern nicht bekannt. Dieses Vorwissen kann als Schülerperspektiven bei der didaktischen Aufarbeitung des Unterrichtskonzepts für die Oberstufe eingesetzt werden, da davon ausgegangen werden kann, dass die Schüler auch bis zur Oberstufe, wenn überhaupt, nur im privaten Kontext Kontakt zu Bernstein und seinen Inklusen hatten.

Damit das im Bernsteinworkshop verwendete Konzept in der Oberstufe angewendet werden kann, müssen einige Inhalte und Arbeitsweisen abgeändert, angeglichen, ergänzt oder gestrichen werden. Station 1 eignet sich hierbei vor allem für die unteren Jahrgangsstufen (5.-7/8. Klasse), da der Dichteversuch auf den Chemieunterricht der Klasse 7 aufbaut. Würde der Versuch in höheren Klassen der Mittelstufe eingesetzt, so müsste man ihn entsprechend angleichen und weitere, näher zu untersuchende Aspekte einbauen. Für die Oberstufe erscheint diese Station weniger geeignet, da sie vor allem auf die unteren Jahrgangsstufen abgestimmt ist. Dieses wurde auch im Lehrerinterview bestätigt, in dem die Lehrerinnen äußerten, dass die Station zwar für untere Stufen sehr gut einsetzbar ist, ab der Jahrgangsstufe 9 allerdings zu einfach wäre.

Die Arbeit mit den Inklusen des Baltischen Bernsteins (Station 3) eignet sich hingegen sowohl für Unter- und Mittelstufe, als auch für die Oberstufe, da der Grad der Bestimmung, der systematischen Einordnung und der paläontologischen Arbeit im Hinblick auf die Komplexität variierbar ist. Insofern wäre es für die Oberstufe beispielsweise denkbar, die Bestimmung anhand von feineren taxonomischen Merkmalen zu gestalten, um die Gattungszugehörigkeit der Inklusen zu ermitteln. Auf diese Weise lassen sich auch in Bezug auf die Rekonstruktion des eozänen Lebensraums eindeutiger Aussagen treffen.

Die Veranschaulichung der Zeitdimension (Station 2) muss bei älteren Schülern nicht mehr in Betracht gezogen werden, da die Schüler ab dem Alter von 16/17 bereits ein abstraktes Zeitverständnis entwickelt haben (HUG 1980, BIRKENHAUER 1986).

Der Aspekt zur Kontinentalverschiebung hingegen wurde im Bernsteinworkshop nur sehr oberflächlich und sporadisch angesprochen, könnte jedoch einen interessanten Beitrag zum Oberstufenunterricht leisten, wenn er vertieft würde. Die Auswertung der Fragestellung zur Kontinentalverschiebung hat ergeben, dass Wissen zu plattentektonischen Prozessen, wenn es vorhanden war, häufig als außerschulisches Vorwissen angegeben wurde. Ein Interesse an geophysikalischen Prozessen scheint also durchaus auch im privaten Kontext zu bestehen. Allerdings sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es sich bei den meisten teilnehmenden Gruppen um freiwillige, naturwissenschaftliche Arbeitsgemeinschaften handelt, bei denen davon ausgegangen werden darf, dass der Grad des naturwissenschaftlichen Interesses der Schüler und dementsprechend auch ihr Wissen bezüglich unterschiedlicher Inhalte sicherlich größer ist, als in einer Regelklasse. In der Oberstufe könnte der Aspekt der Plattentektonik mit der Paläobiogeographie ausgewählter Inkluden des Baltischen Bernsteins in Verbindung gebracht werden. Dieses wäre gut zu vereinbaren, vor allem wenn die Schüler in der Lage sind, vereinzelte Inkluden bis auf Gattungsniveau zu bestimmen, um dann in einem weiteren Schritt paläobiogeographische Rückschlüsse zu ziehen.

Station 6 hat sich mit den Schülervorstellungen zum Thema Evolution befasst, also Vorstellungen, die die Lerner mit in den Unterricht gebracht haben (Schülerperspektiven). Obwohl die Aufgabenstellung von Station 6 sich als offenbar zu schwierig für die Mittelstufe herausgestellt hat, kann das Thema Evolution im Zusammenhang mit Bernstein-Inkluden deutlich besser in der Oberstufe aufgegriffen werden, da die Schüler sich dann eingehender mit Prinzipien von Evolutions- und Anpassungsmechanismen beschäftigt haben. Die bis zum Ende der 9. Klasse erworbenen Kompetenzen sowie die Inhalte des Oberstufenunterrichts zum Thema Evolution können in höheren Klassen besser am praktischen Beispiel der Bernstein-Inkluden getestet und angewendet werden. Hier wäre es auch denkbar kreationistische Thesen mit in den Unterricht einzubauen, die von den Schülern kritisch durchleuchtet werden sollen, denn gerade Bernstein mit seinen scheinbar kaum veränderten Inkluden wird häufig als Grundlage für kreationistische Argumente genutzt.

### **5. Stundenentwurf für die Oberstufe zum Thema Bernstein**

Die Ergebnisse der Untersuchung aus Kapitel 4 dienen dazu, die Unterrichtsreihe zum Thema Bernstein zu optimieren und zu erweitern. Der Entwurf des in diesem Kapitel vorgestellten Unterrichtsvorhabens ist an die Jahrgangsstufen 11 und 12 gerichtet und umfasst eine Doppelstunde. Einerseits basiert die Doppelstunde auf der Evaluation des durchgeführten Bernsteinworkshops, doch gleichzeitig werden die Materialien, Inhalte und Methoden an die Bedingungen der Oberstufe angepasst und orientieren sich infolgedessen an den entsprechenden Kernlehrplanvorgaben.

#### **5.1. Vorüberlegungen zum Unterrichtsentwurf**

Der in der Sekundarstufe I durchgeführte und in Kapitel 3 vorgestellte Bernsteinworkshop wurde zwar für den außerschulischen Lernort Schülerlabor entwickelt, ist jedoch keinesfalls auf diesen beschränkt, denn die unterschiedlichen Themenbereiche der verschiedenen Stationen wurden in Bezug auf die angestrebten Kompetenzentwicklungen in den Kernlehrplänen (NRW) verankert und eignen sich demzufolge auch für den schulischen Unterricht.

Für die Sekundarstufe I waren einige Themen, die in der fachlichen Klärung der vorliegenden Arbeit (Kapitel 1 und 2) angesprochen wurden, wegen ihrer Komplexität und wegen des fehlenden Bezugs zum Lehrplan ungeeignet, hier im Speziellen das Thema (Paläo-) Biogeographie. Für die Oberstufe eignet sich das Thema wiederum gut, da die Schülerinnen und Schüler, die für den Unterricht nötigen Kompetenzen bereits erworben haben (vgl. Kapitel 5.4. Didaktische Strukturierung). Im Umkehrschluss scheinen einige Themen, die sich für die Sekundarstufe I sehr gut eignen, wie die einfache experimentelle Untersuchung zu den physikalischen Eigenschaften von Bernstein oder die Veranschaulichung der Zeitdimensionen mit Hilfe eines Zeitstrahls für höheren Jahrgangsstufen ungeeignet.

Für die geplante Doppelstunde werden also die folgenden Aspekte aus dem ersten Teil der vorliegenden Arbeit herausgegriffen und entsprechend didaktisch rekonstruiert:

- Paläobiogeographie ausgewählter Inkluden des Baltischen Bernsteins, und damit verbunden:
  - i. Paläoökologische Untersuchungen ausgewählter Inkluden des Baltischen Bernsteins
  - ii. Plattentektonik und Klimaveränderung

- iii. Auswirkungen von Klimaveränderung auf die Organismen des Baltischen „Bernsteinwaldes“ (Selektionsdruck; Anpassungsstrategien)

Die angesprochenen Themen sind interdisziplinär ausgerichtet, da sie sowohl biologisches Wissen aus dem Bereich Ökologie und Evolution (Punkte i. und iii.) als auch geographisches Wissen aus dem Bereich Klima und geophysikalische Prozesse (Punkt ii) miteinander in Verbindung bringen.

Die beiden im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelten Unterrichtssequenzen für die Sekundarstufe I und II zum Thema Bernstein können (aber müssen nicht) als zwei sich ergänzende Sequenzen betrachtet werden, bei denen die in der Sek. I verwendeten Methoden und Inhalte in der Oberstufe ausgebaut, vertieft angewendet und erweitert werden.

## 5.2. Bedingungsanalyse

### 5.2.1. Vorkenntnisse der Schüler (Erfassung der Schülerperspektiven)

Da der Unterrichtsentwurf allgemein für die Sekundarstufe II und nicht für eine spezielle Schulklasse entwickelt wurde, kann nicht auf die speziellen und klassen- bzw. schülerspezifischen Bedingungen eingegangen werden. Die Doppelstunde zum Thema Bernstein richtet sich in erster Linie aber an die Jahrgangsstufen 11 und 12 von Gymnasien und Gesamtschulen.

Die Ergebnisse der Evaluation des Bernsteinworkshops in Bezug auf das in den Kurs mitgebrachte Vorwissen zum Thema Bernstein hat gezeigt, dass die Schüler in rund 11% der Fälle keinerlei Kenntnisse über Bernstein besaßen. Die meisten Schüler sind Bernstein allerdings bereits begegnet, da sie über Vorwissen, bezogen auf Farbe und Beschaffenheit (Harz), verfügten. Das genaue Alter von Baltischem Bernstein war nur in einem Fall bekannt<sup>2</sup>. Die Kenntnis über wissenschaftliche Aspekte, wie die Rolle der Inkluden oder die physikalischen Eigenschaften kamen bei den Nennungen nur selten vor. Die Ergebnisse der Untersuchung haben bestätigt, dass die Schüler zwar Kenntnisse über die Existenz von organismischen Einschlüssen haben, sich jedoch nicht darüber im Klaren sind, wie alt die Einschlüsse sind, denn bei einer konkreten Einschätzung zum Alter des Baltischen Bernsteins wurden häufig Zeitanangaben von 1-1000 Jahre gemacht. Da Bernstein im Schulkontext höchstens eine oberflächliche Erwähnung findet, bei der Bernstein-Inkluden zwar als Fossilien angesprochen aber nicht weiter kommentiert oder behandelt werden (vgl. Kapitel 3.3.1.3. Auswertung der untersuch-

---

<sup>2</sup> Dieser Schüler aus der Jahrgangsstufe 6 hatte bereits einen Workshop an der Ostsee zum Thema Baltischer Bernstein besucht, bei dem die Teilnehmer Bernsteine geschliffen und zu Schmuck verarbeitet haben.

ten Unterrichtsmaterialien), kann davon ausgegangen werden, dass sich das gegebenenfalls vorhandene Vorwissen der Oberstufenschüler, wie es die Evaluationsergebnisse aus Kapitel 4 zeigen aus persönlichen Erfahrungen oder Museumsbesuchen etc. zusammensetzt.

### **Die Themen Paläobiogeographie und Kontinentalverschiebung in der Oberstufe**

Bei einer Behandlung des Themas Paläobiogeographie der ausgewählten Inkluden des Baltischen Bernsteins müssen nicht nur biogeographische Aspekte (z.B. Reaktionen von Organismen auf abiotische Faktoren) mit in den Unterricht einbezogen werden, sondern auch die Themen Plattentektonik und Kontinentalverschiebung. Die Veränderung der Erdplattenkonfiguration kann einerseits Auswirkungen auf das Klima haben, was wiederum Auswirkungen auf die Organismen in den betroffenen Habitaten hat. Das Thema Kontinentalverschiebung taucht im Schulkontext vereinzelt im Unterrichtsmaterial gängiger Biologiebücher auf. Im Unterrichtswerk *Biologie Oberstufe* von Cornelsen wird das Thema Biogeographie beispielsweise im Zusammenhang mit Evolution besprochen.

Kontinentaldrift wird hier in einem kurzen Sachtext erklärt: „Die Theorie der Plattentektonik erklärt heute die globalen Bewegungsvorgänge dadurch, dass feste Erdplatten über einem zähflüssigen oberen Erdmantel durch Konvektionsströme verschoben werden“ (WEBER 2009, 270). Zur Veranschaulichung werden hier die Tierwelten Afrikas und Südamerikas, wie afrikanische Dromedare, das asiatische Trampeltier und das südamerikanische Lama miteinander verglichen. Ziel dieses Vergleichs ist, auf gemeinsame Vorfahren dieser heutzutage geographisch getrennten Tiergruppen einzugehen.

In diesem Kontext wird ebenfalls der Begriff *Endemit* erklärt, sowie explizit das Thema Paläobiogeographie und Paläoklimatologie mit dem Beispiel der Pferdeevolution erwähnt. Kontinentalverschiebung wird letztendlich, in Verbindung mit den primären Evolutionsfaktoren, wie Mutation, Rekombination, Gendrift, Selektion, Isolation und Separation, als wichtige Triebfeder herausgearbeitet (WEBER 2009, 271).

Ein weiteres Beispiel für die Behandlung der Themen Plattentektonik und Evolution tritt in *Linder Biologie. Lehrbuch für die Oberstufe* (BAYRHUBER et al. 2005) auf. Hier gibt es einen ähnlichen kurzen Sachtext zu plattentektonischen Prinzipien, bei denen Begriffe, wie Subduktion, Gebirgsbildung, mittelozeanischer Rücken und Kontinentalplatten erklärt werden. Die ständige Veränderung der Kontinentalplattenkonfiguration wird in mehreren Abbildungen erläutert (vgl. BAYRHUBER et al. 2005, 473). Auch auf die Rekonstruktion des Paläoklimas

wird kurz angesprochen und mit Schaubildern untermauert, die einen Überblick der klimatischen Veränderung der letzten 500 Millionen Jahre anzeigen.

Im Geographieunterricht wird Kontinentalverschiebung laut Kernlehrpläne NRW im Zusammenhang mit Vulkanismus und die Auswirkungen auf die menschliche Bevölkerung der Vergangenheit und Gegenwart besprochen (SCHULMINISTERIUM NRW 2013 b, 17). Bei einer Behandlung paläobiogeographischer Inhalte lassen sich also der Biologie- und Geographieunterricht thematisch miteinander verknüpfen.

Bei der Bestandsaufnahme von ausgewählten geographischen Lehrerfachzeitschriften hat sich herausgestellt, dass auch andere paläontologische Themen mehrfach erwähnt werden, wie Klimaforschung und Paläoklima und damit verbunden Methoden der Klimaforschung sowie Ursachen für Klimaveränderungen. In *Geographie Heute* (Ausgabe 218/2004) werden in dem Artikel „Wozu Geologie?“ (WEFER 2004, 2-6) Themen wie Klimaforschung und Paläoklima in dem aktuellen Kontext der Globalerwärmungsdebatte besprochen. Dort wird der Zusammenhang zwischen Geologie und Klimaforschung erklärt, wobei geologische Methoden der Entschlüsselung des Klimas vergangener Zeiten mit Hilfe von Sedimenten und Sedimentgesteinen erläutert werden. Hierbei können Geologen die Klimaentwicklung der letzten Millionen Jahre bis heute darstellen und klimatische Schwankungen sowie deren Ursache erforschen. In diesem Kontext werden auch Methoden der Klimaforschung wie die Untersuchung von Sauerstoff-Isotopenzusammensetzungen der Kalkschalen von Foraminiferen aus Tiefseesedimenten erwähnt (WEFER 2004, 5).

Im Folgeartikel hält FRAEDRICH (2004) ein Plädoyer für die Stärkung der Geowissenschaften in der Schule. Hier wird von Seiten der Fachdidaktik eine verstärkte Integration der naturwissenschaftlichen Anteile der Geowissenschaften im Schulkontext gefordert, da die integrativ arbeitenden Geowissenschaften sich mit der Erforschung naturwissenschaftlicher Aspekte des Systems Erde und mit der Nutzung dieses Raumes durch den Menschen beschäftigt (FRAEDRICH 2004, 6). In einem vorläufigen Bildungsplanentwurf für die gymnasialen Klassen 9/10 in Hamburg sollen in diesem Kontext für die Ergründung von Klimaänderungen nicht nur kurzfristige Aspekte von Klimaveränderung behandelt werden (z.B. Treibhauseffekt) sondern auch endogene Prozesse, wie die Entstehung der Erde/Schalenbau der Erde, Kontinentalverschiebung/Plattentektonik, sowie Vulkanismus/Erdbeben und damit verbunden auch Veränderungen der Biodiversität. In der Oberstufe sollen laut dieses Entwurfs grundlegende endogene Prozesse vertieft und die Theorie der Plattentektonik als Voraussetzung für das



Verstehen endogener Prozesse sowie raumwirksame Folgen tektonischer Vorgänge in Europa behandelt werden (FRAEDRICH 2004, 7).

Die Beispiele aus den erwähnten Unterrichtsmaterialien liefern einen passenden Ansatzpunkt für die Bernsteindoppelstunde, bei der die Themen Paläogeographie, Kontinentalverschiebung und Paläoklimatologie behandelt werden können. Im Gegensatz zu den Ansätzen, die in den erwähnten Schulbüchern präsentiert wurden, kann das Thema Kontinentalverschiebung und Paläobiogeographie in der hier geplanten Doppelstunde anhand authentischer Bernstein-Fossilien durchgeführt werden. Dieses verspricht einen bereichernden Zuwachs an Unterrichtsmaterialien und Möglichkeiten, dieses ansonsten schwierig zugängliche Thema zu behandeln.

### 5.2.2. Kompetenzerwartungen

#### 5.2.2.1. Biologieunterricht

„Biologieunterricht in der gymnasialen Oberstufe knüpft an den Unterricht in Sekundarstufe I an und vermittelt, neben grundlegenden Kenntnissen und Qualifikationen, Einsichten auch in komplexere Naturvorgänge sowie für das Fach typische Herangehensweisen an Aufgaben und Probleme“

(SCHULMINISTERIUM NRW 2013, 12).

Im Folgenden wird kurz dargestellt, welche Voraussetzungen die Schülerinnen und Schüler in den geplanten Oberstufenunterricht laut der Kernlehrpläne mitbringen sollten, also welche Kompetenzen bis zum Ende der Jahrgangsstufe 10 entwickelt werden.

Mit Abschluss der Sekundarstufe I und bis zum Ende der Einführungsphase der Oberstufe an Gymnasien und Gesamtschulen (Jahrgangsstufe 10) wird von den Schülerinnen und Schülern erwartet, dass sie in Bezug auf *Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Beurteilung* über verschiedene Kompetenzen verfügen.

Der Kompetenzbereich *Umgang mit Fachwissen* beschreibt die Fähigkeit biologische Konzepte „zur Lösung von Aufgaben und Problemen in fachbezogenen Anwendungsbereichen auszuwählen und zu nutzen. Hierfür ist ein vertieftes Verständnis ihrer Bedeutung notwendig, was u.a. die Kenntnis von Eigenschaften, theoretischen Einbettungen oder funktionalen Zusammenhängen, Gültigkeitsbereichen, Beispiele für die Tragfähigkeit bestimmter Konzepte

sowie verknüpften Handlungsmöglichkeiten beinhaltet“ (SCHULMINISTERIUM NRW, KLP GymGe 2013, 16).

Umgang mit Fachwissen	Die Schülerinnen und Schüler können...
UF 1 Wiedergabe	ausgewählte biologische Phänomene und Konzepte beschreiben.
UF 2 Auswahl	biologische Konzepte zur Lösung von Problemen in eingegrenzten Bereichen auswählen und dabei Wesentliches von Unwesentlichem unterscheiden.
UF 3 Systematisierung	die Einordnung biologischer Sachverhalte und Erkenntnisse in gegebene fachliche Strukturen begründen.
UF 4 Vernetzung	bestehendes Wissen aufgrund neuer biologischer Erfahrungen und Erkenntnisse modifizieren und reorganisieren.

**Tabelle 15: Auszug aus den Kernlehrplänen für die Sek. II, SCHULMINISTERIUM NRW (2013), 20**

Zum Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* zählen solche Fähigkeiten und methodische Fertigkeiten mit denen Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliche Fragestellungen zu erkennen wissen, diese mit Experimenten und anderen Methoden hypothesengeleitet untersuchen und Ergebnisse verallgemeinern können.

Erkenntnisgewinnung	Die Schülerinnen und Schüler können...
E1 Probleme und Fragestellungen	in vorgegebenen Situationen biologischer Probleme beschreiben, in Teilprobleme zerlegen und dazu biologische Fragestellungen formulieren.
E 2 Wahrnehmung und Messung	kriteriengeleitetes Beobachten und Messen sowie gewonnene Ergebnisse objektiv und frei von eigenen Deutungen beschreiben.
E 3 Hypothesen	zur Klärung biologischer Fragestellungen Hypothesen formulieren und Möglichkeiten zu ihrer Überprüfung angeben.
E4 Untersuchungen und Experimente	Experimente und Untersuchungen zielgerichtet nach dem Prinzip der Variablenkontrolle unter Beobachtung der Sicherheitsvorschriften planen und durchführen und dabei mögliche Fehlerquellen reflektieren.
E 5 Auswertung	Daten bezüglich einer Fragestellung interpretieren, daraus qualitative und einfache quantitative Zusammenhänge ableiten und diese fachlich angemessen beschreiben.
E 6 Modelle	Modelle zur Beschreibung, Erklärung und Vorhersage biologischer Vorgänge begründet auswählen und deren Grenzen und Gültigkeitsbereiche angeben.

E 7 Arbeits- und Denkweisen	an ausgewählten Beispielen die Bedeutung, aber auch die Vorläufigkeit biologischer Modelle und Theorien beschreiben.
-----------------------------	--

**Tabelle 16: Auszug aus den Kernlehrplänen für die Sek. II. SCHULMINISTERIUM NRW (2013), 20**

Der Kompetenzbereich *Kommunikation* beschreibt Fähigkeiten, die für einen produktiven fachlichen Austausch nötig sind, wie z.B. digitale und analoge Informationsquellen selbstständig zu suchen, kritisch auf ihre Seriosität zu überprüfen und wertende Quellen ordnungsgemäß zu dokumentieren. Hierbei sollen die Informationen selektiert, versprachlicht und verschriftlicht werden und in gängigen Darstellungsformen (Grafiken, Tabellen und Diagramme) präsentiert werden.

<b>Kommunikation</b>	<b>Die Schülerinnen und Schüler können...</b>
K1 Dokumentation	Fragestellungen, Untersuchungen, Experimente und Daten strukturiert dokumentieren, auch mit Unterstützung digitaler Werkzeuge.
K2 Recherche	in vorgegebenen Zusammenhängen kriteriengeleitet biologisch-technische Fragestellungen mit Hilfe von Fachbüchern und anderen Quellen bearbeiten.
K3 Präsentation	biologische Sachverhalte, Arbeitsergebnisse und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt in Kurzvorträgen oder kurzen Fachtexten darstellen.
K4 Argumentation	biologische Aussagen und Behauptungen mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten begründen bzw. kritisieren.

**Tabelle 17: Auszug aus den Kernlehrplänen für die Sek. II, SCHULMINISTERIUM NRW 2013, 21**

Für den Kompetenzbereich *Bewertung* wird die Entwicklung von Fähigkeiten angestrebt, die es den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, ethisch überlegt zu urteilen, rationale und begründete Entscheidungen zu treffen und dafür zielführende Positionen zu beziehen. Auch kritische Reflexionen über naturwissenschaftliche, biomedizinische und biotechnologische Grenzen werden hier eingeschlossen (zusammengefasst aus den KLP des SCHULMINISTERIUMS NRW 2013, 15-16).

<b>Bewertung</b>	<b>Schülerinnen und Schüler...</b>
B1 Kriterien	Bei der Bewertung von Sachverhalten in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen fachliche, gesellschaftliche und moralische Bewertungskriterien angeben.
B2 Entscheidungen	In Situationen mit mehreren Handlungsoptionen Entscheidungsmöglichkeiten kriteriengeleitet abwägen, gewichten und einen begründeten Standpunkt beziehen.

B3 Werte und Normen	In bekannten Zusammenhängen ethische Konflikte bei Auseinandersetzungen mit biologischen Fragestellungen sowie mögliche Lösungen darstellen.
B4 Möglichkeiten und Grenzen	Möglichkeiten und Grenzen biologischer Problemlösungen und Sichtweisen mit Bezug auf die Zielsetzungen der Naturwissenschaften darstellen.

**Tabelle 18: Auszug aus den Kernlehrplänen für die Sek. II, SCHULMINISTERIUM NRW 2013, 21**

### 5.2.2.2. Geographieunterricht

Als Bindeglied der Gesellschaftswissenschaften und Naturwissenschaften, gehört es zu den Aufgaben und Zielen des Faches Geographie, nicht nur eine vertiefte naturwissenschaftliche Bildung, sondern auch die Festigung und Erweiterung der *raumbezogenen Handlungskompetenz* anzustreben.

„Darunter ist die Fähigkeit und Bereitschaft zu verstehen, die Strukturen und Prozesse der nah- und fernräumlichen Lebenswirklichkeiten zu analysieren, sie fachstrukturell zu erfassen und zu durchdringen sowie selbstbestimmt und solidarisch an der Entwicklung, Gestaltung und Bewahrung der räumlichen Lebenswirklichkeit mitzuarbeiten.“  
(SCHULMINISTERIUM NRW 2013 b, 10)

Der Schwerpunkt des Geographieunterrichts liegt also auf der Entwicklung sowohl naturwissenschaftlicher, als auch gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Handlungskompetenzen, um Herausforderungen in der Gegenwart und Zukunft zu meistern. Hierzu gehören beispielsweise:

- die Sicherung der Lebensgrundlage für Folgegenerationen durch nachhaltiges Wirtschaften,
- das Erfassen von Chancen und Risiken, die mit zunehmender Globalisierung aber auch Regionalisierung verbunden sind,
- der Abbau von Disparitäten auf verschiedenen Maßstabsebenen durch verantwortungsbewusstes Handeln zur Schaffung zukunftsfähiger Lebensverhältnisse sowie
- die Gewährleistung eines friedlichen Miteinanders durch interkulturelles Verständnis.

Die raumbezogene Handlungskompetenz wird in die miteinander verbundenen Sach-, Methoden-, Urteils-, und Handlungskompetenzen untergliedert und soll an fachspezifischen Inhaltsfeldern entwickelt werden (vgl. Schulministerium NRW 2013 b).

Für die geplante Unterrichtsdoppelstunde sind Kompetenzen gefragt, die die Schüler im Erdkundeunterricht der Sekundarstufe I erworben haben und sich auf das Inhaltsfeld Klima be-

ziehen. Gleichzeitig knüpfen Inhalte auch an Kompetenzen an, die im neuen Kernlehrplan Geographie für die Oberstufe von Gymnasien und Gesamtschulen aufgeführt werden (vgl. Tabelle 17 und 18).

Folgende Kompetenzen zum Thema Klima, die für die Doppelstunde von Bedeutung sind, haben die Schülerinnen und Schüler bis zum Ende der Jahrgangsstufe 9 erworben.:

Inhaltsfeld	Kompetenzbereiche Die Schülerinnen und Schüler...
<b>Leben und Wirtschaften in verschiedenen Landschaftszonen:</b> Landschaftszonen als räumliche Ausprägung des Zusammenwirkens von Klima und Vegetation (30)	<b>Sachkompetenz:</b> beschreiben ausgewählte naturgeographische Strukturen und Prozesse (Oberflächenform, Boden, Georisiken, Klima- und Vegetationszonen) und erklären deren Einfluss auf die Lebens- und Wirtschaftsbedingungen der Menschen (24).
	<b>Methodenkompetenz:</b> gewinnen aus Bildern, Graphiken, Klimadiagrammen und Tabellen themenbezogenen Informationen (25)

**Tabelle 19: Auszug aus den Kernlehrplänen für die Sek. II Geographie, SCHULMINISTERIUM NRW 2013 b (Seitenzahlen in der Tabelle angegeben)**

### 5.3. Sachanalyse (Fachliche Klärung)

Der kurze Unterrichtsentwurf zum Thema „Baltischer Bernstein und seine Inklusen“ befasst sich mit Ausschnitten und ausgewählten Inhalten der in Kapitel 1 und 2 diskutierten fachwissenschaftlichen Grundlagen. Die folgenden Themenausschnitte wurden für die geplante Oberstufendoppelstunde ausgewählt:

- Paläobiogeographie ausgewählter Inklusen des Baltischen Bernsteins, und damit verbunden:
  - i. Paläoökologische Untersuchungen durch Bestimmung von ausgewählten Steinfliegen des Baltischen Bernsteins (siehe Kapitel 2)
  - ii. Paläobiogeographie (siehe Kapitel 2)

### 5.4. Didaktische Strukturierung

Zunächst muss für das weitere Vorgehen, ähnlich wie in Kapitel 3, analysiert werden, welche Anteile der fachwissenschaftlichen Inhalte aus der Sachanalyse ausgewählt, didaktisch reduziert und vermittelt werden sollen. Die Auswahl sollte begründet sein und sowohl einen Gegenwarts- als auch Zukunftsbezug haben und in Bezug zum Bildungsplan gesetzt werden. Auch werden im Vorfeld Kompetenzen und Lernziele formuliert, die für die weitere Planung der Unterrichtsstunde vonnöten sind und die Richtung der jeweiligen Inhalte bestimmen.

#### 5.4.1. Themenwahl

Kapitel 2 hat gezeigt, dass die Inklusen, und hier im Speziellen die Steinfliegen des Baltischen Bernsteins für eine paläobiogeographische Arbeit sehr gut geeignet sind. Doch lohnt es sich nicht nur in der paläontologischen Forschung mit Bernstein-Inklusen paläobiogeographisch zu arbeiten, sondern auch im didaktischen, schulischen Kontext.

Zwar findet das Thema (Paläo-) Biogeographie selbst keine explizite Erwähnung in den Kernlehrplänen und wurde nur selten in den untersuchten Lehrmaterialien angesprochen, doch die geplante Doppelstunde soll nicht als isolierter Unterrichtsexkurs angesehen werden, sondern kann passend in den regulären Biologieunterricht eingebettet werden. Gleichzeitig werden neue Unterrichtsbeispiele und Materialien vorgestellt, nämlich die Inklusen des Baltischen Bernsteins. Der Bezug zu den Lehrplänen ist sicherlich vor allem im Hinblick auf eine Verkürzung der Schuljahre und die damit verbundene Komprimierung des Biologieunterrichts essentiell.

Für die Behandlung paläobiogeographischer Aspekte müssen die Schüler auch andere Bereiche der Biologie in ihre Arbeit mit einbeziehen wie beispielsweise ökologische Aspekte, bei der die Paläobedingungen des eozänen „Bernsteinwaldes“ zunächst anhand der Inklusen rekonstruiert werden. Darüber hinaus sind auch Plattentektonik und die darauf folgenden Klimaveränderungen relevant, und damit verbunden auch Aspekte der Evolution und Anpassung sowie des Selektionsdrucks, der bei einer Klimaveränderung auf die Organismen des betroffenen Habitats einwirkt.

Konkret lässt sich die Doppelstunde mit dem Schwerpunkt „Paläogeographie am Beispiel ausgewählter Bernstein-Inklusen“ gegen Ende einer Unterrichtsreihe zum Thema Evolution und Anpassung einbetten. Ein passendes Beispiel für den methodischen und theoretischen Rahmen wird hier in der Schulbuchliteratur von Cornelsen *Biologie Oberstufe* (WEBER, 2009) geliefert. Hier taucht das Thema Paläogeographie und Kontinentalverschiebung gegen Ende

des Evolutionskapitels auf. Gleichzeitig müssen für den hier geplanten Unterricht erst Grundbegriffe und Kompetenzen zum Thema Evolution erworben werden, um im Anschluss auf biogeographische Aspekte eingehen zu können.

Die Schüler müssen mit folgenden Inhalten und Begrifflichkeiten vertraut sein:

- Ursachen von Evolution:
  - i. Biodiversität
  - ii. Populationsgenetik und Populationsdynamik
  - iii. Faktoren von Evolution und Artenentstehung wie Selektion und Selektionsfaktoren, Gendrift, Mutation, Rekombination, Isolation und Separation

Als treibende Kraft dieser Evolutionsfaktoren können Themenfelder, wie „Kontinentalverschiebung und die Auswirkungen von Kontinentalverschiebung auf das Weltklima“ im Unterricht optimal angeknüpft werden. Geophysikalische Prozesse, wie Kontinentalverschiebung sind laut Kernlehrplan des Faches Geographie für die Oberstufe (SCHULMINISTERIUM NRW 2013 b) im Inhaltsfeld „Leben und Wirtschaften in verschiedenen Landschaftszonen“ eingebettet. Der geplante Unterrichtsexkurs erscheint deshalb als besonders geeignet, um fächerübergreifend zu arbeiten und den Biologieunterricht mit dem Geographieunterricht zu vereinen.

Am Beispiel ausgewählter Inkluden des Baltischen Bernsteins kann die Auswirkung von Kontinentalverschiebung und Klimaveränderung veranschaulicht werden. Zwar eignen sich Bernstein-Inkluden nicht als Leitfossilien für den schulischen Unterricht, doch kann Bernstein in den Biogeographie- und Kontinentalverschiebungskontext des Biologie- und Geographieunterrichts eingebaut werden, um den Schülern die Möglichkeit zu bieten, mit authentischen Fossilien forschend und paläontologisch zu arbeiten. In dieser Authentizität unterscheidet sich der Bernstein von anderen, gängigen Unterrichtsmaterialien, die sich meist auf Abbildungen (z.B. Archäopteryx oder die Evolution der Pferde) oder Gipsabgüssen von fossilen Abdrücken beschränken.

### **5.4.2. Didaktische Reduktion der Themen und Inhalte**

Warum Baltischer Bernstein ein geeignetes Thema im Schulkontext ist, wurde bereits in Kapitel 3.3.1. herausgearbeitet und gilt gleichermaßen für die Sekundarstufe I, wie für die Sekundarstufe II. Im Folgenden soll die in der fachlichen Klärung unternommene fachwissenschaftliche Analyse der Inhalte für den Unterricht ausgewählt und auf Teilaspekte inhaltlich

und strukturell reduziert werden. Gleichzeitig werden bereits Vermittlungsabsichten und Kompetenzen in die unterschiedlichen Inhalte eingebaut und vorgestellt.

Die drei ausgewählten Themenbereiche „Paläoökologische Untersuchungen“, „Anpassungsstrategien“ und „(Historische) Biogeographie“ stehen miteinander in Verbindung und wurden didaktisch so aufbereitet, dass sie aufeinander aufbauen und schlüssig miteinander verzahnt werden.

### **5.4.2.1. Bestimmung der Inkluden des Baltischen Bernsteins**

Bei der Evaluation des Bernsteinworkshops hat sich herausgestellt, dass der Umgang mit den eozänen Inkluden des Baltischen Bernsteins als dreidimensionale Zeitzeugen sowohl von den Schülerinnen und Schülern als auch von den interviewten Lehrerinnen positiv bewertet wurden. Bei der Arbeit mit der Sekundarstufe I wurde lediglich eine grobe Bestimmung mit Hilfe eines dichotomen Bestimmungsschlüssels sowie mit Bestimmungskarten durchgeführt. In der Oberstufe kann eine vertiefte Auseinandersetzung erfolgen, denn im Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* können die Schülerinnen und Schüler bis zum Ende der Jahrgangsstufe 9 mit Hilfe geeigneter Bestimmungsliteratur im Ökosystem häufig vorkommende Arten ermitteln. „Schülerinnen und Schüler analysieren [darüber hinaus] Ähnlichkeiten und Unterschiede durch kriteriengeleitetes Vergleichen, u. a. bzgl. Anatomie und Morphologie von Organismen“ (SCHULMINISTERIUM NRW Sek.I Gymnasium 2008, 19). Von den Voraussetzungen her müsste eine gymnasiale Oberstufenklasse also eigenständig mit den Inkluden arbeiten können, um sie zu bestimmen und sie kriteriengeleitet mit heutigen Vertretern zu vergleichen. Hierdurch können die Schüler wiederum das Prinzip des Aktualismus verstehen und herleiten.

Im Gegensatz zur Sekundarstufe I kann in der Oberstufe vertieft mit einem dichotomen Bestimmungsschlüssel und feineren Merkmalen gearbeitet werden, um nicht nur die Ordnungszugehörigkeit, sondern auch die Familien- und sogar Gattungszugehörigkeit zu ermitteln. Um dieses zu ermöglichen werden spezielle Inkluden ausgewählt, die einerseits alle für eine Gattungsbestimmung notwendigen Merkmale zeigen und andererseits eine starke Aussagekraft in Bezug auf den zweiten Teil der Doppelstunde haben, der sich mit biogeographischen Aspekten auseinandersetzt. Die Bestimmungsliteratur wurde zu diesem Zweck so modifiziert, dass sie sich auf die bisher bekannten Gattungen des Baltischen Bernsteins beschränkt, um die ansonsten sehr schwierige Identifikation der Inkluden zu erleichtern. Darüber hinaus sollten die Inkluden aus unterschiedlichen Habitaten kommen, um bei der anschließenden Rekonstruktion des Bernsteinwaldes möglichst divers arbeiten zu können. Durch Material- und



Zeitmangel muss hier allerdings stark selektiert werden. Bei den für die Doppelstunde ausgewählten Inkluden des Baltischen Bernsteins handelt es sich deshalb vorwiegend um Wasserinsekten. Durch die Bestimmung der Wasserinsekten und den Vergleich mit ihren heutigen Vertretern, kann der eozäne Lebensraum mit Hilfe des Aktualitätsprinzips untersucht werden. Darüber hinaus fungieren Wasserinsekten häufig als Bioindikatoren für die Bestimmung der Gewässergüte hinsichtlich organischer Belastungen.

Aus diesem Grund eignet sich die Unterrichtsstunde ebenfalls für den Themenbereich Ökologie und kann beispielsweise in eine Unterrichtseinheit zum Thema „Ökologie eines aquatischen Lebensraums“ verwendet werden. Themen wie „Aquatische Systeme – Stehende Gewässer und Aspekte des Fließgewässers“ sowie die Anwendung eines Saprobienindex im Biologie Leistungskurs werden in den Vorgaben für das Zentralabitur aufgeführt (siehe Tabelle 19).

<p><b>Ökologische Verflechtungen und nachhaltige Nutzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Umweltfaktoren, ökologische Nische – Untersuchungen in einem Lebensraum <i>Die Aufgaben beziehen sich entweder auf ein aquatisches Ökosystem (I) oder alternativ ein terrestrisches Ökosystem (II).</i></li><li>- Aquatisches System – Stehende Gewässer und Aspekte des Fließgewässers (I):<ul style="list-style-type: none"><li>▫ Zonierung</li><li>▫ Eutrophie und Oligotrophie</li><li>▫ Methoden der Bestandsaufnahme</li><li>▫ Gewässergüte und Selbstreinigung</li></ul></li></ul> <p><u>Im Leistungskurs zusätzlich:</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▫ Anwenden des Saprobienindex</li><li>▫ Erfassen physikalischer und chemischer Faktoren (Licht, Temperatur, pH-Wert)</li></ul>
--

**Tabelle 20: Auszug aus den Vorgaben für das Zentralabitur, SCHULMINISTERIUM NRW 2012, 3**

### **Ausführung der didaktischen Rekonstruktion von Kapitel 3 – Formenkunde**

Biodiversität wird von O.E. WILSON (1992) als das größte Wunder unseres Planeten bezeichnet, deren Bedeutung hauptsächlich auf drei Ebenen diskutiert wird: Gene, Artenvielfalt und ökologische Vielfalt. Formenvielfalt ist die Voraussetzung für die Entwicklung und Evolution des Lebens auf der Erde. Grundkenntnisse über die Vielfalt der Arten sind deshalb einerseits wichtig, um evolutionsbiologische Aspekte zu begreifen und andererseits auch notwendig, um die wechselseitige Beeinflussung und Abhängigkeit von Organismen zu verstehen, also ein ökologisches Verständnis zu entwickeln. „Die enge Beziehung zwischen Organismen und ihrer Umwelt wird in ihrer Anpasstheit deutlich, die sich in den unterschiedlichsten Erscheinungsformen ausdrückt (KILLERMANN et al. 2011, 253).

Arten und Formenkenntnis und die Einordnung von pflanzlichen und tierischen Organismen in ihr phylogenetisches System hat im Biologieunterricht eine lange Tradition. Darüber hinaus können Grundphänomene des Lebens an konkreten Einzelorganismen mit ihren artspezifischen und individuellen Ausprägungen dazu beitragen, sich allgemeine biologische Gesetzmäßigkeiten zu erschließen (vgl. ESCHENHAGEN 1985, KILLERMANN & SCHERF 1986, KILLERMANN et al. 2011).

Plecoptera und Trichoptera, wie auch andere Wasserinsekten, wie Diptera (Fliegen und Mücken), Ephemeroptera (Eintagsfliegen) oder Odonata (Libellen) haben meist eine merolimnische Lebensweise, bei der die Larven in aquatischen und die Imagines in terrestrischen Habitaten leben. Diese Wasserinsekten gehören in der Gewässerökologie zu den Bioindikatoren, die bei saprobiologischen Gewässeruntersuchungen Aufschlüsse über die organische Belastung von Fließgewässern liefern können.

Vor allem Steinfliegenlarven kommen fast ausschließlich in sauerstoffreichen Bächen und Flüssen mit steinigem Untergrund und gelegentlich auch in kühlen, oligotrophen Stehgewässern höherer Lagen (z.B. in den Alpen) vor. Nur wenige Larven sind durch eine terrestrische Lebensweise gekennzeichnet. In einer saprobiologischen Gewässergütebestimmung dienen sie deshalb als wichtige Bioindikatoren. Mit rund 2200 beschriebenen rezenten Arten, von denen ca. 115 in Mitteleuropa vorkommen, stellen Steinfliegen eine relativ kleine Insektengruppe dar.

Das Vorkommen von Steinfliegen im Baltischen Bernstein weist darauf hin, dass der Bernsteinwald mit unterschiedlichen Gewässern durchzogen gewesen sein musste, von denen einige wahrscheinlich sehr sauerstoffreich waren.

### **5.4.2.2. Paläobiogeographie / Historische Biogeographie**

Der Unterrichtsentwurf soll sich auch mit paläobiogeographischen Aspekten befassen, weshalb hier die Steinfliegen als repräsentative Tiergruppe ausgewählt wurde, die einige Rückschlüsse über Aspekte der Paläobiogeographie und Plattentektonik zulässt (vgl. Kap. 2).

Nachdem die Inkluden während der Doppelstunde bestimmt wurden und die Biologie mit ihren heutigen Verwandten verglichen wurde, wird eine Weltkarte präsentiert, bei der die Verbreitung der heutigen Vertreter angezeigt wird.

Hierfür sollen die Schülerinnen und Schüler allerdings die Bestimmung der Steinfliegen-Inkluden bis auf Gattungsniveau durchführen, weshalb ein Kriterienkatalog für die Gattungs-

bestimmung bereits bekannter Steinfliegengattungen der Familien Nemouridae und Leuctridae für den Unterricht entwickelt wurde (siehe Anhang II).

Nach der Identifikation und einer Veranschaulichung der Verbreitung von damaligen und heutigen Steinfliegengattungen werden die Schülerinnen und Schüler mit der folgenden Problemstellung konfrontiert: Wie kommt es, dass einige Gattungen, wie zum Beispiel *Lednia* oder *Zealeuctra* außer im Baltischen Bernstein nur in Nord Amerika vorkommen und andere, wie *Megaleuctra* oder *Podmosta* beispielsweise in Nord Amerika und Ost-Russland?

### 5.4.3. Kompetenzen

Im Unterrichtsfach Biologie können die Themen und Inhalte der Doppelstunde im Inhaltsfeld „Evolution“ verankert werden und fördern auf unterschiedliche Weise ausgewählte Kompetenzbereiche (SCHULMINISTERIUM NRW Biologie Sek. II 2013).

Kernlehrplan Biologie Sekundarstufe II Gymnasien und Gesamtschulen		
Inhaltsfeld / Schlüsselbegriffe	Kompetenzbereiche Die Schülerinnen und Schüler...	Lernen im Kontext: Anwendungsbezug Bernstein im Unterricht
Evolution	<p><b>Umgang mit Fachwissen:</b> beschreiben die Einordnung von Lebewesen mit Hilfe der Systematik und der binären Nomenklatur.</p> <p>stellen den Vorgang der adaptiven Radiation unter dem Aspekt der Angepasstheit dar.</p> <p>beschreiben Biodiversität auf verschiedenen Systemebenen (genetische Variabilität, Artenvielfalt, Vielfalt der Ökosysteme).</p>	<p>bestimmen Arthropoden des Baltischen Bernsteins mit Hilfe eines dichotomen Bestimmungsschlüssels und ordnen die Inklusen systematisch ein.</p> <p>kennen Anpassungsstrategien von Organismen bei Klimaveränderung.</p> <p>Erfassen die Auswirkungen von Klimaveränderung auf Organismen – (Paläo) Biogeographie.</p>
	<p><b>Kommunikation</b> stellen Belege für die Evolution aus verschiedenen Bereichen der Biologie adressatengerecht dar.</p>	<p>präsentieren ihre Ergebnisse vor der Klasse.</p>
	<p><b>Bewertung</b> grenzen die Synthetische Theorie der Evolution gegenüber nicht naturwissenschaftlichen Positionen zur Entstehung von Artenvielfalt ab und nehmen zu diesen begründet Stellung.</p> <p>bewerten die Problematik des Rasse-Begriffs beim Menschen aus historischer und gesell-</p>	<p>Exkurs: Evolutionslehre und Kreationismus am Beispiel der Bernstein-Inklusen.</p>

	schaftlicher Sicht und nehmen zum Missbrauch dieses Begriffs aus fachlicher Perspektive Stellung.	
--	---	--

**Tabelle 21: Kompetenzentwicklung in der Oberstufendoppelstunde unter Einbezug des Kernlehrplans Biologie (SCHULMINISTERIUM NRW 2013)**

Im Fach Geographie können die Themen und Inhalte der Doppelstunde im Inhaltsfeld „Lebensräume und deren naturbedingte sowie anthropogen bewirkte Gefährdung“ verankert werden und fördern auf unterschiedliche Weise ausgewählte Kompetenzbereiche (SCHULMINISTERIUM NRW, Geographie Sek II 2013 b).

<b>Kernlehrplan Geographie Sekundarstufe II Gymnasien und Gesamtschulen Bis zum Ende der Qualifikationsphase</b>		
<b>Inhaltsfeld / Schlüssel- begriffe</b>	<b>Kompetenzbereiche Die Schülerinnen und Schüler..</b>	<b>Lernen im Kontext: Anwendungsbezug Bernstein im Unterricht Die Schülerinnen und Schüler...</b>
<b>Lebensräume und deren naturbedingte sowie anthropogen bewirkte Gefährdung</b>	<p><b>Sachkompetenz</b></p> <p>charakterisieren die Landschaftszonen der Erde anhand der Geofaktoren Klima und Vegetation.</p> <p>erklären die Entstehung und Verbreitung von Erdbeben, Vulkanismus und tropischen Wirbelstürmen als Ergebnis von naturgeographischen Bedingungen.</p>	<p>erklären in Grundzügen den potentiellen Einfluss von Kontinentalverschiebung auf das Klima.</p> <p>können Vulkanismus und Erdbeben in Grundzügen auf geophysikalische Prozesse (Kontinentalverschiebung) zurückführen.</p>

**Tabelle 22: Kompetenzentwicklung in der Oberstufendoppelstunde unter Einbezug des Kernlehrplans Geographie (SCHULMINISTERIUM NRW 2013 b)**

Darüber hinaus kann auch eine interdisziplinäre Kompetenz entwickelt werden, die sowohl Inhaltsfelder bzw. Kompetenzbereiche des Biologieunterrichts als auch des Geographieunterrichts mit einbezieht:

<b>Die Schülerinnen und Schüler....</b>
<p><b>Sachkompetenz</b></p> <p>erkennen den Zusammenhang zwischen Plattentektonik und Paläogeographie und können sowohl Ursachen für plattentektonische Prozesse als auch die langzeitlichen Konsequenzen auf das Klima und damit verbunden auf die Organismen des betroffenen Habitats erläutern.</p>

**Tabelle 23: Interdisziplinäre Sachkompetenz, die während der Doppelstunde entwickelt werden soll (SCHULMINISTERIUM NRW 2013 b).**

### **5.5. Bernstein in der Oberstufe – Unterrichtsentwurf**

#### **5.5.1. Methodische Reflexion**

Da mit nur einer Doppelstunde wenig Zeit für dieses komplexe Thema bereit steht, und da die Inhalte aufeinander aufbauen, sind vor allem bei der Inkludenbestimmung mit Hilfe der Bino- kulare Partner- und Gruppenarbeit geeignet.

Schülerzentrierte Sozialformen wie Gruppen- oder Partnerarbeit fördern die Aktivität, sowie Kommunikationskompetenzen der Schüler und fordert sie auf, sich miteinander auszutau- schen. Sinnvoll ist Gruppen- und Partnerarbeit nur dann, wenn eine klare Aufgabenstellung vorliegt, die das gemeinsame Arbeiten fordert und fördert. Die Lerninhalte sollten darüber hinaus problem- und handlungsorientiert erarbeitet werden, bei der die Schüler die Fauna des Baltischen Bernsteins eigenständig erforschen und sich bei Bedarf gegenseitig Hilfestellung leisten. Die Schüler können die Aufgabenstellung hierbei in ihren individuellen Arbeitstempi lösen, wobei gleichzeitig Leistungsbereitschaft, Motivation und Interesse, sowie Teamarbeit als wichtige Kompetenz für das spätere Berufsleben gefördert werden (vgl. KILLERMANN et al. 2011, 200).

Nach der Bestimmung und Erledigung der weiteren Aufgaben mit Hilfe der zur Verfügung gestellten Materialien, können die Ergebnisse in Form eines eher lehrerzentrierten und ge- lenkten Unterrichtsgesprächs zusammengefasst werden. Hierbei werden die von den Schülern erarbeiteten Ergebnisse zwecks Ergebnissicherung zusammengetragen. Gleichzeitig werden durch ein geschicktes Frage-Antwort Spiel von Seiten des Lehrers eventuell fehlende Inhalten von den Schülern selbst erschlossen. Diese Art von Unterrichtsgespräch ist in allen Schulfä- chern häufig vertreten, denn die angestrebten Ziele können durch einen Lehrer, der das Thema beherrscht und die Schüler entsprechend anleitet, leichter erreicht werden. Gleichzeitig wird die Schüleraktivität auch von stilleren oder passiveren Schülern gefördert, zumal die Lehr- kraft durch Lob oder Zuspruch motivierend auf die Schüler einwirken kann. Allerdings sollte der Lehrer darauf achten, dass sich nicht nur die starken, sich stetig meldenden Schüler im Fokus stehen, sondern auch weniger leistungsstarke oder stillere Schüler am Frage/Antwort- Spiel beteiligt werden. Gleichzeitig sollten Fragen nicht zu eng formuliert und zu stark auf konkrete Antworten beschränkt sein, denn dies hätte ggf zur Folge, dass die Lehrkraft sich zu sehr auf den Stundenentwurf versteift und Schülerfragen bzw. Schülerantworten übersieht, die nicht direkt zum Konzept passen, aber durchaus wertvoll sein können (vgl. KILLERMANN et al. 2011, 198).

## 5.5.2. Unterrichtsskizze / Verlaufsplan

<b>Zeit (min)</b>	<b>Phase</b>	<b>Unterrichtsschritte / Unterrichtsinhalte</b>	<b>Materialien</b>	<b>Sozialform</b>
1-10	<b>Hinführung/ Eröffnungsphase:</b> Einstieg- Bernstein	Besprechung Hausaufgabe. Einführung in das Thema Bernstein-Inklusen und Bernsteinforschung	PC mit Beamer, Whiteboard oder Tafel	Klassendiskussion
10-45	<b>Erste Erarbeitungsphase</b>	1. Bestimmung von Inklusen des Baltischen Bernsteins unter dem Stereomikroskop 2. Rekonstruktion des Paläohabitats „Bernsteinwald“	Binokulare, Arbeitsblätter	Partnerarbeit
45-50	<b>Problemstellung</b>	Bildung von Hypothese zur Verbreitungsgeschichte der Steinfliegen-gattungen	Arbeitsblatt	Partnerarbeit
50-55	<b>Problemfindung: Schülervermutung</b>	Zusammentragen der Schülervermutungen und Hypothesen	PC mit Beamer und Whiteboard	Klassendiskussion
55-70	<b>Problemlösung: Zweite Erarbeitungsphase</b>	Lesen des Textes zur Kontinentalverschiebung und Klimaveränderung	Arbeitsblatt	Einzelarbeit
70-80	<b>Erneute Problemstellung und Problemlösung</b>	Hypothesenüberprüfung: Wie können wir das Wissen über Kontinentalverschiebung auf die Verbreitungsgeschichte der Steinfliegengattungen anwenden?	Arbeitsblatt	Partnerarbeit
80-90	<b>Ergebnissicherung</b>	Zusammentragen der Ergebnisse und Vorstellung der Hypothesen bzw. Schülerantworten.	PC mit Beamer oder Whiteboard	Klassendiskussion

### 5.5.3. Ablauf des Unterrichts

#### 5.5.3.1. Einstiegs- und Hinführungsphase

##### Benötigte Materialien:

- Hausaufgaben
- Tafel oder Whiteboard

In der Einstiegsphase wird eine Einstimmung auf das Thema als Ausgangsbasis für die Problemstellung vorgenommen, wobei Interesse und Neugier geweckt werden soll. Diese Phase ist wichtig für eine sachbezogene Motivation, die die Fragehaltung der Schülerinnen und Schüler aktiviert.

Die Schüler sollen zum selbstständigen Denken motiviert werden. Da die geplante Doppelstunde als Abschluss, also sozusagen als Anwendungsphase einer Unterrichtseinheit zum Thema Evolution geplant wurde, könnten die Schüler als Einstieg gefragt werden, wie das Thema Bernstein ihrer Meinung nach in die bisher durchgeführten Unterrichtsinhalte hineinpassen könnte. Hierfür sollen die Schüler ihre Überlegungen in einem 2-minütigen Brainstorming schriftlich in Einzelarbeit sammeln und festhalten. Nachdem so das Vorwissen der Schüler aktiviert wurde, werden sie vom Lehrer aufgefordert Hypothesen zu bilden, wie Bernstein in einem wissenschaftlichen Kontext angewendet werden könnte. Diese Hypothesen können die Schüler dann in einer Hausaufgabe überprüfen, wobei gleichzeitig ihr Vorwissen vertieft wird.

Die Hausaufgabe enthält folgenden Instruktionen und Fragestellungen:

**Führen Sie eine Internetrecherche durch, bei der Sie die folgenden Fragen beantworten können. Schreiben Sie ihre Antworten auf:**

1. Was ist Baltischer Bernstein, woraus besteht er und wie alt ist er?
2. Was gibt es für aktuelle Forschungsergebnisse, die mit Bernstein zu tun haben und was ist sein „wissenschaftlicher Nutzen“?
3. Gleichen Sie die Ergebnisse Ihrer Recherche mit den von Ihnen im Unterricht gebildeten Hypothesen ab.

**Bitte verwenden Sie für deine Recherche mindestens 3 verschiedene, möglichst wissenschaftlich fundierte Internetquellen (z.B. Seiten von Universitäten, Forschungseinrichtungen, wissenschaftliche Artikel, Zeitungsartikel) – *Wikipedia* reicht nicht aus!**

Zu Beginn des Unterrichts wird zunächst die Hausaufgabe besprochen und die Ergebnisse zusammengestellt, damit jeder Schüler dieselbe solide Basis zu aktuellen Bernsteinforschungsbereichen hat. Bei der Ergebnissammlung sollen auch Inkluden des Bernsteins besprochen werden, wobei die Schüler auf der Basis ihrer Recherche wahrscheinlich auf Aspekte stoßen, wie:

- Systematik der Inkluden des Bernsteins und Rückschlüsse auf Verwandtschaftliche Beziehungen
- Unterschiedlichen Bernsteinlagerstätten und unterschiedliche Datierungen
- Wert von Bernstein-Inkluse

### 5.5.3.2. Erarbeitungsphase

#### Benötigte Materialien:

- Inkluden des Baltischen Bernsteins
- Binokulare
- Bestimmungsschlüssel (siehe Anhang)
- Arbeitsblätter (siehe Anhang)

Nachdem in das Thema „Baltischer Bernstein“ eingeführt wurde und Daten und Fakten, sowie Forschungsergebnisse gesammelt wurden, werden den Schülern nun diverse Inkluden des Baltischen Bernsteins vorgestellt, mit denen sie in den nächsten 30 Minuten arbeiten sollen. Bei den Inkluden handelt es sich um dieselben Exemplare, die auch im Bernsteinworkshop verwendet wurden (vgl. Kapitel 3). Für die paläobiogeographische Rekonstruktion müssen, darüber hinaus, solche Inkluden bereitgestellt werden, die eine Bestimmung der Gattungszugehörigkeit ermöglichen. Für die hier geplante Doppelstunde wurden zu diesem Zweck exemplarisch dieselben Steinfliegen-Inkluden ausgewählt, die auch Grundlage des Forschungsteils der vorliegenden Arbeit waren (vgl. Kapitel 2.3.2). Zwar können auch beliebig andere Inkluden für den Unterricht verwendet werden, doch muss in diesem Fall der Bestimmungsschlüssel für die Ermittlung der Gattungszugehörigkeit entsprechend vom Lehrer modifiziert werden.

In der ersten Erarbeitungsphase sollen die Schüler in Partnerarbeit die zur Verfügung gestellten Inkluden zunächst auf ihre Ordnungszugehörigkeit bestimmen. Hierfür ist es notwendig, den Insekten Habitus (Kopf, Thorax, Abdomen, Tarsalsegmente, Tergum, Sternum) zu wiederholen und in Fachbegriffe, wie Cerci (Schwanzanhänge), Analfeld, Radialfeld, Cubitalfeld einzuführen. Für die Bestimmung der Gattungszugehörigkeit ist es darüber hinaus wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler mit den Bezeichnungen der einzelnen Flügelladern vertraut



gemacht werden (rs, rm, m-cu). Dieses kann mit einer einfachen schematischen Darstellung des Habitus und der Flügeladerung (siehe Abb. 59) über den Projektor/Whiteboard projiziert oder an die Tafel gezeichnet werden, um den Schülern so als visuelle Stütze zu dienen. Da die Flügeladerung der Steinfliegen im Vergleich zu anderen Insektenordnungen überschaubar ist, sollten die schematischen Vorlagen der Flügeladerung einfach auf die „realen“ Flügel der Steinfliegeninklusen übertragen und angewendet werden können.

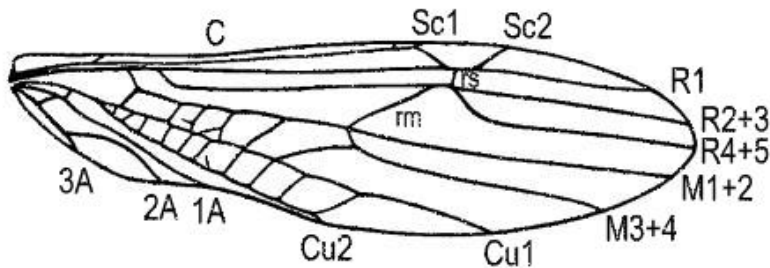


Abbildung 59. Insekten-Vorderflügel (Quelle: GAUL 2006)

**Bestimmung von ausgewählten Inkluden des Baltischen Bernsteins mit Hilfe eines dichotomen Bestimmungsschlüssels:**

Mit Hilfe eines dichotomen Bestimmungsschlüssels bestimmen die Schülerinnen und Schüler zunächst die Ordnung und wenn möglich die Familie der jeweiligen Arthropoden-Inkluse des Baltischen Bernsteins (Anhang II).

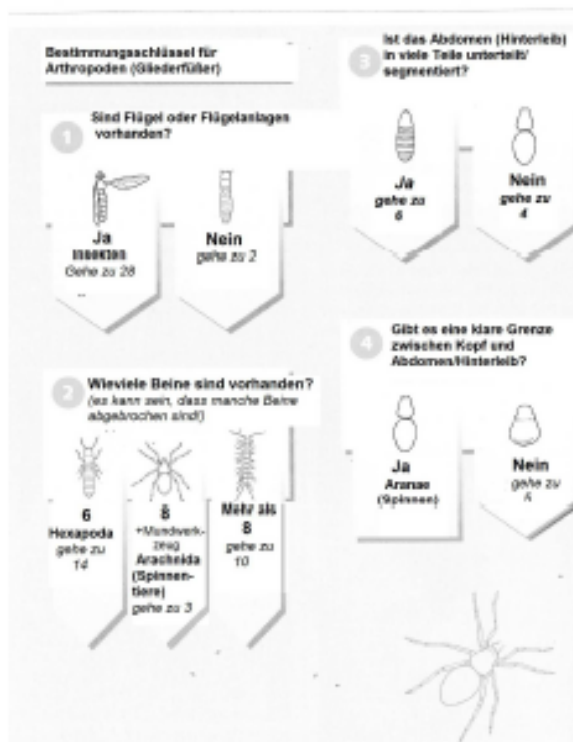
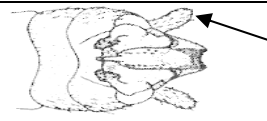
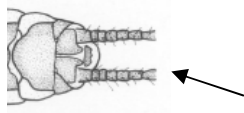


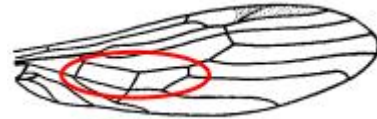


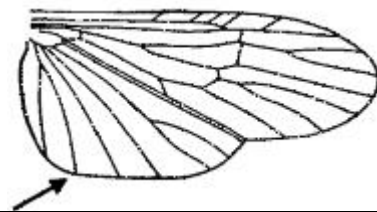
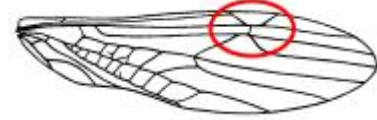



Abbildung 60: Auszug des Bestimmungsschlüssels für die Bestimmung der Ordnung (modifiziert und übersetzt aus ROSS 1998)

## 5. Stundenentwurf für die Sekundarstufe II

Handelt es sich bei der bestimmten Inkluse um eine Steinfliege, werden die Schülerinnen und Schüler instruiert eine Gattungsbestimmung anhand aufgelisteter Kriterien durchzuführen:

1.	Schwanzanhänge (Cerci) kurz und eingliedrig		2
	Schwanzanhänge (Cerci) lang, aus zahlreichen Gliedern bestehend		3
2.	Alle drei Tarsalsegmente von etwa gleicher Länge		Taeniopterygidae ( <i>Taeniopteryx</i> )
	Zweites Tarsalsegment deutlich kürzer als das dritte		5
3.	3 Queradern im Cubitalfeld des Vorderflügels		Capniidae
	Mehr als 3 Queradern im Cubitalfeld des Vorderflügels		4
4.	Analfeld des Hinterflügels klein, mit nur 2 Adern		Chloroperlidae
	Analfeld des Hinterflügels groß, mit mehr als 2 Adern		Perlidae oder Perlodidae
5.	In beiden Flügeln bildet die Querader Sc2 im Bereich des Radiussektors eine X-förmige Zeichnung. Flügel in Ruhestellung flach über dem Hinterleib liegend.		Nemouridae
	Keine X-förmige Zeichnung im Bereich des Radiussektors; Sc 2 fehlt. Flügel in Ruhestellung in um den Hinterleib gerollt.		Leuctridae

**Abbildung 61: Bestimmungsschlüssel für Steinfliegenfamilien des Baltischen Bernsteins (Anhang II). Abbildungen aus GAUL (2006).**

Haben die Schüler erfolgreich die Familienzugehörigkeit der Inkluse ermittelt, können sie im Falle der Nemouridae und Leuctridae anhand des folgenden Bestimmungsschlüssels die Gattungszugehörigkeit bestimmen: (Beispiel Leuctridae)

**Familie: Leuctridae, Männchen**

(+ Merkmal stimmt mit Gattung überein, - stimmt nicht überein)

1. Hinterflügel: Mit 6 Analadern ..... Ja (*Megaleuctra*)  
Nein (2)
2. Hinterflügel: M-Cu liegt auf der Gabelung von Cu1..... Ja (3)  
Nein (*Leuctra*)
3. Ist Tergum 9 sklerotisiert und aus 2 Fortsätzen bestehend oder besteht er nur aus einem Fortsatz? ..... zwei Fortsätze (*Zealeuctra*)  
ein Fortsatz (*Palaeopsöle*†)

**Abbildung 62: Auszug aus dem modifizierten Bestimmungsschlüssel für die Leuctridae- Gattungen des Baltischen Bernsteins**

### **Entwicklung eines Steckbriefs für die identifizierten Steinfliegengattungen**

Wurden die Inklusen erfolgreich in ihre Ordnung, Familie oder Gattung eingeordnet, sollen sich die Schülerinnen und Schüler anhand der gegebenen Literatur und Materialien informieren, in welchem Lebensraum die heutigen nächsten Verwandten leben. Die Ergebnisse werden protokolliert. Jede Gruppe beschäftigt sich hierbei mit einer Steinfliegengattung.

Von den Inklusen werden Steckbriefe angefertigt (siehe Abb. 63), auf denen Informationen zur systematischen Einordnung, charakteristischen Merkmalen, Lebensraum und Lebensweise sowie zur heutigen Verbreitung dargestellt sind.

Steckbrief						
Systematische Einordnung der Inkluse	Stamm	Klasse	Ordnung	Familie	Gattung	Art
	Arthropoda Gliederfüßer	Insecta Insekten	Plecoptera Steinfliegen	Nemouridae	<i>Lednia</i>	<i>Lednia zilli</i>
Lebensraum der heutigen Gattungen	Die Gattung <i>Lednia</i> ist eine kleine, dunkle Steinfliege, die, wie der englische Name <i>meltwater stonefly</i> (Schmelzwasser Steinfliege) bereits sagt, in den extrem kalten, schmelzenden Gletschern alpiner Höhenstufen von Gebirgen verbreitet ist. Sie kommt ausschließlich in den nördlichen USA im „Glacier National Park“ vor. Die Gattung <i>Lednia</i> mit ihren wenigen Arten steht auf der roten Liste gefährdeter Tierarten, da sie allmählich durch die globale Erwärmung und das damit verbundene Schmelzen des Glacier National Parks ihren Lebensraum verliert.					
Heutige Verbreitung	<p>Equator</p> <p>b</p> <p>warm – temperate / subtropical</p>					

Abbildung 63: Möglicher Steckbrief der Gattung *Lednia* (Plecoptera: Nemouridae), (Bildquelle aus WILCHARD et al. 2009)

### Problemstellung

Im Anschluss wird per Beamer und Whiteboard eine Weltkarte angezeigt, und jede Gruppe ist aufgefordert die heutige Verbreitung der von ihnen behandelten Steinfliegengattung einzzeichnen. Die Schüler sollen die Gattungen des Baltischen Bernsteins mit der Verbreitung der heutigen Vertreter vergleichen. Hier ergibt sich schnell eine Diskrepanz der Verbreitung, vor allem der heute rein nearktisch vertretenen oder endemischen Arten. Nach Erfassung des Problems wird es unter aktiver Beteiligung der Schüler/innen schriftlich fixiert und der ge-

samten Klasse, z.B. durch Tafelanschrift, bekannt gemacht. Hierfür soll eine Problemfrage formuliert werden, wie z.B.: *Wie kommt es, dass die Steinfliegengattungen vor 40-50 Millionen Jahren offensichtlich in Europa gelebt haben und heute aber ganz anders verbreitet sind?*

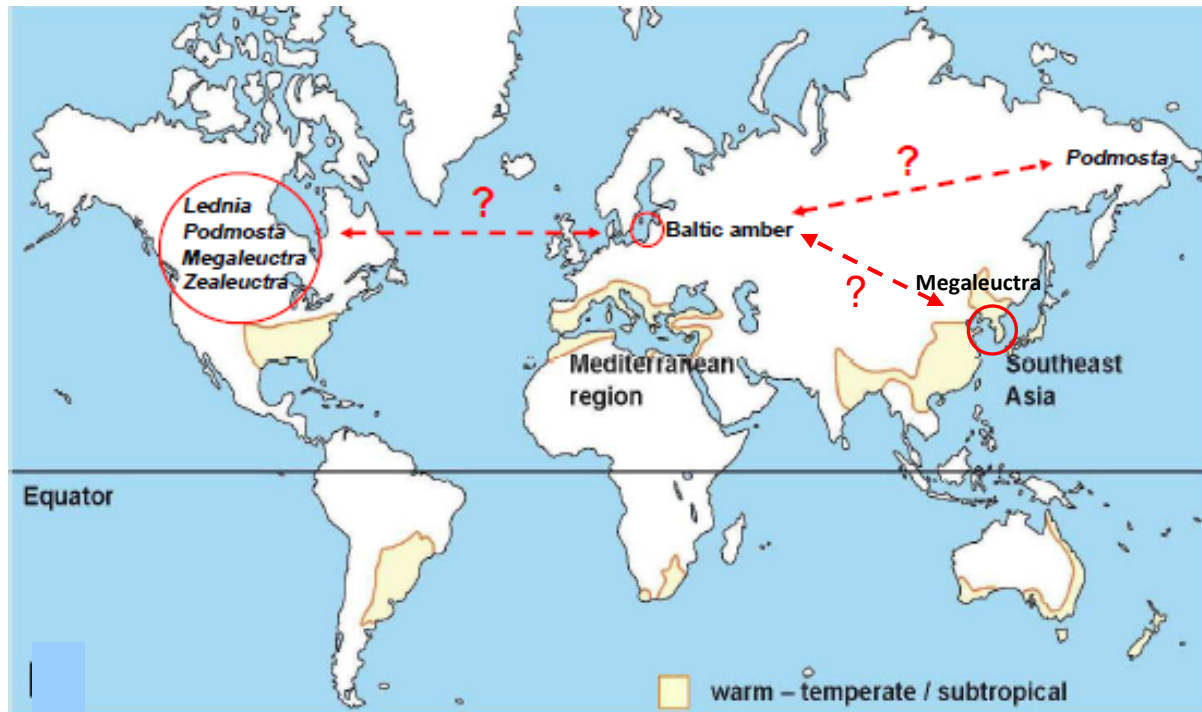


Abbildung 64: Mögliches Schaubild zur Problemstellung. (Quelle: WICHARD et al. 2009, modifiziert)

Folgende Verbreitungsregionen der heutigen Steinfliegengattungen sollten die Schüler einzeichnen.

- *Lednia* und *Zealeuctra* – kommen heute nur in Nordamerika vor.
- *Podmosta* – kommt heute in sowohl in Nordamerika als auch in Ostrussland vor.
- *Megaleuctra* – kommt heute sowohl in Nordamerika als auch in Südostasien vor.
- *Palaeopsole* – ausgestorbene Gattung, deren heutige nächste Verwandte *Rhopalopsole* in Südostasien vertreten ist.

Die anschließende Hypothesenbildung ist eine Schlüsselstelle des Unterrichtsverlaufs, da sie das weitere Vorgehen entscheidend mitbestimmt. Schüler bringen Antworten zur Problemfrage ein. Dieses Vorwissen besteht aus außerhalb der Schule oder in früheren Biologiestunden erworbenem Wissens bzw. aus den Indizien, die die Schüler durch die Bestimmung der Bernstein-Inklusen gesammelt haben.

### 5.5.3.3. Zweite Erarbeitungsphase - Problemlösung

Die Phase der Problemlösung nimmt einen zeitlichen Schwerpunkt der Unterrichtsstunde ein. Die Problemlösung erfolgt anhand geeigneter Unterrichtsformen, Arbeitsmittel und Arbeits-

## 5. Stundenentwurf für die Sekundarstufe II

anweisungen. Damit Schüler die Orientierung nicht verlieren, müssen für jeden Abschnitt Zielangaben formuliert werden und die Ergebnisse durch Teilzusammenfassungen fixiert werden. Am Ende der Erarbeitung sollte ein klares und verständliches Ergebnis stehen, eine schlüssige Lösung für das eingangs gestellte Problem. Zur Erkenntnisgewinnung gehört auch eine Überprüfung der Ergebnisse, die in einem weiteren Schritt mit den Vermutungen, die zu Anfang der Unterrichtsstunde formuliert wurden, verglichen werden (vgl. KILLERMANN et al. 2011).


Für die Problemlösung sollen sich die Schüler in den nächsten 15 Minuten mit dem Einführungstext zum Thema Kontinentalverschiebung und Klimaveränderung auseinandersetzen und die Fragen auf den Arbeitsblättern beantworten. (siehe Arbeitsblatt, Anhang V).

**Kontinentalverschiebung? Was ist das?**

Die Erdkruste ist nicht eine einheitliche Schicht, die auf dem zähflüssigen Magma aufliegt, sondern ist in ca. 12 Kontinentalplatten und Schollen unterteilt. Die größten sind die pazifische, antarktische, Nord- und Südamerikanische, die australische, afrikanische sowie die eurasische Platte.

Die **Lithosphäre** (bestehend aus fester Erdkruste und kristallinem Gestein des oberen Erdmantels) liegt auf der flüssigen **Asthenosphäre** auf. Magma bricht die starre Lithosphäre auf und drängt nach oben, wobei sich ein **ozeanischer Rücken** bildet. An dessen Zentralspalt tritt Magma und bildet bei Trocknung eine neue ozeanische Kruste. Die angrenzenden Lithosphärenplatten driften in entgegen gesetzter Richtung auseinander – im Atlantik ca. 1 cm/Jahr, im Pazifik ca. 4cm/Jahr. Ursache für den Kontinentaldrift sind thermische **Konvektionsströme**, die das heiße Material an die Oberfläche führen. Die Energie hierfür stammt aus dem Zerfall radioaktiver Isotope aus dem Erdmantel.

Die auseinanderdriftenden Lithosphärenplatten stoßen mit gegenläufigen Platten anderer Bereiche der Erdoberfläche aufeinander, wobei sich die kältere, schwerere Platte unter die leichtere Platte geschoben (subduziert). Diese **Subduktionszonen** werden dann wieder in den oberen Erdmantel eingeschmolzen, wodurch die Lücke zwischen den **exogenen** und **endogenen** Teilen des Gesteinskreislaufs geschlossen wird. An den Subduktionszonen ist die Vulkanaktivität besonders hoch. Vulkane markieren also die Grenzen tektonischer Erdplatten. Auch Erdbeben werden durch die Bewegung der Kontinentalplatten ausgelöst. Im Laufe der Erdgeschichte hat sich das „Gesicht der Erde“ stetig verändert. Von vor ca. 300-150 Millionen Jahre existierte auf der Erde eine zusammenhängende Landmasse, die als Superkontinent **Pangea** bezeichnet wird. Erst ab dem Jura zerbrach Pangea allmählich und die Erdplatten schoben sich auseinander, kollidierten und bildeten nach und nach die Konstellation und Form der Kontinente, wie wir sie heute kennen.



Bildquelle: USGS (2011): [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Tectonic\\_plates\\_de.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Tectonic_plates_de.png)

**Kontinentalverschiebung und Klimaveränderung**

Kontinentalverschiebung hat nicht nur Auswirkungen auf die Konstellation der Kontinente, sondern auch auf das Klima. Auseinander – oder zusammendriftende Landmassen können beispielsweise Meeresverbindungen öffnen oder schließen (siehe **Turgaisenke** auf nächster Seite). Kontinentalverschiebung ändert den Verlauf von warmen Meeresströmungen der Erde. Dadurch, dass die Weltmeere heute miteinander verbunden sind, kann beispielsweise der Golfstrom, der Wasser aus dem Karibischen Meer mit sich führt, am Westrand des Atlantischen Ozeans nach Norden fließen, wodurch er das Klima Nordamerikas und Europas erwärmt. Auch oder Gebirge und andere klimatische Barrieren können sich durch Kontinentalverschiebung bilden.

Abbildung 65: Informationstext zu Kontinentalverschiebung und Klimaveränderung (Originaltext S. 329)

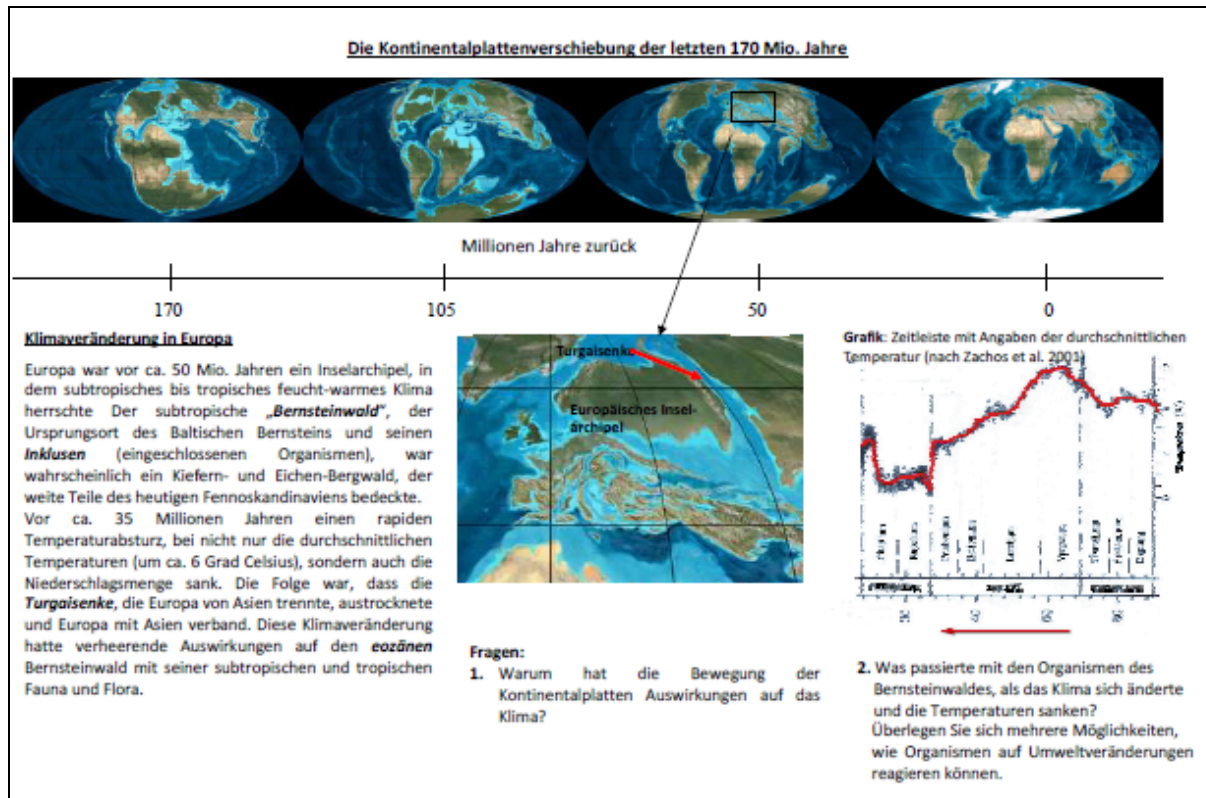


Abbildung 66: Aufgabenblatt (Originaltext S. 330), Bildquellen aus BLAKEY 2013 und ZACHOS et al. 2001

Der Text soll in die grundlegenden Mechanismen der Plattentektonik einführen und einen kurzen Überblick über die klimatische Veränderung Europas in den letzten 50 Millionen Jahren schaffen. Auf der Basis der im Text vermittelten Informationen sollen die Schüler nun folgende Inhalte mit Hilfe der Aufgaben ihres Arbeitsblattes erarbeiten:

i. *Warum hat die Bewegung der Kontinentalplatten Auswirkungen auf das Klima?*

Plattentektonische Prozesse verändern die Erdoberfläche und haben Auswirkungen auf klimatische Faktoren, indem sie beispielsweise Meeresströmungen blockieren oder öffnen, Gebirge bilden oder andere klimatische Barrieren beseitigen oder schaffen (reproduktives Wissen).

ii. *Was passierte mit den Organismen des Bernsteinwaldes, als das Klima sich änderte und die Temperaturen sanken? Überlegen Sie sich mehrere Möglichkeiten, wie Organismen auf Umweltveränderungen reagieren können.*

Hier müssen die Schüler auf Wissen zurückgreifen, das sie im Evolutionsunterricht erworben haben, da Begriffe, wie Anpassung, Selektion, Variation, Aussterben etc. für die Aufgabe relevant sind. Organismen reagieren in Allgemeinen wie folgt auf klimatische Veränderungen (Selektionsdruck):

- Organismen sterben aus
- Organismen passen sich an
- Organismen wandern in Gebiete, in denen Bedingungen besser sind

Nach ca. 15 Minuten werden die Schülerantworten im Plenum gesammelt, vorgestellt und festgehalten. Nun sollen sich die Schüler erneut der ursprünglichen Problemstellung „Wie können wir das Wissen über Kontinentalverschiebung auf die Verbreitungsgeschichte der Steinfliegengattungen anwenden?“ widmen und ihre im Vorfeld gebildeten Hypothesen überprüfen. Hierfür soll sich jede Gruppe auf die von ihnen bestimmte Steinfliegengattung konzentrieren und die erarbeiteten Indizien sammeln und zusammenführen. Folgende exemplarische Lernschritte bzw. Abschnitte können die Schüler erarbeiten.

- Die Erde verändert sich kontinuierlich. Landbrücken ermöglichen neue Ausbreitungswege; die Trennung von Landbrücken kann Organismen geographisch isolieren.
- Das Klima hat sich in Europa verändert, d.h. viele Arten sind dort ausgestorben.
- Eurasien muss früher mit Nord Amerika verbunden gewesen sein, wie auch *Podmosta* zeigt, d.h. Arten waren auch in USA vertreten, bevor Eurasien sich von den USA getrennt hat. Entsprechend sind die Arten überall ausgestorben, außer dort, wo sie heute (endemisch) vertreten sind (z.B. *Lednia*)
- *Rhopalopsola*, die nächste Verwandte von *Palaeopsola*, lebt heute im subtropischen Südostasien. Sie ist als Reliktart in Regionen vertreten, die sich klimatisch vom Eozän bis heute nicht geändert haben. Südostasien war die ganze Zeit über subtropisch.

### 5.5.3.4. Ergebnissicherungsphase / Abschluss

Zur Ergebnissicherung werden alle Ergebnisse, die die Schüler mit Hilfe der von ihnen bestimmten Inkluden des Baltischen Bernsteins erarbeitet haben, zusammengetragen und festgehalten. Auf diese Weise kann für jede Steinfliegengattung eine paläobiogeographische Rekonstruktion erfolgen, die die Schüler eigenständig in den vergangenen 80 Minuten erarbeitet haben. Die Ergebnisse der Schülerhypothesen werden von jeder Schülergruppe am Whiteboard / Beamer / Tafel (je nachdem, welche Medien dem Klassenraum zur Verfügung stehen) präsentiert und im Abschluss diskutiert. Die Ergebnissicherung zielt darauf ab, einen Transfer bzw. eine Übertragung der erworbenen Strukturen auf neue, ähnliche Situationen zu leisten. Das in der Doppelstunde erworbene Wissen bzw. die entwickelten Kompetenzen zu den



Themenbereichen (Paläo)-Ökologie der ausgewählten Wasserinsekten des Baltischen Bernsteins, Plattentektonik/Kontinentalverschiebung sowie die potentiellen langzeitlichen Auswirkungen auf das Klima und, damit verbunden, die Organismen des betroffenen Lebensraums, sowie die Rekonstruktion möglicher paläobiogeographischer Aspekte der Steinfliegen des Baltischen Bernsteins können in den größeren Kontext einer Unterrichtssequenz zum Thema Evolution eingebettet werden. Demzufolge muss die finale Ergebnissicherung nicht unbedingt am Ende der Doppelstunde, sondern kann am Ende der Unterrichtseinheit erfolgen, wenn die Bedeutung der größeren Thematik und ihr Bezug zu Evolutionsprozessen verdeutlicht worden ist.

Alternativ könnte die hier vorgestellte Doppelstunde auch selbst als Ergebnissicherung verwendet werden. Die hier behandelten, inderdisziplinär auf den Geographie- und Biologieunterricht ausgelegten Themenbereiche eignen sich als Transferaufgabe, die als Abschluss der entsprechenden Unterrichtseinheit (Biologieunterricht: Inhaltsfeld „Evolution“; im Geographieunterricht: Inhaltsfeld „Lebensräume und deren naturbedingte sowie anthropogen bewirkte Gefährdung“) eingesetzt werden.

Insofern trägt die hier vorgestellte Doppelstunde nicht nur zu einer Entwicklung unterrichtsspezifischer Kompetenzen (vgl. Tab 20, 21) bei, sondern zielt auch auf die Entwicklung der folgenden interdisziplinären Sachkompetenz ab:

„Schülerinnen und Schüler erkennen den Zusammenhang zwischen Plattentektonik und Paläogeographie und können sowohl Ursachen für plattentektonische Prozesse als auch die langzeitlichen Konsequenzen auf das Klima und damit verbunden auf die Organismen des betroffenen Habitats erläutern“ (SCHULMINISTERIUM NRW 2013 b, vgl. Tab. 23).

### **5.5.3.5. Exkurs: Evolutionslehre und Kreationismus**

Bei einer Integration der Inkluden des (Baltischen) Bernsteins im Oberstufenunterricht wäre es denkbar, am Ende einer Unterrichtseinheit zum Thema *Evolution* auch kritische Reflexionen der Debatte zwischen der Evolutionslehre und dem Kreationismus oder Intelligent Design einzubetten. Dieses kann entweder unabhängig von dem hier präsentierten Unterrichtskonzept geschehen oder auch in einer Schulstunde nach der Doppelstunde zum Thema Paläobiogeographie.

Trotz der zahlreichen Belege für die Evolutionslehre glauben viele Menschen an die biblische Schöpfungslehre im wörtlichen Sinne, so wie sie im Buch Genesis beschrieben wird. Wäh-

rend von den meisten Menschen der eigene Glaube von Naturwissenschaften klar getrennt wird, haben Menschen, die beispielsweise die biblische Überlieferung wörtlich auslegen Probleme, die Evolutionstheorie zu akzeptieren (BEYER et al. 2005, 261). Zu diesen religiös inspirierten Evolutionskritikern gehören beispielsweise Anhänger des *Kreationismus* oder des *Intelligent Designs*. Unter Kreationismus wird in monotheistischen Religionen (Christentum, Judentum, Islam) die wörtliche Auslegung von Schöpfungsberichten in Bibel- und Korantexten verstanden (KILLERMANN et al. 2011, 319). Ursprung des Kreationismus der westlichen Industrienationen ist hauptsächlich der protestantische Fundamentalismus der USA, der sich als Gegenreaktion der darwinistischen Evolutionslehre gebildet hat. Viele Kreationisten sind davon überzeugt, dass die Evolutionslehre die Menschheit ins Verderben treibe und für sämtliche Übel der Menschheit wie Drogenmissbrauch, Kriminalität, Abtreibungen, Scheidungen und Kriege verantwortlich ist.

Der Kulturkampf zwischen biblischem Schöpfungsmodell und Evolutionslehre tobt an amerikanischen Schulen bereits seit Jahren, und Ende der 1920er Jahre wurde die Evolutionstheorie an öffentlichen Schulen in mehr als 20 Bundesstaaten der USA verboten oder zumindest als Irrglaube eingestuft (KILLERMANN et al. 2011, 320). Nach einem Bericht des Wissenschaftsmagazins *Science* gibt es in 31 Bundesstaaten juristische und politische Auseinandersetzungen über die Darstellung von Darwins Ideen an Schulen. So beschloss der oberste Schulausschuss in Ohio im Dezember 2004 ein evolutionskritisches Kapitel in den Lehrplan aufzunehmen. Auch in Kansas sind Lehrer seit einigen Jahren dazu verpflichtet alternative Theorien wie Kreationismus und „Intelligentes Design“ zu unterrichten (VOß 2004).

Bei ihrer Argumentation überschreiten Evolutionskritiker häufig „die Grenze zwischen Glaube und Naturwissenschaft“ (BEYER et al. 2005, 266) indem sie versuchen Fragestellungen der Evolutionsbiologie wissenschaftlich zu beantworten. Bei dieser Durchleuchtung konzentrieren die Evolutionskritiker sich auf solche Fragen, die von der Evolutionstheorie angeblich nicht ausreichend oder befriedigend beantwortet werden. Während solche Fragestellungen für die Naturwissenschaften als Ansporn für mögliche, zukünftige Forschungsprojekte angesehen werden, stellen Evolutionskritiker diese „Wissenslücken“ als angebliche Schwachstellen heraus, mit denen sich die Evolutionstheorie angeblich selbst außer Kraft setzt. Aus diesem Zweifel heraus wird auf die Richtigkeit des Schöpfungsmythos geschlossen. „Für eine göttliche Schöpfung kann es aber keine naturwissenschaftlichen Beweise geben, egal für welchen Schöpfungsmythos man sich entscheidet.“ ((BEYER et al. 2005, 267).

Im Rahmen einer fächerübergreifenden und zukunftsbezogenen Lehre kann bei einer Behandlung von Bernstein-Inklusen leicht auf das Thema Kreationismus eingegangen werden.

Der Aspekt der oberflächlichen Ähnlichkeit von Bernsteinfossilien und heutigen Vertretern hat Kreationisten in der Vergangenheit und Gegenwart dazu veranlasst, die Evolutionslehre mit den Inkluden des Bernsteins zu „widerlegen“. So werden beispielsweise auf der Website des bekannten Kreationisten Harun Yahya Ergebnisse der Evolutionsforschung dazu verwendet, darwinistische Thesen zu verwerfen. So seien lebende Fossilien ein Beweis gegen die Evolutionstheorie, und gerade auch Bernstein-Inkluden liefern solchen Thesen Kanonenfutter: „Creatures preserved in amber for millions of years invalidate evolution“ (Yahya, *ohne Jahres- und Seitenzahl*). Yahya argumentiert, dass die Ähnlichkeit der Millionen Jahre alten Bernstein-Inkluden mit ihren heutigen Verwandten einen Beweis dafür liefert, dass bei den betroffenen Inkluden keine Evolution stattgefunden hat.

Auf den ersten Blick sind die prähistorischen Inkluden, die seit Jahrtausenden im Bernstein konserviert sind für den Laien in der Tat kaum von ihren heutigen Vertretern zu unterscheiden. Tatsächlich scheinen sich vor allen Insekten, deren Existenz bereits in ursprünglichen Formen bis ins Devon (425-385) zurück reicht, vom Eozän bis heute kaum evolviert zu haben.

Dieses kann den naiven Betrachter zu der Annahme verleiten, dass sich die damalige Fauna, die als Inkluse im Baltischen Bernstein konserviert wurde, in den letzten Millionen Jahren nicht verändert hat und dass es sich um dieselben Arten handelt. Gerade diese oberflächliche Ähnlichkeit der eozänen Inkluden des Baltischen Bernsteins (oder auch Inkluden aus anderen Bernsteinlagestätten) werden für kreationistische, „pseudo-wissenschaftliche“ Thesen ausgenutzt und liefert, so die Kreationisten, einen „Beweis“ gegen die Evolutionstheorie. Tatsächlich handelt es sich bei den Organismen, die seit Jahrtausenden in fossilem Harz konserviert sind, um eine prähistorische Fauna und Flora, die der heutigen zwar ähneln mag, doch, wie im Falle der Insekten, mindestens auf Artenebene ausgestorben ist.

Zwar ist der Kreationismus in Deutschland nicht so sehr auf dem Vormarsch wie beispielsweise in den Vereinigten Staaten von Amerika, doch die Argumentationsweise und der Erfolg kreationistischer Propaganda betont die Dringlichkeit, naturwissenschaftliche Grundbildung und Kompetenzen (*scientific literacy*) so früh wie möglich zu erwerben und zu fördern. Werden naturwissenschaftliche Prinzipien und Funktionsweisen halbherzig, oberflächlich oder missverständlich behandelt, können naturwissenschaftliche Erkenntnisse, wie die Evolutionslehre, für ideologische Propaganda missbraucht werden wie der Sozialdarwinismus oder Kreationismus in der Vergangenheit und Gegenwart zeigen. Auch hier gilt wieder Alan SOKALS Warnung vor wiederholtem Missbrauch von Konzepten und Terminologie aus den Naturwissenschaften (SOKAL & BRICMONT 1998) oder ADORNOS „Theorie der Halbbildung“

(1959), in der vor einer Verdummung der Bürger durch den Verfall von Bildung gewarnt wird. Dieses gefährliche Halbwissen, so Adorno, besteht meist nur aus unspezifischem, ‚Kreuzwörterrätsel‘-, Wissen über wissenschaftliche Disziplinen (Adorno 1959).

Die Ergebnisse der Evaluation des Bernsteinworkshops (Station 6: Evolution) hat gezeigt, dass die Schüler in den im Workshop vertretenen Jahrgangsstufen 6-8 noch eher ein Lamarcksches Verständnis von Evolutionsmechanismen besitzen, bei dem die Anpassung an die Umwelt ein gerichteter und intendierter Prozess ist. Bis zum Ende der Jahrgangsstufe 9 haben die Schüler sich bereits mit der Vererbungslehre befasst und die ersten Unterrichtseinheiten zum Thema Evolution und Anpassung abgeschlossen, so dass zum Basiskonzept Entwicklung beispielsweise gelehrt wird:

„Organismen der gleichen Art verändern sich durch Neukombination der Gene und Mutationen über lange Zeiträume und durch Selektionsprozesse entstehen neue Arten. In ihrer heutigen Vielfalt sind sie das Ergebnis eines langen Evolutionsprozesses, dem auch der Mensch unterliegt [...]. Letztlich wird unter der Perspektive dieses Basiskonzeptes die Existenz der großen Vielfalt der Lebewesen auf der Erde als Ergebnis der Evolution – als Ergebnis von Fortpflanzung, Variabilität, Angepasstheit und Selektion – erklärt.“ (SCHULMINISTERIUM NRW Sek I. 2008, 20).

In der Oberstufe haben die Schüler sich bereits mehrfach mit Konzepten der Evolutions- und Anpassungslehre befasst, und das Basiskonzept Entwicklung sieht folgendes vor:

„Im Inhaltsfeld **Evolution** geht es um die Darstellung der Evolution als dynamischen Prozess, der zu ständigen Veränderungen von Arten und Zusammensetzungen von Genpools und Populationen führt. Die Veränderungen werden in der modernen Evolutionsforschung mit Hilfe von phänomenologischen und molekularbiologischen Forschungsmethoden untersucht. Mit Hilfe der Ergebnisse, insbesondere molekulargenetischer Erkenntnisse, lassen sich phylogenetische Zusammenhänge und Stammbäume, auch im Bereich der Humanevolution, präziser erklären. Die Evolutionstheorie beeinflusst unser Selbstverständnis und unser Weltbild nachhaltig.“ (SCHULMINISTERIUM NRW Sek II. 2013, 19)

Im Laufe der Oberstufe sollten folglich ausreichende Kompetenzen vorhanden sein, um auf die *Kreationismus vs. Evolutionslehre* Kontroverse aufmerksam zu machen. Schülerbewertungen und kritische Reflexionen sind meist im Sinne einer Stellungnahme zum Missbrauch des Rasse-Begriffs beim Menschen aus historischer und gesellschaftlicher Sicht gefragt (SCHULMINISTERIUM NRW Sek. II 2013, 5). Eine explizite Bewertung kreationistischer Thesen und die kritische, naturwissenschaftliche Gegenargumentation solcher Thesen sind im

Curriculum zwar nicht erwähnt, könnten aber den schulischen Evolutionsunterricht gut ergänzen, um die genannten Basiskompetenzen zu erproben. Ein Beispiel hierfür wurde im Biologielehrbuch *Natura* (BEYER et al. 2005) gefunden. An dieser Stelle muss allerdings betont werden, dass auch im Biologieunterricht respektvoll mit unterschiedlichen Glaubensrichtungen umgegangen werden soll. Kreationismus und *Intelligent Design* entsprechen aber nicht allgemeinen, monotheistischen Glaubensrichtungen, sondern sind fundamentalistisch orientiert. So haben die großen, christlichen Kirchen sich mehrfach vom Kreationismus distanziert. Der Rat der Evangelischen Kirche in Deutschland 2008 betonte beispielsweise, dass solche Hypothesenbildung [Kreationismus, *Intelligent Design*]... vor den Kriterien strenger Wissenschaft nicht bestehen können. (vgl. KILLERMANN et al. 2011, 319). „Generell sollten die Grenzen zwischen biologischen und theologischen Aussagen beachtet, Glaube und Wissenschaft als verschiedene Kategorien akzeptiert werden.“ (320).

### 5.6. Abschließendes Fazit (Teil II)

Der Baltische Bernstein mit seinen Inkluden wurde im Rahmen der vorliegenden Dissertation in erster Linie fachwissenschaftlich erforscht. Die vorgelegten Ergebnisse können wiederum als Anknüpfungspunkte für weitere Forschungsbestrebungen verstanden werden. Dementsprechend wurden die im Rahmen dieser Arbeit beschriebenen Steinfliegen des Baltischen Bernsteins hinsichtlich paläobiogeographischer Aspekte näher untersucht, doch durch zukünftige Neubeschreibungen können die hier aufgestellten Hypothesen ergänzt und vertieft werden.

Aus den fachwissenschaftlichen Inhalten wurden Implikationen für den schulischen Kontext abgeleitet, didaktisch aufbereitet, evaluiert und für die Konzeption eines Lehrangebots für die Sekundarstufe I und II genutzt.

„Bernstein und seine Inkluden“ hat sich nicht nur als vielfältiges Thema für die Unter- und Mittelstufe herausgestellt, sondern ist gleichermaßen für die Oberstufe geeignet. Dass das Thema Bernstein und, damit verbunden, die fossilen Inkluden, anscheinend so selten im schulischen Kontext Erwähnung finden, liegt wahrscheinlich daran, dass Fossilien in der Regel im Kontext der Evolutionslehre schulisch behandelt werden. Da die Bernstein-Inkluden aber keine Leitfossilien bzw. „missing links“ darstellen, können sie leicht übersehen werden. Die Inkluden des Baltischen Bernsteins, so hat sich in den beiden vorgestellten Unterrichtsentwürfen herausgestellt, sollen allerdings nicht unbedingt im Inhaltsfeld „Nachweise für Evolution“

angesiedelt, sondern aus dem direkten „Fossilienkontext“ herausgenommen werden, denn nur dann kann der naturwissenschaftliche Unterricht von dem so vielfältig einsetzbaren Thema profitieren. Der Vorwurf, dass paläontologische Themen selten an der Lebenswelt der Schüler ansetzen (vgl. KNOLL 1985) hat sich ebenfalls als überholt herausgestellt. In allen Schulstufen sind die Schüler bei den zwei entwickelten Unterrichtsprojekten paläontologisch forschend tätig, wobei die Inklusen des Baltischen Bernsteins den Schülern als aktuelles Anliegen dargestellt wurden. Der im zdi-Schülerlabor der Universität zu Köln durchgeführte Bernsteinworkshop knüpft insofern an der Schülerrealität an, als dass er auf die Vorkenntnisse und Vorstellungen der Schüler mit Bernstein einerseits eingeht und gleichzeitig inhaltliche Felder behandelt, die nicht nur mit dem Schulalltag der Schülerinnen und Schüler, sondern auch den Lehrplanvorgaben verbunden werden können. Bernstein-Inklusen sind authentische Zeitzeugen, die einen direkten Bezug zu vergangenen Lebensräumen bilden. Gleichzeitig schließen sie aktuelle, für die wissenschaftliche Grundbildung relevante Themen ein. Der Bernsteinworkshop wurde so konzipiert, dass er auf die flexiblen Bedürfnisse und heterogenen Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler eingehen kann. So hatten die unterschiedlichen Stationen verschiedene inhaltliche und methodische Schwerpunkte. Zwar wurden im Vorfeld Kompetenzen formuliert, die im Laufe des Workshops entwickelt und vertieft werden sollten, doch das forschende Lernangebot der Inhalte war relativ offen gestaltet, so dass es an den Schülerinnen und Schülern lag, zu welchem Grad sie sich den formulierten Kompetenzen annähern. In den meisten der präsentierten Stationen des Bernsteinworkshops konnten allerdings solche Kompetenzen entwickelt werden, die dem Richtziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts, nämlich der Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung bzw. *scientific literacy*, näher kommen soll. Selbst das auf den ersten Blick exotisch scheinende Thema Paläobiogeographie hat sich keinesfalls als „altbacken“ oder frei von jeglichem Alltagsbezug der Schüler herausgestellt, denn durch die Ergründung von Ursachen plattentektonischer Prozesse und die damit verbundene, langfristige Klimaveränderung, wird den Schülern bewusst gemacht, welche Konsequenzen Klimaveränderungen für das betroffene Ökosystem mit seiner Fauna und Flora haben kann. Kompetenzerwerb zu Ursachen und Konsequenzen von Klimaveränderungen ist vor allem hinsichtlich der aktuellen Globalerwärmungsdebatte essentiell.

Die Einsatzmöglichkeiten von Bernstein im Rahmen des schulischen Unterrichts sind besonders vielfältig und umfassend. Bernstein als Unterrichtsgegenstand fängt bei Untersuchungen zu den physikalischen Eigenschaften, also der Materie an sich an, aber umfasst auch ökologische, formenkundliche, entomologische, systematische, paläontologische und geographische

Kenntnisse. Diese unterschiedlichen Inhaltsbereiche können nicht nur von wissenschaftlicher Seite durchleuchtet werden, sondern auch, mit entsprechender didaktischer Aufarbeitung, fächerübergreifend und kompetenzorientiert auf den Schulkontext aller Jahrgangsstufen angewendet werden. Insbesondere die aktive, selbstbestimmte und auf Forschung ausgerichtete Auseinandersetzung mit Bernstein im Rahmen des schulischen Biologieunterrichts hat gezeigt, dass Bernstein aufgrund seiner hohen Anschaulichkeit auch von den Schülerinnen und Schülern gut angenommen wird.

## 6. Literatur

- ADORNO, T.W., 1959. Theorie der Halbbildung. In: ders.: Gesammelte Schriften Band 8. *Soziologische Schriften I*: 93 – 121
- APPLIN, D.G. 2000. Northern Modular Science for GCSE - Biology. Cheltenham: Nelson Thornes
- ARNOLD, V., 1998. Vergessene Einschlüsse – Blütenstaub im Baltischen Bernstein. *Mitt. Geol. Paläont. Inst. Univ. Hamburg* **81**: 269-282
- BAALMANN, W., V. FRERICHS, H. WEITZEL, H. GROPEGIEBER & KATTMANN, U., 2004. Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung – Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. - *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* **10** (1): 7-28
- BAE, Y.J. & MCCAFFERTY, W.P., 1991. Phylogenetic systematics of the Potamanthidae (Ephemeroptera). *Trans. Ame. Entomolog. Soc.* **117**: 1-143
- BAE, Y.J. & MCCAFFERTY, W.P., 1998. Phylogenetic systematic and biogeography of the Neophemeridae (Ephemeroptera). *Aquatic Insects* **20**: 35-68
- BÄCHLE-KNAUER, D., BEYER, I., HILD, S., 2002. Natura. Biologie für Gymnasien, Neubearbeitung. 7.-10, Schuljahr. Ausgabe A. Lehrerband: BD 2. Stuttgart: Klett Verlag
- BANKS, N., 1900. New genera and species of Nearctic Neuropteroid insects. *Transactions of the American Entomological Society* **26**: 239-259
- BARABOSCHKIN, E.Y., ALEKSEEV, A.S., & KOPAEVICH, L.F., 2003. Cretaceous palaeogeography of the North Eastern Peri-Tethys. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **196**: 177-208
- BARTHEL, M. & HETZER, H., 1982. Bernstein-Inklusen aus dem Miozän des Bitterfelder Raumes. – *Zeitschrift für angewandte Geologie* **28**: 314-336
- BARTZ, R., 2007. „Rossameise“.  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Camponotus\\_sideview\\_2.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Camponotus_sideview_2.jpg). (abgerufen am 15.05.2013).
- BAUER, A.M., BÖHME, W. & WEITSCHAT, W., 2005. An early Eocene gecko from Baltic amber and its implication for the evolution of gecko adhesion. *J. Zool. Lond.* **265**: 327-332
- BAUMANN, R.W., 1973. New *Megaleuctra* from the eastern United States (Plecoptera: Leuctridae). *Entomological News* **84**: 247-250.
- BAUMANN, R.W., 1975. Revision of the stonefly family Nemouridae: A study of the world fauna at generic level. Washington: Smiths. Contribs. Zool.
- BAUMANN, R.W. & STEWART, K.W., 1980. The nymph of *Lednia tumana* (Ricker) (Plecoptera: Nemouridae), *Proceedings of the Entomological Society of Washington* **82**(4): 655-659



- BAUMANN, R.W. & STARK, B.P., 2010. Studies on the Plecoptera of the Kootenay Lake drainage: A revisit of the stoneflies from the Purcell Range, British Columbia, Canada. *Illiesia* **6**: 292-302.
- BAUMANN, R.W. & KONDRATIEFF, B.C., 2010. The stonefly genus *Lednia* in North America (Plecoptera: Nemouridae). *Illiesia* **6**: 315-327.
- BAUMANN, R.W. & CALL, R.G., 2012. *Lednia tetonica*, a new species of stonefly from Wyoming (Plecoptera: Nemouridae). *Illiesia* **8**(8): 104-110
- BAUMANN, R.W. & STARK, B.P., 2013. The genus *Megaleuctra* Neave (Plecoptera: Leuctriidae) in North America. *Illiesia* **9**(06): 65-93. Available online: <http://www2.pms-lj.si/illiesia/papers/Illiesia09-06.pdf>
- BAUMERT, J., KLIME, E, NEUBRAND, M, PRENZEL, M, SCHIEFELE, U., SCHNEIDER, W., STANAT, P., TILMANN, K.-J., WEIB, M. (Hrsg.), 2001. PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske + Budrich
- BAYRHUBER, H., KULL U., & LINDER, H., 2005 Linder Biologie S II Gesamtband. Hannover: Schroedel
- BBC 2001. Alien Empire. Das Reich der Insekten. 129 Minuten, 3 DVDs
- BECK, C.W., 1986. Applied Spectroscopy. *Reviews* **22**(1): 57-110
- BERCK, K.H., 1992. Der Einstieg in eine Biologiestunde. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* **45**(1): 4-48
- BERCK, K.H., & GRAF, D., 2010. Biologiedidaktik. Grundlagen und Methoden. Wiebelsheim: Quelle & Meyer
- BERENDT, G.C., (ed.) 1845-1856. Die im Bernstein befindlichen Organischen Reste der Vorwelt. Zwei Bände. Berling: In Commission der Nicolaischen Buchhandlung
- BERENDT, G.C., 1856. In: Berendt, G.C., (ed. (1845-1856). Die im Bernstein befindlichen Organischen Reste der Vorwelt. Zweiter Band.
- BERGAU, M., BEUREN, A.N., BOHM, 2006. Prisma Biologie 7.-10. Jahrgangsstufe. Düsseldorf: Klett Verlag
- BEYER, I., BICKEL, H., GROPPENGIEBER, H., & KRONBERG, I., 2005. Natura – Biologie für Gymnasien: Oberstufe. Alle Bundesländer. Stuttgart: Klett Verlag
- BIRKENHAUER, J., 1986. Landschaftsbewertung und perspektivisches Sehen. *Geographie und ihre Didaktik*: 14-34.
- BIRKENHAUER, J., 1999. Raum und Zeitvorstellungen bei Kindern und Jugendlichen. *Geographie Heute* **186**: 42-43
- BLAKEY, R., 2013. Colorado Plateu Geosystems, Inc. Reconstructing the Acient Earth. Library of Paleogeography. Online abrufbar über: <http://cpgeosystems.com/paleomaps.html> (Inhalte und Abbildungen der Webseite ausdrücklich als frei verfügbar für wissenschaftliche Publikationen gekennzeichnet, zuletzt abgerufen am 01.02.2014)

- BÖHME, W. & WEITSCHAT, W., 2002. New finds of lizards in Baltic amber (Reptilia: Squamata: Lacertidae). *Faun. Abh., Dresden* **23**: 117-130
- BORTZ, J. & DÖRING, N., 2006. Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler (4. Auflage). Berlin: Springer.
- BRADFIELD, P., DODDS, J., DODDS, J. & TAYLOR, N., 2001. AS Level Biology. Edinburgh, Harlow, Essex: Longman
- CAMPBELL, N.A. & REECE, J.B., 2010. Biologie Oberstufe. München: Pearson
- CARUSO, C., & WICHARD, W., 2010. Overview and descriptions of fossil stoneflies (Plecoptera) in Baltic amber. *Entomologie heute*, 2010: 85-98
- CARUSO, C., & WICHARD, W., 2011. Paleogeographic Distribution of Leuctridae and Ne-mouridae Genera Preserved in Baltic Amber, with the Description of *Palaeopsole weiter-schani* n. gen., n. sp. (Plecoptera). *Entomologie heute*. 2011: 69-78
- CIFELLI, R.L., KIRKLAND, J.I., WEIL, A.L. & KOWALLIS, B.J., 1997. High-precision  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology and the advent of North America's Late Cretaceous terrestrial fauna. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **94**: 11163-11167.
- CLAASSEN P.W., 1923. New species of North American Plecoptera. *Canadian Entomologist* **55**: 257-263, 281-292
- CLAASSEN, P.W., 1937. New species of stoneflies (Plecoptera). *Journal of the Kansas Entomological Society* **10**: 42-51.
- CLARK, I.D. & FRITZ, P., 1997. Environmental Isotopes in Hydrogeology. Boca Raton, Florida: CRC Press
- CONWENTZ, H., 1890. Monographie der Baltischen Bernsteinbäume. Danzig: Engelmann
- COX, C.B. & MOORE, D.M., 2010. Biogeography. An Ecological and Evolutionary Approach. 8<sup>th</sup> edition. NJ: John Wiley & Sons Inc.
- DIERKES, P. & SCHEERSOI, A., 2012 (Hrsg.). Dinosaurier. *Unterricht Biologie* **374**: 2-11
- DLUSSKY, G.M. & RASNITSYN, A.P., 2009. Ants (Insecta: Vespidae: Formicidae) in the Upper Eocene amber of central and eastern Europe. *Paleont. J.*, **43**: 1024-1042
- DORÉ, A.G., 1991 The structural foundation and evolution of Mesozoic seaways between Europe and the Arctic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **87**: 441-492
- DUNLOP, J. A., 2010. Bitterfeld amber. In Penney, D. (Hrsg.) Biodiversity of fossils in amber from the major world deposits. Manchester: Siri Scientific Press, 57-68
- DUNLOP, J.A., & MITOV, P.G., 2009. Fossil harvestmen (Arachnida, Opiliones) from Bitterfeld amber. *ZooKeys* **16**: 347-375

- EPA (Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Biologie). Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 05.02.2004. Online abrufbar über:  
<https://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/abitur-bk/getfile.php?file=1652>  
(abgerufen am 15.12.2013)
- ESCHENHAGEN, D., 1985. Vermittlung von Pflanzen- und Tierkenntnissen in der Grundschule. *Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe* **13**: 120-126
- FENNER, A., 2013. Schülervorstellungen zur Evolutionstheorie, Konzeption und Evaluation von Unterricht zur Anpassung durch Selektion. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Dr. rer. nat. GEB. Giessener Elektronische Bibliothek: <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2013/9250/> (abgerufen am 02.02.2014)
- FIELDS, W.C., Jr., 1977. A new *Megaleuctra* from California (Plecoptera: Leuctridae). *Pan-Pacific Entomologist* **53**: 211-214
- FIORILLO, A.R., 2004. The dinosaurs of arctic Alaska. *Scientific American* **291**(6): 84-91.
- FIORILLO, A.R., 2006. Review of the Dinosaur records of Alaska with comments regarding Korean Dinosaurs as comparable high-latitude fossil faunas. *J.Paleont. Soc. Korea* **22**(1): 15-27
- FIORILLO, A.R., 2008. Cretaceous dinosaurs of Alaska: Implications for the origins of Beringia. In: R.B. BLODGETT, G. STANLEY (Hrsg.) The Terrane Puzzle: new perspectives on paleontology and stratigraphy from the North American Cordillera. *Geological Society of America Special Paper* **442**: 313-326
- FIORILLO, A.R. & PARRISH, J.T., 2004. The first record of a Cretaceous dinosaur from western Alaska. *Cretaceous Research* **25**: 453-458
- FIORILLO, A.R., NORTON, D.W. & MCCARTHY, P.J., 2009. Beringia from a Cretaceous Perspective. *Alaska Park Science* **8**: 17-20
- FIORILLO, A.R., DECKER, P.L., LEPAIN, D.L., WARTES, M., MCCARTHY, P.J., 2010. A Probable Neoceratopsian Manus Track from the Nanushuk Formation (Albian, Northern Alaska). *Journal of Iberian Geology* **36**(2): 165-174
- FLEMMING, B.W., 2004. 75 Jahre Senckenberg am Meer – Aktualismus als Forschungsprinzip. *Natur und Museum* **134**: 1-20
- FOCHETTI, R. & J.M. TIerno DE FIGUEROA, 2008. Global Diversity of Stoneflies (Plecoptera, Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia* **595**: 365-377
- FRAEDRICH, W., 2004. Geologie im Unterricht. Ein Plädoyer für die Stärkung der Geowissenschaften in der Schule. *Geographie Heute* **218**(2004): 2-5
- FREDERIKSEN, N.O., 1988. Sporomorph biostratigraphy, floral changes and paleoclimatology, Eocene and earliest Oligocene of the eastern Gulf Coast. *Geological Society of America, Special Paper* **1448**: 1-100
- FREIHERR VON STEIN GYMNASIUM, RÖSRATH. Ohne Jahresangabe. <http://www.fvsg-buende.de/schulangebot/fachbereiche/naturwissenschaften/biologie/uebersicht-lehrplansek-i/> (abgerufen am 10.12.2013)

- FRIEDMANN, A. & SCHÄBITZ, F., 2011. Klima und Vegetationsentwicklung in Mitteleuropa im Quartär. In: GEBHARDT, H. GLASER, R., RADTKE, U., REUBER, P. (Hrsg.) *Geographie. Physische Geographie und Humangeographie*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag
- FRISCH, W. & MESCHEDER, M., 2007. Plattentektonik. 2. Auflage. Darmstadt: Primus-Verlag
- FRISCH, W., MESCHEDER, M., BLAKEY, R., 2011. Plate Tectonics. Continental Drift and Mountain Building. Berlin, London, New York, Heidelberg: Springer
- FRISON, T.H., 1929. Fall and winter stoneflies, or Plecoptera, of Illinois. *Illinois Natural History Survey Bulletin* **18**(2): 345-409
- FRISON, T.H., 1936. Some New Species of Stoneflies From Oregon (Plecoptera). *Annals of the Entomological Society of America* **29**(2): 256-265
- FRISON, T.H., 1942. Descriptions, records and systematic notes concerning western North American stoneflies (Plecoptera). *Pan-Pacific Entomologist* **18**: 9-16
- FÜLLER, F., 1992. Biologische Unterrichtsexperimente: Bedeutung und Effektivität. München: Münchner Schriften zur Didaktik der Biologie, Band 8
- GAUL, J., 2006. Die Fliegenfischerseite von Jürgen Gaul. Insektenkunde Imagines. <http://www.jgaul.de/index3.htm> (abgerufen am 14.03.2015)
- GEBHARDT, H., GLASER, R., RADTKE, U., REUBER, P., (Hrsg.) 2011. Geographie. Physische Geographie und Humangeographie. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag
- GEOHAKSTEYR. MEDIEN FÜR GEO. <http://geografie.wordpress.com/plattentektonik>. (abgerufen am 11.12.2013)
- GERHARDT-DIRCKSEN, A., 1995. Mehr Formenkunde im Biologieunterricht?! Wie kann die Vermittlung formenkundlicher Inhalte wieder stärker in einen mehr allgemeinbiologisch orientierten Unterricht einbezogen werden? In Mayer, J. (Hrsg.): Vielfalt begreifen – Wege zu Formenkunde. Ein Symposium zum Thema „Formenvielfalt im Biologieunterricht“: 155-160; Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaft, Kiel
- GHEERBRANT, E., 1990, On the early biogeographical history of the African placentals. *Historical Biology* **4**: 107-116
- GOEPPERT, H.R., 1850. Monographie der fossilen Coniferen. Leiden.
- GOEPPERT, H.R., & BERENDT, G.C., 1856., Der Bernstein und die befindlichen Pflanzenreste der Vorwelt. In: Berendt, G.C. (1845-1856). *Die im Bernstein befindlichen, organischen Reste der Vorwelt*, Vol I. Berlin: Nicolai
- GRÄBER, W., Nentwig P., Koballa, T., Evans, R. (Hrsg.), 2002. Scientific Literacy – von der Theorie zur Praxis. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung. Opladen: VS
- GRAF, D., 1995. Vorschläge zur Verbesserung des Begriffslernens im Biologieunterricht – ein Literaturvergleich. *MNU* **48**, 341-345, 392-395.
- GRIMALDI, D.A., 2003. Amber. A Window to the Past. Harry N. Abrahams

- GRIMALDI, D.A., SHEDRINSKY, A., WAMPLER, T.P., 2000. A remarkable deposit of fossiliferous amber from the Upper Cretaceous (Turonian) of New Jersey. In: Grimaldi, D., (Hrsg.), *Studies on Fossils in Amber, with Particular Reference to the Cretaceous of New Jersey*. Backhuys, Leiden: 1-76
- GRÖHN, C., 2016. Ambertop. „Ameise+gras“. <http://www.ambertop.de/ameise+gras.jpg> (abgerufen am: 18.05.2013)
- GROPENGLIEBER, H., 2010. *Biologie Oberstufe. Lehrbuch*. Stuttgart: Ernst-Klett
- GROPENGLIEBER, H., 2010. *Biologie Oberstufe. Arbeitsbuch*. Stuttgart: Ernst-Klett
- GROPENGLIEBER, H, HARMS, U. & KATTMANN, U. (Hrsg.), 2013. *Fachdidaktik Biologie. Die Biologiedidaktik begründet von Dieter Eschenhagen, Ulrich Kattmann und Dieter Rodi*. 9. völlig überarbeitete Aufl. Hallbergmoos: Aulis
- GROTZINGER, J., JORDAN, T.H., PRESS, F., SIEVER, R., 2007. *Press/Siever - Allgemeine Geologie*. 5. Auflage, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag
- GRUBBS, A.S., 2005. *Zealeuctra talladega*, a new species of Leuctridae (Plecoptera) from Alabama U.S.A. *Illesia* **1**(6): 40-42
- GRUBBS, S.A. Kondratieff, B. C., STARK, B.P., & DEWAL, R.E., 2013. A review of the Nearctic genus *Zealeuctra* Ricker (Plecoptera, Leuctridae), with the description of a new species from the Cumberland Plateau region of eastern North America. *ZooKeys* **344**: 17-47
- HAGEN, H., 1856. In BERENDT, G.C. (1845-1856). *Die im Bernstein befindlichen Organischen Reste der Vorwelt*. Zwei Bände. In Commission der Nicolaischen Buchhandlung. Berlin
- HAM, S.A. & BAE, Y.J., 2002. The Stonefly genus *Megaleuctra* (Plecoptera: Leuctridae) new to east palearctic region, with description of *Megaleuctra saebat* new species. *Entomological News* **113** (5): 338-341
- HANSON, J.F., 1941. Studies on the Plecoptera of North America, II. *Bulletin of the Brooklyn Entomological Society* **36**: 57-66
- HENNINGSSEN, D., 2009. Aktualismus in den Geowissenschaften. Die Gegenwart als Schlüssel zur Vergangenheit. *Naturwissenschaftliche Rundschau* **62**(5): 229-232
- HENWOOD, A., 1993. Recent plant resins and the taphonomy of organisms in amber: A review: *Mod. Geol* **19**: 35-59
- HILL, D.E., 2009. Salticidae of the Antarctic land bridge. *Peckhamia* **76**(1): 1-14
- HOOVER, J, COLLINSON, M., SILLE, N., 2004. Eocene-Oligocene mammalian faunal turnover in the Hampshire-Basin, UK: calibration to the global time scale and the major cooling event, *Journal of the Geological Society* **161**: 161-172
- HOYKAAS, R., 1963. *The Principle of Uniformity in Geology, Biology, and Theology*. Leiden: Brill

- HUG, W., 1980. Geschichtsunterricht in der Praxis der Sekundarstufe I. Befragungen, Analysen und Perspektiven. (2. Auflage) Frankfurt a M. / Berlin / München: Diesterweg
- HUGGETT, J.R., 2004. Fundamentals of Biogeography. London, New York: Routledge
- HUSSY, W., SCHREIER, M. & ECHTERHOFF, G., 2013. Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag
- HYNES, H. B. N., 1976. Biology of Plecoptera. *Annual Review of Entomology* **21**: 135-153
- HYNES, H. B. N., 1988. Biogeography and origins of the North American stoneflies. *Memoires Entomological Society Canada* **144**: 31-37.
- ILLIES, J., 1960. Phylogenie und Verbreitungsgeschichte der Ordnung Plecoptera. *Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft*, Bonn, Leipzig: 384-394
- ILLIES, J., 1965. Phylogeny and zoogeography of the Plecoptera. *Annual Reviews of Entomology* **10**: 117-140
- ILLIES, J., 1966. Katalog der rezenten Plecoptera. Das Tierreich. Lieferung **82**: 1-632
- ILLIES, J., 1967. Die Gattung *Megaleuctra* (Plecopt., Ins.) Beitrag zur konsequent phylogenetischen Behandlung eines *incertae-sedis*-Problems. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere* **60**: 124-134
- JAERNICKE, J., JUNG AUER, W., KONOPKA, H.-P., 2001. Netzwerk Biologie 2. Ein Lehr- und Arbeitsbuch. Hannover: Schroedel
- JANIS, C.M., 1993. Tertiary mammal evolution in the context of changing climates, vegetation, and tectonic events. *Annual Review of Ecology and Systematics* **24**: 467-500
- JERZYKIEWICZ, T. & RUSSELL, D.A. 1991. Late Mesozoic stratigraphy and vertebrates of the Gobi Basin. *Cretaceous Research* **12**: 345-377
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. 1992. Thinking about theories or thinking with theories? A classroom study with natural selection. *International Journal of Science Education* **14** (1): 51-61
- JOHANSON, K.A. & WICHARD, W., 1997. Caddis Flies of Baltic Amber. 4. New descriptions of *Palaeohelicopsyche* (Trichoptera, Helicopsychidae). *Mitteilungen der Münchner Entomologischen Gesellschaft* **87**: 101-108
- JOHANNSEN, M., & KRÜGER, D. 2005. Schülervorstellungen zur Evolution – eine quantitative Studie. *Ber. Inst. Didaktik Biologie* **14** (2005): 23-48
- KALUSCHE, D., KREMER, B.P., RUOF, S., 2003. Urknall. Biologie 9./10. Schuljahr, Düsseldorf: Ernst Klett Verlag
- KATTMANN, U., 2004. Bioplanet Erde. Erdgeschichte ist Lebensgeschichte. *Unterricht Biologie* **299**: 4-28

- KATTMANN, U., 2007. Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biogiedidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer, 93-104
- KATTMANN, U., DUIT, R., GROPENIEBER, H. & KOMOREK, M. 1997. Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* **3** (3): 3-18.
- KAWAI, T., 1985. Plecoptera. In: *An Illustrated Book of Aquatic insects of Japan*. Tokyo: Teikai Univ. Press, 125-148
- KILLERMANN, W. & SCHERF, G., 1986. Die Vermittlung von Formenkenntnissen als grundlegende Aufgabe des Biologieunterrichts. *Päd. Welt* **4**: 146-158
- KILLERMANN, W., HIERING, P., STAROSTA, B., 2011. *Biologieunterricht heute. Eine moderne Fachdidaktik*. 14. aktualisierte Auflage. Donauwörth: Auer Verlag
- KLASS, K., D., ZOMPRO, O., KRISTENSEN, N. P., & ADIS, J., 2002. Mantophasmatodea: a new insect order with extant members in the afrotropics *Science* **296**: 1456–1459
- KNOLL, J., 1985. Paläontologie. *Unterricht Biologie* **105** (1985): 4-14
- KOHLER, M., MOYÀ-SOLÀ, S., 1999. A finding of Oligocene primates on the European continent. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **96**: 14664-14667
- KOLLER, J., BAUMER, B., BAUMER, U., 1997. Die Untersuchung von Bernstein, Bernsteinölen und Bernsteinlacken. *Sonderheft Metalla*: 85-102, Bochum
- KONDRATIEFF, B.C., & LECHLEITNER, R.A., 2002. Stoneflies (Plecoptera) of Mount Rainier National Park, Washington. *Western North American Naturalist* **62**: 385-404
- KONDRATIEFF, B.C., & ZUELLIG, R.E., 2004. A new species of *Zealeuctra* Ricker (Plecoptera: Leuctridae) and confirmation of *Hydroperla fugitans* (Needham and Claassen) (Plecoptera: Perlodidae) from Texas. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* **106**(4): 840-843
- KOPP, G., 2000. Evolution und Lücke. Potentiale der historischen Geo- und Biowissenschaften für die Umweltbildung. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Erziehungswissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrecht-Universität zu Kiel. Online abrufbar über CAU: [http://macau.uni-kiel.de/receive/dissertation\\_diss\\_00000377](http://macau.uni-kiel.de/receive/dissertation_diss_00000377) (abgerufen am 01.04.2011)
- KRONBERG, I., 2004. Neues Leben auf Vulkaninseln. *Unterricht Biologie* **299**: 34-39
- KUCKARTZ, U., DRESING, T., RÄDIKER, S., & STEFER, C., 2008. *Qualitative Evaluation. Der Einstieg in die Praxis*. 2. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften
- KÜHN, S., 2003. Karte der Nordhalbkugel. Online abrufbar über: [https://de.wikipedia.org/wiki/Nordhalbkugel#/media/File:Nordhalbkugel\\_gr.png](https://de.wikipedia.org/wiki/Nordhalbkugel#/media/File:Nordhalbkugel_gr.png) (abgerufen am 03.02.2012).
- KMK (KULTUSMINISTERKONFERENZ). 2004. Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Biologie. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.12.1989 i.d.F. vom

- 05.02.2004. Quelle: Schulministerium NRW. Abrufbar über:  
<http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/abitur-bk/getfile.php?file=1652>  
(abgerufen am 01.11.2013)
- LAMNEK, S., 2005. Qualitative Sozialforschung. Weinheim, Basel: Beltz
- LE LOEUFF, J., 1990. The Campano-Maastrichian vertebrate faunas from southern Europe and their relationships with other faunas in the world: palaeobiogeographical implications. *Cretaceous research* **12**: 93-114
- LEWIS, S.E., 1969. Fossil insects of the Latah formation (Miocene) of eastern Washington and northern Idaho. *Northwest Science* **43**: 99-115
- LÖWE, B., 1992. Biologieunterricht und Schülerinteresse an Biologie. Schriftreihe der Pädagogischen Hochschule Heidelberg. Weinheim: Deutscher Studien Verlag
- LÜDTKE, U., 2012. Emotion und Sprache – Theoretische Grundlage für die logopädisch-therapeutische Praxis. *SAL-Bulletin* **143**: 5-22
- LÜHR, C., 2004. Charakterisierung und Klassifikation von Fossilen Harzen. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaft (Dr. rer. nat.). Publikationsserver der Universität Duisburg Essen. <http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-5618/Luehrgesamtdiss.pdf>
- LYELL, C. 1830. Principles of Geology. An Attempt to Explain the Former Changes of the Earth, by Reference to Causes Now in Operation. New York: Cambridge University Press
- MARTÍNEZ-DELCLÒS, X., BRIGGS, D. E. G. & PEÑALVER, E., 2004. Taphonomy of insects in carbonates and amber. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **203**: 19–64
- MATTHES, H.W., 1962. Verbreitung der Säugetiere in der Vorzeit. In: J.G. Helmcke, H.v. Lengerken, D. Starck (Hrsg.) Handbuch der Zoologie. Eine Naturgeschichte der Stämme des Tierreiches. Berlin: Walter de Gruyter & Co. 8. Band 28. Lieferung. **II(I)**: 1-198
- MATTHEWS J.V., & TELKA, A., 1997. Insect fossil from the Yukon. In: Danks H.V., Downes, J.A. (eds.). Insects of the Yukon. *Biological Survey of Canada* **2**: 911-962
- MAYER, J., 1992. Formenvielfalt im Biologieunterricht. Ein Vorschlag zur Neubewertung der Formenkunde. – Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Kiel.
- MAYER, J., 1994. Zeitgemäße Formenkunde im Biologieunterricht. – *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* **47**(1): 44-51
- MAYER, J., (Hrsg.) 1995. Vielfalt begreifen – Wege zur Formenkunde. Ein Symposium zum Thema „Formenvielfalt im Biologieunterricht“. – Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Kiel.
- MAYER, J. & HORN, F., 1993. Formenkenntnis – wozu? *Unterricht Biologie* **189**: 4-13
- MILLER, K.G, FAIRBANKS, R.G., MOUNTAIN, G.S., 1987. Tertiary oxygen isotope synthesis, sea level history, and continental margin erosion. *Paleoceanography*, **2**: 1-19,



- MOSBRUGGER, V., UTESCHER, T., DILCHER, D., 2005. Cenozoic continental climatic evolution of Central Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **102**: 14964-14969
- NELSON, C.H., 1988. Note on the phylogenetic systematics of the family Pteronarcyidae (Plecoptera), with a description of the eggs and nymphs of the Asian species. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **81**: 560-576
- NESSOV, L., 1991. Cretaceous vertebrates of the Asiatic part of the Soviet Union. Geological Association Canada – Mineralogical Association of Canada – Society of Economic Geologists, Program with Abstracts **16**: A89
- NISSENBAUM, A., HOROWITZ, A., 1992. The Levantine amber belt. *J. Afr. Earth. Sci.* **14**: 295-300.
- NULTSCH, W., 2001. Allgemeine Botanik. Stuttgart: Thieme
- ODIN, G.S. & LUTTERBACH, H., 1992. The age of Paleogene Stage Boundaries. *N. Jb. Geol. Palaeont. Abh.* **186**: 269-272
- ORTNER, H. 2014. Text und Emotion. Theorie, Methode und Anwendungsbeispiele emotionslinguistischer Textanalyse, Tübingen: Narr-Verlag
- PENNEY, D., (Hrsg.) 2010. Biodiversity of Fossils in Amber from the major world deposits. Manchester: Siri Scientific Press
- PERKOVSKY, E.E., ZOSIMOVICH, V.Y. & VLASKIN, A.P., 2003. Rovno Amber insects: first results of analysis. *Russian Entomol. J.*, **12**: 119-126
- PERKOVSKY, E.E., ZOSIMOVICH, V.Y., VLASKIN, A.P., 2010. Rovno amber. In Penney, D., (Hrsg.) Biodiversity of Fossils in Amber from the major world deposits. Siri Scientific Press, Manchester: 116-133
- PEWS-HOCKE, C., ZABEL, E., 2002. Biologie. Lehrbuch für die Klasse 10. Berlin: Paetec
- PICTET, F.J. & HAGEN, H., 1856. In: BERENDT, C.G., (1845-1856).
- PIELINSKA, A., 1997. Inclusions of wood in the amber collections of the Museum of Earth in Warsaw. *Metalla. Sond.*, **66**: 25-28
- POINAR, G.O. JR., 1992. Life in amber. California: Stanford University Press
- POINAR, G.O & POINAR, R. 1999. The Amber Forest: A Reconstruction of a Vanished World. Princeton, New Jersey: Princeton University Press
- PRELL, W. L., 1982. Oxygen and carbon isotopic stratigraphy for the Quaternary of Hole 502B: The Eocene CO<sub>2</sub> greenhouse. *Science* **227**: 166-169
- PROTHERO, D.R., 1998. The chronological, climatic, and paleogeographic background to North American mammalian evolution. In: Janis, C.M., Scott, K.M., Jacobs, L.L. (Eds.), Evolution of Tertiary Mammals of North America. Cambridge: Cambridge University Press: 9–36

- REA, D.K & SCHRADER, H., 1998. Late Pliocene onset of glaciation: Ice rafting and diatom stratigraphy of North Pacific DSDP cores. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **49**: 313-325
- REA, D.K., ZACHOS, C., OWEN, R.M., and GINGERICH, P., 1990. Climatic change at the Palaeocene-Eocene boundary: climatic and evolutionary consequences of tectonic events. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **79**: 117-128
- REICHMANN, J., 2004. Weiterbildungs-Evaluation, Lernerfolge messbar machen, Neuwied: Luchtenhand Verlag
- RICKER, W.E., 1935. New Canadian Perlids (Part II). *Canadian Entomologist* **67**: 256-264
- RICKER, W.E., 1952. Systematic studies in Plecoptera. Indiana University Publications
- RICKER, W.E. 1964. Distribution of Canadian stoneflies. *Gewäss. Abwäss.* 34/35: 50–71 Science Series 18: 1-200
- RICKER, W. E. & ROSS, H. H., 1969. The genus *Zealecutra* and its position in the family Leuctridae (Plecoptera, Insecta). *Canadian Journal of Zoology* **47**(6): 1113-1127
- RITZKOWSKI, S., 1997. K-Ar-Altersbestimmungen der bernsteinführenden Sedimente des Samlandes (Palaeogen), Bezirk Kalinigrad. *Metalla, Sond.* **66**: 19-23
- RÖSCHMANN, E., 1997. Ökofaunistischer Vergleich von Nematoceren-Faunen (Insecta; Diptera: Sciaridae und Ceratopogonidae) des Baltischen Bernsteins (Tertiär, Oligozän-Miozän). *Pal. Z.* **71**: 79-87
- ROSE, K.D., 2006. The Beginning of the Age of Mammals. Baltimore (U.S.): John Hopkins University Press
- ROSS, A., 1998. Amber. Cambridge (U.S): Harvard University Press
- ROSS, A., 2010. Amber. The Natural Time Capsule. Ontario: Firefly Books
- RUSSELL, D.A., 1993. The role of central Asia in the dinosaurian biogeography. *Canadian Journal of Earth Sciences* **30**: 2002-2012
- RUST, J., SINGH, H, RANA, R.S., MCCANN, T., SINGH, L., ANDERSON, K., SARKAR, N., NASCIBENE, P.C., STEBNER, F., THOMAS, J.C., SOLÓRZANO KRAEMER, M., WILLIAMS, C.J., ENGEL, M.S., SAHNI, A., & GRIMALDI, D., 2010. Biogeographic and evolutionary implications of a diverse paleobiota in amber from the early Eocene of India. *PNAS.* 107 (43): 18360-18365
- SAVKEVICH, S.S., 1981. Physical methods used to determine the geological origin of amber and other fossil resins; some critical remarks. *Physics and Chemistry of Minerals* **7**(1): 1-4
- SCHEERSOI, A., 2012. Wer wird zum Fossil? *Unterricht Biologie* **374**: 49-52
- SCHILKE, K. & LEHRKE, M. 1994. Untersuchungen über Schülervorstellungen zur Evolution. In: Kattmann, U. (Hrsg.). *Biologiedidaktik in der Praxis*: 82-105, Köln

- SCHMIDT, A.R. & DÖRFELDT, H. 2007. Evidence of Cenozoic Matoniaceae from Baltic and Bitterfeld amber. *Rev. Palaeobot. Palynol.* **144**: 145-156
- SCHUBERT, K., 1961. Neue Untersuchungen über Bau und Leben der Bernsteinkiefer (*Pinus succinifera* (Conw.) emend). *Geol. Jb. Beih.* **45**: 1-149
- SCHULMINISTERIUM NRW (Hrsg.) 1999. Evaluation: Eine Handreichung, Frechen, online abrufbar über: <http://www.berufsbildung.schulministerium.nrw.de/cms/upload/assist/download/erlasse/sev.pdf> (abgerufen am 15.11.2013)
- SCHULMINISTERIUM NRW (Hrsg.) 2007. Kernlehrpläne Gymnasium, Erdkunde Sekundarstufe I. Frechen: Ritterbach Verlag
- SCHULMINISTERIUM NRW (Hrsg.) 2008. Kernlehrpläne Gymnasium, Biologie Sekundarstufe I. Online abrufbar über: <http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-i/gymnasium-g8/biologie-g8/> (abgerufen am 15.10.2013)
- SCHULMINISTERIUM NRW (Hrsg.) 2008 b. Kernlehrpläne Gymnasium, Chemie Sekundarstufe I. Online abrufbar über: <http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-i/gymnasium-g8/chemie-g8/> (abgerufen am 16.10.2013)
- SCHULMINISTERIUM NRW (Hrsg.) 2011. Lehrplan Beispiel. Online abrufbar über: <http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/cms/umsetzungsbeispiele-zu-den-klp-g8/biologie/> (abgerufen am 20.12.2013)
- SCHULMINISTERIUM NRW (Hrsg.) 2011 b. Kernlehrplan für die Hauptschule. Lernbereich Naturwissenschaften. Biologie. Chemie. Physik. Online abrufbar über: [http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene\\_download/hauptschule/NW\\_HS\\_KLP\\_Endfassung.pdf](http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene_download/hauptschule/NW_HS_KLP_Endfassung.pdf) (abgerufen am 10.09.2013)
- SCHULMINISTERIUM NRW (Hrsg.) 2011 c. Kernlehrplan für die Realschule. Biologie. Frechen: Ritterbach Verlag
- SCHULMINISTERIUM NRW (Hrsg.) 2011 d. Kernlehrplan für die Gesamtschule - Sekundarstufe I für NRW. Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik. Frechen: Ritterbach Verlag
- SCHULMINISTERIUM NRW (Hrsg.) 2012. Vorgaben zu den unterrichtlichen Voraussetzungen für die schriftlichen Prüfungen im Abitur in der gymnasialen Oberstufe im Jahr 2015. Vorgaben für das Fach Biologie. Online veröffentlicht am 02.08.2012: <https://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/abitur-gost/fach.php?fach=6> (abgerufen am 22.12.2013)
- SCHULMINISTERIUM NRW (Hrsg.) 2013. Kernlehrpläne für die Sekundarstufe II – Gymnasium / Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Biologie. Online abrufbar unter: [http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/upload/klp\\_SII/bi/GOST\\_Biologie\\_Endfassung.pdf](http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SII/bi/GOST_Biologie_Endfassung.pdf) (abgerufen am 20.12.2013)
- SCHULMINISTERIUM NRW (Hrsg.) 2013 b. Kernlehrplan für die Sekundarstufe II – Gymnasium / Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Geographie. Online abrufbar unter: [http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/upload/klp\\_SII/ek/GOST\\_Geographie.pdf](http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SII/ek/GOST_Geographie.pdf) (abgerufen am 30.12.2013)

- SCHULMINISTERIUM NRW (Hrsg.) 2015. Verzeichnis der zugelassenen Lernmittel für das Fach Biologie  
<https://www.schulministerium.nrw.de/docs/Schulsystem/Unterricht/Lernmittel/index.html>  
(zuletzt abgerufen am 25.09.2015)
- SCOTESE, C. R., GAHAGAN, L. M., & LARSON, R. L., 1989. Plate tectonic reconstructions of the Cretaceous and Cenozoic ocean basins, In Scotese, C. R. and Sager, W.W. (eds.), *Mesozoic and Cenozoic plate reconstructions*, Amsterdam: Elsevier: 27-48.
- SCOTESE, C.R., 2001. Plate tectonic maps and Continental drift animations by C. R. Scotese, PALEOMAP Project. Dept. Geol., University of Texas at Arlington. Online verfügbar unter: <http://www.scotese.com/Default.htm> (Inhalte und Abbildungen der Webseite ausdrücklich als frei verfügbar gekennzeichnet, abgerufen am 20.01.2014)
- SETTLAGE, J., 1994. Conceptions of natural selection: A snapshot of the sense making process. *Journal of Research in Science Teaching* **31** (5), 449-457
- SERENO, P.C., 2000. The fossil record, systematics and evolution of pachycephalosaurs and ceratopsians from Asia. In: M.J. BENTON, M.J. SHISHKIN, M.A. UNWIN, & D.M. KUROCHKIN (eds.): *The age of dinosaurs in Russia and Mongolia*. Cambridge: Cambridge University Press
- SIMPSON, 1940. Mammals and land bridges. *Journal of the Washington Academy of Science* **30**: 137-163
- SINITSHENKOVA, N. D., 1997. Paleontology of stoneflies. In Landolt, P. & M. Sartori (eds), *Ephemeroptera and Plecoptera, Biology-Ecology-Systematics*. MTL Fribourg, 561–565
- SINITSHENKOVA N.D., 2004. New stoneflies of the family Palaeonemouridae from the Upper Permian of Udmurtiya and the Orenburg Region (Insecta: Perlida = Plecoptera). *Paleontological Journal* **38** (Suppl. 2): 164-172
- SINITSHENKOVA N.D, 2005. The oldest known record of an imago of Nemouridae (Insecta: Perlida = Plecoptera) in the Late Mesozoic of Eastern Transbaikalia. *Paleontological Journal* **39** (1): 38-40
- SINITSHENKOVA, N.D., YUSHUANG, L, DONG, R., CHUNGKUN, S., 2011. Pronemouridae Fam. Nov. (Insecta: Plecoptera), the Stem Group of Nemouridae and Notonemouridae, From the Middle Jurassic of Inner Mongolia, China. *Palaeontology* **54**: 923-933
- SMITH, T.M. & SMITH, R.L., 2009. *Ökologie*. Pearson.
- SNELLEN, R.K. & STEWART, K.W., 1979. The life cycle and drumming behaviour of *Zealeuctra claasseni* (Frison) and *Zealeuctra hitei* (Ricker and Ross) (Plecoptera: Leuctridae) in Texas, USA. *Aquatic Insects* **1**: 65-89
- SOKAL, A., & BRICMONT, J., 1998. *Intellectual Impostures: Postmodern philosophers' abuse of science*. London: Profile Books
- SOLÓRZANO-KRAEMER, M. M., 2007. Systematic, palaeoecology, and palaeobiogeography of the insect fauna from the Mexican amber. – *Palaeontographica Abteilung A*. **282**(1-6): 1-133.

- SONTAG, E., 2003. Animal inclusions in a sample of unselected Baltic amber. *Acta Zool. Cracov., (Suppl. Fossil Insects)* **46**: 421-440
- STAECK, L., 2009. *Zeitgemäßer Biologieunterricht. Eine Didaktik für die Neue Schulbiologie.* Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren
- STARK, B.P. & STEWART, K.W., 1973. New species and description of stoneflies (Plecoptera) from Oklahoma. *Entomological News* **84**(6): 192-197
- STARK, B.P. & KYZAR, J.W., 2000. Systematics of Nearctic *Paraleuctra* with description of a new genus (Plecoptera, Leuctridae). *Tijdschrift voor Entomologie* **144**: 119-135
- STEWART, K.W. & RICKER, W. 1997. Stoneflies of the Yukon. in H.V. Danks and J.A. Downes (Eds.), *Insects of the Yukon. Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods)*, Ottawa: 201-222
- STEWART, K.W. & STARK, P.B. 2002. Nymphs of North American Stonefly Genera (Plecoptera). Second edition. *The Caddis Press*, Ohio: Columbus
- STEWART, K.W. & SANDBERG, J.B., 2004. Description of the nymph and drumming calls of *Megaleuctra complicate* Claassen (Plecoptera: Leuctridae); Evolution of drumming in Leuctridae. *Aquatic Insects* **26**: 123-129
- STEWART, K.W. & STARK, P.B., 2011. Further descriptions of western North American Podmosta larvae and their separation from Ostrocerca larvae (Plecoptera: Nemouridae). *Illesia* **7**(10): 104-117
- STICHMANN, W. & KRETZSCHMAR, E., 2006. *Der neue Kosmos-Tierführer.* Stuttgart: Kosmos Verlag
- STIDWORTHY, J., 1989. *Fossils. Science in Action.* Oxfordshire: Cherrytree Books
- TALLIS, J.H., 1991. *Plant Community History: Long Term Changes in Plant Distribution and Diversity.* London: Chapman & Hall
- TARLING, D.H., 1982, Land bridges and plate tectonics. *Mémoire Spéciale Géobios* **6**: 361-374
- THUNELL, R. C. & WILLIAMS, D. F., 1983. The stepwise development of Pliocene Pleistocene paleoclimatic conditions in the Mediterranean: Oxygen isotopic studies of DSDP sites 125 and 132. In: J. E. Meulenkamp (Editor), *Reconstruction of Marine Paleoenvironments. Utrecht Micropaleontol. Bull* **30**: 111-127.
- TOWNSEND, K.E.B., RASMUSSEN, D., MURPHEY, P.C., EVANOFF, E., 2010. Middle Eocene habitat shift in the North American western interior: a case study. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **297**: 144-158
- TURKIN, N.I., 1997. Preliminary results of microscopic research of tangential wood imprints in Baltic amber. *Metalla Sond.* **66**: 55-56
- TYSON, R.V. & FUNNELL, B.M. 1987. European Cretaceous shorelines, stage by stage. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **59**: 69-91.

- ULMER, G. 1912. Die Trichopteren des Baltischen Bernsteins. *Beitr. Naturk. Preußens.* **10**: 1-380
- UNDERSTANDING EVOLUTION (2016). University of California Museum of Paleontology. "Whale evolution".  
[http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/images/evograms/whale\\_evo.jpg](http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/images/evograms/whale_evo.jpg) (zuletzt abgerufen am 15.05.2016)
- USGS PUBLIC DOMAIN, 2011. „Weltkarte der verschiedenen Kontinentalplatten“. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tectonic\\_plates\\_de.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tectonic_plates_de.png). Originalabbildung: <http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/graphics/Fig1.jpg> (abgerufen am 10.10.2013)
- USGS PUBLIC DOMAIN, 2006: <http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/graphics/Fig13.gif> (abgerufen am 16.10.2013)
- VOß, O., 2004. Schulverbot für Darwin: Gott schuf die Erde und sie ward eine Scheibe. Artikel in Spiegel-Online. Veröffentlicht am 19.04.2004.  
<http://www.spiegel.de/schulspiegel/schulverbot-fuer-darwin-gott-schuf-die-erde-und-sie-ward-eine-scheibe-a-295513.html> (abgerufen am 01.03.2014)
- WEBER, U., (Hrsg.) 2009. Biologie Oberstufe. Westliche Bundesländer. Cornelsen, Berlin
- WEFER, G., 2004. Wozu Geologie? *Geographie Heute* **218**: 2-5
- WEGENER, A., 1912. Die Entstehung der Kontinente. In: *Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie* **3** (4)
- WEGIEREK, P. & ZYLA, D., 2011. New Hormaphididae (Hemiptera, Aphidomorpha) from the Baltic Amber and its palaeogeographic significance. *Acta Geologica Sinica* (English Edition) **85**(3): 522
- WEISHAMPEL, D.B., GRIGORESCU, D., OSMÓLSKA, H. 1990. The dinosaurs of Transylvania: island biogeography in the Late Cretaceous. *National Geographic Research and Exploration* **7**: 196-215
- WEITSCHAT, W. 1997. Bitterfelder Bernstein – ein eozäner Bernstein auf miozäner Lagerstätte. – In: Ganzelewski, M., Rehren, Th. & Slotta, R. (Hrsg.): Neue Erkenntnisse zum Bernstein, Internationales Symposium im Deutschen Bergbau-Museum. *Metalla, Veröff. Deut. Bergb. Mus. Bochum* **66** (Sonderheft): 71-84
- WEITSCHAT, W. & WICHARD, W., 1998. Atlas der Pflanzen und Tiere im Baltischen Bernstein. München: Friedrich Pfeil
- WEITSCHAT, W. & WICHARD, W., 2000. Szenen aus dem Bernsteinwald. *Spektrum der Wissenschaft* **8**: 54-61
- WEITSCHAT, W. & WICHARD, W., 2002. Atlas of Plants and Animals in Baltic amber. München: Friedrich Pfeil
- WEITSCHAT, W. & WICHARD, W., 2010. Baltic amber. In: D. Penney (Hrsg.) Biodiversity of Fossils in Amber from the major world deposits. Manchester: Siri Scientific Press, 80-115

- WHITMORE, T.C., 1990. An Introduction to Tropical Rain Forests. Oxford: Oxford Univ Press.
- WICHARD, W. 2005. Wasserinsekten im Baltischen Bernstein – Zeitzeugen eines alttertiären Waldes. *Biologie unserer Zeit*. **35**(2): 83-89
- WICHARD, W. 2009. Taphozönosen im Baltischen Bernstein. *Denisia* **26**, zugleich *Kataloge der oberösterreichischen Landesmuseen Neue Serie* **86**: 257–266
- WICHARD, W. 2013. Overview and descriptions of Trichoptera in Baltic amber. Spicipalpia and Integripalpia. Remagen: Kessel-Verlag
- WICHARD, W., & CASPERS, N., 1991. Caddis flies of Baltic Amber. – 2. Fossil species of the genus *Rhyacophila*. – Proc. 6<sup>th</sup> Int. Symposium on Trichoptera, Lodz-Zakopane 1989: 447-451, Adam Mickiewicz Univ. Press, Poznan.
- WICHARD, W., & SUKATSHEVA, I., 1992. Köcherfliegen des Baltischen Bernsteins. 3. *Lithax herrlingi* n.sp., eine fossile Art der Goeridae (Insecta: Trichoptera). *Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg* **73**: 217-222
- WICHARD, W., WEITSCHAT, W., 1996. Wasserinsekten im Bernstein - eine paläobiologische Studie, *Entom. Mitt. Löbbecke-Museum + Aqua-zoo Düsseldorf* **4**: 1-122
- WICHARD, W., & WEITSCHAT, W., 2005. Im Bernsteinwald. Hildesheim: Gerstenberg
- WICHARD, W., GRÖHN, C., & SEREDSZUS, F., 2009. Wasserinsekten im Baltischen Bernstein. Aquatic Insects in Baltic Amber. Remagen: Verlag Kessel
- WICHARD, W., CARUSO, C & BUDER, T., 2010. Aquatic Lacewings of the Family Nevrothidae (Neuroptera) in Baltic amber. *Denisia* **29**: 445-457
- WILLIAMS, E. E., 1989. Old problems and new opportunities in West Indian Biogeography. In C.A. Woods (ed.) *Biogeography of the West Indies: Past, Present and Future*: 1-46
- WILSON, E. O., 1992. The Diversity of Life. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press.
- WINTERBOTTOM, M. & WILSON, E. (ed.) 2000. Teaching Biology to KS4. London: Hodder & Stoughton
- WOLFE, J. A., 1978. A paleobotanical interpretation of Tertiary climates in the Northern Hemisphere. *Am. Sci.* **66**: 694-703.
- WOLFE, J. A., 1989. North American Eocene vegetation and its climatic implications. *Trans. Am. Geophys. Union (EOS)* **70**: 375.
- WOLFE, J.A., FOREST, C.E., MOLNAR, P., 1998. Paleobotanical evidence of Eocene and Oligocene paleoaltitudes in midlatitude western North America. *Bulletin of the Geological Society of America* **110**: 664-678.
- WUNDERLICH, J. 1993. Zur Konservierung von Bernstein-Einschlüssen und über den Bitterfelder Bernstein. *Neue Ent. Nachr.* **4**: 11-13

- XU, X., YOU, H., DU, K., & HAN, F. 2011. An Archaeopteryx-like theropod from China and the origin of Avialae. *Nature* **475**: 465-470
- YAHYA, H., Ohne Jahresangabe. Tens of Thousands of Fossils in Amber Refute Evolution. [http://www.living-fossils.com/living\\_fossils\\_2\\_1.php](http://www.living-fossils.com/living_fossils_2_1.php) (abgerufen am 01.03.2014)
- YAMAMOTO, S., OTTO, A., KRUMBIEGEL, G. & SIMONEIT, B.R.T., 2006. The natural product biomarkers in succinite, glessite and stantienite ambers from Bitterfeld, Germany. *Rev. Palaeobot. Palynol.* **140**: 27-49
- ZACHOS, J., REA, D. K., OWEN, R. M., GINGERICH, P. D., 1990. Global change at the Paleocene-Eocene boundary: climatic and evolutionary consequences of tectonic events In *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **79**: 117-128
- ZACHOS, J., PAGANI, M., SLOAN, L., THOMAS, E., & BILLUPS, K., 2001. Trends, Rhythms, and Aberrations in Global Climate 65 Ma to Present. *Science* **292**: 686-693
- ZHILTZHOVA, L.A. & ZAPEKINA-DULKEIT, Y.L., 1986. Order Plecoptera-Stoneflies. In: P.A. Ler (Hrsg.) Identification of Insects of the Far East USSR. Vol. 1. Leningrad: Leningrad Press, 172-234
- ZOMPRO, O., ADIS, J., WEITSCHAT, W., 2002. A review of the order Mantophasmatodea (Insecta). *Zoologischer Anzeiger* **241**: 269–279
- ZWICK, P., 1973. Insecta: Plecoptera. Phylogenetisches System und Katalog. – Das Tierreich 94. Berlin: Walter de Gruyter
- ZWICK P., 1980. Plecoptera (Steinfliegen). – Handbuch der Zoologie 2. Berlin: Walter de Gruyter
- ZWICK, P., 1990. Transantarctic relationships in the Plecoptera. In Campbell I.C. (ed.), Mayflies and Stoneflies, Life History and Biology. London: Kluwer Academic Publishers, 141–148.
- ZWICK, P., 2000. Phylogenetic System and Zoogeography of the Plecoptera. *Annual Reviews of Entomology* **45**: 709-746.
- ZWICK, P., 2010. New species and new records of Plecoptera from Korea and the Russian Far East. *Illiesia*, **6**(09):75-97. Online abrufbar: <http://www2.pms-lj.si/illiesia/papers/Illiesia06-09.pdf> (abgerufen am 05.06.2011)



## 7. Anhang

*Entomologie heute 22 (2010): 85-97*

### Overview and Descriptions of Fossil Stoneflies (Plecoptera) in Baltic Amber

#### Übersicht und Beschreibungen von fossilen Steinfliegen (Plecoptera) im Baltischen Bernstein

CELESTINE CARUSO & WILFRIED WICHARD

**Summary:** Three new fossil species of stoneflies (Plecoptera: Nemouridae and Leuctridae) from Eocene Baltic amber are being described: *Zealeuctra cornuta* n. sp., *Lednia zilli* n. sp., and *Podmosta attenuata* n. sp.. Extant species of these three genera are found in Eastern Asia and in the Nearctic region. It is very probably that the genera must have been widely spread across the northern hemisphere in the Cretaceous period, before Europe was an archipelago in Eocene. The current state of knowledge about the seventeen Plecoptera species of Baltic amber is shortly presented. Due to discovered homonymies, the following nomenclatural corrections are proposed: *Leuctra fusca* Pictet, 1856 in *Leuctra electrofusca* Caruso & Wichard, 2010 and *Nemoura affinis* Berendt, 1856 in *Nemoura electroaffinis* Caruso & Wichard, 2010.

**Keywords:** Fossil insects, fossil Plecoptera, Eocene, paleobiogeography

**Zusammenfassung:** In dieser Arbeit werden drei neue fossile Steinfliegen-Arten (Plecoptera: Nemouridae und Leuctridae) des Baltischen Bernsteins beschrieben: *Zealeuctra cornuta* n. sp., *Lednia zilli* n. sp., *Podmosta attenuata* n. sp.. Rezente Arten der drei Gattungen sind in Ostasien und in der nearktischen Region nachgewiesen. Sehr wahrscheinlich breiteten sich die Gattungen in der Kreidezeit über die nördliche Hemisphäre aus, noch bevor Europa im Eozän ein Archipel war. Der gegenwärtige Kenntnisstand über die siebzehn Plecoptera Arten des Baltischen Bernsteins wird kurz dargelegt. Wegen bestehender Homonymien werden folgende nomenklatorische Korrekturen vorgenommen: *Leuctra fusca* Pictet, 1856 in *Leuctra electrofusca* Caruso & Wichard, 2010 und *Nemoura affinis* Berendt, 1856 in *Nemoura electroaffinis* Caruso & Wichard, 2010.

**Schlüsselwörter:** Fossile Insekten, fossile Plecoptera, Eozän, Paläobiogeographie

#### 1. Introduction

Systematic and taxonomic studies of stoneflies (Plecoptera) in Eocene Baltic amber started in the middle of the 19th century. PICTET (1856) and HAGEN (1856) described thirteen species, which are assigned to six genera whose extant species are mainly distributed in the Palaearctic. In the following hundred years only one new fossil species from Baltic amber, *Megaleuctra neavei* Ricker, 1936, was added. Today, this genus is represented in the Nearctic of North America

by six species (BAUMANN 1973) and one species in Korea (HAM & BAE 2002; ZWICK 2010).

With overall 14 described species only a few fossil taxa are known, which could be explained by the fact that Plecoptera are generally very rarely found in Baltic amber. In an amber collection exclusively of aquatic insects Plecoptera normally make up 4% at most. As aquatic insects make up almost 25% of all animal inclusions in Baltic amber (WICHARD et al. 2009), Plecoptera therefore represent only about 1% of all animal inclusions. They are even rarer in "unselected",

random collections of amber inclusions, where they represent only about 0,5% of encased animals (SONTAG 2003; HOFFEINS & HOFFEINS 2003; WICHARD & WEITSCHAT 2004). The fact that amber Plecoptera were seldom subject of study could be connected with the poor state of preservation of many amber inclusions, which are often not suitable for a determination based on criteria of modern taxonomy. The fine structure of the taxonomically important epiproct of the male abdominal end is frequently covered by the wings or by other embedded objects or are "verlumpt" and therefore not sufficiently visible from different angles.

Nevertheless, this paper endeavours to examine and identify Plecoptera of Baltic amber in order to achieve an overview of the different fossil families, genera and species found in amber. Apart from the known species discovered by PICTET (1856), HAGEN (1856), and RICKER (1936) three further genera have been identified, whose extant species are surprisingly found in the Nearctic region. For this paper, over 200 fossil plecopteran inclusions of different collections were examined and assigned to four families. However, only six specimens were suitable for a taxonomic analysis.

## 2. Systematics

### Family: Nemouridae

#### Genus: *Lednia* Ricker, 1952

Type species: *Lednia tumana* Ricker, 1952

Diagnosis (RICKER 1952; BAUMANN 1975): Head with large, bulging eyes, 3 ocelli present; mandibles fully developed, sclerotized, with distinct mola; maxilla with 5-segmented and labium with 3-segmented palps; terminal segment of the labial palps broadly rounded and flat (discoïd); labium with 4 approximately equally long lobes of glossa and paraglossa; no gills at submentum or cervix,

instead small round rudimental nubs present. Legs are with 3 tarsal joints, which is characteristic of this order; 2. segment is much shorter than 1. and 3.; wings are typical of this family, long and flat, covering the abdomen; wing venation with terminal costal crossvein, which connects costa C and radius R1. Vesicle (ventral lobe) of the ninth sternum absent, hypoproct (subgenital plate) broadened at base and towards the middle and narrows apically; the bent epiproct is basally broadened and almost wholly sclerotized, bilaterally symmetrical and distally narrowing into a slender tip; under the epiproct the 10<sup>th</sup> tergum forms a sclerotized and concave area, posterolaterally elongated into long, club-shaped prongs; cerci are one-segmented, relatively short and neither sclerotized nor modified.

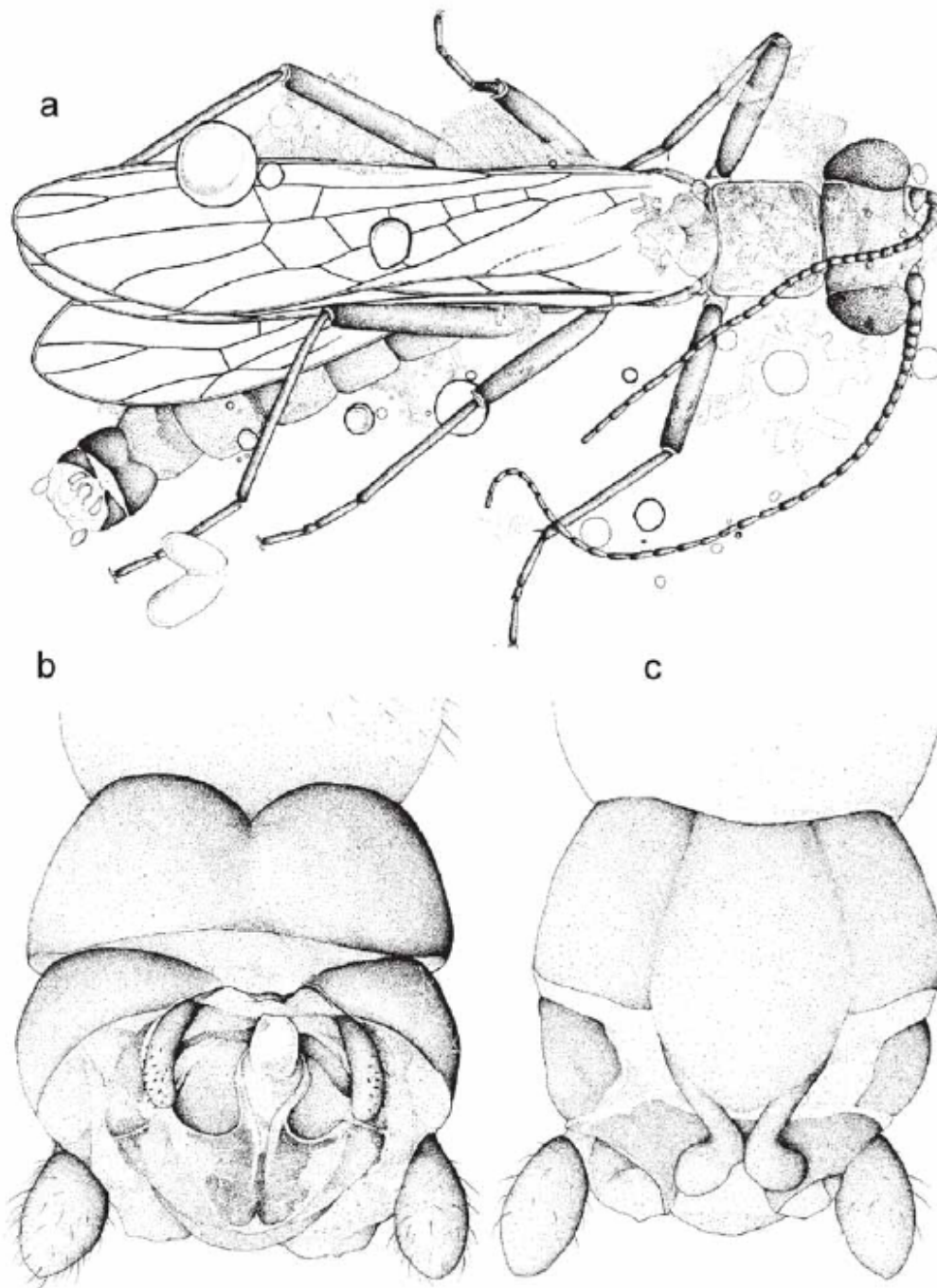
Among the Nemouridae, the vesicle of the 9th sternite is only absent in the genera *Lednia* and *Paranemoura*. However, *Paranemoura* differs from *Lednia* in two conspicuous characters: In the wing venation of *Paranemoura* the terminal costal crossvein (Sc2) is connected to Sc1 instead of R. The 10<sup>th</sup> tergite of *Paranemoura* differs in structure as it is for example lacking the two lateral prongs.

The genus *Lednia* contains only one extant species, *Lednia tumana* Ricker, 1952, and is distributed in Nearctic region, i.e. in Montana and Washington (USA). Here nymphs are found in mountain meltwater-springs. *Lednia tumana* is therefore known under the common name "Meltwater *Lednia* Stonefly".

#### *Lednia zilli* n. sp.

(Figs. 1, 4)

Holotype: Male, embedded in Baltic amber, kept in the Geol.-Palaeontol. Institute and Museum of the University Hamburg, GPIMH (ex coll. GRÖHN 6945); almost completely preserved specimen, which enables the inspection of the abdominal end from different perspectives. For a better preservation the specimen was embedded into synthetic resin.



**Fig. 1:** Fossil stonefly *Lednia zilli* n. sp. (Plecoptera: Nemouridae); a male habit in dorsal view, b male genitalia in dorsal and c ventral view.

**Abb. 1:** Fossile Steinfliege *Lednia zilli* n. sp. (Plecoptera: Nemouridae); a Habitus des Männchens von dorsal; b männliches Genitale von dorsal und c von ventral.

**Material:** The fossil is well preserved in a clear amber; all taxonomic traits are visible.

**Derivatio nominis:** The species bears the name Zilli, an old family established in Sicily.

**Description:** Head: large, bulging eyes and three ocelli; no gills at submentum or cervix, instead, small, rudimental nubs; the filiform antennae consist of 35 segments, scapus and pedipalpus; glossa and paraglossa of the labium are equally long; terminal segment of 3-segmented labial palps broadened and flattened (discoïd); maxillary palps 5-segmented, segments are long and oval, the last 3 segments are equally long, the first two are shorter; head with mouthparts are "verhult", which makes a close observation difficult.

**Thorax:** Legs with 3 tarsal joints; 2. segment much shorter than 1. and 3.; in the first pair of forelegs 1. and 3. segment are approximately equally long; in the 2. and 3. pair of legs 1. tarsal segment much longer than 3. segment. Forewing length 3.5mm and do not exceed the abdomen lengthwise. The terminal costal crossveins of the wings connect costa C with radius R1.

**Male genitalia:** Cerci are one-segmented and relatively short, approximately twice as long as broad. Hypoproct (subgenital plate) is broad at the basis and forms apically a short lancet; the lanceolate apex is laterally flanked by two, rounded, slightly outcurved bulges. The dorsal epiproct is broad and flat, almost entirely sclerotized and terminates into a narrow, membranous tip. As the epiproct is dorsally covered by small, light-coloured objects and also the lateral view of the epiproct is not possible in this piece of amber, the exact structure and form of its tip can not be further described. Underneath the epiproct there is a sclerotized, concave area; the lateral areas are elongated into sclerotized prongs, which seem to be broad and oval from lateral view and slightly outcurved from dorsal view. The prongs bear short hair and their concave inner sides flank the median epiproct. The vesicle (ventral lobe) on the basis of the 9<sup>th</sup> sternite is absent.

**Diagnosis:** The new species is placed into the genus *Lednia* as the vesicle of the 9<sup>th</sup> abdominal sternite is lacking; the species does not belong to the genus *Paranemoura*, which is the only other nemourid genus with a lacking vesicle, as in the wing venation the terminal costal crossvein Sc2 joins radius R1 and not Sc1 as it is the case in *Paranemoura*. The fossil *Lednia zilli* n. sp. differs from the only extant species among this genus, *Lednia tumana*, in the form of the hypoproct, which has one, pointed apex in *L. tumana* and two, rounded apices in *L. zilli*. Moreover, the two prongs of the 10<sup>th</sup> tergite of *L. zilli* are not clubshaped but are broad and oval (auriculate) and flank the epiproct with their concave inner side.

**Gattung:** *Podmosta* Ricker, 1952

**Type species:** *Nemoura decepta* Frison, 1942

**Diagnosis (RICKER 1952; BAUMANN 1975):** Head with three ocelli and large, bulging eyes; no gills at submentum or cervix but instead small, rudimental nubs; labium with paired glossa and paraglossa, which are approximately equally long; terminal segment of the 3-segmented labial palps is large, flat and rounded (discoïd); maxillary palps are 5-segmented; mandibles are fully developed and sclerotized, with distinct mola. Tarsi of legs are 3-segmented; 2. tarsal segment is much shorter than 1. and 3. segments; wings are long and flat and cover the body; wing venation shows the conspicuous family-typical X-structure formed by subcosta and the terminal costal crossvein that joins the radius R1; in the anal field A1 and A2 are not fused towards the wing margin. In the male genitalia the hypoproct is broad at its base and terminates into a long, narrow tip; median stripe, margins and apex are strongly sclerotized. Cerci are short and approximately 3 times as long as wide, not sclerotized and unmodified. The sclerotized epiproct is not completely recurved onto the dorsal side of

the body, but is directed upwards, forming an angle to the body axis. Vesicle (ventral lobe) is present on the 9<sup>th</sup> sternite.

Remark: The genus *Podmosta* currently contains 5 extant species that can be found in North America, Canada and Eastern Asia. Larvae prefer cold, oxygenated mountain springs and rivers.

*Podmosta attenuata* n. sp.

(Figs. 2, 5)

Holotype: Male encased in a clear, well preserved piece of amber, embedded in synthetic resin, kept in Senckenberg Deutsches Entomologisches Institut, SDEI (ex coll. HOFFEINS 479-1)

Material: The fossil is embedded in a lateral position and the wings with the family-typical X-structure are clearly visible. The left side of head, antennae and mouthparts are visible. Thorax and abdomen has a ventrallateral turbidity ("Verlummung"); however, a lateral and ventral view of the abdominal end with its epiproct is possible, which enables the description of this specimen.

Derivatio nominis: The name *attenuata* (*attenuatus* = inconspicuous, inornate) refers the relatively inconspicuous and inornate stonefly.

Description: Head: bulging eyes with three ocelli; filiform right antenna with a length of 4 mm, consists of 35 segments, scapus, pedicellus and a longer 3<sup>rd</sup> segment (left antenna is probably incomplete and consists of 26 segments). The 3-segmented labial palp has a flat and cochleariform terminal segment (discoid); in the fossil male specimen not clearly visible (however, well visible in the female *Podmosta*, ex. coll. WITSCH); the 5-segmented maxillary palps are clearly visible, the last 3 segments are equally long, the first 2 segments much shorter; the mandibles are not visible from lateral view in this fossil.

Thorax: Legs with 3-segmented tarsi, 2. segment much shorter than 1. and 3. segment,

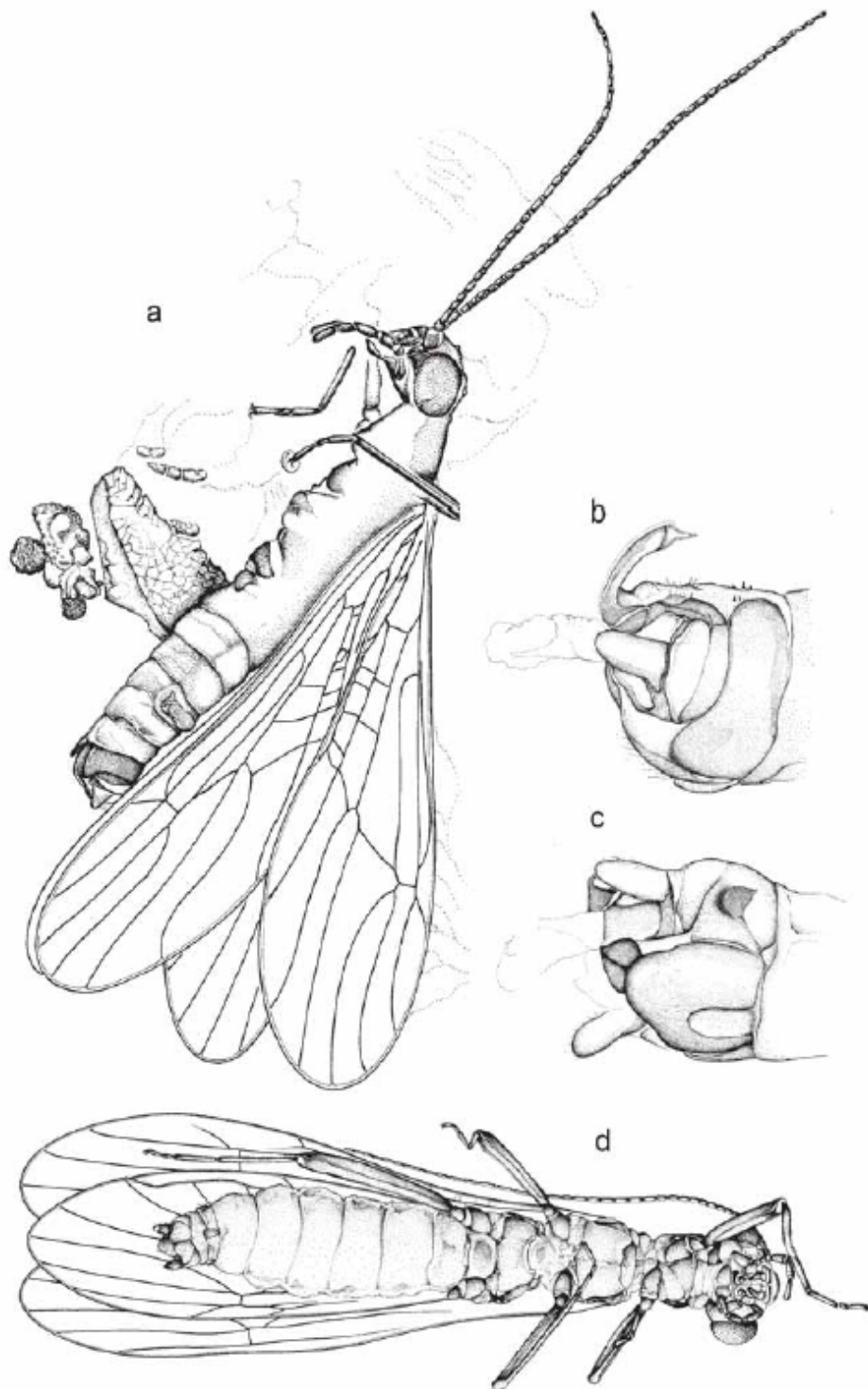
which are equally long in the forelegs; mid and hindlegs of the male fossil specimen are lacking (they are, however, present in the female ex coll. Witsch, where 1. and 3. tarsal segments of the midlegs are also equally long; the 1. segment of the hindlegs is much longer than the 3. segment). Length of forewings 4.2 mm. Wings with the X-structure that is typical of this family; the terminal costal crossvein Sc2 joins the radius R1. In the anal field the veins A1 and A2 are not fused towards the wing margin.

Male genitalia: Hypoproct broad at base, elongate tip that reaches the base of the epiproct; apically (apparently) longitudinally divided and strongly sclerotized; Cerci short, approximately twice as long as wide, they seem unsclerotized and unmodified. Epiproct is complex in structure, bent upwards and inwards and is not completely recurved onto the dorsal side of the body but forms an approximately 45° angle to the body axis; epiproct broad at base and distally partly sclerotized, terminating in a cuspidate tip; 10. tergite inconspicuous, with a few, stout and short hair. Vesicle (ventral lobe) is present at the base of the 9<sup>th</sup> sternite; approximately 3 times as long as wide.

Diagnosis: The described fossil species is included into the genus *Podmosta* due to the following characters: No gills at submentum or cervix; instead small, rudimental nubs present. The veins A1 and A2 of the anal field of the forewings are not fused towards the wing margin (in *Soyedina* they are fused); the terminal costal crossvein (Sc2) joins R1 (in *Paranemoura* it joins Sc1); Cerci are unmodified, unsclerotized and approximately twice as long as wide (*Nemoura*, *Nemurella* and *Oscrocerca* have modified, long cerci). Vesicle is present.

*Podmosta* is similar to the genus *Prostoia* but differs from the latter in 2 clear characters:

1. in the length of the cerci, which are longer in *Prostoia* and approximately 3 times as long as wide (in *Podmosta* twice as long as wide)



**Fig. 2:** Fossil stonefly *Podmosta attenuata* n. sp. (Plecoptera: Nemouridae); **a** male habit in dorsal view, **b** male genitalia in lateral and **c** in ventral view, **d** female habit in ventral view.

**Abb. 2:** Fossile Steinfliege *Podmosta attenuata* n. sp. (Plecoptera: Nemouridae); **a** Habitus des Männchens von dorsal, **b** männliches Genitale von lateral und **c** von ventral; **d** Habitus des Weibchens von ventral.

2. in the structure of the epiproct: In *Prostoia* the structure of the epiproct is simple and completely recurved onto the dorsal part of the body (parallel to the body axis) whereas in *Podmosta* it is more complex and not completely recurved (forms an angle to the body axis).

*Podmosta attenuata* n. sp. differs from all other extant *Podmosta* species in the structure of the epiproct, which bears for example sideways directed, curved horns near the tip or deeply folded along the median line as in *P. macdunnoughi*. Furthermore, the epiproct of *P. attenuata* n. sp. seems to have only one tip (at least from lateral view), which is different in all other extant *Podmosta* species.

The females of *Podmosta* are characterized by a short, darkly sclerotized stripe on the median line of the 8<sup>th</sup> sternum. The shape of this stripe is species specific as it can for example be triangular-shaped. So far, two female specimens have been found in Baltic amber (coll. WICHARD and coll. WITSCH, Fig. 2 d). They were identified as belonging to the genus *Podmosta* due to the following characters: Gills absent at submentum and cervix, instead small, oval, rudimental nubs present; 8<sup>th</sup> abdominal sternite narrow, much smaller than 7<sup>th</sup> sternite, overlapping onto the 9<sup>th</sup> sternite; median stripe present. Paraprocts triangular; Furthermore, the 8<sup>th</sup> sternite of both fossil female specimens bear lateral sclerotizations, the vaginal lobes, which are so distinctly visible only in *P. weberi* among extant *Podmosta* species. However, both fossil females differ from *P. weberi* in the shape of the median sclerotization, which is 3-4 times as long as wide in *P. weberi* and V-shaped and twice as long as wide in the fossil specimens. The female *Podmosta* specimens of Baltic amber provide further evidence about the presence of the genus *Podmosta* in Baltic amber. However, it is not possible to classify them as members of the species *Podmosta attenuata* n. sp.; they therefore remain unnamed.

Familie: Leuctridae

Gattung: *Zealeuctra* Ricker, 1969

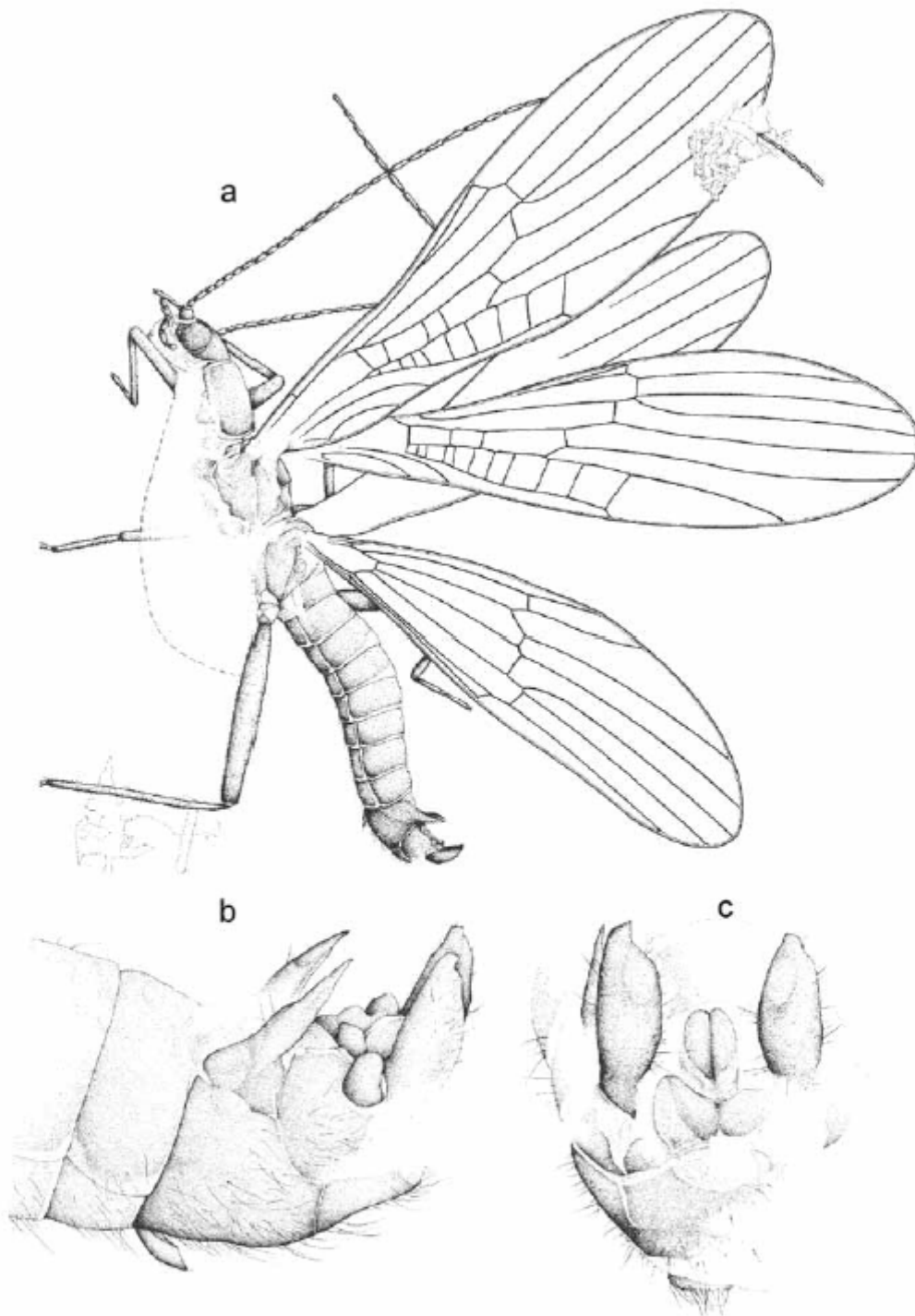
Type species: *Leuctra claasseni* Frison, 1929

Diagnosis (RICKER & ROSS 1969; STARK & STEWART 1973; KONDRATIEFF & ZUELLIG 2004; GRUBBS 2005): Elongate, slender habitus; head with small, hemiglobose compound eyes; three ocelli present; labium with approximately equally long glossa and paraglossa; terminal segment of the 3-segmented labial palps are slender and longer than segments 1 and 2; the first two segments of the 5-segmented maxillary palps are short and the last 3 segment almost equally long; sclerotized mandibles are fully developed. No gills at submentum or cervix. Wings are long and rolled lengthwise around the body. In the forewings media M and Rs arise from separate points on R; in hindwings the crossvein m-cu joins cubitus CuA1 on the fork of CuA into CuA1 and CuA2. The subanal apparatus of the abdomen is not conspicuously long and divided into specilla and styli (tillator) as it is the case in most of leuctrid species, but it is fused into short, broad components. Cerci are one-segmented, long and terminate into a sometimes sclerotized tip, which can bear a cusp, or are fully sclerotized. The cerci bear a basal or subterminal hump or lobe. The hypoproct (subgenital plate) of males is never conspicuously long; 9<sup>th</sup> tergum is deeply cleft and the cleft can be V- or U-shaped; the corners of the cleft can be elongated into more or less long projections which can be curved in- or upwards. By the shape of the cerci, the subanal apparatus and above all the structure of the 9<sup>th</sup> tergite with its deep cleft and the elongate projections, *Zealeuctra* differs from all other Leuctrid genera.

*Zealeuctra cornuta* n. sp.

(Figs. 3, 6)

Holotype: Male embedded in a well preserved piece of amber, which has been cut, grinded and polished for a better inspection from all



**Fig. 3:** Fossil stonefly *Zealeuctra cornuta* n. sp. (Plecoptera: Leuctridae); **a** male habit in lateral view, **b** male genitalia in lateral view and **c** in ventral view.

**Abb. 3:** Fossile Steinfliege *Zealeuctra cornuta* n. sp. (Plecoptera: Leuctridae); **a** Habitus des Männchens von lateral, **b** männliches Genitale von lateral und **c** von ventral.



sides and was embedded in synthetic resin for better preservation and conservation; the amber sample is kept in the Staatliches Museum für Naturkunde, Stuttgart, SMNS, ex. coll. WICHARD.

**Material:** All four wings of this adult specimen are spread and do not overlap much so that the wing venation is clearly visible. The body has ventrall turbidity („Verlumung“) and covered by air bubbles from the head until the abdominal end; head and mouthparts are therefore barely visible. The male genitalia are visible from almost all sides. **Derivatio nominis:** cornutus = horned. The two conspicuously long projections of the 9th tergite distinguish this species from all other species of *Zealeuctra*.

**Description:** Head: small, hemiglobose compound eyes; three ocelli present, filiform antennae (longer than the forewings), that consist of 41 segments, plus scapus and pedicellus (right antenna is shortened). The specimen has a family-typical slender habitus, which is slightly compressed in amber, and no gills; the body length from head until the end of the abdomen would comprise 4.5 mm, the forewings with 4.5 mm length would be equally long. The wings spread in amber would be overlapping the abdomen. **Thorax:** The forewings have three veins in the anal field, the media M arises proximally, before R1 arises from the sector radii Rs; however, there is a slight asymmetry in this specimen, as M and Rs touch in the left forewing after the fork of the longitudinal veins and seem to cross each other whereas in the right forewing the two longitudinal veins do not touch each other and seem to be structured normally, as described above. In the hindwings the crossvein m-cu joins CuA1 shortly after CuA divides into CuA1 and CuA2. The tarsi of the legs are 3-segmented and the 1. and 3. segment are almost equally long whereas the 2. segment is shorter.

**Male genitalia:** The 9<sup>th</sup> abdominal tergite is medially depressed in a U-shape and sclerotized at the margins of the depression.

Along this margin, two long, lateral projections arise which are directed backwards; the projections are conspicuously long and pointed, almost as long as the cerci. The cerci are one-segmented, broad and bear a terminal cusp; they bear a large basal hump. The epiproct is small, broad at its base – as far as recognisable – and distally terminating to a hooked tip. The subanal apparatus consists of two broad, round components, that are separated by a median line but seem to be partly fused.

**Diagnosis:** The new, described leuctrid specimen was identified as belonging to the genus *Zealeuctra* due to the wing venation and the structure of the male genitalia. In the forewing of *Zealeuctra cornuta* n. sp. sector radii Rs and media M arise from separate points on radius R1 as it is the case in most Leuctrid species (apart from *Perlomyia*, where M and Rs arise from the same point on R1). In the hindwings of *Z. cornuta* n. sp. the crossvein m-cu joins CuA1 after CuA divides into CuA1 and CuA2, whereas in *Leuctra*, *Moselia*, *Despaxia*, *Tyrrhenoleuctra* and *Pachyleuctra* the crossvein joins CuA before the fork of CuA into CuA1 and CuA2. *Zealeuctra* differs from *Rhopalopsola* and *Paraleuctra* in the structure of the 9<sup>th</sup> tergite which has a V- or U-shaped median cleft. In *Zealeuctra cornuta* n. sp. the margins of the cleft are elongated into one long projection on each side; the projection is broad at its base and thorn-shaped with a pointed tip. With these conspicuous projections of the 9<sup>th</sup> tergite *Z. cornuta* differs from all other extant species of the genus *Zealeuctra*.

### 3. Overview of the fossil Plecoptera in Baltic amber

The catalogue of known Plecoptera from Baltic amber currently includes seventeen species. Most of the specimens (holotypes) described by Hagen (1856) and Pictet (1856) are lost. These old descriptions, using the common wing venations instead of the male



genitalia, do not allow a significant reconstruction of the species. However, they provide an overview on the presence of the families and genera in Baltic amber.

Because of occurring homonymies, the following nomenclatural corrections have to be made.

1. *Leuctra electrofusca*, instead of *Leuctra fusca* Pictet, 1856, fossil (not: *Leuctra fusca* (Linné, 1758), extant)

2. *Nemoura electroaffinis*, instead of *Nemoura affinis* Berendt, 1856, fossil (not: *Nemoura affinis* Stephens, 1835, extant)

#### Order Plecoptera, Suborder Arctoperlaria

##### Familie Taeniopterygidae

*Taeniopteryx elongata* Hagen, 1856 Holotype lost

*Taeniopteryx ciliata* Pictet, 1856 Holotype lost

##### Familie Leuctridae

*Leuctra gracilis* Pictet, 1856 Holotype in MNHU

*Leuctra linearis* Hagen, 1856 Holotype lost

*Leuctra electrofusca* Caruso & Wichard, 2010 Holotype in MNHU

*Leuctra minuscula* Hagen, 1856 Holotype lost

*Megaleuctra neavei* Ricker, 1936 Holotype lost

*Zealeuctra cornuta* n.sp. Holotype in MNHU

##### Familie Nemouridae

*Lednia zilli* n.sp. Holotype in GPIMH

*Nemoura ocularis* Pictet, 1856 Holotype in MNHU

*Nemoura electroaffinis* Caruso & Wichard, 2010 Holotype in MNHU

*Nemoura lata* Hagen, 1856 Holotype lost

*Nemoura puncticollis* Hagen, 1856 Holotype lost

*Podmosta attenuata* n.sp. Holotype in SDEI

##### Familie Perlidae

*Perla prisca* Pictet, 1856 Holotype in MNHU, currently lost

##### Familie Perlodidae

*Isoperla succinica* (Hagen, 1856) Holotype lost

*Perlodes resinata* (Hagen, 1856) Holotype lost

Acronyms of depositories:

GPIMH - Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum der Universität Hamburg

MNHU - Museum für Naturkunde der Humboldt Universität Berlin

SDEI - Senckenberg Deutsches Entomologisches Institut

SMNS - Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart

**Fig. 4:** Fossil stonefly *Lednia zilli* n. sp. (Plecoptera, Nemouridae) in Baltic amber

**Abb. 4:** Fossile Steinfliege *Lednia zilli* n. sp. (Plecoptera, Nemouridae) in Baltischem Bernstein.

**Fig. 5:** Fossil stonefly *Podmosta attenuata* n. sp. (Plecoptera, Nemouridae) in Baltic amber.

**Abb. 5:** Fossile Steinfliege *Podmosta attenuata* n. sp. (Plecoptera, Nemouridae) in Baltischem Bernstein.

**Fig. 6:** Fossil stonefly *Zealeuctra cornuta* n. sp. (Plecoptera, Leuctridae) in Baltic amber.

**Abb. 6:** Fossile Steinfliege *Zealeuctra cornuta* n. sp. (Plecoptera, Leuctridae) in Baltischem Bernstein.

#### 4. History of distribution

The list of the various Plecoptera found in Baltic amber represents almost the whole spectrum of Palaearctic and European families that are still living today. This gives the impression that the habitat conditions of the Eocene stoneflies were comparable to the present-day Holocene conditions in Europe. With exception of the Capniidae and Chloroperlidae, which are so far lacking in amber, the families Taeniopterygidae, Nemouridae, Leuctridae, Perlodidae and Perlidae gives a familiar picture that seems to correspond to extant European stonefly fauna (ILLIES 1965).

If, however, the genera are inspected, the similarity between the faunas of extant and Baltic amber stoneflies has to be questioned. Among the family Nemouridae, Baltic amber provides evidence for the genus *Nemoura*, which has a holarctic spread and the two genera *Podmosta* and *Lednia*, which are presently nearctic. Also among the family Leuctridae the holarctic genus *Leuctra* is found in Baltic amber, as well as the genera *Megaleuctra* and *Zealeuctra*, which are currently lacking in Europe and in the Palaearctic and have been exclusively found in the Nearctic. Two holarctic genera and four genera from nearctic regions are both co-occurring in Eocene Baltic amber and initiate a new discussion about the historical spread and distribution of Arctoperlaria and specifically of the Nemouridae and Leuctridae.

Continental drift and climate change are factors that have a great and continuous influence on the historical spread and the phylogenesis of terrestrial and freshwater organisms. In times of the Eocene amber forest, the origin of encased plants and animals in amber, the climate was subtropical and paratropical. Europe was an archipelago with large and smaller subcontinental islands that sometimes connected and broke apart again and were surrounded by the sea. The Archipelago was separated from Asia by the

Turgai strait, in its south it was surrounded by the Thethys ocean, in its Northwest by the Atlantic, the Northern Sea and the Boreal sea (WICHARD et al. 2009).

A spread of species across Europe 55 - 34 million years ago had been impossible for a long time. It was not until the end of the Eocene that the climate changed (ZACHOS et al. 2001) which not only led to the extinction of the amber forest but also of the subtropical plants and animals. Asia and Europe have since been connected, the temperature decrease led to the icing of the Polar caps, the sea-level sank and the Turgai strait dried out. Nevertheless, there is no evidence for a European origin of the genera *Podmosta*, *Lednia*, *Megaleuctra* and *Zealeuctra* or for a Eurasian spread that reached North America whereas European species were dying out. Even if there are no older known fossil specimens of the four genera than the fossils of Eocene Baltic amber, it is probable that these genera must have been widely spread across the subtropical northern hemisphere already in the Cretaceous Period. The Nearctic species were apparently adapted to their habitats until today whereas the Eurasian species died out towards the end of the Eocene.

#### Acknowledgements

The described fossil stoneflies were provided by the private amber collection of CARSTEN GRÖHN (Glinde), CHRISTEL and HANS WERNER HOPPEINS (Hamburg) and FRANZISKA and GÜNTER WITSCH (Köln), to whom we would like to express our gratitude. We would like to thank AGNES GRAS for preparing and preserving the specimens which enabled the identification of the species, TIMO BUDER and CLAUD LÜER for the accurate and detailed drawings. We kindly thank Dr. WOLFGANG WEITSCHAT (Hamburg) for proofreading the manuscript. We exceptionally thank Prof. Dr. PETER ZWICK (Schlitz) for insightful comments and suggesting the necessary

change of names because of the existing homonymies. Last but not least we thank JOE MANGER, Leicester, for proofreading the English text.

## References

- BAUMANN, R.W. (1973): New *Megaleuctra* from the Eastern United States (Plecoptera: Leuctridae). *Entomological News* 84: 247-250.
- BAUMANN, R.W. (1975): Revision of the stonefly family Nemouridae (Plecoptera): a study of the world fauna at the generic level. *Smithsonian Contribution of Zoology* 211: 3-74.
- BERENDT, G.C. (ed. 1856): Die im Bernstein befindlichen organischen Reste der Vorwelt Band II. Nicolai; Berlin.
- FRISON, T.H. (1929): Fall and Winter Stoneflies or Plecoptera of Illinois. *Bulletin of Illinois Natural History Survey* 18: 345-409.
- FRISON, T.H. (1942): Studies of North American Plecoptera with special reference of the fauna of Illinois. *Bulletin of Illinois Natural History Survey* 22: 281-471.
- GRUBBS, A.S. (2005): *Zealeuctra talladega*, a new species of Leuctridae (Plecoptera) from Alabama, U.S.A. *Illiesia*, 1: 40-42.
- HAM, S.A., & BAE, Y.J. (2002): The stonefly genus *Megaleuctra* (Plecoptera: Leuctridae) new to east Palaearctic region, with description of *Megaleuctra saebat* new species. *Entomological News* 113: 336-341.
- HOFFEINS, C., & HOFFEINS, H.W. (2003): Untersuchungen über die Häufigkeit von Inklusionen in Baltischem und Bitterfelder Bernstein (Tertiär, Eozän) aus unselektierten Aufsammlungen unter besonderer Berücksichtigung der Ordnung Diptera. *Studia dipterologica* 10: 381-392.
- ILLIES, J. (1965): Phylogeny and zoogeography of the Plecoptera. *Annual Review of Entomology* 10: 117-140.
- KONDRATIEFF, B.C., & ZUELLIG, R.E. (2004): A new species of *Zealeuctra* Ricker (Plecoptera: Leuctridae) and confirmation of *Hydroperla fugitans* (Needham and Claassen) (Plecoptera: Perlodidae) from Texas. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 106: 840-843.
- PICETET, F.J., & HAGEN, H. (1856): Die im Bernstein befindlichen Neuropteren der Vorwelt Band 2: 40-122. In: BERENDT, G.C. (ed.): Die im Bernstein befindlichen organischen Reste der Vorwelt. Nicolai; Berlin.
- RICKER, W.E. (1936): New Canadian Perlids (Part II). *Canadian Entomologist* 67: 256-264.
- RICKER, W.E. (1952): Systematic studies in Plecoptera. *Indiana University Publications, Science Series* 18: 1-200.
- RICKER, W.E., & ROSS, H.H. (1969): The genus *Zealeuctra* and its position in the family Leuctridae (Plecoptera, Insecta). *Canadian Journal of Zoology* 47: 1113-1127.
- SONTAG, E. (2003): Animal inclusions in a sample of unselected Baltic amber. *Acta zoologica cracoviensia* 46 (Suppl. Fossil Insects): 431-440.
- STARK, B.P., & STEWART, K.W. (1973): New species and descriptions of stoneflies (Plecoptera) from Oklahoma. *Entomological News* 84: 192-197.
- WICHARD, W., & WEITSCHAT, W. (2004): Im Bernsteinwald. Gerstenberg; Hildesheim.
- WICHARD, W., GRÖHN, C., & SEREDSZUS, F. (2009): Aquatic Insects in Baltic Amber – Wasserinsekten im Baltischen Bernstein. Verlag Kessel; Remagen.
- ZACHOS, J., PAGANI, M., SLOAN, L., THOMAS, E., & BILLUPS, K. (2001): Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science* 292: 686-693.
- ZWICK, P. (2010): New species and new records of Plecoptera from Korea and the Russian Far East. *Illiesia* 6: 75-97.

cand. rer. nat. Celestine Caruso  
 Prof. Dr. Wilfried Wichard  
 Institut für Biologie  
 Universität zu Köln  
 Gronewaldstr. 2  
 D-50931 Koeln  
 E-Mail: ccaruso@uni-koeln.de  
 E-Mail: Wichard@uni-koeln.de

*Entomologie heute* 23 (2011): 69-77

## Paleogeographic Distribution of Leuctridae and Nemouridae Genera Preserved in Baltic Amber, with the Description of *Palaeopsole weiterschani* n. gen., n. sp. (Plecoptera)

Die paläogeographische Verbreitung der Leuctridae- und Nemouridae-Gattungen des Baltischen Bernsteins, mit der Beschreibung von *Palaeopsole weiterschani* n. gen., n. sp. (Plecoptera)

CELESTINE CARUSO & WILFRIED WICHARD

**Summary:** The description of the new fossil species *Palaeopsole weiterschani* n. gen., n. sp. adds the genus *Palaeopsole* to the extant six genera of the families Leuctridae and Nemouridae, which have been found in Eocene Baltic amber. These Eocene fossils are the oldest representatives of their extant genera, so far. But the Eocene European archipelago is neither place nor time in which these genera originated. The origin of these seven genera is unknown, but took very probably place in the northern hemisphere before the Eocene. After Laurasia had finally broken apart at early Jurassic, probably not till then the genera developed and spread out across the warm-temperate and subtropical northern hemisphere. The extant Nearctic genera – *Lednia*, *Megaleuctra*, and *Zealeuctra*, including the transberingian *Podmosta*, and including *Leuctra* and *Nemoura* which are nearly distributed all over the Holarctic region – spread probably across the northern hemisphere via the temporary Beringian and Turgai Strait land bridges at Cretaceous. Towards the end of Eocene the temperature decreased worldwide and forced the Nearctic and Holarctic genera to adapt to temperate and boreal climates, whereas the recent relatives of genus *Palaeopsole*, probably genus *Rhopalopsole*, continued and live in the subtropical area of the Oriental region and Southeast Asia.

**Keywords:** *Rhopalopsole*, fossil Plecoptera, Eocene, paleobiogeography

**Zusammenfassung:** Die Beschreibung der neuen, fossilen Art *Palaeopsole weiterschani* n. gen., n. sp. fügt die Gattung *Palaeopsole* den sechs Gattungen der Leuctridae und Nemouridae hinzu, die im eozänen Baltischen Bernstein nachgewiesen sind. Diese eozänen Fossilien sind die ältesten Vertreter der rezenten Gattungen. Dennoch ist der Europäische Archipel im Eozän weder Ort noch Zeitpunkt des Ursprungs dieser Gattungen. Der Ursprung der sieben Gattungen ist unbekannt, aber lag sicher in der nördlichen Hemisphäre und zeitlich vor dem Eozän. Nachdem Laurasia im unteren Jura endgültig auseinander fiel, erst danach entwickelten sich die Gattungen und breiteten sich über die subtropische nördliche Hemisphäre aus. Die rezenten, nearktischen Gattungen, *Lednia*, *Megaleuctra* und *Zealeuctra*, sowie die transberingische Gattung *Podmosta* und die Gattungen *Leuctra* und *Nemoura*, die nahezu überall in der Holarktis vorkommen, expandierten während der Kreidezeit über die zeitweiligen Landbrücken der Turgai- und Bering-Strasse. Gegen Ende des Eozäns sanken die Temperaturen; das geänderte Klima zwang die holarktischen Gattungen, sich dem gemäßigten und borealen Klima anzupassen, während die heutigen nächsten Verwandten von *Palaeopsole* (vermutlich *Rhopalopsole*) in der Subtropis der Orientalischen Region und in Südostasien fortleben.

**Schlüsselwörter:** *Rhopalopsole*, fossile Plecoptera, Eozän, Paläobiogeographie

## 1. Introduction

So far, all Plecoptera that have been found in Baltic amber belong to genera that still exist today (CARUSO & WICHARD 2010). This arouses questions about the degree of relationship to extant species and their paleobiogeographic distribution. Apart from *Taeniopteryx* (Taeniopterygidae), *Perla* (Perlidae), *Isoperla* and *Perlodes* (Perlodidae) seven further genera of Nemouridae and Leuctridae were found, which will be discussed in this paper: *Leuctra*, *Megaleuctra*, *Palaeopsole*, *Zealeuctra* (Leuctridae) and *Lednia*, *Nemoura*, and *Podmosta* (Nemouridae). The genus *Palaeopsole* is a new discovery in Baltic amber and is represented by the fossil species *Palaeopsole weiterschani* n. gen., n. sp.

Baltic amber has its origin in the Eocene, approximately 40-50 million years ago and its genesis is very probably connected to the tree resin of the amber-pine tree *Pinus succinifera*, which was a characteristic species of the Eocene amber forest (SCHUBERT 1961; WEITSCHAT & WICHARD 2002). From the Mid Jurassic to the Late Eocene, Europe was an archipelago and it was composed of several small islands in its south and one big, northern island, which was probably the location of the amber forest (SCOTESE 2002; WICHARD et al. 2009). In the Cretaceous period the islands were sometimes connected with Asia and formed temporary land bridges that enabled a continental spread of plants and animals between Europe and Asia (SCOTESE 2002; BARABOSHKIN et al. 2003). During the Eocene the European archipelago was not connected with any other neighbouring continent (SCOTESE 2002). It was not before the end of the Eocene, approximately 34 million years ago, that the Turgai Strait ran dry, which resulted in a permanent connection of Europe and Asia and created Eurasia. The oldest fossils of the families Leuctridae and Nemouridae come from the Lower Cretaceous (SINITSHENKOVA 1997, 2003). The first fossil species of the family Nemouridae

is *Dimoula dimi* from the Glushkovo formation (Lower Cretaceous) (SINITSHENKOVA 2005). Another extinct species (*Palaeoleuctra acuta*) of the family Leuctridae was described from Eocene Rovno amber (SINITSHENKOVA 2009). The Eocene species of the Leuctridae and Nemouridae that have been found in Baltic amber are the oldest fossil representatives of their extant genera (CARUSO & WICHARD 2010).

## 2. Systematics

### Family: Leuctridae

#### *Palaeopsole* n. gen.

Type species: *Palaeopsole weiterschani* n. sp.

Derivatio nominis: The new extinct genus is named in combination after the related genus *Rhopalopsole* and after the fossil inclusion in Baltic amber.

Diagnosis: The male is characterized by following genital structures: Tergum 9 bears mid-posterior spine on the posterior margin, sternum 9 has basally an drumming appendage (ventral lamella), and furthermore sternum 9 is extended caudad forming a rounded subgenital plate which undergirds sternum 10. Lateral projections of tergum 10 are formed by broad, rounded, and sclerotised plates ending caudad in a concave margin with two sharp points. Subanal lobes are short, flat and plate-like, semicircular, with central furrow. The cerci are short and upturned, mesad extended to a small, dark hump and terminally bearing a small, light-coloured hump. In lateral view, the elongate, hyaline epiproct forms a hook-like projection, upturned, arising from a broad, membranous cushion.

*Palaeopsole* is very closely related to genus *Rhopalopsole* by the presence of a ventral lamella basally on sternum 9 and further by sternum 9 forming an extended subgenital plate that undergirds sternum 10, furthermore by the lateral projections of tergum

10 forming broad, rounded and sclerotised plates. Nevertheless the trait combinations of the male genitalia do not allow us to confidently assign the fossil form to one of the taxonomical groups of the recent *Rhopalopsale* suggested by SVEC et al. (2008). Moreover, *Palaeopsale* differs from genus *Rhopalopsale* by the small and upturned cerci, mesad a with dark hump and terminally with a light-coloured hump, which seems to be more typical for *Perlomyia*; otherwise in *Perlomyia* forewings Rs and M arise from the same point on R (NELSON & HANSON 1973). But *Palaeopsale* n. gen. has a typical leuctrid forewing venation and sector radii Rs and media M arise from separate points of radius R.

Fossil genus *Palaeopsale* n. gen. male is characterized by tergum 9 bearing a mid-posterior spine on the posterior margin and by sternum 9 bearing basally a ventral lamella and furthermore forming caudally a subgenital plate that undergirds sternum 10. Lateral projections of tergum 10 are formed by broad, rounded and sclerotised plates ending caudad with two sharp points. The cerci are short and upturned, mesad extended to a dark hump and terminally bearing a light-coloured hump.

*Palaeopsale weiterschani* n.sp.

(Figs. 1, 2)

**Holotype:** Male adult is well preserved in Baltic amber. The amber sample is kept in the Staatliches Museum für Naturkunde, Stuttgart, SMNS, ex coll. Thomas WEITERSCHAN.

**Material:** The amber stone has been cut, grinded, polished, and in the end embedded in synthetic resin for a better inspection from all sides of the inclusion and for better preservation and conservation. The fossil is embedded in a good position: head, mouthparts, eyes, antennae, abdomen, and legs; the forewings are widely spread, but the hind wings are rolled and damaged. The

male genitalia is visible in right lateral view and from ventral side. The dorsal sides of the abdomen and male genitalia are covered by the right forewing.

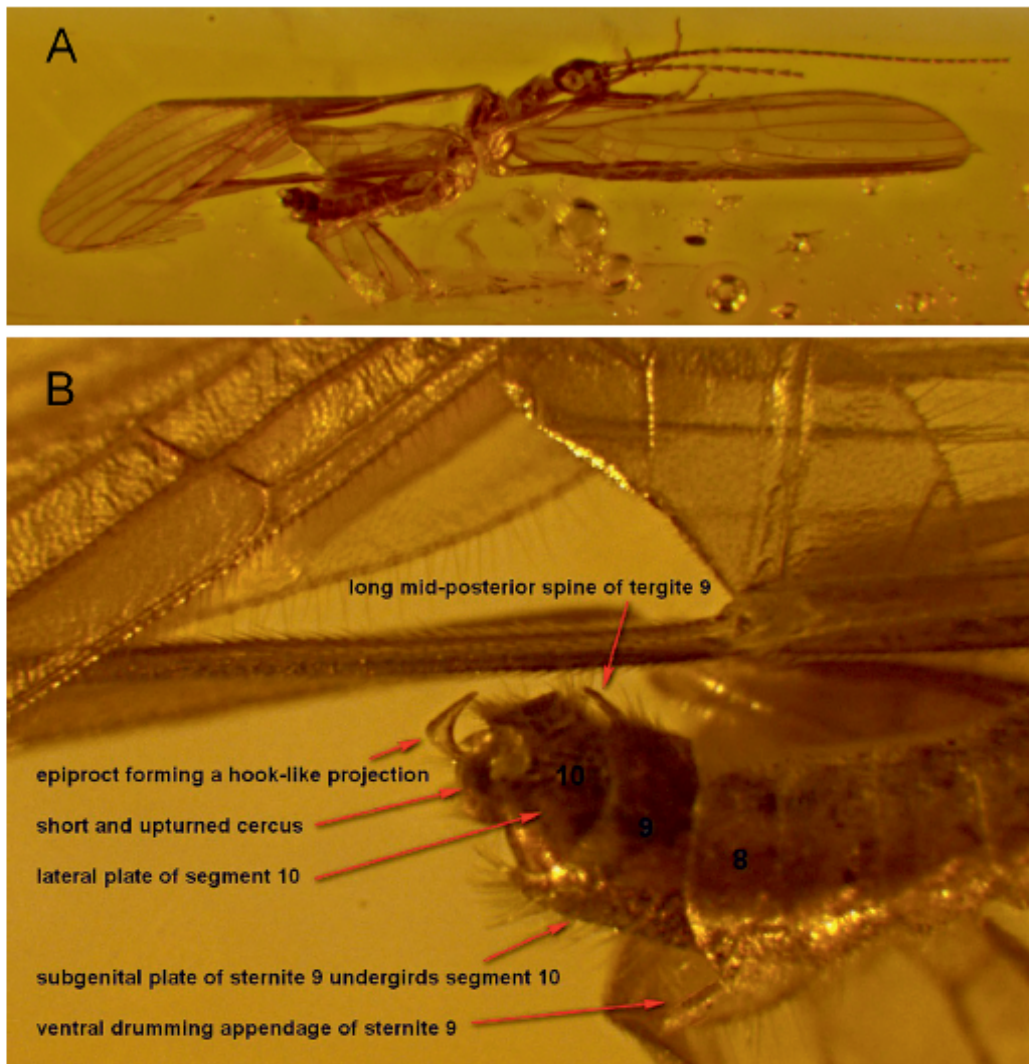
**Derivatio nominis:** The species is named after the amber collector Thomas WEITERSCHAN, Höchst im Odenwald, who kindly made the fossil available for this study.

**Description:** Head wide with small, hemiglobose compound eyes; with 3 distinct ocelli; the filiform antennae are asymmetrical; the left antenna is almost as long as the forewings and consists of 34 small segments, plus scapus and pedicellus. The right antenna is shortened, half as long as the left antenna (if they are not cut), and consists of 11 longer segments, plus scapus and pedicellus, both antennae start with a small scapus, a smaller pedicellus, and an elongate 1<sup>st</sup> segment which is at least twice as long as the following segments of the filiform antennae. The specimen has a family-typical slender habitus, which is slightly compressed in amber; the body length from head until the end of the abdomen comprises ca. 4 mm, the forewings with ca. 4 mm length are equally long.

**Thorax:** The forewings are widely spread and the incomplete hind wings are rolled; forewings with typical leuctrid venations: three veins in the anal field, cubitus forked in Cu1 and Cu2, with 9 crossveins between; in the right forewing 5 crossveins connect cubitus Cu1 and media M, in the left forewing there are 6 crossveins; the media M arises proximally, before sector radius Rs arises from the radius R1; Rs forked in  $R_{2+3}$  and  $R_{4+5}$  at crossvein  $r$ ; subcosta Sc2 is absent. Typical legs are with 3-segmented tarsi; segments 1 and 3 are almost equally long whereas segment 2 is shorter.

**Male genitalia:** Tergum 9 is sclerotized, distinctly wider than long, its posterior margin with a long, light-coloured, mid-posterior spine. Sternum 9 is basally with a tongue-like appendage (ventral lamella)





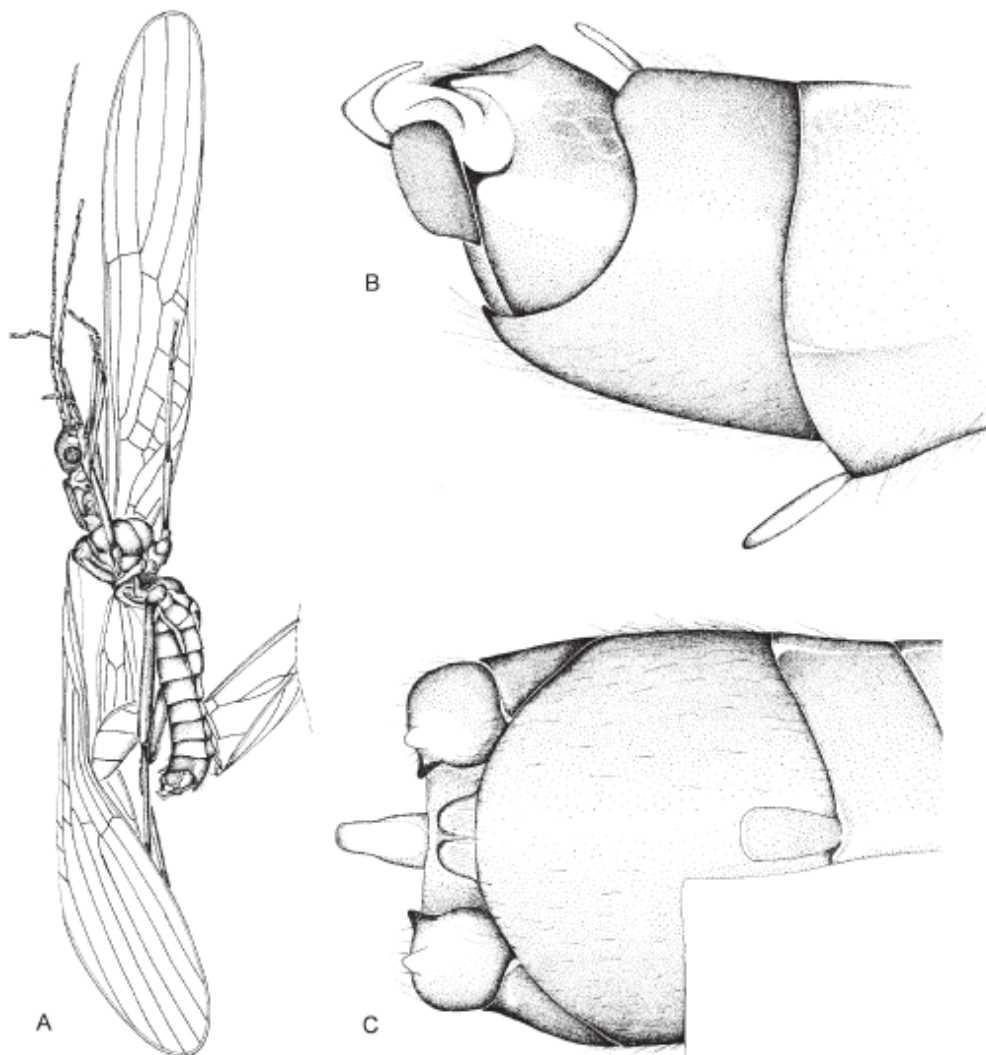
**Fig. 1:** *Palaeopssole weiterschani* n. gen, n. sp. embedded in Baltic amber. **A** Holotype in lateral view. **B** Male genitalia in lateral view.

**Abb. 1:** *Palaeopssole weiterschani* n. gen, n. sp. eingebettet im Baltischen Bernstein. **A** Holotyp in lateraler Ansicht. **B** Männliches Genitale, lateral.

and apically with a distinct subgenital plate as wide as long and rounded apically, which undergirds segment 10. The central plate of tergum 10 is covered by the right forewing and not visible from dorsal view. The lateral projections of tergum 10 are developed into broad, rounded, and sclerotised plates ending caudad in two sharp peaks. Dorsal and ventral peaks are connected in a bow. In lateral view, the elongate and hyaline epipect forms a hook-like projection arising from a broad and membranous cushion; its

tip is rounded and turned forward. Subanal lobes are short, flat and plate-like, semi-circular, with central furrow. The cerci are relatively short and upturned, mesad each with a small, dark hump and terminally each with a small, light-coloured hump.

**Diagnosis:** *Palaeopssole weiterschani* n. sp. is the type species of the extinct genus *Palaeopssole* n. gen. demonstrating a narrow relationship to the extant genera *Rhopalopssole*. Furthermore, *Palaeopssole weiterschani* n. sp. is characterised by a long, light-coloured, mid-posterior spine on the posterior margin of



**Fig. 2:** *Palaeopssole weiterschani* n.sp., drawings. **A** Holotyp in lateral view. **B** Male genitalia in lateral view. **C** Male genitalia in ventral view.

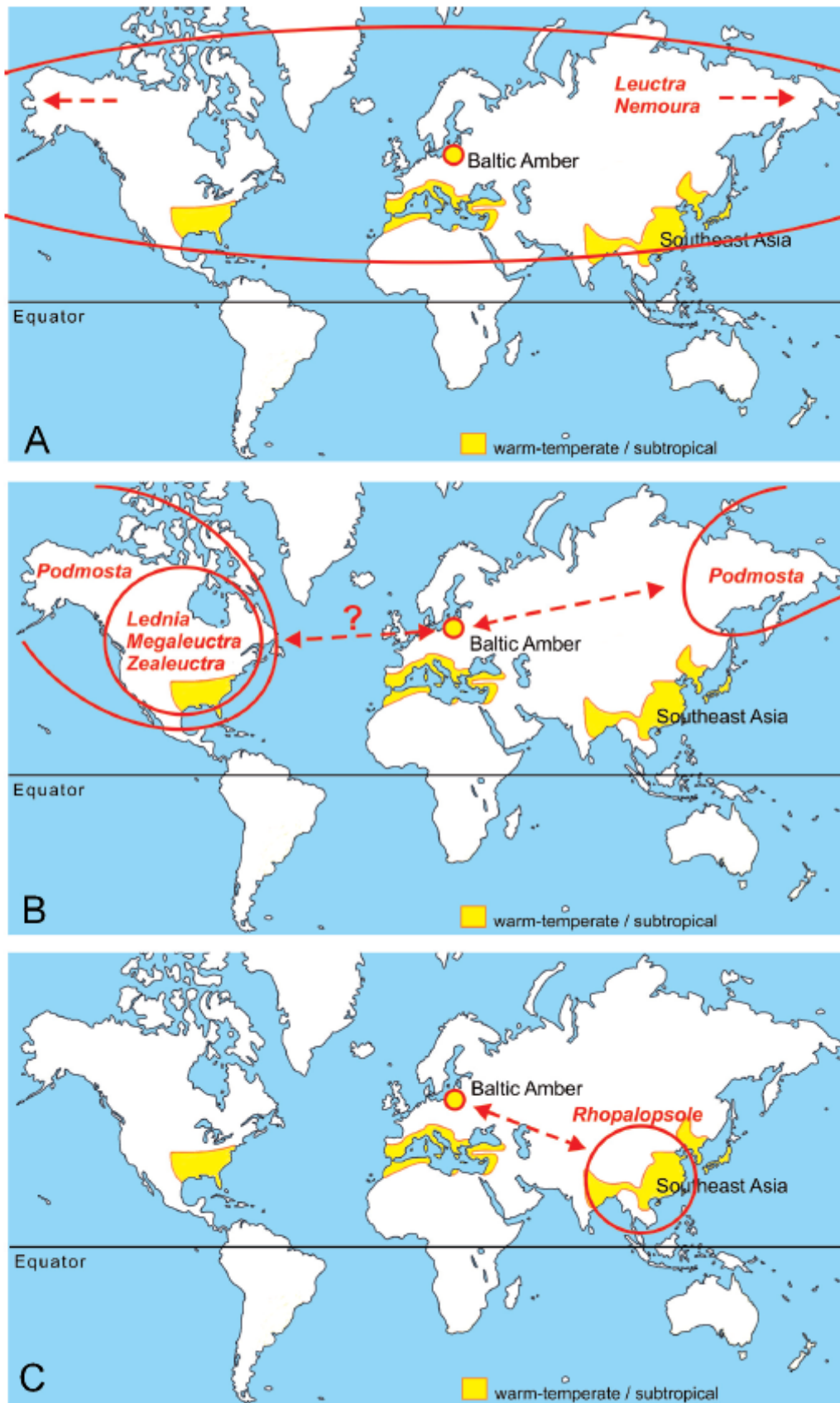
**Abb. 2:** *Palaeopssole weiterschani* n. gen, n. sp., Zeichnungen. **A** Holotyp in lateraler Ansicht. **B** Männliches Genitale, lateral. **C** Männliches Genitale, ventral.

tergum 9. Length of male 4 mm (tip of head to tip of abdomen, intraspecific variation not known).

### 3. Paleobiogeographic in discussion

The presently described fossil species *Palaeopssole weiterschani* n. gen., n. sp. contributes to the number of the plecopteran genera in the Eocene Baltic amber; among the Leuctridae the genera *Leuctra*, *Megaleuctra*, *Zealeuctra*, and

*Palaeopssole* and among the Nemouridae the genera *Lednia*, *Nemoura*, and *Podmosta* have been discovered (Fig. 3). The Eocene fossils are the eldest representatives of their extant genera so far. Nevertheless, the points of origins of these genera are not the “amber forest” of the Eocene European archipelago. This implausible hypothesis would mean that the Eocene seven genera were only able to distribute and migrate across the Eurasian continent after the end of the



Eocene, when Europe and Asia were linked. If the Eocene European archipelago is neither place nor time of the origin of the genera, then the genera are distributed all over the northern hemisphere long before the Eocene.

Genus *Palaeopssole* n. gen. provides good clues about the possibility that the Baltic amber genera of Leuctridae and Nemouridae were existed already in the Cretaceous, even if fossils are lacking so far. The species were adapted to a warm-temperate and subtropical climate, which occurred from the mid Jurassic to the mid Eocene, nearly in the whole northern hemisphere. Many plants and animals in Baltic amber – probably such as *Palaeopssole weiterschani* n. gen., n. sp. – have their next recent relatives in Southeast Asia and the Oriental region, as after the global climate changed and temperature decreased towards the end of the Eocene, whereas Southeast Asia and the Oriental region largely preserved its warm temperate climate up to today and the relatives of early *Palaeopssole* survived in the subtropical area of the Oriental region and Southeast Asia. The descendents are probably *Rhopalopssole*.

Area and age of origins of the Leuctridae and Nemouridae genera found in Baltic amber are unknown. Both families are cited to have existed in the early Cretaceous (SINITSHENKOVA 1997, 2003) and their family stem groups probably have their origins in the Jurassic Laurasia. Their extant genera are more recent and surely developed after Laurasia broke apart. Approximately 160 million years ago, the early Mesozoic con-

continent, Laurasia, separated into Laurentia (North America) and Eurasia, and Europe formed an archipelago. Afterwards the genera in question had their origin somewhere in the northern hemisphere.

During the Cretaceous several land bridges were very probably formed at irregular intervals, in-between the continents of the northern hemisphere, the bridging of the Turgai Strait between the European archipelago and Asian continent (SCOTSE 2002; BARABOSHKIN et al. 2003) and of the Bering Strait between Northeast Asia and Alaska (SCOTSE 2002). Cretaceous Atlantic land bridges between Europe and North America are not recorded in paleogeographic studies. Vertebrate paleontologists studying the Cretaceous distribution of the dinosaur fauna and bird tracks in the northern hemispheric have hypothesised land bridges between Northeast Asia and North America (e.g. RUSSELL 1993; CIFELLI et al. 1997; SERENO 2000; FIORILLO 2008; FIORILLO et al. 2010, 2011). However, studies about a comparable Cretaceous distribution of arthropods are lacking so far. Therefore it is remarkable that the species of the Plecopteran genera *Megaleuctra*, *Zealeuctra* and *Lednia* are today exclusively found in distinct Nearctic regions and as fossils in Eocene Baltic amber (Fig. 3B). It is quite possible that the north hemispheric dispersal of these stonefly genera occurred over the period of Cretaceous using the land bridges between the northern continents, before Europe was once again separated during the long period of Eocene. Afterwards cool-adapted species survived only in North America and Northeast Asia.

**Fig. 3:** North hemispherical distribution of extant Leuctridae and Nemouridae genera of which fossil species found in Baltic amber. **A** Holarctic distribution of *Leuctra* and *Nemoura*. **B** Transberingian distribution of *Podmosta* and nearctic distribution of *Lednia*, *Megaleuctra*, and *Zealeuctra*. **C** *Rhopalopssole* (recent narrow relative of *Palaeopssole*) in the Oriental region and Southeast Asia.

**Abb. 3:** Nordhemisphärische Verbreitung der rezenten Leuctridae- und Nemouridae-Gattungen, von denen fossile Arten im Baltischen Bernstein nachgewiesen sind. **A** Holarktische Verbreitung von *Leuctra* und *Nemoura*. **B** Transberingische Verbreitung von *Podmosta* und nearktische Verbreitung von *Lednia*, *Megaleuctra* und *Zealeuctra*. **C** *Rhopalopssole* (rezente Verwandte von *Palaeopssole*) in der orientalischen Region und in Südostasien.

Species of genus *Podmosta* occur on both sides of the Bering Strait (Fig. 3 B), extending westward into Asia and eastward into North America (BAUMANN 1975; LEVANDOVA & ZHILTOVA 1979; STEWART & RICKER 1997; ZASYPKINA & RYABUKHIN 2001; TESLENKO 2009). *Podmosta* is distributed in Northeast Asia with at least one species, *Podmosta weberi*, and in Alaska and Yukon with further species which are spread towards the south and southeast in the Nearctic. Species of *Podmosta* are nowadays cool-adapted, nevertheless the transberingian genus lived originally, at Cretaceous, in warm-temperate climate and represents an interesting mode of distribution, which helps to explain the gap between the spread of cool-adapted Nearctic genera and their early existence in subtropical Cretaceous; fossils of Eocene Baltic amber indicate this. Genus *Megaleuctra* is adapted likewise. So far, one North Korean species (HAM & BAE 2002; ZWICK 2010) is eventually a relict of Cretaceous period surviving in the subtropical climate of Southeast Asia, and presently six species of North America are adapted at temperate climate. The fossil record of genus *Megaleuctra* in the North America (LEWIS 1969) indicates their early presence in Miocene; therefore we are confident in looking forward to Cretaceous fossils of North American *Megaleuctra*. The extant Nearctic genera, *Lednia*, *Megaleuctra*, and *Zealuctra*, including the transberingian *Podmosta* (Fig. 3 B) and including *Leuctra* and *Nemoura* which are distributed across the whole Holarctic region (Fig. 3 A), all known from Eocene Baltic amber spread probably across the northern hemisphere during subtropical Cretaceous and adapted probably to cool-temperate climate not till then the end of Eocene, whereas the warm-adapted relatives of *Palaeopsyle* - probably the closely related *Rhopalopsyche* - survived in the subtropical Oriental region and in Southeast Asia (Fig. 3 C).

## Acknowledgements

The described fossil stonefly was kindly provided by the private amber collection of THOMAS WEITERSCHAN, Höchst im Odenwald. We would like to thank AGNES GRAS for preparing and preserving the specimen and CLAUD LÜER for the accurate and detailed drawings. Our special thanks go to Dr. IGNAC SIVEC, Ljubljana and Prof. Dr. PETER ZWICK, Schlitz, for proofreading the manuscript and for constructive comments. Last but not least we thank again JOE MANGER, Leicester, for proofreading the English text.

## References

- BARABOSHKIN, E.Y., ALEKSEEV, A.S., & KOPAEVICH, L.F. (2003): Cretaceous palaeogeography of the North-Eastern Peri-Tethys. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 196: 177-208.
- BAUMANN, R.W. (1975): Revision of the stonefly family Nemouridae (Plecoptera): a study of the world fauna at the generic level. Smithsonian Contribution of Zoology 211: 3-74.
- CARUSO, C., & WICHARD, W. (2010): Overview and descriptions of fossil stoneflies (Plecoptera) in Baltic Amber. Entomologie heute 22: 85-97.
- CIFELLI, R.L., KIRKLAND, J.I., WEIL, A., DEINO, A.L., & KOWALLIS, B.J. (1997): High-precision  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology and the advent of North America's Late Cretaceous terrestrial fauna. Proceedings of the National Academy of Sciences 94:11163-11167.
- FIORILLO, A.R. (2008): Cretaceous dinosaurs of Alaska: Implications for the origins of Beringia. Pp. 313-326 in: R.B. BLODGETT, G. STANLEY (eds.): The Terrane Puzzle: new perspectives on paleontology and stratigraphy from the North American Cordillera. Geological Society of America Special Paper 442.
- FIORILLO, A.R., DECKER, P.L., LEPAIN, D.L., WARTES, M., & MCCARTHY, P.J. (2010): A probable Neoceratopsian manus track from the Namshuk formation (Albian, Northern Alaska). Journal of Iberian Geology 36: 165-174.
- FIORILLO, A.R., HASIOTIS, S.T., KOBAYASHI, Y., BREITHAUPT, B.H., & MCCARTHY, P.J. (2011): Bird tracks from the Upper Cretaceous

- Cantwell Formation of Denali National Park, Alaska, USA: a new perspective on ancient northern polar vertebrate biodiversity. *Journal of Systematic Paleontology* 9: 33-49.
- HAM, S.A., & BAE, Y.J. (2002): The stonefly genus *Megaleuctra* (Plecoptera: Leuctridae) new to East Palearctic region, with description of *Megaleuctra saebat* new species. *Entomological News* 113: 336-341.
- LEVANIDOVA, I.M., & ZHILTOVA, L.A. (1979): An annotated list of the Stoneflies (Plecoptera) of the Soviet Far East. *International Revue gesamte Hydrobiologie* 64: 551-576.
- LEWIS, S.E. (1969): Fossil insects from the Latah Formation (Miocene) of eastern Washington and northern Idaho. *Northwest Science* 43: 99-115.
- NELSON, C.H., & HANSON, J.F. (1973): The Genus *Perlomyia* (Plecoptera: Leuctridae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 46: 187-199.
- RUSSELL, D.A. (1993): The role of Central Asia in dinosaurian biogeography. *Canadian Journal of Earth Sciences* 30: 2002-2012.
- SCHUBERT, K. (1961): Neue Untersuchungen über Bau und Leben der Bernsteinkiefen [*Pinus succinifera* (Conw.) emend.]. Beiheft zum Geologischen Jahrbuch 45: 1-149.
- SCOTSE, C.R. (2002): Paleogeographic Atlas, PALEOMAP Progress Report 90-0497, Department of Geology, University of Texas at Arlington, Texas.
- SERENO, P.C. (2000): The fossil record, systematics and evolution of pachycephalosaurs and ceratopsians from Asia. Pp. 480-516 in: M.J. BENTON, M.J., SHISHKIN, M.A., UNWIN, D.M., & KUROCHKIN, E.N. (eds.): *The age of dinosaurs in Russia and Mongolia*. Cambridge University Press; Cambridge.
- SINITSHENKOVA, N.D. (1997): Palaeontology of stoneflies. Pp. 561-565 in: LANDOLT, P. & SATORI, M. (eds.): *Ephemeroptera & Plecoptera: Biology-Ecology-Systematics*. Musée Cantonal de Zoologie; Fribourg.
- SINITSHENKOVA, N.D. (2002): Order Perlida Latreille, 1810. The stoneflies (= Plecoptera Burmeister, 1839). Pp. 281-287 in: RASNT-SYN, A.P., & QUICKE, D.L.J. (eds.): *History of Insects*. Kluwer Academic Publishers; Dordrecht.
- SINITSHENKOVA, N.D. (2005): The oldest known record of an imago of Nemouridae (Insecta: Perlida = Plecoptera) in the Late Mesozoic of Eastern Transbaikalia. *Paleontological Journal* 39: 38-40.
- SINITSHENKOVA, N.D. (2009): New stoneflies (Insecta: Perlida = Plecoptera) from Eocene Rovno amber, Ukraine. *Paleontological Journal* 43: 664-668.
- SIVEC, I., HARPER, P.P., & SHIMIZU, T. (2008): Contribution to the study of the Oriental genus *Palaeopsole* (Plecoptera: Leuctridae). *Scoplia* 64: 1-122.
- STEWART, K.W. & RICKER, W.E. (1997): Stoneflies of the Yukon. *Biological Survey of Canada Monograph* 2: 202-222.
- TESLENKO, V.A. (2009): Stoneflies (Plecoptera) of the Russian Far East: diversity and zoogeography. *Aquatic Insects* 31: 693-706.
- WEITSCHAT, W., & WICHARD, W. (2002): *Atlas of plants and animals in Baltic amber*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil; München.
- WICHARD, W., GRÖHN, C., & SEREDSZUS, F. (2009): *Aquatic insects in Baltic amber – Wasserinsekten im Baltischen Bernstein*. Verlag Kessel; Remagen.
- ZASYPKINA, I.A., & RYABUKHIN, A.S. (2001): *Amphibiotic insects of the Northeast of Asia*. Pensoft & Backhuys Publishers; Sofia, Moscow, Leiden.
- ZWICK, P. (2010): New species and new records of Plecoptera from Korea and the Russian Far East. *Illiesia* 6: 75-97.
- cand. rer. nat. Celestine Caruso  
 Prof. Dr. Wilfried Wichard  
 Institut für Biologie  
 Universität zu Köln  
 Gronewaldstr. 2  
 D-50931 Koeln  
 E-Mail: ccaruso@uni-koeln.de  
 E-Mail: Wichard@uni-koeln.de

**Bestimmungsschlüssel für Inkluden des Baltischen Bernsteins (Gliederfüßer / Arthropoda)**  
(nach Ross 1998, 38-49, modifiziert und übersetzt)

**Bestimmungsschlüssel für Arthropoden (Gliederfüßer)**

**1** Sind Flügel oder Flügelanlagen vorhanden?

**Ja**  
Insekten  
Gehe zu 28

**Nein**  
gehe zu 2

**2** Wieviele Beine sind vorhanden?  
(es kann sein, dass manche Beine abgebrochen sind!)

**6**  
Hexapoda  
gehe zu 14

**8**  
+Mundwerkzeug  
Arachnida  
(Spinnentiere)  
gehe zu 3

**Mehr als 8**  
gehe zu 10

**3** Ist das Abdomen (Hinterleib) in viele Teile unterteilt/segmentiert?

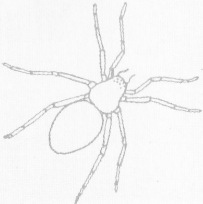
**Ja**  
gehe zu 6

**Nein**  
gehe zu 4

**4** Gibt es eine klare Grenze zwischen Kopf und Abdomen/Hinterleib?

**Ja**  
Aranae  
(Spinnen)

**Nein**  
gehe zu 5



**5** Wie lang sind die Beine?

**Sehr lang**  
Weberknechte

**Kurz**  
Milben & Zecken

**6** Hat die Inkluse Scheren / Zangen?

**Ja**  
gehe zu 7

**Nein**  
gehe zu 8

**7** Hat die Inkluse einen Schwanz?

**Ja**  
Skorpione

**Nein**  
Pseudo-skorpione

**8** Hat die Inkluse stachelige Pedipalpen?  
(Gliedermaßenpaar bei der Mundöffnung)

**Ja**  
Geißelspinne

**Nein**  
gehe zu 9

**9** Wie viele Kieferklauen (Cheliceren) sind vorhanden?

**2**  
Geißelskorpione

**4**  
Walzenspinnen

**10** Hat es einen langen, dünnern Körper?

**Ja**  
Tausendfüßer  
(Myriapoda)  
gehe zu 11

**Nein**  
Krebstiere  
(Crustacea)  
gehe zu 13

**11** Wie viele Beine hat jedes Körpersegment?

**4**  
Doppelfüßer

**2**  
gehe zu 12

**12** Hat es Klauen?

**Ja**  
Hundertfüßer

**Nein**  
Zwergfüßer

**13** Wie abgeflacht ist der Körper?

**An der Ober- und Unterseite**  
Asseln  
(Isopoda)

**Seitlich**  
Flohkrebse  
(Amphipoda)

### Bestimmungsschlüssel für ungeflügelte Insekten

**Bestimmungsschlüssel für ungeflügelte Insekten**

**14** Gibt es am Körperende Fortsätze?

**Ja**  
gehe zu 15

**Nein**  
gehe zu 24

**15** Sind die Hinterbeine lang und haben dicke Oberschenkel (Femur)?

**Ja**  
Heuschrecken

**Nein**  
gehe zu 16

**16** Wie viele Fortsätze am Hinterleib (Abdomen) gibt es?

**3 oder mehr**  
Felsenspringer und Silberfische

**2**  
gehe zu 18

**18** Sind die Fortsätze zangenförmig?

**Ja**  
Ohrwürmer

**Nein**  
gehe zu 19

**19** Sind die Beine stachelig?


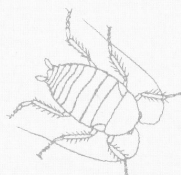



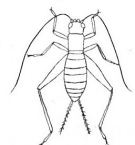
**Ja**  
gehe zu 20

**Nein**  
Sackgasse  
Leider hast du einen Fehler gemacht. Fang nochmal vorne an

**20** Wie viele der Beine sind stachelig?

die vorderen 2  
Fangschrecken

Alle 6  
Schaben (Blattodea)





### Bestimmungsschlüssel für geflügelte Insekten

#### Bestimmungsschlüssel für geflügelte Insekten I

**28** Wie viele Flügel sind vorhanden?  
(Wenn du nicht sicher bist, da die Flügel abgerissen oder verdeckt sind, dann versuche beide Möglichkeiten und vergleiche deine Inkluden mit den Abbildungen)



**4**  
gehe zu 29



**2**  
gehe zu 67

**29** Sehen alle 4 Flügel ähnlich aus? (wenn du dir nicht sicher bist, probiere beide Antworten durch)



**Ja**  
gehe zu 30



**Nein**  
**Sackgasse:**  
Leider hast du einen Fehler gemacht - fang nochmal von vorne an.

**30** Haben die Flügel viele quer-laufende Adern (Queradern)?

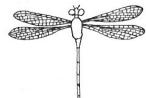


**Ja**  
gehe zu 31



**Nein**  
gehe zu 33

**31** Hat die Inkluse kurze Antennen und einen langen, dünnen Körper?



**Ja**  
Libellen (Odonata)



**Nein**  
Steinfliegen (Plecoptera)

**33** Sind die Flügel schuppig, haarig oder keins von beiden?



**schuppig**  
Motten (Lepidoptera)



**haarig**  
gehe zu 34



**weder noch**  
gehe zu 35

**34** Beträgt die Körperlänge weniger als 2 mm?



**Ja**  
Fransenflügler



**Nein**  
Köcherfliegen

**35** Sind die Enden der Vorderbeine verbreitert?



**Ja**  
Tarsenspinner



**Nein**  
Termiten

#### Bestimmungsschlüssel für Zweiflügler (Fliegen und Mücken)

**67** Zweiflügler: Hat die Inkluse schlanke oder rundliche Flügel?



**Schlanke**  
gehe zu 69



**Runde**  
gehe zu 70

**69** Hat die Inkluse einen langen Saugrüssel?



**Ja**  
Stechmücken



**Nein**  
wahrscheinlich Zuckmücken

**70** Sind die Flügel mit vielen, gleichmäßig parallel laufenden Adern versehen?

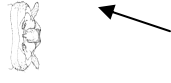



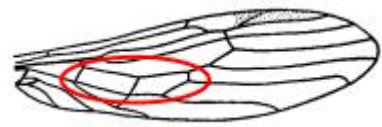
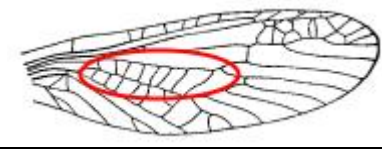
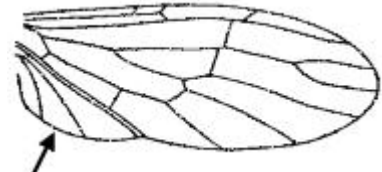
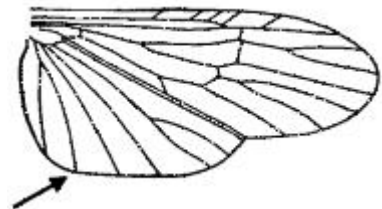
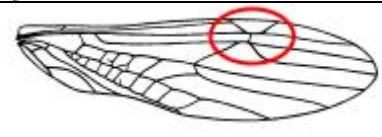
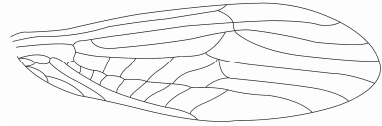


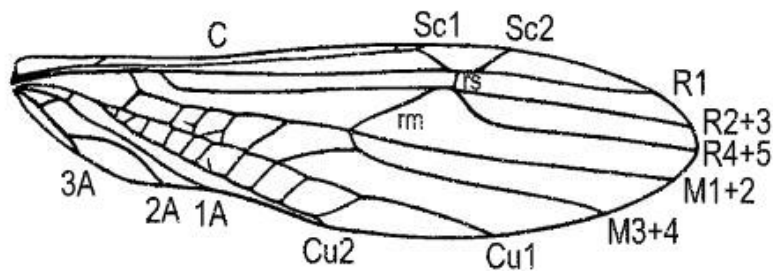
**Ja**  
Schmetterlingsmücken



**Nein**  
Trauermücken

**Bestimmungsschlüssel für Steinfliegenfamilien des Baltischen Bernsteins (für Oberstufe)<sup>3</sup>**

2.	Schwanzanhänge (Cerci) kurz und eingliedrig		2
	Cerci lang, aus zahlreichen Gliedern bestehend		3
2.	Alle drei Tarsalsegmente von etwa gleicher Länge		Taeniopterygide
	Zweites Tarsalsegment deutlich kürzer als das dritte		5
3.	3 Queradern im Cubitalfeld des Vorderflügels		Capniidae
	Mehr als 3 Queradern im Cubitalfeld des Vorderflügels		4
4.	Analfeld des Hinterflügels klein, mit nur 2 Adern		Chloroperlidae
	Analfeld des Hinterflügels groß, mit mehr als 2 Adern		Perlidae oder Perlodidae
5.	In beiden Flügeln bildet die Querader Sc2 im Bereich des Radiussektors eine X-förmige Zeichnung. Flügel in Ruhestellung flach über dem Hinterleib liegend.		Nemouridae
	Keine X-förmige Zeichnung im Bereich des Radiussektors; Sc 2 fehlt. Flügel in Ruhestellung in um den Hinterleib gerollt.		Leuctridae



<sup>3</sup> Verwendung der Abbildungen der Bestimmungsmerkmale mit freundlicher Genehmigung von Jürgen GAUL (2006)

**Bestimmungsschlüssel für die Gattungen der Familie Leuctridae (Oberstufe)**

**Ordnung: Steinfliegen**

**Familie: Leuctridae, Männchen**

	Vorderflügel: R&M entspringen nicht von selbem Punkt auf Rs	Hinterflügel: m-cu liegt auf Gabelung von Cu1	Tergum 9 Sklerotisiert, mit zwei Fortsätzen	Cerci nicht gegabelt, länglich, sklerotisiert, enden spitz, mit kleinem Sporn (Dorn, Mit rundem Fortsatz baso-lateral	Subanaler Apparat nicht in Specilla und Stylum unterteilt, kurz, breit, rund (aus Hinteransicht herzförmig, in der Mitte verschmolzen
Zealeuctra	+	+	+	+	+
Rhopalopsole	+	+	- (nur einen Fortsatz auf der Mitte)	+	+
Leuctra	+	-	(-)wenn Fortsätze vorhanden, dann auf jedem Tergum aber nicht auf dem 9.	-	- Lang, dünn und getrennt, Specilla und Stylum

(+ Merkmal stimmt mit Gattung überein, - stimmt nicht überein)

1. Hinterflügel: Mit 6 Analadern ..... Ja (*Megaleuctra*)  
Nein (2)

2. Hinterflügel: M-Cu liegt auf der Gabelung von Cu1 ..... Ja (3)  
Nein (*Leuctra*)

3. Ist Tergum 9 sklerotisiert und aus 2 Fortsätzen bestehend oder besteht er nur aus einem Fortsatz? ..... zwei Fortsätze (*Zealeuctra*)  
ein Fortsatz (*Palaeopsole*†)

**Bernsteinworkshop \_\_\_\_\_ (Datum)**  
**Station 1: Eigenschaften von Bernstein (ca. 40 min)**

**Dein Name:**

**Alter / Schulklasse:**

**Welche Stationen hast du bereits gemacht:**

**Startzeit:**

**Endzeit:**

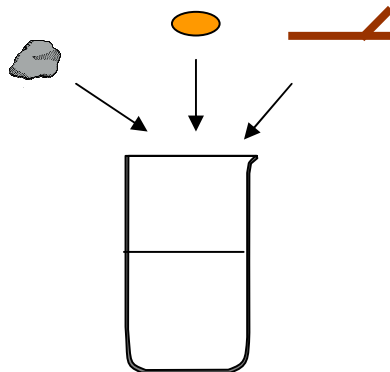
**Versuch 1: Ist Bernstein ein Stein?**

**Materialien:**

Glas mit Leitungswasser, Kochsalz, verschiedene Gegenstände (Stein, Bernstein, Stück Holz)

**1a) Versuchsbeschreibung und Durchführung:**

In diesem Versuch sollst du herausfinden, welche Gegenstände in Leitungswasser schwimmen und welche absinken. Lege hierfür die verschiedenen Gegenstände in das Glas mit Leitungswasser.



**Beobachtung:**

Welche Gegenstände schwimmen an der Wasseroberfläche und welche sinken auf den Boden?

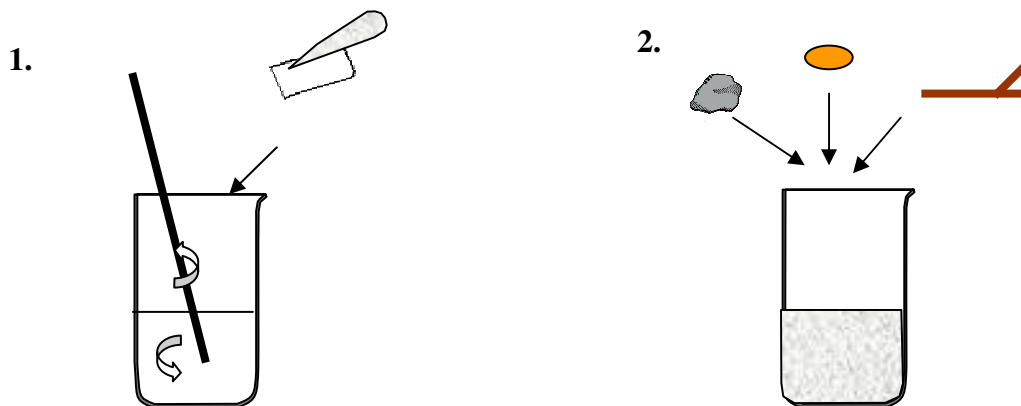
<b>Leitungswasser</b>		
	schwimmt	sinkt auf den Boden
Stein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bernstein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stück Holz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**1b) Versuchsbeschreibung:**

In diesem Teil des Versuchs wollen wir herausfinden, ob die *Gegenstände* auch in Salzwasser schwimmen oder absinken. Hierfür musst du den Bernstein, den Stein und das Stück Holz aus dem Glas mit Leitungswasser fischen und auf das Blatt Papier legen.

**Durchführung:**

1. Fertige eine Salzlösung an: Hierfür schüttest du das Kochsalz in das Leitungswasser und rührst so lange, bis das Salz sich aufgelöst hat.
2. Lege nun die *Gegenstände* wieder ins Wasser und beobachte was passiert.



**Beobachtung:** Welche *Gegenstände* schwimmen an der Wasseroberfläche und welche sinken auf den Boden?

<b>Salzwasser</b>		
	schwimmt	sinkt auf den Boden
Stein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bernstein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stück Holz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Vermutung:**

Woran könnte es deiner Meinung nach liegen, dass manche *Gegenstände* im Salzwasser schwimmen, im Leitungswasser aber nicht?

## Versuch 2: Die Brennbarkeit von Bernstein

### Materialien:

Sicherheitsbekleidung, Stück Bernstein, Feuerzeug, Kerze, Zange, Glas mit Deckel

### Versuchsbeschreibung:

In diesem Versuch wirst du ein Stück Bernstein in die Flamme der Kerze halten. Wir wollen in zwei Schritten feststellen:

1. was passiert, wenn du versuchst den Bernstein anzuzünden und
2. wonach der Bernstein riecht.

### ACHTUNG: SICHERHEITSHINWEIS

Achte darauf, dass deine Ärmel hochgekrempelt sind und dass du (bei langen Haaren) deine Haare zusammenbindest!

**Schritt 1 - Durchführung:** Nimm ein Stück Bernstein mit der Zange auf, so dass du es fest im Griff hast und es nicht wegrutschen kann.

Nun halte den Bernstein für ca. 2 Sekunden über die Flamme. Lege das angezündete Bernsteinstück sofort in das Glas und verschließe das Glas mit dem Deckel!

**Beobachtung 1:** Was passiert, wenn der Bernstein angezündet wird?

### **Schritt 2 - Durchführung:**

Nun nimm den Deckel ab und schnuppere **vorsichtig** an dem Rauch, indem du den Rauch mit deiner Hand zur Nase wedelst! Bitte atme den Rauch nicht direkt ein!

### **Beobachtung 2:**

Beschreibe wonach der Bernsteinrauch riecht. Woran erinnert Dich der Geruch?

### **3. Hypothesen formulieren:**

Schau dir die Ergebnisse aus den Versuchen an. Was könnte Bernstein sein und woraus könnte Bernstein entstehen?

Welche Stoffe könnten im Bernstein brennbar sein?

Weißt du, wie alt der Rauch ist, den du gerade eingeatmet hast? Wie alt könnte Bernstein sein? Mache eine Schätzung:

### **Bemerkung:**

Gab es Probleme oder hat irgendetwas nicht funktioniert?

---

### **4. Klassendiskussion:**

Bitte fülle dieses Antwortfeld nach oder während der Klassendiskussion aus

**Was ist Bernstein und woraus entsteht Bernstein?**

**Wie alt ist Bernstein?**

**Warum hat der Bernstein ein unterschiedliches ‚Schwimmverhalten‘ in Leitungswasser und Salzwasser gezeigt?**

**Bernsteinworkshop \_\_\_\_\_ (Datum)**

**Station 2: Zeitvorstellung**

**Dein Name:**

**Alter / Schulklasse:**

**Welche Stationen hast du bereits gemacht:**

**Startzeit:**

**Endzeit:**

**Beschreibung:**

Kannst du dir vorstellen, wie viel 200 Millionen Jahre sind?

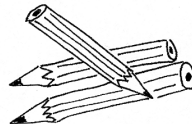
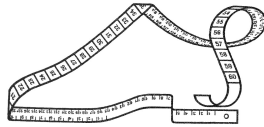
In dieser Übung geht es darum, dass du dir 200 Millionen Jahre veranschaulichst und einen Überblick über verschiedene Erdzeitalter bekommst.

**Aufgabe 1:**

Stelle mit Hilfe der dir zur Verfügung stehenden Materialien 200 Millionen Jahre dar.

**Materialien:**

Schere, Kreppband, Zollstock oder Maßband, Stifte



**Aufgabe 2:** Ordne die Karten (Zeitalter, Ereignisse, Evolution des Menschen) der jeweiligen Zeit zu.

**Aufgabe 3:** Die Erde ist 4,6 Milliarden Jahre alt. Wie könnte man das darstellen, und um wie viel müsste man deine gerade entwickelte Zeitdarstellung verändern/erweitern.

**Beobachtung:**

Was fällt dir auf, wenn du das Alter der Erde und die Ära der Dinosaurier betrachtest und du sie mit der Evolution des Menschen vergleichst?

Antwort:



Wie unterscheidet sich die Fauna des Jura und der Kreidezeit mit der des Eozäns? Was hat zu den Veränderungen geführt?

Schau dir genau die Veränderung der Erde der letzten 90 Mio. Jahre an. Wie sah Europa vor 90 und 50 Mio. Jahren aus? Wie sah Nord Amerika aus? Was hat sich, wenn du die Erde vor 90 und 50 Mio. Jahren mit der heutigen Erde vergleichst, verändert?

**Bernsteinworkshop \_\_\_\_\_ (Datum)**  
**Station 3 (bzw. 4): Was gibt es im Bernstein zu sehen?**

**Dein Name:**

**Alter / Schulklasse:**

**Materialien:** Bernstein mit eingeschlossenen Organismen; Binokular, Bestimmungskarten

**Versuchsbeschreibung:**

Im Bernstein sind viele verschiedene Pflanzen und Tiere eingeschlossen, die teilweise sehr gut und dreidimensional erhalten sind. Deine Aufgabe ist es, dir die Bernsteine anzuschauen und herauszufinden, um welche Tiere es sich bei den **Inklusen**, d.h. den eingeschlossenen Organismen, handelt. Mit dem Binokular kannst du dir den Bernstein genauer anschauen.

**Anleitung: Wie benutzt man ein Binokular?**

1. Lege den Bernstein unter die Stereolupe auf den Objektisch.
2. Richte die Lampe so auf den Bernstein aus, dass er gut beleuchtet wird.  
**ACHTUNG:** Die Metallverkleidung der Lampe wird heiß!!
3. Der Abstand zwischen den beiden Okularen lässt sich an den individuellen Augenabstand anpassen. Richte den Abstand vorsichtig so ein, dass du durch beide Okulare gleichzeitig etwas siehst und ein Bild entsteht.
4. Rechts befinden sich zwei Räder. Mit dem vorderen, kleineren Rad kannst du die Vergrößerung einstellen und mit dem hinteren Rad lässt sich das Objekt scharf stellen. Stelle das vordere Rad zunächst auf die kleinste Vergrößerung, um dir einen guten Überblick zu verschaffen.
5. Drehe so lange am Fokussierknopf, bis du ein scharfes Bild bekommst. Falls du nicht durch beide Okulare gleich scharf siehst, dann drehe vorsichtig an einem Okular.
6. Verschiebst du den Gegenstand, so musst du die Schärfe am Rad für die Höhenverstellung neu einstellen. Du kannst den Bernstein auch in die Hand nehmen und, während du ihn durch das Binokular anschaust, bewegen.
7. Probiere verschiedene Vergrößerungen aus, indem du den Vergrößerungswechsler auf die nächste Stufe drehst.



**Durchführung:**

**VORSICHT:** Die Bernsteine sind sehr wertvoll! Da sie leicht zerbrechen gehe bitte vorsichtig mit den Stücken um! Achte darauf, dass jedes Stück wieder in dasselbe Kästchen zurückgelegt wird, aus dem es entnommen wurde!

**Aufgabe 1: Bestimme die Inkluse**

Lege das Bernsteinstück mit der Inkluse (Inkluse = im Bernstein eingeschlossener Organismus) unter das Binokular und schau Dir an, was sich in dem fossilen Harz befindet.

Ordne die Inklusen deines Bernsteinstücks den Karten zu und lies Dir durch, was auf der Hinterseite steht. (Falls die Bestimmungskarte nicht ausreicht, kannst du auch den Bestimmungsschlüssel benutzen).

Auf den Tierkarten findest Du Bilder und kurze Beschreibungen von verschiedenen Arthropoden (Gliederfüßern, ein Tierstamm, der Insekten, Spinnentiere, Krebstiere und Tausendfüßer einschließt).

**Aufgabe 2: Fertige zwei wissenschaftliche Zeichnungen an**

Zeichne erst einen groben Überblick über den gesamten Bernstein und dann EINE ausgewählte Inkluse im Detail.

Hilfestellung: Siehe Folie: Wie man wissenschaftliche Zeichnungen anfertigt.

**1. Bestimmung der Inklusen:**

Bernstein Nummer:	Inkluse 1 Name:
<p>- Wie viele Beine kannst Du zählen? Achtung, die Beine können manchmal ausgerissen sein!</p> <p>- Wie viele Flügel kannst Du zählen? Achtung, die Flügel können manchmal ausgerissen sein!</p> <p>- Woran (bzw. an welchen Merkmalen) hast Du das Tier erkannt?</p> <p>- In welchem Lebensraum lebt das Tier (Umgebung, Ernährung, Temperatur etc.)?</p>	

Bernstein Nummer:	Inkluse 2 Name:
<p>- Wie viele Beine kannst Du zählen? Achtung, die Beine können manchmal ausgerissen sein!</p> <p>- Wie viele Flügel kannst Du zählen? Achtung, die Flügel können manchmal ausgerissen sein!</p> <p>- Woran (bzw. an welchen Merkmalen) hast Du das Tier erkannt?</p> <p>- In welchem Lebensraum lebt das Tier (Umgebung, Temperatur etc.)?</p>	
Bernstein Nummer:	Inkluse 3 Name:
<p>Wie viele Beine kannst Du zählen? Achtung, die Beine können manchmal ausgerissen sein!</p> <p>- Wie viele Flügel kannst Du zählen? Achtung, die Flügel können manchmal ausgerissen sein!</p> <p>- Woran (bzw. an welchen Merkmalen) hast Du das Tier erkannt?</p> <p>- In welchem Lebensraum lebt das Tier (Umgebung, Temperatur etc.)?</p>	

Bernstein Nummer:	Inkluse 4 Name:
<p>Wie viele Beine kannst Du zählen? Achtung, die Beine können manchmal ausgerissen sein!</p> <p>- Wie viele Flügel kannst Du zählen? Achtung, die Flügel können manchmal ausgerissen sein!</p> <p>- Woran (bzw. an welchen Merkmalen) hast Du das Tier erkannt?</p> <p>- In welchem Lebensraum lebt das Tier (Umgebung, Temperatur etc.)?</p>	

### **Aufgabe 3: Formuliere eine Hypothese**

<p>Fragestellung: Wie kommen die eingeschlossenen Tiere in den Bernstein? Was glaubst Du?</p> <p>Antwort:</p>
---

### **Aufgabe 4: Formuliere eine Hypothese**

<p>Die eingeschlossenen Spinnen und Insekten des Baltischen Bernsteins sind ca. 40-50 Mio. Jahre alt. Die Bestimmungskarten, mit denen Du die Bernstein-Tiere bestimmt hast, sind von heute lebenden Arten.</p> <p><u>Fragestellung:</u> Wie können wir das, was wir über heute lebende Tiere wissen, auf die fossilen Verwandten des Baltischen Bernsteins anwenden?</p> <p>Antwort:</p>
---

<b>Bernsteinworkshop _____ (Datum)</b> <b>Station 5: Wie entsteht Bernstein und wie kommen die Insekten in den Bernstein? (ca. 45 min)</b>	
<b>Dein Name:</b>	<b>Alter / Schulklasse:</b>
<b>Welche Stationen hast du bereits gemacht:</b>	
<b>Startzeit:</b>	<b>Endzeit:</b>

**Materialien:**

Arbeitsblatt mit Bildergeschichte, Schere, Kleber, Stifte

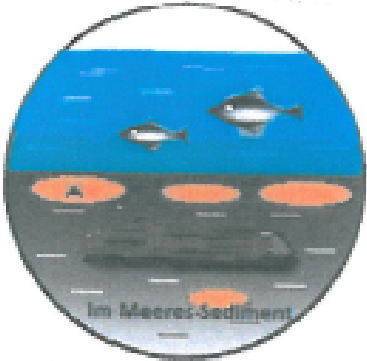
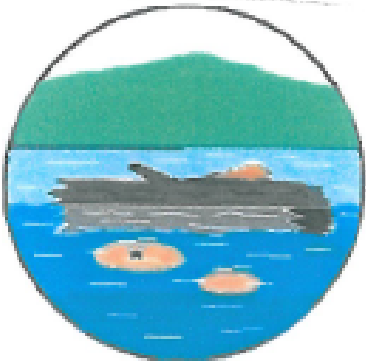
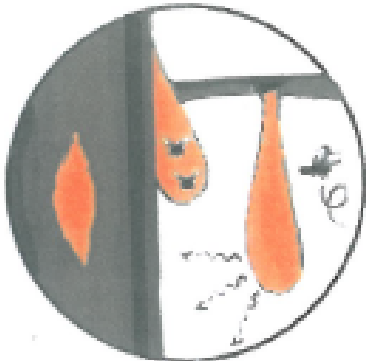
**Aufgabe 1:**

Schneide die einzelnen Bilder aus, bringe sie in die richtige Reihenfolge, nummeriere sie und klebe sie auf der nächsten Seite auf.

Schreibe zu jedem Bild einen Satz, in dem du kurz beschreibst, was passiert.

**Aufgabe 2:**

<b>Wähle <u>EINE</u> der beiden Aufgaben:</b>
<b>Text 1: Geschichte</b> Stell Dir vor, Du bist der/die Ur-Ur-Ur-Ur-Ur-Ur-...-Urenkel/in eines im Bernstein eingeschlossen Insektes. Am Lagerfeuer erzählst Du Deinen Freunden, wie es dazu kommen konnte, dass Dein Vorfahre, in Bernstein eingeschlossen wurde und heute einer Schulklasse als Studienobjekt dienen konnte. Schreibe Deine Erzählung auf.
<b>Text 2: Sachtext</b> Schreibe einen Sachtext, wie er z.B. in einem Biologiebuch stehen könnte, zum Thema „Wie Bernstein entsteht und wie Insekten in Bernstein kommen“.



**Bernsteinworkshop: 28.06.2013**

**Station 6: Evolution**

**Dein Name:**

**Alter / Schulklasse:**

**Welche Stationen hast du bereits gemacht:**

**Startzeit:**

**Endzeit:**

**Die Evolution der Wale<sup>4</sup>**



vor ca. 50 Mio. Jahren



vor ca. 40 Mio. Jahren



heute

**Aufgabe 1:**

a) Beschreibe kurz, wie sich der Wal im Laufe der letzten 50 Millionen Jahre verändert hat.

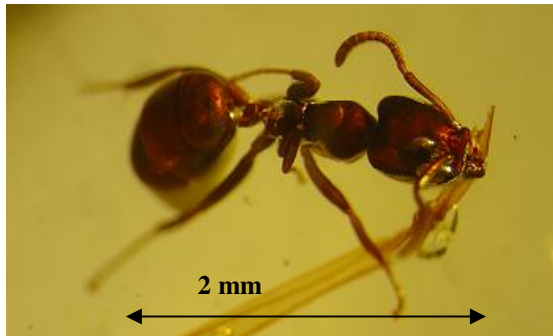
- Welche Merkmale haben sich verändert?
- Hat sich der Lebensraum verändert (Umgebung, Lebensraum etc.)?

**Antwort:**

<sup>4</sup> Abbildungen der Walevolution aus „Understanding Evolution“ (2016)



## Die Evolution der Insekten<sup>5</sup>



Ameise im Baltischen Bernstein,  
ca. 40-50 Mio. Jahre alt



heutige Ameise

### b) Nun vergleiche die Evolution der Wale mit der Evolution der Insekten:

Wie haben sich die Insekten im Laufe der letzten 50 Mio. Jahre verändert.

- Hat sich die ca. 50 Mio. Jahre alte Ameise des Baltischen Bernsteins im Hinblick auf äußerliche Merkmale auf den ersten Blick verändert, wenn Du es mit heutigen Verwandten vergleichst? Wenn ja wie?
- Hat sich der Lebensraum verändert (Umgebung und Klima)?

Antwort:

<sup>5</sup> Fotos mit freundlicher Genehmigung von Carsten GRÖHN (2016) (Ameise in Bernstein) und Richard BARTZ (2007) (rezente Roßameise *Camponotus ligniperda*).

**Aufgabe 2:**

Formuliere eine Hypothese: Wie kommt es, Deiner Meinung nach, dass sich die Evolution der Wale auf den ersten Blick scheinbar so sehr von der Evolution der Ameise unterscheidet?

*Tipp: Erwinnere Dich daran, was Du bereits über Evolution und Anpassung gelernt hast und welche Faktoren eine Rolle bei Evolution spielen.*

Antwort:

**Schülerantworten zum Prä- und Posttest**

*(Was ist Bernstein? Was wisst ihr über Bernstein?)*

	<b>Prätest (Wissen vor dem Bernsteinworkshop)</b>	<b>Kategorien</b>	<b>Posttest (Wissen nach dem Bernsteinworkshop)</b>	<b>Kategorien</b>
1	Baumharz Alt Eingeschlossene Dinge	Harz Einschlüsse	Gebildet aus Harz, getrocknet, im Meer Alt ca. 40-50 Mio Jahre Zeig die Welt, wie sie früher war.	Harz Einschlüsse 40-55 Ma Aktualismus
2	Harz von Bäumen Schließt Insekten ein Schmuck Oft an der Ostsee	Harz Einschlüsse Schmuck Meer/Ostsee	Harz härtet, fällt ins Wasser, geht ins Sediment, wird wieder freigelegt, wird am Strand angespült Ca. 55 Mio Jahre alt Kann Insekten einschließen	Harz Meer/Ostsee Wasser/Meer für Entstehung Einschlüsse Schmuck 40-55 Ma
3	-	Kein Vorwissen	Besteht aus Baumharz Ca. 40-50 Mio Jahre alt Schließt manchmal Insekten ein Wertvoll Meist am Meer/Strand gefunden	Harz 40-55 Ma Einschlüsse Wertvoll Meer/Ostsee
4	Harz von Bäumen Getrocknet (verhärtet) Bernstein geschliffen Bernsteinmuseum	Harz Getrocknet	Bernstein ist getrocknet Ist ca. 50 Mio. Jahre alt Gelb-braun Kann Inkluden haben Sehr wertvoll Hilft bei der Evolutionsforschung	Harz Getrocknet 40-55 Ma Farbe Einschlüsse Wertvoll Evolutionsforschung
5	Entsteht aus Harz Entstehung dauert sehr lange Kann Dinge einschließen	Harz Fossil/Urzeit Einschlüsse	Lässt auf die Umgebung und Tierwelt schließen Besteht aus Harz 40-50 Mio. Jahre alt Bernstein geringere Dichte als Salzwasser, höhere Dichte als Leitungswasser	Aktualismus Harz 40-55 Ma Einschlüsse Dichte
6	.-	Kein Vorwissen	Vor 55 Mio Jahren Insekten eingeschlossen durch im Wasser Eier ablegende Arten Durch Insekten kann man sagen, dass in der Nähe ein Wald mit Wasser war Harz riecht verbrannt nach Weihrauch Kann auch synthetisch hergestellt werden	40-55 Ma Einschlüsse Aktualismus Riecht beim Verbrennen Harz

			Leichter als Wasser, wenn es Salzwasser ist	
7	-	Kein Vorwissen	Bernstein ist das Harz von Bäumen, in dem auch häufig Insekten eingeschlossen sind. Bernstein ist ca. 40-50 Mio. Jahre alt. Der Bernstein kommt aus dem Baltikum und ist mit der Strömung der Gewässer nach Südeuropa gewandert	Harz Einschlüsse 40-55 Ma Meer/Ostsee
8	Orange braun Leicht durchsichtig	Farbe	Leichter als Salzwasser, schwerer als Leitungswasser „Bernsteinwald“	Farbe Bernsteinwald
9	Bernstein besteht aus Harz Bernstein kommt von an der Ostsee vor Bernstein wird oft als Schmuckstück verwendet	Harz Meer/Ostsee Schmuck	Bernstein ist ca. 40-50 Mio. Jahre alt Die Tiere, die sich im Bernstein befinden sind meistens Insekten Bernstein hat eine Dichte von ca. 1,1 g/cm <sup>3</sup>	Harz Meer/Ostsee Schmuck 40-55 Ma Einschlüsse Dichte
10	-	Kein Vorwissen	Wie entsteht Bernstein Insekten haben sich nicht verändert, Säugetiere schon 40-55 Mio. Jahre alt Schwimmt in Salzwasser (SW)	Einschlüsse 40-55 Ma Evolutionforschung Schwimmt
11	Getrocknetes Harz Wird an Stränden angespült	Harz Getrocknet	40-55 Mio. Jahre alt Hat eine geringere Dichte als Salzwasser Bernsteinwald Konservierte Tiere	Harz Getrocknet 40-55 Ma Dichte Bernsteinwald Einschlüsse
12	Getrocknetes Harz Kann Tiere oder Insekten einschließen Kann mit Phosphor aus Phosphorbomben aus dem 2. Weltkrieg (WK) verwechselt werden	Harz Getrocknet Einschlüsse	Getrocknetes Harz 40-55 Mio. Jahre alt Einschlüsse z.B. Insekten werden zur Rekonstruktion der damaligen klimatischen Bedingungen benutzt Die meisten Insekten ähneln den heutigen stark und so lässt sich anhand der Lebensräume der heutigen Insekten die klimatische Verteilung auf der Erdkugel rekonstruieren	Harz Getrocknet Einschlüsse 40-50 Ma Aktualismus
13	Getrocknetes Harz Kann Lebewesen und Pflanzen einschließen	Harz Getrocknet Einschlüsse	55 Mio Jahre alt Kommt aus Bernsteinwald Hat eine höhere Dichte als Wasser aber eine geringere als Salzwasser	40-55 Ma Bernsteinwald Dichte

14	-	Kein Vorwissen	40-50 Mio Jahre alt Bernsteinwald Konserviert alte Tiere Geringere Dichte als Salzwasser Wird gepresst	40-55 Ma Bernsteinwald Einschlüsse Dichte Druck für die Entstehung
15	Orange/braun Altes Baumharz Schmuck Hart	Farbe Harz Schmuck Getrocknet	55 Mio. Jahre alt Aus Harz Am Meer Tiere sind of innen Harz lief die Bäume runter und floss ins Meer Kann brennen Riecht beim Anzünden	Farbe Harz Schmuck getrocknet 40-55 Ma Einschlüsse Meer/Ostsee Brennbar Riecht beim Anzünden
16	Hart Harz Insekten Gelb-braun	Harz Getrocknet/ Erhärtert Einschlüsse Farbe	55 Mio. Jahre alt Kann brennen Riecht bei Erhitzung Enthält Insekten	Harz Getrocknet/ Erhärtert Einschlüsse Farbe 40-55 Ma Brennbar Einschlüsse Riecht beim Anzünden
17	Altes Baumharz Mit Insekten Gelb-braun Schmuck	Harz Einschlüsse Farbe Schmuck	55 Mio. Jahre Harz, das sich im Meeressegment abgelagert hat Zeigt die [Umgebung???] von Insekten Gibt Rückschlüsse auf die Landschaftszonen Weihrauch	Harz Einschlüsse Farbe Schmuck 40-55 Ma Meer für Entstehung Aktualismus
18	Altes Baumharz Mit Insekten Gelb-braun Schmuck	Harz Einschlüsse Farbe Schmuck	55 Mio. Jahre Harz, das sich im Meeressegment abgelagert hat Zeigt die [Umgebung???] von Insekten Gibt Rückschlüsse auf die Landschaftszonen Weihrauch	Harz Einschlüsse Farbe Schmuck 40-55 Ma Meer für Entstehung Aktualismus
19	Orange-braun Am Meer zu finden Harz Schmuck	Harz Farbe Meer/Ostsee Schmuck	Ca. 55 Mio Jahre alt Tiere sind innen Harz lief die Bäume runter und floss ins Meer Stinkt beim Anzünden	Harz Farbe Meer/Ostsee Schmuck 40-55 Ma Einschlüsse Riecht beim Anzünden

				den
20	Teuer Schmuck	Schmuck Teuer	Wie entsteht Bernstein? Aus Harz Wie alt ist Bernstein? 40-50 Mio. Jahre Bernstein schwimmt auf Salzwasser	Schmuck Teuer/wertvoll 40-55Ma Schwimmt
21	Holz Schmuck Aus Bern Bilder, Bilderrahmen Glänzt Insekten eingepresst	Schmuck Einschlüsse	50 Mio. Jahre alt Wird am Strand gefunden Früher Harz (Harz= Baumblut) Insekten/Fische eingesperrt	Schmuck Einschlüsse 40-55 Ma Meer/Ostsee Harz Einschlüsse
22	Bernstein ist aus Baumharz	Harz	[Bernstein ist cool] 30-50 Mio. Jahre alt	Harz 40-55 Ma
23	Bernstein ist aus Baumharz. Er ist oranglich. Schmuck Für Geigenbogen	Harz Farbe Schmuck	50 Mio. Jahre alt, aus Harz, Tiere sind eingeschlossen	Harz Farbe Schmuck 40-55 Ma Einschlüsse
24	Bernstein ist ein besonderer Stein aus Bern,... K.A. ( <i>Keine Ahnung</i> )	Kein Vorwissen	Bernstein ist 50 Mio. Jahre alt Bernstein besteht aus gehärtetem Baumharz Insekten und Fische	Harz Getrocknet / erhärtet 40-55 Ma Einschlüsse
25	Rot-braun Aus Baumharz Auch als Schmuck benutzt Es ist ein schöner Stein	Farbe Harz Schmuck	55 Mio Jahre alt Entsteht aus Harz Der teuerste Bernstein kostet 40.000€ (Geckokopf) Schwimmt im Meer Man kann ihn am Strand oder im Wasser finden Es sind oft Insekten im Bernstein	Farbe Harz Schmuck 40-55Ma Teuer/wertvoll Schwimmt Meer/Ostsee Einschlüsse
26	Rot-orange Getrocknetes Harz	Farbe Harz Getrocknet/ Erhärtet	Aus Harz Schwimmt im Salzwasser oben Braucht hohen Druck und keinen Sauerstoff Wasser (bz. Fluss, See) Kann kleine Tiere „einharzen“ Über Milliarden Jahre alt Bei Feuer riecht es nach Weihrauch	Farbe Harz Getrocknet / erhärtet Schwimmt Druck Wasser für Entstehung Einschlüsse Riecht beim Verbrennen
27	Braun, aus Harz, Stein	Harz Farbe Stein	Aus Baumharz, darin Insekten/Tiere 55 Mio Jahre alt Teuerster 40.000€ Schwimmt wenn Salz im	Harz Farbe Einschlüsse 40-55 Ma Teuer / wertvoll

			Wasser ist oben	schwimmt
28	Bernstein ist aus Harz Er ist lange bzw. alt und wird hart dadurch Manchmal sind auch tote Tiere im Bernstein	Harz Getrocknet/ Erhärtert Einschlüsse	40-50 Mio Jahre alt Aus Harz, muss ins Wasser etc. (genau wie er entsteht) Was alles in Bernstein drin sein kann Feindet man häufig an der Ostsee Welche Dichte Zeitstrahl	Harz Getrocknet / erhärtert Einschlüsse Dichte
29	Ist relativ teuer Ist getrocknetes Harz Ist so rot braun	Harz Getrocknet/ Erhärtert Farbe Teuer	Ist 55 Mio Jahre alt Manchmal sind Insekten drin Wenn ein Gecko eingeschlossen ist kann man Stein für 40000 verkaufen Schwimmt in einer Salzlösung Ist meistens zu finden am Strand von Salzwasser	Harz Getrocknet / erhärtert Farbe Teuer / wertvoll 40-55 Ma Einschlüsse Schwimmt Meer/Ostsee
30	Rot-braun Meistens klein Ist getrocknetes Harz Teuer	Farbe Harz Getrocknet/ Erhärtert Teuer	55 mio Jahre alt Teuerster Bernstein 20.000 In Bernstein sind Tiere und Pflanzen (meist Insekten) Bernstein findet man am Strand in Deutschland an der Nordsee Bernstein schwimmt auf Salzwasser	Farbe Harz Getrocknet / erhärtert Teuer / wertvoll Einschlüsse Meer / Ostsee Schwimmt
31	Rot-braun Besteht aus Harz Teuer Braucht lange um zu trocknen	Farbe Harz Teuer Getrocknet/ erhärtert	Bernstein ist Harz, das innerhalb von 50-60 Mio Jahren hart wurde Harz ist flüssig aber klebrig und zäh. Deshalb kann es sein, dass Tiere im Harz stecken bleiben und dann später im Bernstein stecken Kann nicht ohne Wasser entstehen	Farbe Harz Teuer / wertvoll Getrocknet / erhärtert 40-55 Ma Einschlüsse Wasser für Entstehung
32	Bernstein entsteht aus Baumharz der eingequetscht wurde für lange Zeit	Harz	Er ist 55 Mio Jahr alt Besteht aus Baumharz Tiere/Insekten können drin kleben bleiben Schwimmt im Salzwasser Kann sehr teuer sein	Harz 40-55 Ma Einschlüsse Schwimmt Teuer / wertvoll
33	-	Kein Vorwissen	55 Mio Jahre Getrocknetem Harz Es können Insekten in einem Bernstein sein	40-55 Ma Getrocknet / erhärtert

			Bernstein schwimmt im Salzwasser Man findet es meistens am Strand Leicht	Harz Einschlüsse Schwimmt Meer / Ostsee
34	Getrocknetes Harz Orange-caramelfarbig	Harz Getrocknet Farbe	Über Mio von Jahre alt Aus Harz Insekten drin Schwimmt bei viel Salzwasser oben Leicht Braucht keinen Sauerstoff Wasser (Fluss, See)	Harz Getrocknet / erhärtet Farbe  Einschlüsse Schwimmt Wasser für Entstehung
35	Rot braun, ist altes Harz vom Bäumen es gibt ein Bernsteinzimmer teuer alt	Harz Farbe Bernsteinzimmer Teuer Alt/Fossil	55 Mio Jahre alt Nah am Wasser Leicht Schwimmt im Salzwasser Sind Insekten drin Aus Harz Liegt am Strand	Harz Farbe Teuer 40-55 Ma Wasser für Entstehung Schwimmt Einschlüsse Meer / Ostsee
36	Aus Baumharz	Harz	Aus Harz Insekten verfangen sich dort drin Ca 55 Mio Jahre alt Fällt vom Baum runter und wird dann ins Meer geschwemmt fort wird es im Boden über lange Zeit gelagert bis es an den Strand gespült wird	Harz Einschlüsse 40-55 Ma Meer für Entstehung Meer / Ostsee
37	Aus Harz Orange- braun Einschlüsse, z.B. Insekten	Harz	Bernstein entsteht aus Harz. Das Harz fällt ins Wasser und wird hart. Kleine Tiere können sich im flüssigen Harz verfangen und im Bernstein eingeschlossen werden. Schwimmt nur in Salzwasser, nicht im Süßwasser 55 mio Jahre alt	Harz Meer für Entstehung Einschlüsse Schwimmt 40-55 Ma
38	Aus Baumharz	Harz	Ist aus Baumharz Baumharz tropft vom Baum ins Wasser Sinkt dort und kommt dann wieder nach oben Insekten können in Bernstein sein Seit 55 Mio Jahren entsteht Bernstein	Harz Wasser für Entstehung Einschlüsse 40-55 Ma



39	Gestein selten	Stein/Edelstein	Braun-orange 55 Mio Jahre alt Besteht aus Harz	Farbe 40-55 Ma Harz
40	Edelstein Selten	Stein/Edelstein	Braucht Druck Kann Tiere einschließen Orange Entsteht aus Harz	Druck Einschlüsse Harz Farbe
41	Harz Weiß/durchsichtig	Harz Farbe	Riecht, wenn man ihn in die flamme hält Gibt es seit ca. 55 Mio Jahren Insekten und Kleintiere sind meistens in ihm Ist karamellfarben	Riecht beim Verbrennen 40-55 Ma Einschlüsse Farbe
42	Orange-braun Fossilien	Farbe Fossil/Urzeit	Im Bernstein gibt es Insekten, kleine Tiere und Pflanzen Karamellfarben Aus Baumharz (Kiefern) Ca. 55 mio Jahr alt	Farbe Einschlüsse Harz 40-55 Ma
43	Rot/braun Aus Baumharz Auch Schmuck Eist ein schöner Stein	Farbe Harz Schmuck Stein/Edelstein	Ca 55 Mio Jahre alt Besteht aus Harz Insekten werden einge- geschlossen Bernstein mit einer wertvol- len Geckoart kostet 40.000 Es dauert lange bis der Harz ein Bernstein ist Unterwasser setzt er sich ab Es sind Insekten/spinnen drin	Farbe Harz Schmuck Einschlüsse Teuer / wertvoll Wasser für Entste- hung
44	Besteht aus altem Harz Findet man an Mee- ren	Harz Meer/Ostsee	Besteht aus Harz Findet man z.B. an der Nord- see Ist ca. 55 Mio Jahre alt Orange-rot-braun Tiere sind oft drin einge- geschlossen Lagert lange Zeit im Wasser	Harz Meer/Ostsee 40-55 Ma Farbe Einschlüsse Wasser für Entste- hung
45	Harz	Harz	Harz Wasser Zeit Sand Sehr alt Kann man als Schmuck tra- gen Sind Tiere oder Pflanzen ein- gesperrt	Harz Wasser für Entste- hung Meer/Ostsee Schmuck Einschlüsse
46	Eine Art Stein Besteht aus altem Harz Findet man im Mee- ressand	Harz Meer/Ostsee Stein/Edelstein	Aus Harz Wie kleine Tiere dort reinge- kommen sind Bernstein ist ca. 55 Mio Jahre alt Wie alt die Erde ist und wann	Harz Meer/Ostsee Einschlüsse 40-55 Ma

			was kam (Dinos, Menschen) Was im Leitungswasser/Salzwasser schwimmt	
47	Alt Können Sachen drin eingeschlossen sein Es gibt Ketten draus Aus Harz	Harz Schmuck Einschlüsse	Bernstein ist 40-50 Mio Jahre alt. Er ist aus Harz von meist Kiefern entstanden Oft in tropischen und subtropischen Gebieten An Wasser (Flüsse oder Seen) Ist getrocknet Hat über eine lange Zeit überdauert Ist kein richtiger Stein	Harz Schmuck Einschlüsse 40-55 Ma Aktualismus Getrocknet / erhärtet Kein Stein
48	-	Kein Vorwissen	Harz stinkt Schwimmt in Salzwasser Raucht 55 Mi Jahre alt Sehr teuer Braun Können viele verschiedene Tiere drin sein Kann heute am Strand oder im Salzwasser finden	Harz Riecht beim Verbrennen Schwimmt 40-55 Ma Teuer /wertvoll Farbe Einschlüsse Meer / Ostsee
49	Versteinertes Harz Karamellfarben Tiere im Bernstein eingeschlossen	Harz Farbe Versteinert Einschlüsse	Entsteht aus Harz 55 Mio Jahre alt Tiere eingeschlossen Braucht Druck und Wasser Dichte von Bernstein Ostsee, Nordsee Älter als der Mensch Mit dem Binokular Bernstein untersucht	Harz Farbe Einschlüsse Druck für Entstehung Wasser für Entstehung Dichte Meer / Ostsee
50	Orange mit Details drin	Farbe Einschlüsse	Es können Tiere enthalten sein Besteht aus Harz Damit es entstehen kann, müssen Bedingungen vorliegen: - bestimmte Bäume - Wasser - Klima Entstand vor 50 (durchgestrichen) 120 Mio. Jahren Selten Meist orange/braun Man kann es an Stränden finden Tiere drin zu finden ist selten Schwimmt auf Wasser	Farbe Einschlüsse Harz Wasser für Entstehung 40-55 Ma Farbe Meer / Ostsee Einschlüsse Schwimmt

51	Orange-braun Kristall ähnlich	Farbe Mineral/Kristall	Insekten können drin sein Verschiedene Farben, z.B. braun-orange Durchsichtig-milchig Entsteht auf Bäumen und dann im Meer Wird aus Harz gewonnen Leicht zerbrechlich Über 100 Mio. Jahre alt Brennbar Kann man an der Ostsee fin- den Sehr wertvoll	Farbe Einschlüsse Meer für Entste- hung Harz Brennbar Meer / Ostsee Teuer / wertvoll
52	Farbe: bräunlich Oft Fossilien drin enthalten Sehr alt Ist teuer Brennbar	Farbe Fossil/Urzeit Einschlüsse Teuer Brennbar	Bernstein entsteht aus Harz und ist ca. 50 Mio Jahre alt. Es kann Tiere enthalten, aber auch zu Schmuck verarbeitet werden. Es ist an der Ostsee zu finden. Außerdem ist es in mehreren Farben vorhanden. Es ist brennbar und schwimmt im Wasser. Es ist zerbrechlich und sehr wert- voll	Farbe Teuer Brennbar Harz 40-55 Ma Einschlüsse Schmuck Meer / Ostsee Schwimmt
53	Im Meer In der Erde Versteinertes Harz Braun-orange meis- tens	Harz Farbe Meer/Ostsee Erde Versteinert	Versteinertes Harz Im Meer Brennbar Seit 200 Mio Jahren Tiere passen sich an Verschiedene Farben Auch in Tropen/Subtropen	Harz Farbe Meer / Ostsee Meer für Entste- hung Brennbar
54	Braun Getrocknetes Harz Brennbar? Relativ fest Schwimmen auf dem Wasser Schmuck	Harz Getrocknet/ Erhärtet Farbe Schmuck Schwimmt	Getrocknetes Harz Weich Brennbar Schwimmt In verschiedenen Farben Bis zu 120Mio. Jahre alt Kann Insekten/Tiere ein- schließen Kommt an der Ostsee vor	Harz Getrocknet Farbe Schmuck Schwimmt Brennbar 40-55 Ma Einschlüsse Ostsee / Meer
55	Fossile (Insekten) Bräunliche Farben Teuer Alt	Fossil/Urzeit Farbe Teuer	Ist ein Harz Über 50 Mio Jahre alt Enthält meist Insekten (Fossi- lien) Manchmal etwas Milchig oder undurchsichtig, oft durchsichtig Entsteht in Tropen Findet man an der Ostsee Brennbar Schwimmt in Salzwasser	Farbe Teuer Harz 40-55 Ma Einschlüsse Ostsee / Meer Brennbar Schwimmt

56	Ist orange-braun	Farbe	Orange Innen drin sind meist Insekten Bernstein besteht aus Baumharz Es kann bis zu 50 Mio. Jahre dauern Ein Bernstein kostet 200.000€ (mit Gecko Kopf) Kann man am Strand finden Brennbar Schwerster [Bernstein] 10 kg	Farbe Einschlüsse Harz 40-55 Ma Teuer / wertvoll Meer / Ostsee Brennbar
57	Keine Ahnung	Kein Vorwissen	Tiere drin sein Manche sehr teuer Viele Bedingungen (Meer) Baumharz Meist orange-braun Selten Ältester 120 Mio. Jahre alt Brennbar Schwimmt auf Wasser Oft an der Ostsee (Strand)	Einschlüsse Teuer / wervoll Meer für Entstehung Harz Farbe 40-55 Ma Brennbar Schwimmt Ostsee / Meer
58	Braun/orange Brennbar Getrocknetes Baumharz Ostsee Schwimmt Bisstest: weich, nicht wie Stein Schmuck	Harz Farbe Brennbar Getrocknet/ Erhärtet	Bernstein ist ein Harz welches über 50 Mio Jahre Tiere oder eher gesagt Insekten in sich verschließen kann. Es ist braun und je nach Sorte durchsichtig oder milchig. Es entstand aus ehemals tropischen oder subtropischen Bäumen	Harz Farbe Brennbar Getrocknet 40-55 Ma Einschlüsse [Bernsteinwald]
59	Orange-braun Rohstoff Aus Mineralien Aus Baumharz?	Harz Farbe Rohstoff Mineral/Kristall	Goldbraun, orange Farbe Besteht aus Baumharz Tiere können eingeschlossen sein Ältester Bernstein 120 Mio. Jahre Wertvollster Bernstein 200.000€ (Gecko Kopf) Schwerster Bernstein 10 kg Normale Bernstein 40-50 Jahre Vorkommen am häufigsten an der Ostsee Brennbar Insekten sehen fast genauso aus wie früher Bernsteine werden meist von Gewittern an die Ostsee angespült	Harz Farbe Einschlüsse 50-55 Ma Teuer / wertvoll Ostsee / Meer Brennbar Evolutionforschung
60	Im Meer Erde	Meer/Ostsee Farbe	Ist brennbar Farbe: bräun-	Meer / Ostsee Farbe

	Wird zu Ketten, Armbändern und Ringen verarbeitet Verschiedene Farben Rohstoff	Erde Schmuck Rohstoff	lich/orange/milchig Vorkommen: Ostsee (Bayrischer Bernstein) Alter: 50-120 Mio. Jahre Besteht aus Harz Eigentlich kein echter Stein Enthält ab und zu Tiere	Schmuck 40-55 Ma Harz Einschlüsse
61	Meer Goldgelb Kann schwimmen Harz Versteinierung Brennbar Tiereinschlüsse Urzeit Teuer Schmuckindustrie Bernsteinzimmer	Harz Meer/Ostsee Farbe Schwimmt Brennbar Einschlüsse Urzeit/Fossil Teuer Schmuck Bernsteinzimmer	Entstehung: In Bernsteinwäldern; Meer Seit 200 Mio. Jahren Tiere mit geringer Lebens[xxx] passen sich nicht an verschiedene [xx] – <i>unleserlich!</i>	Harz Meer / Ostsee Farbe Schwimmt Brennbar Einschlüsse Teuer / wertvoll Bernsteinwald Meer für Entstehung
62	Normaler Stein. Erst durch das Meer wird er zu Bernstein 1,7 Mio Jahre alt schätze ich	Stein Meer/Ostsee Fossil/Urzeit	Insekten verfangen sich im Harz und werden darin gefangen; Harz tropft ins Meer; Versteinierung zu Bernstein dauert 50 Mio. Jahre; wird am Strand gefunden	Meer / Ostsee Einschlüsse Harz 40-55 Ma
63	Bernstein entsteht aus erhärtetem Baumharz 6 Mio Jahre alt	Harz	Bernstein ist 2-120 Mio. Jahre alt. Er ist versteinertes Baumharz. Der Jüngere Bernstein ist noch weich. Der ältere ist hart. Da Baumharz ursprünglich zähflüssig und klebrig war konnten sich kleinere Tiere in ihm verfangen. Diese Tiere wurden dann mit versteinert.	Harz 40-55 Ma Einschlüsse erhärtet
64	Bernstein ist Harz, das versteinert ist, dieser Vorgang dauert Jahrmillionen 4-200 Mio Jahre alt	Harz versteinert Fossil/Urzeit	Insekt verfangt sich im Baumharz, gelangt in einen Fluss und dann ins Meer; Mit der Zeit lagerten immer sich mehr Sedimente auf diesen Harz und nach einigen Jahrmillionen wurde das Harz zu Bernstein;	Harz Einschlüsse Meer für Entstehung
65	Bernstein ist Baumharz 4-10 Mio Jahre alt	Harz Fossil/Urzeit	Insekt wird in Harz eingeschlossen; Harz tropft in einen Fluss und wird dann ins Meer geschwemmt, wo es von Sediment überlagert wird; 100 m Tiefe, doch dann kam ein anderes Meer und schwemmt den Bernstein wieder an die Oberfläche	Harz Einschlüsse Meer für Entstehung

66	Sie sind im Meer entstanden Ca 55 Mio Jahr alt	Meer/Ostsee Fossil/Urzeit	Insekten verfangen sich im Harz und werden darin gefangen; Harz tropft ins Meer; Versteinierung zu Bernstein dauert 50 Mio. Jahre; wird am Strand gefunden	Meer / Ostsee Einschlüsse Harz 40-55 Ma
----	--	---------------------------	--	---

### Auswertung Station 1: Schülerantworten aus den Stationsportfolios

**Vermutung nach dem ersten Versuch: Woran könnte es liegen, dass manche Gegenstände im Salzwasser schwimmen, im Leitungswasser jedoch nicht?**

Schülerantworten wurden in Kategorien unterteilt:

0. Falsche oder unklare Antwort
1. Hat etwas mit Salz zu tun(1) – implizierte Nennung des Faktors Salz
2. Hat etwas mit Dichte zu tun
3. Dichte ändert sich (Salzwasser hat höhere Dichte, als Leitungswasser)
4. Ausführliche Antwort (Dichteverhältnisse Bernstein, Leitungswasser, Salzwasser)

Nr.	Kürzel	Schülerantwort	Kategorie
1	(28.06.) 1/m/8	Da Salzwasser eine höhere Dichte hat, als Leitungswasser.	1,2,3
2	2/m/8	Salzwasser hat eine höhere Dichte als Leitungswasser.	1,2,3
3	3/m/8	Daran, dass das Salzwasser eine größere Dichte hat (größer als Bernstein) und alles was eine kleinere Dichte als Wasser hat schwimmt drauf.	1,2,3,4
4	4/m/8	Salzwasser hat eine höhere Dichte als Wasser.	1,2,3
5	5/m/8.	Das Wasser hat mit Salz eine höhere Dichte, es wird als mehr Wasser verdrängt.	1,2,3
6	6/m/9	Die Dichte des Wassers ändert sich.	1,2,3
7	7/w/9	Die Dichte des Wassers wird durch das Salz erhöht und die Dichte des Holzes und des Bernsteins ist nun geringer als die des Wassers.	1,2,3,4
8	8/w/9	Die Dichte des Wassers wird durch das Salz größer, und der Bernstein kann schwimmen.	1,2,3,4
9	9/m/8	Das Salz erhöht die Tragfähigkeit.	1
10	10/w/8	Das Salz erhöht die Tragfähigkeit des Steins.	1
11	11/w/7	Das Salz erhöht die Tragfähigkeit des Wassers.	1
12	12/m/7	Salz- schwimmt	1
13	13/m/8	Station nicht bearbeitet	X
14	14/m/9	Station nicht bearbeitet	X
15	15/m/9	Station nicht bearbeitet	X
16	16/m/9	Station nicht bearbeitet	X
17	17/m/8	Sobald sich das Salz im Wasser aufgelöst hat, ist die Dichte vom Salzwasser höher als die des Bernsteins.	1,2,3,4

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 1

18	18/w/8	Die Dichte des Wassers ist mit Wasser [Salz] höher als ohne. Deshalb schwimmt der Bernstein dann, weil er eine geringere Dichte hat.	1,2,3,4
19	19/w/8	Die Dichte ist höher, wenn Salz im Wasser ist, darum schwimmt der Bernstein, weil er eine geringere Dichte hat.	1,2,3,4
20	20/w/8	Die Dichte ist im Salzwasser höher als im Leitungswasser.	1,2,3
21	21/m/8	Durch das Salz bekommt das Wasser eine höhere Dichte.	1,2,3
22	22/w/8	Durch das Salz bekommt das Wasser eine höhere Dichte.	1,2,3
23	23/w/8	Durch das Salz bekommt das Wasser eine höhere Dichte.	1,2,3
24	24/m/8	Durch das Salz bekommt das Wasser eine höhere Dichte.	1,2,3
25	25/w/8	Dichte des [Salz?]Wassers steigt, und der Bernstein hat nur eine kleinere Dichte als [Salz?]Wasser.	1,2,3,4?
26	26/w/7	Hat mit der Dichte zu tun.	2
27	27/m/7	Der Stein hat eine zu hohe Dichte, deshalb schwimmt er nicht. Die anderen Sachen [haben] eine zu niedrige Dichte.	0 (2)
28	28/m/7	Die Dichte des Wassers ist wichtig. Von Leitungswasser ist die Dichte 1 und mit dem Salz ist ca. 2.	1,2,3
29	29/m/7	Die Dichte des Leitungswassers und Salz ist kleiner als die vom Bernstein.	0 (1,2)
30	30/m/7	Station nicht bearbeitet.	X
31	31/w/7	Station nicht bearbeitet.	X
32	32/w/7	Station nicht bearbeitet.	X
33	33/w/7	Station nicht bearbeitet.	X
34	34/w/7	Station nicht bearbeitet.	X
35	35/m/7	Dichte	2
36	36/m/7	Weil das Salz leichter ist.	0 (1)
37	37/m/7	Aufgabe nicht beantwortet.	X
38	38/w/7	Aufgabe nicht beantwortet.	X
39	39/w/7	Die Dichte vom Wasser steigt durch das Salz.	1,2,3
40	40/w/7	Es liegt an dem Salz!	1
41	41/m/7	Aufgabe nicht beantwortet.	X
42	42/m/7	Die Dichte des Salzwassers ist niedriger als der Bernstein.	0
43	43/w/7	Dichte ändert sich.	2
44	44/w/7	Wegen Salz ist die Dichte des Wassers höher und der Bernstein sinkt nicht mehr.	1,2,3,4

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 1

45	45/w/7	Weil sich die Dichte verändert.	(1),2,3
46	46/w/7	Weil sich die Dichte verändert.	(1),2,3
47	47/w/7	Vielleicht wegen dem Salzgehalt.	1
48	48/w/7	Wegen dem Salzgehalt.	1
49	49/w/7	Aufgabe nicht bearbeitet.	X
50	50/w/7	Weil Salzwasser trägt.	1
51	51/w/7	Weil Salzwasser treibt und Wasser nicht so dolle, und die Steine sind schwer. [Bemerkung: Bernstein als Stein interpretiert, wie das Ankreuzverhalten aufweist]	1
52	52/w/8	Der Dichtegehalt der Salzwasserlösung ist höher als die des Gegenstandes.	1,2,3
53	53/m/8	Der Dichtegehalt der Salzwasserlösung ist höher als die des Gegenstandes.	1,2,3
54	54/w/8	Der Dichtegehalt der Salzwasserlösung ist höher als die des Gegenstandes.	1,2,3
55	55/w/8	Der Dichtegehalt der Salzwasserlösung ist höher als die des Gegenstandes.	1,2,3
56	56/w/8	Die erhöhte Dichte.	(1),2,3
57	57/m/7	Die erhöhte Dichte.	(1),2,3
58	58/m/7	Die erhöhte Dichte.	(1)2,3
59	59/m/7	Salzwasser hat eine höhere Dichte.	1,2,3
60	60/m/9	Wegen der Dichte.	2
61	61/w/7	Andere Dichte.	2
62	62/w/7	Nicht beantwortet.	X
63	63/w/7	Wegen der vermehrten Dichte.	2
64	64/m/8	Weil das Salzwasser eine höhere Dichte als Leitungswasser hat.	1,2,3
65	65/m/8	Salzwasser hat eine höhere Dichte als Leitungswasser.	1,2,3
66	66/m/8	Salzwasser hat eine höhere Dichte als Leitungswasser.	1,2,3
67	67/m/8	Salzwasser hat eine höhere Dichte als Leitungswasser.	1,2,3
68	68/m/8	Die Oberflächenspannung bzw. die Dichte des Wassers werden erhöht.	(1),2,3
69	69/m/8	Da die Dichte von Wasser mit Salz zunimmt.	1,2,3
70	70/w/9	An der Dichte (Salzwasser hat geringere Dichte).	0 (1,2)
71	71/m/9	Das Salzwasser hat eine niedrigere Dichte als Bernstein.	0 (1,2)



<b>Die folgenden Schüler(-Gruppen) haben Station 1 nicht bearbeitet, werden hier aber dennoch erwähnt, um ihnen das anonymisierte Kürzel zuzuteilen</b>		
72	72/m/6	
73	73/m/6	
74	74/m/6	
75	75/m/7	
76	76/m/7	
77	77/m/10	
78	78/m/10	
79	79/m/10	
80	80/m/10	
81	81/m/10	
82	82/m/10	
83	83/m/10	
84	84/w/10	
85	85/m/10	
86	86/m/10	
87	87/w/10	
88	88/w/10	

**Auswertung Station 2: Schülerantworten aus den Stationsportfolios:**

**Schülerantwort auf die Fragestellung: „Was fällt dir auf, wenn du das Alter der Erde und die Ära der Dinosaurier betrachtest und du sie mit der Evolution des Menschen vergleichst?“**

**Kategorien der Schülerantworten:**

1. Explizite Erwähnung, dass Menschenära in der Erdgeschichte nur einen Bruchteil der Dinosaurierära einnimmt (affektiv).
2. Vergleich von Zeitspannen ohne (explizit) affektiven Bezug
3. Alter: Dinosaurier sind alte Spezies, Menschen junge
4. Ausgestorben/rezent: Dinosaurier sind ausgestorben, Menschen leben noch
5. Zeitdimension: Dinosaurierära ist nicht lange her
6. Evolution und Entwicklung: z.B. Menschen entwickelten sich schneller / besser
7. Frage nicht oder missverständlich beantwortet (unbrauchbar für Evaluation)

Anonym. Kürzel	Transkribierte Antwort aus Stationsportfolio	Einzelanalyse	Generalisierende Analyse (Kategorienbildung)
1/m/8	Die Menschen nehmen nur einen Bruchteil des Zeitstrahls ein, wohingegen die Dinosaurier den Rest ausfüllen.	Menschenära nimmt in der Erdgeschichte nur einen Bruchteil der Dinosaurierära ein „Bruchteil“ – affektiver Marker	1 Explizite Erwähnung (affektiv)
2/m/8	Der Mensch hat die mit großem Abstand kleinste Zeitspanne. Danach die Dinosaurier.	Menschenära nimmt in der Erdgeschichte nur einen Bruchteil der Dinosaurierära „Mit großem Abstand“ - affektiver Marker	1 Explizite Erwähnung
3/m/8	Die Dinosaurier sind sehr viel länger da.	Die Dinosaurierära hat länger angedauert, als die Menschenära	2 Vergleich
4/m/8	Die Erde hat am längsten ge***, die Dinosaurier **: Der Mensch existiert seid kurzem. (unleserlich)	Die Dinosaurierära hat länger angedauert, als die Menschenära	2 Vergleich
5/m/8	Dinosaurier: ausgestorben Menschen: leben noch Menschen kamen nach Dinosaurier		4 Ausgestorben/rezent
6/m/8	Ära der Dinosaurier etwa 140 Mio Jahre, Menschenära winzig	„winzig“ – affektiver Marker	1 Explizite Erwähnung
7/w/8	Dinosaurier sind alle gestorben aber sie waren sehr sehr lange da. Im Gegensatz zur Erde oder den Dinosauriern ist die Ära des Menschen unglaublich kurz.	„Gestorben“, „sehr sehr lange“, „unglaublich“ – affektiver Marker	1 Explizite Erwähnung
8/w/8	Die Dinosaurier lebten vor 201 Mio Jahren bis vor 66 Mio Jahren. Die Erde ist 4.6 Milliarden Jahre alt und der Mensch erst 4,2 Mio Jahre alt.	Die Dinosaurierära hat länger angedauert, als die Menschenära	2 Vergleich
9/m/7	Die Dinosaurier sind eine ältere Spezies	3 Dinosaurier sind alte Spezies, Menschen junge	3 Alter

	201-145-66 Mio. Jahre Die Menschen sind eine relative junge Spezies.		
10/w/7	Die Dinosaurier sind schon sehr alt. Die Menschen sind eine relativ junge Spezies.	3 Dinosaurier sind alte Spezies, Menschen junge	3 Alter
11/w/7	Die Dinos sind eine ältere Spezies 201-143-66 Mio Jahre Die Menschen sind eine relativ junge Spezies	3 Dinosaurier sind alte Spezies, Menschen junge	3 Alter
12/m/7	Sie ist älter. Die Menschen sind relativ jung.	3 Dinosaurier sind alte Spezies, Menschen junge	3 Alter
13/m/8	Sie besteht über einen längeren Zeitraum.	Die Dinosaurierära hat länger ange dauert, als die Menschenära	2 Vergleich
14/m/8	Keine Dinos mehr. Meteoriteneinschlag.	4 Dinosaurier sind ausgestorben (Menschen leben noch).	4 Ausgestorben/rezent
15/m/8	Sie besteht über einen viel längeren Zeitraum.	Die Dinosaurierära hat länger ange dauert, als die Menschenära	2 Vergleich
16/m/8	Die Ära der Dinosaurier ist kürzer als das Erdzeitalter aber länger als die Ära des Menschen. Säugetiere statt Dinos. ( <i>Zeichnung eingefügt</i> )	Die Dinosaurierära hat länger ange dauert, als die Menschenära	2 Vergleich
17/m/8			
18/w/8			
19/w/8			
20/w/8			
21/m/8	Die Dinosaurier sind ausgestorben, Menschen leben noch, Menschen kamen nach den Dinosauriern	Dinosaurier sind ausgestorben, Menschen leben noch	4. Ausgestorben/rezent
21/w/8	Die Dinosaurier sind ausgestorben, Menschen leben noch, Menschen kamen nach den Dinosauriern	Dinosaurier sind ausgestorben, Menschen leben noch	4 Ausgestorben/rezent
22/w/8	Dinosaurier – ausgestorben Menschen – leben noch Menschen kamen nach den Dinosauriern	Dinosaurier sind ausgestorben, Menschen leben noch	4 Ausgestorben/rezent
23/m/8	Die Geschichte der Menschen ist nur ein Bruchteil der Geschichte der Dinosaurier	„Bruchteil“ – affektiver Marker	1 Explizite Erwähnung
24/w/8		Nicht beantwortet	7
27/m/7	Es gibt sie [Dinosaurier] schon länger als den Menschen.	Die Dinosaurierära hat länger ange dauert, als die Menschenära. Dinosaurier sind älter, als	2. Vergleich 3. Alter

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 2

		Menschen	
28/m/7	Menschen haben eine längere Entwicklung	Missverständlich (Evolutionsgedanke: Menschen entwickeln sich langsamer?)	7
29/m/7	Menschen haben eine längere Entwicklung	Missverständlich (Evolutionsgedanke: Menschen entwickeln sich langsamer?)	7
30/m/7	Dinos gab es, als es noch keine Menschen gab.	Dinosaurier sind alte Spezies, die vor dem Menschen gelebt haben.	3 Alter 4 Ausgestorben/rezent
31/w/7	Die Dinosaurier waren viel länger auf der Erde, als die Menschen.	Die Dinosaurierära hat länger ange dauert, als die Menschenära	2 Vergleich
32/w/7	Die Dinosaurier gibt es viel länger als die Menschen	Die Dinosaurierära hat länger ange dauert, als die Menschenära	2 Vergleich
33/w/7	Die Dinosaurier gab es viel länger als die Menschen. Die Dinos gab es als erstes.	Die Dinosaurierära hat länger ange dauert, als die Menschenära	2 Vergleich
34/w/7	Die Dinosaurier gibt es viel länger als die Menschen.	Die Dinosaurierära hat länger ange dauert, als die Menschenära	2 Vergleich
35/m/7	Da es die Erde schon ziemlich lange gibt aber die Besiedlung der Zeit von Lebewesen nicht so lange ist.	Verhältnis von Erde zu Lebewesen	5 Zeitdimension
36/m/7	Die Welt war früher viel langweiliger und seitdem es Menschen gibt wird bebaut zu Leben.		7
37/m/7	Die Dinosaurier haben zwar länger [gelebt] aber die Menschen haben sich besser Entwickelt.	Dinosaurier lebten länger als Menschen Menschen entwickelten sich besser	2 Vergleich 6 Evolution
38/w/7	Aufgabe nicht bearbeitet		7
39/w/7	Aufgabe nicht bearbeitet		7
40/w/7	Aufgabe nicht bearbeitet		7
41/m/7	Die Dinos sind länger auf der Erde aber die Menschen sind Fortschrittlicher.	Dinosaurier lebten länger als Menschen Menschen entwickelten sich besser	2 Vergleich 6 Evolution
42/m/7	Sie gibt es länger als uns.	Dinosaurier lebten länger als Menschen	2 Vergleich
43/w/7	Die Menschen leben erst seit 1,8 Millionen Jahren und die Dinos lebten 135 Mio. Jahre.	Dinosaurier lebten länger als Menschen	2 Vergleich
44/w/7	Die Dinos haben sehr lange gelebt im Gegensatz zu den Menschen.	Die Dinosaurierära hat länger ange dauert, als die Menschenära	2 Vergleich
45/w/7	Im Gegensatz zum Menschen lebten die Dinos lange!	Die Dinosaurierära hat länger ange dauert, als die Menschenära	2 Vergleich

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 2

46/w/7	Die Dinosaurier haben sehr lange gelebt im Gegensatz zu den Menschen.	Die Dinosaurierära hat länger ange dauert, als die Menschenära	2 Vergleich
47/w/7	Sie lebten 64 Mio. Jahre vor dem ersten menschlichen Affen. 3.8 Mio. Jahre dauerte die Entwicklung vom Affen zum richtigen Menschen.	Die Dinosaurierära hat länger ange dauert, als die Menschenära	2 Vergleich
48/w/7	Sie lebten 64 Mio. Jahre vor den ersten menschlichen Affen. Die Entwicklung der Menschen 3.8. Mio. Jahren.	Die Dinosaurierära hat länger ange dauert, als die Menschenära	2 Vergleich
49/w/7	Die Dinosaurier lebten 64 Millionen Jahre vor dem ersten menschlichen Affen. 3.8 Mio. Jahre dauerte die Entwicklung vom Affen zum richtigen Menschen.	Die Dinosaurierära hat länger ange dauert, als die Menschenära	2 Vergleich
50/w/7	Die Dinosaurier lebten 64 Mio. Jahre vor dem ersten menschlichen Affen. Entwicklung der Menschen vor 3.8 Mio. Jahren.	Die Dinosaurierära hat länger ange dauert, als die Menschenära	2 Vergleich
51/w/7	Lebten 64 Mio. Jahre vor dem 1. menschlichen Affen. Die Entwicklung der Menschen 3,8 Mio. Jahre.	Die Dinosaurierära hat länger ange dauert, als die Menschenära	2 Vergleich
52/w/8	Station nicht bearbeitet		
53/m/8	Station nicht bearbeitet		
54/w/8	Station nicht bearbeitet		
55/w/8	Station nicht bearbeitet		
56/w/8	Dass die Dinosaurier gar nicht so lange her sind.	Dinosaurierära ist, im Vergleich zur Erdgeschichte, nicht so lange her. Mensch lebt noch nicht so lange.	5 Zeitdimension 3 Alter
57/m/7	Dass die Dinosaurier gar nicht so lange her sind	Dinosaurierära ist, im Vergleich zur Erdgeschichte, nicht so lange her. Mensch lebt noch nicht so lange.	5 Zeitdimension 3 Alter
58/m/7	Dass die Dinosaurier gar nicht so lange her sind	Dinosaurierära ist, im Vergleich zur Erdgeschichte, nicht so lange her. Mensch lebt noch nicht so lange.	5 Zeitdimension 3 Alter
59/m/7	Menschen gibt es ganz kurz, die Dinosaurier leben vor gar nicht langer Zeit.	Dinosaurierära ist, im Vergleich zur Erdgeschichte, nicht so lange her. Mensch lebt noch nicht so lange.	5 Zeitdimension 3 Alter

60/m/9	Die Menschen haben sich relativ schnell entwickelt. Die Dinosaurier starben aus. Die Erde lebt noch. Es finden Veränderungen statt – die Kontinente verschieben sich.	Menschen entwickelten sich schnell. Dinosaurier starben aus.	4. Ausgestorben/rezent 6 Evolution
61/w/7	Die Menschen haben sich relativ schnell entwickelt. Die Dinosaurier starben aus. Die Erde lebt noch. Es finden Veränderungen statt – die Kontinente verschieben sich.	Menschen entwickelten sich schnell. Dinosaurier starben aus.	4. Ausgestorben/rezent 6 Evolution
62/w/7	Die Menschen haben sich relativ schnell entwickelt. Die Dinosaurier starben aus. Die Erde lebt noch. Es finden Veränderungen statt – die Kontinente verschieben sich.	Menschen entwickelten sich schnell. Dinosaurier starben aus.	4. Ausgestorben/rezent 6 Evolution
63/w/7	Die Menschen haben sich relativ schnell entwickelt. Die Dinosaurier starben aus. Die Erde lebt noch. Es finden Veränderungen statt – die Kontinente verschieben sich.	Menschen entwickelten sich schnell. Dinosaurier starben aus.	4. Ausgestorben/rezent 6 Evolution
64/m/8	Keine Antwort	Keine Antwort	7
65/m/8	Wenn die Zeitleiste 46m lang wäre, würde die Evolution [des Menschen?] erst bei 45,958 m beginnen, und der moderne Mensch erst bei 45,9996m entstehen.		7
66/m/8	Wenn die Zeitleiste 46m lang wäre, würde die Evolution [des Menschen?] erst bei 45,958 m beginnen, und der moderne Mensch erst bei 45,9996m entstehen.		7
67/m/8	Wenn die Zeitleiste 46m lang wäre, würde die Evolution [des Menschen?] erst bei 45,958 m beginnen, und der moderne Mensch erst bei 45,9996m entstehen.		7
68/m/8	Die Dinosaurier haben viel länger gelebt, als die Menschen und sich dabei weniger entwickelt.	Dinosaurier haben länger gelebt, als Menschen. Dinosaurier entwickelten sich weniger, als Menschen.	2 Vergleich 6 Evolution und Entwicklung
69/m/8	Die Dinosaurier lebten schon 3/10 Die Menschen 1/10	inhaltlich missverständlich, Vergleich zeitlich falsch	2 7 Vergleich, aber inhaltlich missverständlich ausgedrückt
70/w/9	Die Menschen leben 1/10 lang bisher, die Dinosaurier haben 3/10 gelebt (auf die 200 Mio Jahre bezogen)	inhaltlich missverständlich, Vergleich zeitlich falsch	2 7 Vergleich, aber inhaltlich missverständlich ausgedrückt
71/m/9	Die Menschen leben 1/10 lang bisher, die Dinosaurier haben 3/10 gelebt (auf die 200 Mio Jahre bezogen)	inhaltlich missverständlich, Vergleich zeitlich falsch	2 7 Vergleich, aber inhaltlich missverständlich ausgedrückt

77/m/10	<u>Erde</u> : ab 4,6 Mio. Jahre starke Veränderungen <u>Dinos</u> : ab 200 Mio. Jahren starben vor 66 Mio J. aus <u>Mensche</u> : ab 4,2 Mio. Jahren bis heute		2 Vergleich
78/m/10	Erde: ab 4,6 Mill. Jahren wandelt sich stetig. Dinos: Von 200 Mio – 66 Mio Jahre (134 Mio Jahre) Menschen: ab 4,2 Mio Jahre beginnt der Evolution zum heutigen Menschen		2 Vergleich
79/m/10	Erde ist älter als die Ära der Dinosaurier.		7
80/m/10	Die Erde ist um 4,4, Mill. Jahre älter als die Ära der Dinosaurier.		7
81/m/10	Die Erde ist älter als die Dinos.		7
82/m/10	Die Erde ist 4,7 Milliarden Jahre alt, die Ära der Dinosaurier war viel kürzer (max. 200 Mio. Jahre) und die Menschen sind momentan das modernste und sind noch nicht einmal 1 Mio. Jahre alt.		2 Vergleich
83/m/10	Dinosaurier: ab 200 Mio. Jahren; starben vor 66 Mio. Jahren Menschen: ab 4.2 Mio. Jahren, leben noch immer		2 Vergleich 4 Ausgestorben/rezent
84/w/10	Die Dinosaurier und die Menschen sind nur ein ganz kleiner Teil der Erdgeschichte	„ganz kleiner Teil“ – affektiver Marker	1 Explizite Erwähnung, bezogen auf Erdgeschichte
85/m/10	Die Evolution [der Menschen?] und die Ära der Dinosaurier sind nur ein Wimpernschlag der Erdgeschichte.	„Wimpernschlag“ – affektiver Marker	1 Explizite Erwähnung, bezogen auf Erdgeschichte
86/m/10	Die Dinosaurier und die Menschen bzw. die Evolution des Menschen ist nur ein „Wimpernschlag“ der Erdgeschichte.	„Wimpernschlag“ – affektiver Marker	1 Explizite Erwähnung, bezogen auf die Erdgeschichte
87/w/10	Die Veränderung der Erde und der Ära der Dinosaurier dauerte länger, als die Evolution des Menschen.		2 Vergleich

88/w/10	Die Veränderung der Erde und der Ära der Dinosaurier dauerte viel länger als die Evolution des Menschen		2 Vergleich
---------	---	--	-------------

**Hypothese zur Kontinentalverschiebung**

**Aufgabenstellung:** *Schau dir genau die Veränderung der Erde der letzten 90 Mio. Jahre an. Wie sah Europa vor 90 und 50 Mio. Jahren aus? Wie sah Nord Amerika aus? Was hat sich, wenn du die Erde vor 90 und 50 Mio. Jahren mit der heutigen Erde vergleichst, verändert?*

		Station 2	Kategorie
1	(28.06.) 1/m/8	Die Pole sind noch nicht weiß. Nordamerika ist vor 90 Mio. Jahren noch in 3 Platten aufgeteilt. Erst vor 50 Mio. Jahren ist Amerika ein Kontinent geworden.	Beschreibend Kontinentalkonstellation verändert
2	2/m/8	X	
3	3/m/8	Der Südpol war nicht mit Eis bedeckt. Amerika war in mehrere Kontinente aufgeteilt.	Beschreibend Amerika in mehrere Kontinente aufgeteilt
4	4/m/8	Der Südpol.	Bildung des Südpols
5	5/m/8.	Die Kontinente stießen nicht zusammen, heute stoßen sie zusammen.	Kontinentalkonstellation verändert
6	6/m/9	Europa war größtenteils überspült von Meeren. Erde bestand aus vielen kleinen Inseln und einer großen. Nordamerika war gedrittelt. (kleine Zeichnung eingefügt).	Beschreibend
7	7/w/9	Europa bestand fast nur aus Inseln, die allmählich größer werden und aneinander wachsen. 90 Mio- 3 große Teile 50 Mio. ein ganzes Stück aus den 3 Teilen 0 Mio – ein großes Stück und oberer Teil sind jetzt mehr Inseln	Beschreibend Kontinentalkonstellation verändert Europa vergrößert
8	8/w/9	Vor 90 Mio Jahren war Europa eine Insel. 40 Mio Jahre später hat sie sich noch vergrößert. Amerika war vor 90 Mio Jahren in drei Teile geteilt. Vor 50 Mio Jahren haben sie sich zusammengeschoben.	Kontinentalkonstellation verändert Europa vergrößert
9	9/m/8	Früher hingen alle Erdteile zusammen, die Erdplatten sind auseinandergedriftet. Nordamerika hat sich losgelöst und die weiteste Strecke zurückgelegt. Durch die Verschiebung gibt es unterschiedliche Landschaftszonen.	Kontinentaldrift Bildung von Landschaftszonen
10	10/w/8	Europa: früher: alles zusammen Heute: getrennt Nord-Amerika: losgelöst nach links Durch die Verschiebung gibt es unterschiedliche Landschaftszonen.	Kontinentalverschiebung Bildung von Landschaftszonen
11	11/w/7	Europa Früher alles zusammen, heute auseinandergedriftet Nord Amerika	Kontinentaldrift Bildung von Landschaftszonen



ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 2

		Ausgelöst und nach links (weiteste Strecke) Durch die Verschiebungen gibt es unterschiedliche Landschaftszonen	
12	12/m/7	Früher waren die Erdplatten zusammen und heute sind sie voneinander getrennt.	Kontinentalplatten verändert
13	13/m/8	Es gab noch kein Amerika. Jetzt gibt es Amerika	Damals gab es kein Amerika, heute schon
14	14/m/9	Europa und Asien lagen auseinander. Die Antarktis war größer und eislos.	Beschreibend Kontinente verändern sich (Eurasien) Antarktis eislos
15	15/m/9	Europa und Asien sind zusammengewachsen. Die Antarktis verkleinerte sich.	Kontinente verändern sich (Eurasien) Antarktis verkleinert
16	16/m/9	Europa und Asien lagen weiter auseinander, Amerika war zerstückelt.	Kontinente verändern sich (Eurasien)
17	21/m/8	x	
18	22/w/8	Europa vor 90 Mio Jahren: viele verschiedene Teile; 50 Mio: viele verschiedene Teile, näher aneinander Nord Amerika: 90 Mio. 3 große Teile 50 Mio: 1 Teil Die Kontinente haben sich zusammengefügt, heute stoßen sie sich ab.	Genaue Beschreibung Kontinentalplatten verändern sich Kontinente stoßen sich ab
19	23/w/8	Europa vor 90 Mio Jahren: Viele verschiedene Tiere 50 Mio: viele verschiedene Tiere, näher aneinander Nord Amerika: 90 Mio: 3 große Teile 50 Mio: 1 Teil Die Kontinente haben sich zusammengefügt heute stoßen sie sich ab.	Genaue Beschreibung Kontinentalplatten verändern sich Kontinente stoßen sich ab
20	24/m/8	Europa vor 90 Mio Jahren: Viele verschiedene Tiere 50 Mio: viele verschiedene Tiere, näher aneinander Nord Amerika: 90 Mio: 3 große Teile 50 Mio: 1 Teil Die Kontinente haben sich zusammengefügt heute stoßen sie sich ab.	Genaue Beschreibung Kontinentalplatten verändern sich Kontinente stoßen sich ab
21	25/w/8	Peru hat sich zusammengefügt, und die meisten Inseln haben sich verbunden. Europa hat sich zusammengesetzt . Die Westküste der USA und Kanadas hat sich mit dem Zentrum verbunden.	Beschreibung Kontinente verändern sich (Nord Amerika)
22	77/m/10	90 Mio Jahre: Alle heutigen Kontinente zerteilt, z.B. Amerika in 3 Teile / Europa hat noch nicht existiert.  Vor 50 Mio Jahren: Erste Grundrisse der heutigen Formen zu erkennen / Kontinente schließen sich zusammen. Amerika als ein Kontinent. Kleine Eisgebiete entstehen langsam.	Genaue Beschreibung Europa noch nicht existent Kontinente verändern sich Polkappen (Eisgebiete)
23	78/m/10	Europa vor 90 Mio Jahren: „Europa“ besteht aus vielen kleinen vereinzelt Inseln.  Vor 50 Mio Jahren: Immer noch kleine Inseln, rücken langsam zu Europa zusammen.  Nordamerika vor 90 Mio Jahren: Ist in 3 große Teile gespalten. 50 Mio Jahre: Ein großer Kontinent (ähnelt dem heutigen Kontinent).	Genaue Beschreibung Kontinente verändern sich

		<p>Vor 90 Mio. Jahren: Man kann das heutige Südamerika und Australien erkennen. Nordamerika ist in 3 Teile gespalten. Europa besteht nur aus kleinen Inseln und ist von Asien getrennt. Afrika ist auch fast vollständig vorhanden.</p> <p>Vor 50 Mio. Jahren: Nordamerika, Südamerika, Afrika und Australien ähneln den heutigen Kontinenten stark. Europa besteht immer noch aus kleinen Inseln.</p>	
24	79/m/10	<p>Viele Inseln aus denen Europa entstand. Später führten sie zsm [zusammen] zu einem Kontinent.          Nordamerika waren 3 Teile die zsm. gekommen sind zu einem Kontinent.          Weniger Inseln.          Es gibt Pole.</p>	<p>Europa entstand aus vielen Inseln          Kontinente verschieben sich          Polkappen</p>
25	80/m/10	<p>90 Mio = viele Inseln          50 Mio = Inseln schoben sich langsam zusammen.          Nord Amerika: Früher stückig, nun ist es ein Kontinent.          Heute Erde = weniger Inseln, mehr Kontinente Paar Pole</p>	<p>Beschreibung          Polkappen</p>
26	81/m/10	<p>Vor 90 Mio. Jahren war Europa viele Inseln.          50 Mio.: Inseln schieben sich zusammen.          Nordamerika war in 3 Teile und hat sich zusammengescho-ben.          Weniger Inseln, es gibt Pole (Kälte).</p>	<p>Beschreibung          Polkappen</p>
27	82/m/10	<p>Die Tiere haben sich weiterentwickelt und sich an das neue Klima der Erde angepasst, da es früher nur einen Kontinent gab, Pangea. In der Eozäns gab es schon mehrere.</p> <p>90 Mio. = Viele Inseln.          50 Mio. = Die Inseln haben sich langsam zusammenge-schoben.          Nord Amerika = Früher 3teilig, nun ist es ein Kontinent geworden.          Heutige Erde = Weniger Inseln, mehr Kontinente; Nord-Südpol.</p>	<p>Anpassung der Tiere an Klima          Früher Pangea, heute mehre-re Kontinente.          Kontinente verändern sich.          Polkappen</p>
28	83/m/10	<p>90 Mio Jahre: Alle heutigen Kontinente zerteilt, z.B. Nord Amerika bestand aus 3 Teilen; keine Eisgebiete.</p> <p>50 Mio. Jahre: heutige Kontinente sind erkennbar z.B. Nord Amerika setzte sich zu einem Kontinent zusammen          Nördlich bilden sich Eisgebiete</p>	<p>Beschreibung          Kontinente bilden sich          Polkappen</p>
29	84/m/10	<p>Vor 90 Mio. Jahren war vieles, was wir heute kennen unter Wasser oder an einer anderen Stelle. Die Antarktis und Grönland waren noch Land und kein Eis. Europa und Asien waren auch noch nicht zusammen.</p>	<p>Kontinente waren unter Was-ser          Antarktis und Grönland eis-frei          Asien und Europa waren getrennt</p>
30	85/m/10	<p>Vor 90 Mio. Jahren war vieles, wie wir es heute noch [unle-serlich] kennen. Land unter Wasser. Es gab sehr wenig Eis/Schnee. Vor 50 Mio Jahren ist das Wasser zurück ge-gangen und Nordamerika und Grönland haben langsam Eis gebildet.</p>	<p>Kontinente unter Wasser          Eisfrei          Wasser geht zurück und legt Land frei</p>
31	86/w/10	<p>Vor 90 Mio. Jahren: Nord- und Südamerika getrennt, kein Schnee/Eis. Europa war viele kleine Inseln.</p>	<p>Beschreibung          Keine Begrün-</p>

		<p>Vor 50 Mio. Jahren: Amerika ist ein Kontinent, Europa wächst zusammen, Europa-Asien-Verbindung nicht existent; etwas Schnee/Eis</p> <p>Heute: Eurasien ist entstanden, Schnee und Eis auf der Antarktis</p>	<p>dung/Hypothese</p>
33	87/w/10	<p>Vor 90 Mio. Jahren waren die Kontinente mehr zersplittert. Manche Kontinente existierten nicht, wie Europa und Amerika. Vor 50 Mio. Jahren haben sich die Kontinente langsam entwickelt, und das Festland ist zusammen gewachsen. Heute ist die Erde viel mehr zusammen gewachsen, und es gibt nicht mehr viel Wasser zwischen den Kontinenten.</p>	<p>Beschreibung Keine Begründung/Hypothese</p>
34	88/m/10	<p>Vor 90 Mio. Jahren waren die Kontinente (Festland) mehr zersplittert, und manche Kontinente existierten noch nicht mal annähernd wie heute. Nach 50 Mio. Jahren rückte das Festland zusammen und es entstanden Kontinente. Heute ist die Erde viel näher zusammengewachsen und die Abstände zwischen Festland zu Festland [sind] nicht mehr so groß.</p>	<p>Beschreibung Keine Begründung/Hypothese</p>

**Auswertung von Station 3 und 4: Was gibt es im Bernstein zu sehen?**

Bei der Schülergruppe vom 28.06.2013 wurden Aufgabe 3 und 4 nicht gestellt, stattdessen sollten die Schüler eine Zeichnung einer ausgewählten Inkluse anfertigen.

**Bestimmte Inklusen mit Merkmalen**

- Rot** – falsch bestimmt
- Gelb** – ungenaue Bestimmung / Bemerkung
- Grün** – Bestimmungsschlüssel verwendet

Nr.	Kürzel	Bestimmung	Nr.	Kürzel	Bestimmung
1	(28.06.) 1/m/8	<p>Schabe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkennt an: der Beinbehaarung und den Fortsätzen</li> </ul> <p>Dickkieferspinne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkennt an: Beinen und markantem Kiefer</li> </ul> <p>[Springspinne] (Name vergessen anzugeben)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkennt an: Große, markante Augen, haarige Beine</li> </ul> <p>Zeichnung: Springspinne (dieses Mal mit Namen)</p> <p><b>Bestimmungsschlüssel</b></p>	14	14/m/9	<p>Zuckmücke</p> <p>(zuerst Libelle hingeschrieben, dann durchgestrichen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 2 Flügel</li> <li>- Erkennt an: Kopf und Flügelform</li> </ul> <p>Dickkieferspinne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkennt an. Hinterleib</li> </ul> <p><b>Tausendfüßer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ca. 30 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkennt an: Länge und Fühler</li> </ul> <p>Schabe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkennt an: -</li> </ul> <p>Zeichnung: Zuckmückenlarve</p>
2	2/m/8	<p>Dickkieferspinne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkennt an: den sehr großen Kiefern</li> </ul> <p>Trauermücke</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>4 Beine</b></li> <li>- 2 Flügel</li> <li>- Erkennt an: der Mittelader des Flügels, die sich glockenförmig aufteilt.</li> </ul> <p>Schabe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkennt an: Am Schuppenpanzer</li> </ul> <p>Zuckmücke</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 2 Flügel</li> <li>- Erkennt an: Rüssel</li> </ul> <p>Zeichnung Trauermücke</p>	15	15/m/9	<p>Dickkieferspinne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkennt an: Hinterteil</li> </ul> <p><b>Tausendfüßer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- x</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkennt an: Viele Füße</li> </ul> <p>Köcherfliege</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- <b>2 Flügel</b></li> <li>- Erkennt an: Körperform</li> </ul> <p>Springspinne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkennt an: Beine</li> </ul> <p>(Lebensraum nicht ausgefüllt)</p> <p>Zeichnung: Köcherfliege (nur Umriss)</p>

		(von Karte gezeichnet) Bestimmungsschlüssel (für Trauermücke)			
3	3/m/8	Steinfliege - 6 Beine - 2 Flügel - Erkennt an: Breiter Körper  Spinne (Namen vergessen, nicht klar welche) - 8 Beine - 0 Flügel - Erkennt an: 8 Beine, Spinnengesicht mit ausgeprägtem Kiefer  Köcherfliege - 6 Beine - 2 Flügel - Erkennt an: große Flügel  Zeichnung: Springspinne	16	16/m/9	Tausendfüßer - Ca. 30 Beine - 0 Flügel - Erkennt an: Länge, Fühler  Springspinne - 8 Beine - 0 Flügel - Erkennt an: Körperform, 8 Beine  Zuckmücke - 6 Beine - 2 Flügel - Erkennt an: Körperhaltung  Schabenlarve - 6 Beine - 0 Flügel - Erkennt an: - Zeichnung: Schabenlarve (relativ sorgfältig ausgefüllt)
4	4/m/8	Dickkieferspinne - 8 Beine - 0 Flügel - Erkennt an: Kiefer  Zuckmücke - 6 Beine - 2 Flügel - Erkennt an: Rüssel  Trauermücke - 6 Beine - 2 Flügel - Erkennt an: Glockenförmigen  Schabe - 6 Beine - 0 Flügel - Erkennt an: Schuppen  Zeichnung von Schabe	17	17/m/8	Springspinne - 8 Beine - 0 Flügel - Erkennt an: Körper, Beine  Termite (offensichtlich keine Bestimmungskarte benutzt, da Lebensraum: Luft) - 6 Beine - 2 Flügel  Schabe: - 6 Beine - 0 Flügel - Erkennt an: Körper, Haare  Hundertfüßer - 100 Beine - 0 Flügel - Erkennt an: Körper, Füße  Zeichnung Hundertfüßer (von Karte)
5	5/m/8.	Köcherfliege - 6 Beine - 2 Flügel - Erkennt an: Flügel, Fühler  Schabe - 6 Beine - 0 Flügel - Erkennt an: Form  Dickkieferspinne - 8 Beine	18	18/w/8	Springspinne - 8 Beine - 0 Flügel - Erkennt an: Augen, Ekelfaktor  Termite - 6 Beine - 2 Flügel - Erkennt an: Flügel Lebensraum: Luft  Schaben

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkannt an: Kiefer</li> <li><b>Zuckmücke</b></li> <li>- 6 Beine</li> <li><b>- 0 Flügel</b></li> <li>- Erkannt an: Beinen</li> </ul> <p>Zeichnung Dickkieferspinne (von Karte)</p>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkannt an: Körper, Bart</li> </ul> <p>Hundertfüßer</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>100 Beine</b></li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkannt an: Füße, Körper</li> </ul> <p>Zeichnung: Hundertfüßer (von Karte)</p>
6	6/m/9	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Tausendfüßer</b></li> <li>- Viele Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkannt an: Viele Beine</li> </ul> <p>Köcherfliege</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- <b>2 Flügel</b></li> <li>- Erkannt an: Flügel, Fühler</li> </ul> <p>Schabe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkannt an: Panzer, Farbe</li> </ul> <p>Trauermücke</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 Beine</li> <li>- 2 Flügel</li> <li>- Erkannt an: Flügelmuster</li> </ul> <p>Zeichnung: Schabe</p> <p><b>Bestimmungsschlüssel</b></p>	19	19/w/8	<p>Hundertfüßer</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Viele Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkannt an: Den vielen Beinen</li> </ul> <p>Zuckmücke</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 2 Flügel</li> <li>- Erkannt an: schmale Flügel, langer Saugrüssel</li> </ul> <p>Springspinne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkannt an: Augen, Haare</li> </ul> <p>Köcherfliege</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 Beine</li> <li>- <b>2 Flügel</b></li> <li>- Erkannt an: Augen, Flügel</li> </ul> <p>Zeichnung: Dickkieferspinne (ganz grob!, aber von Inkluse)</p>
7	7/w/9	<p>Schmetterlingsmücke</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 Beine</li> <li>- 2 Flügel</li> <li>- Erkannt an: Flügel/Körper</li> </ul> <p>Springspinne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>6 Beine</b></li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkannt an: den Augen/Körperform</li> </ul> <p>Köcherfliege</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- <b>2 Flügel</b></li> <li>- Erkannt an: Flügeln</li> </ul> <p>Zuckmücke</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 2 Flügel</li> <li>- Erkannt an: Größe, Beine, Feder vorne (keine Zeichnung)</li> </ul>	20	20/w/8	<p><b>Kein Name</b> (evtl. Schabe)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkannt an: Beinen, Hintere Fortsätze</li> </ul> <p>Lebensraum: wärmeliebend, Tropen und Subtropen</p> <p><b>Kein Name</b> (Springspinne?)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkannt an: Beine, große Augen</li> </ul> <p><b>Kein Name</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 2 Flügel</li> <li>- Erkannt an: Flügel</li> </ul> <p>Lebensraum: Wasser</p> <p><b>Kein Name</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 2 Flügel,</li> <li>- Erkannt an: Flügel Lebensraum Wasser</li> </ul> <p>Zeichnung Hundertfüßer (von Karte)</p> <p><b>Bestimmungsschlüssel</b></p>

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 3 und 4

8	8/w/9	<p>Zuckmücke  - 4 Beine  - 2 Flügel  - Erkannt an: kein Saugrüssel, schmale Flügel</p> <p>Schmetterlingsmücke  - 4 Beine  - 2 Flügel  - Erkannt an: Parallel angelegte Flügeladerung</p> <p>Köcherfliege  - 6 Beine  - 2 Flügel  - Erkannt an: Sehr groß im Vergleich zu anderen (<i>Mücken?</i>)  (keine Zeichnung)</p> <p><b>Bestimmungsschlüssel</b></p>	21	21/m/8	<p>Zuckmücke  - 6 Beine  - 2 Flügel  - Erkannt an: den Fühlern</p> <p>Schabe  - 6 Beine  - 0 Flügel  - Erkannt an: Haarige Beine, keine Flügel</p> <p>Köcherfliege  - 6 Beine  - 4 Flügel  - Erkannt an: Vier Flügel</p> <p>Trauermücke  - 4 Beine  - 2 Flügel  - Erkannt an: Zwei runde Flügel  Zeichnung: Schabe</p>
9	9/m/8	<p>Schmetterlingsmücke  - 4 Beine  - 2 Flügel  - Erkannt an: Flügelform</p> <p>Zuckmücke  - 6 Beine  - 2 Flügel  - Erkannt an: Flügel, Saugrüssel</p> <p>Schabe  - 6 Beine  - 0 Flügel  - Erkannt an: Fortsätze, Beine</p> <p>Trauermücke  - 4 Beine  - 2 Flügel  - Erkannt an: Zwei runde Flügel, Adern nicht parallel</p> <p>Zeichnung:  - Hundertfüßer (von Karte)</p> <p><b>Für Schabe und Trauermücke Bestimmungsschlüssel</b></p>	22	22/w/8	<p>[Hundertfüßer]  - 10 und mehr Beine  - 0 Flügel  - Erkannt an:  - Hundertfüßer, viele Füße</p> <p>[Köcherfliege]  6 Beine  4 Flügel  Erkannt an: Köcherfliege, Flügel</p> <p>[Schmetterlingsmücke]  - 6 Beine  - 2 Flügel  - Erkannt an: Schmetterlingsmücke, Flügel</p> <p>Schabe  - 6 Beine  - 0 Flügel  - Erkannt an: Schabe, Beinen</p> <p>Zeichnung: Schabe</p>
10	10/w/8	<p><b>Dickkieferspinne</b>  - 8 Beine  - 0 Flügel  - Erkannt an: <b>Augen</b> und Beinen</p> <p>Köcherfliege  - 2 Beine  - 2 Flügel</p>	23	23/w/8	<p>Dickkieferspinne  - 8 Beine  - 0 Flügel  - Erkannt an: Das Tier hat 8 Beine, hat 2 Teile und ist klar getrennt</p> <p>Trauermücke  - 4 Beine  - 2 Flügel</p>

		<p>- Erkannt an: Flügel</p> <p>Springspinne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> </ul> <p>- Erkannt an: Beine, Augen</p> <p>Hundertfüßer</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 100 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> </ul> <p>- Erkannt an: vielen Füßen und der Länge</p> <p>Zeichnung: Hundertfüßer</p>			<p>- Erkannt an: 2 runde Flügel, Adern nicht parallel. Mücke</p> <p>Köcherfliege</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 4 Flügel</li> </ul> <p>- Erkannt an: 4 Flügel</p> <p>Schabe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> </ul> <p>- Erkannt an: Fortsätze, Beine</p> <p>Zeichnung: Dickkieferspinne</p> <p><b>Bestimmungsschlüssel</b></p>
11	11/w/7	<p>Ohrwürmer (Durchgestrichen und durch Schabe ersetzt)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> </ul> <p>- Erkannt an: den Beinen</p> <p>Springspinne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> </ul> <p>- Erkannt an: lange Beine</p> <p>Hundertfüßer</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 20 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> </ul> <p>- Erkannt an: Länge, Füße</p> <p>Schmetterlingsmücke</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>2 Beine</b></li> <li>- 2 Flügel</li> </ul> <p>- Erkannt an: Flügel</p> <p>Zeichnung: Hundertfüßer (aus Karte)</p>	24	24/m/8	<p>Zuckmücke</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 2 Flügel</li> </ul> <p>- Erkannt an: den Beinen und Flügeln</p> <p>Schabe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> </ul> <p>- Erkannt an Den Beinen und Fortsätzen</p> <p>Köcherfliege</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 4 Flügel</li> </ul> <p>- Erkannt an: 4 Flügel</p> <p>Dickkieferspinne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> </ul> <p>- Erkannt an: dem Gebiss</p> <p>Zeichnung: Zuckmücke</p> <p><b>Bestimmungsschlüssel</b></p>
12	12/m/7	<p>Schmetterlingsmücke</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>4 Beine</b></li> <li>- 2 Flügel</li> </ul> <p>- Erkannt an: Flügel</p> <p>Zuckmücke</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 2 Flügel</li> </ul> <p>- Erkannt an: Flügel, Beine</p> <p>Schabe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> </ul> <p>- Erkannt an: Beine</p> <p>Zeichnung: Schabe (von Karte)</p>	25	25/w/8	<p>Schmetterlingsmücke</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>4 Beine</b></li> <li>- 2 Flügel</li> </ul> <p>- Erkannt an: An den Flügeln</p> <p>Schabe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> </ul> <p>- Erkannt an: Den Beinchen <b>und den Zähnen vorne</b></p> <p>Springspinne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> </ul> <p>- Erkannt an: An den Augen</p> <p>Dickkieferspinne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> </ul>



ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 3 und 4

					- Erkannt an: dem dünnen Körper Zeichnung: Hector der Hundertfüßer
13	13/m/8	<p><b>Tausendfüßer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 30 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkannt an: Es ist lang</li> </ul> <p><b>Spinnspinne</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkannt an: 8 Beine</li> </ul> <p>Zuckmücke</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Beine</li> <li>- 2 Flügel</li> <li>- Erkannt an: Körperhaltung</li> </ul> <p><b>Schabenlarve</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 Beine</li> <li>- 0 Flügel</li> <li>- Erkannt an : Körper</li> </ul> <p>Zeichnung: Schabe</p>			

**Auswertung von Station 3, Aufgaben 3 und 4 (Jahrgangsstufe 7)**

**3: Hypothese – Wie kommen die Tiere in den Bernstein**

**4: Hypothese – Wie können wir das, was wir über heutige Tiere wissen auf die fossilen Verwandten im Baltischen Bernstein anwenden?**

Nr.	Kürzel	Bestimmung		Aufgabe 3: Wie kommen die Tiere in den Bernstein?	Aufgabe 4: Aktualitätsprinzip
26	26/w/7	<p>Trauermücke 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Hat Stachel und ist klein, Fühler Lebensraum: weltweit verbreitet, in Wäldern</p> <p>Köcherfliege 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: große Flügel lange Fühler Lebensraum: Eier ins Wasser gelegt bauen sich selbst Schutzgehäuse</p>	<p>Springspinne 8 Beine Keine Flügel Erkannt an: Beinen, keine Flügel, Augen Lebensraum: Weltweit, aktive Jäger, große Augen</p>	<p>Fliegen in den Baumharz und bleiben hängen, weil es so klebrig ist.</p>	<p>Am Aussehen, z.B: Beine, Flügel etc. Aufgabe nicht verstanden?</p>
27	27/m/7	<p>Springspinne 8 Beine Keine Flügel Erkannt an: Kopf und den Beinen Lebensraum: Ist eine aktive Jagdspinne, die keine Netze baut, sondern sie angreift.</p> <p>Larve einer Schabe 6 Beine Keine Flügel Erkannt an:</p>	<p>Trauermücke 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Hinterleib Lebensraum: Feuchte Habitate, Wälder, Moore, Feuchtwiesen, Weiden, Felder</p> <p>Zuckmücke 6 Beine 2 Flügel Erkannt an:</p>	<p>Ich glaube wenn an einem Baum Harz war, und die Insekten reingeflogen sind.</p>	<p>Wie sie früher aussahen und ihre Fähigkeiten</p>

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 3 und 4

		An der Farbe und dem Aussehen. Lebensraum: Wärmeliebend, Tropen und Subtropen, Totholz, Algen, Tiere	Körper und dem Hinterleib Lebensraum: Gewässernähe, Schlamm		
28	28/m/7	Köcherfliege 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Flügel Lebensraum: Leben an Flüssen/Bächen  Sc...[Rest fehlt] 5 Beine 2 Flügel Erkannt an: Rüssel/Schwanz Lebensraum: Leben nahe des Wassers	Dickkieferspinne 8 Beine Keine Flügel Erkannt an: Kieferklauen Lebensraum: Feucht-warmen Tropfen und Subtropen, Gewässernähe, Küsten, Mooren, feuchte Wälder  [Hundertfüßer] 40 Beine Keine Flügel Erkannt an: Länge und der Beine Lebensraum: Regenwald bis Wüste	Die Tiere bleiben im Harz kleben und werden versteinert.	Keine Antwort
29	29/m/7	Köcherfliege 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Flügel Lebensraum: Sie leben an Flüssen / Bächen  Schmetterlingsmücke 5 Beine 2 Flügel Erkannt an: Rüssel/Schwanz Lebensraum: Leben nahe des Wassers	Springspinne 6 Beine Keine Flügel Erkannt an: Beine (Haare) Lebensraum: -  Dickkieferspinne 6 Beine Keine Flügel Erkannt an: Kiefer Lebensraum: Feuchtwarme Tropen, Wassernähe	Die Tiere bleiben im Harz hängen und versteinern mit der Zeit.	Keine Antwort
30	30/m/7	Kein Name 6 Beine	Köcherfliege 6 Beine	Fliegen gegen einen Baum mit Harz.	Keine Antwort

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 3 und 4

		<p>2 Flügel Erkannt an: Dünn, 2 Flügel, 6 Beine Lebensraum: West/Mitteleuropa, Winter -10 Grad, Sommer 30 Grad Celsius</p> <p>Dickkieferspinne Mid (?) 8 Keine Flügel Erkannt an: Klein, 8 Beine Lebensraum: Feuchten trof [Tropen] und Sub-tropen</p>	<p>4 Flügel Erkannt an: 4 Flügel 6 Beine Lebensraum: In Wasser werden die Eier gelegt o. an Steine, Pflanzen etc.</p>		
31	31/w/7	<p><b>Stechmücke</b> 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: - Lebensraum: Nah an Wasser</p>	<p>Spinnspinne 8 Beine Keine Flügel Erkannt an: An den Kreisen am Kopf Lebensraum -</p>	Die Insekten bleiben im flüssigen Harz kleben.	Keine Antwort
32	32/w/7	<p><b>Köcherfliege</b> 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Lange Flügel Lebensraum: Wasserinsekt</p>	<p>Dickkieferspinnen 8 Beine Keine Flügel Erkannt an: 8 Beine Lebensraum: Feucht-warme Tropen In Gewässernähe</p>	Sie fliegen in Baumharz und werden dann ins Meer getragen und dann an den Strand gespült.	Keine Antwort
33	33/w/7	<p><b>Köcherfliege</b> 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Lange Fühler</p>	<p><b>Termite</b> (eigentlich Spinne) 8 Beine Keine Flügel Erkannt an: Herausstehende Augen</p>	Sie fliegen in den Baumharz. Das Baumharz tropft herunter und sinkt in den Boden. Danach kommen sie wieder an die Oberfläche.	Dadurch, dass sich die Arten nicht verändert haben kann man das Verhalten der heutigen Tiere anschauen.

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 3 und 4

		<p>Lange Flügel Lebensraum: Europa Leben [als] Larven in Flüssen, Bächen.</p> <p>Trauermücke 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Lange Beine Große Flügel 16-18 Fühler Lebensraum: Europa Nördlich/südlich Polarkreise Wälder, Moore, Weiden</p>	<p>Lange Beine Dunkle Körper Lebensraum Feucht-warme Tropen Subtropen, Mitteleuropa Gewässernähe Moore, Wälder</p> <p>Springspinne 8 Beine Keine Flügel Erkannt an Dicke Beine Lebensraum Weltweit Jäger</p>		
34	34/w/7	<p>Zuckmücken 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Dünn Viele Beine Lebensraum: Europa etc. In Gewässernähe</p> <p>Dickkieferspinne: 8 Beine Keine Flügel Erkannt an 8 Beine Großer Kiefer Lebensraum: Tropen, Subtropen</p>	<p>Köcherfliege: 6 Beine 4 Flügel Erkannt an: 4 Flügel Lebensraum: In der Nähe von Wasser</p> <p>Springspinne: 8 Beine Keine Flügel Erkannt an: 8 Beine</p>	Sie laufen /fliegen in den flüssigen Harz und bleiben kleben.	Man kann sich das Verhalten ansehen.
35	35/m/7	<p>Zuckmücke 6 Beine</p>	<p>Springspinne:</p>	Sind ins Harz gekommen als es	Wie die Tiere sich in der Zeit verän-

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 3 und 4

		<p>2 Flügel Erkannt an: Den Fühlern Lebensraum: Wassernähe</p> <p><b>Adulte Schabe</b> 6 Beine Keine Flügel Erkannt an: Körperenden Fortsätze Lebensraum: Haushalte in Mexico</p>	<p><b>Keine Flügel</b> Erkannt an: Springt Lebensraum: Häusern in Deutschland</p> <p><b>Trauermücke</b> 6 Beine Keine Flügel Erkannt an: Nicht viele Adern auf den Flügeln Lebensraum: Felder, Wieden, Deutschland Temperatur</p>	<p>noch flüssig war.</p>	<p><b>dert haben.</b></p>
36	36/m/7	<p><b>Kein Name:</b> 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Flügel, fetter Körper Lebensraum: Wald, feucht</p> <p>Springspinne 8 Beine Keine Flügel Erkannt an: Viele Augen, groß Lebensraum: Sie sind weltweit verbreitet</p>	<p><b>Köcherfliege</b> 8 Beine 2 Flügel Erkannt an: Große Flügel Lebensraum: Eier werden im Wasser gelegt. In Bächen</p> <p>Schabe: 6 Beine Keine Flügel Erkannt an: Dicker Körper, Dicke Beine Lebensraum: Überall auf der Welt</p>	<p>Man hat die Insekten direkt am Anfang vom Bernstein reingekommen.</p>	<p>Weil sie nicht verdorben sind</p>
37	37/m/7	<p>Trauermücke <b>5 Beine</b> 2 Flügel Erkannt an: An den 5 Beinen und dem dicken Teil vor dem Kopf Lebensraum:</p>	<p>Zuckmücke <b>5 Beine</b> 2 Flügel Erkannt an: An den Fühlern Lebensraum: Gewässer</p>	<p>Die Insekten bleiben im Harz stecken und wenn der trocknet sind die drin.</p>	<p>Keine Antwort</p>

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 3 und 4

		<p>Weiden, Felder</p> <p>Streckerspinnne: 8 Beine Keine Flügel Erkannt an: An den Fühlern [wahrscheinlich sind Pedipalpen gemeint] Lebensraum: Mitteleuropa Moor</p>	<p>Schlamm</p> <p>Adulte Schabe 5 Beine Keine Flügel Erkannt an: Körperende Fortsetzung Lebensraum: Haushalt in Mexiko</p>		
38	38/w/7	<p>Arachnida – Spinnen</p> <p>8 Beine Keine Flügel Erkannt an: 8 Beine, keine Flügel Lebensraum: Überall</p>	<p>Köcherfliege:</p> <p>4 Beine 4 Flügel Erkannt an: Länge, Anzahl Beine, Flügel Lebensraum: -</p>	Sie bleiben im Harz hängen	Keine Antwort
39	39/w/7	<p>Aranae – Spinne</p> <p>8 Beine Keine Flügel Erkannt an: 8 Beine Keine Flügel Lebensraum: Spinnennetz Draußen (Ecken)</p>	<p>Köcherfliege</p> <p>5 Beine 2 Flügel Erkannt an: Flügel Lebensraum: -</p>	Keine Antwort	Keine Antwort
40	40/w/7	<p>Mücke</p> <p>6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Sie hat einen Stachel und ist klein Lebensraum: Weltweit verbreitet In Wäldern</p>	<p>Spinnspinnne</p> <p>8 Beine Keine Flügel Erkannt an: Beinen, keine Flügel, Augen Lebensraum: Weltweit, aktive Jäger, große Augen</p>	Die fliegen in den Baumharz und bleiben hängen.	Am Aussehen

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 3 und 4

		<p>Köcherfliege          6 Beine          2 Flügel          Erkannt an:          Große Flügel          Lange Fühler          Lebensraum:          Eier ins Wasser gelegt          Bauen sich selbst ein Schutzgehäuse</p>			
41	41/m/7	<p>Schmetterlingsmücke          8 Beine          4 Flügel          Erkannt an:          Ist eine Mücke?          Lebensraum:          Wald, feucht</p> <p>Spinnwebfliege:          8 Beine          Keine Flügel          Erkannt an:          Augen          Lebensraum:          Sie wird weltweit gebrütet</p>	<p>Köcherfliege          8 Beine          2 Flügel          Erkannt an:          An den großen Flügeln          Lebensraum:          Überall auf der Welt, legt Eier im Flug auf Pflanzen ab.</p> <p>Schabe          6 Beine          Keine Flügel          Erkannt an:          An den Hinterleibsfortsätzen          Lebensraum:          Überall auf der Welt          (Bestimmungsschlüssel für Schabe verwendet)</p>	<p>Bernstein war ja ursprünglich flüssig, dort sind wahrscheinlich die Tiere im Harz stecken geblieben und wurden vom Harz eingeschlossen.</p>	<p>Weil sie nicht verdorben sind</p>
42	42/m/7	<p>Hundertfüßer          40          Keine Flügel          Erkannt an:          An den vielen Beinen und an dem kleinen Kopf.          Lebensraum:          Vielzahl von Lebensräumen vom Regenwald bis zur Wüste. Sie</p>	<p>Kein Name:          4 Beine          2 Flügel          Erkannt an:          An den 4 Füßen und 2 großen Flügeln und an den großen Augen.          Gehören zu den Mücken.          Lebensraum:          Gar keine Nahrung</p>	<p>Das Harz hat sie umschlungen.</p>	<p>Keine Antwort</p>



ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 3 und 4

		essen Laub, Holz.	Dickkieferspinne: 8 Beine Keine Flügel Erkannt an: Kieferklauen Lebensraum: Feucht-warme Tropen und Subtropen, Küstengewässer		
43	43/w/7	<p>Streckerspinne 8 Beine Keine Flügel Erkannt an: Augen Lebensraum: Feucht-warme Tropen/ Südtropen [Subtropen]</p> <p>Hundertfüßer 100 Beine Keine Flügel Erkannt an: An seinen Füßen, lange Form Lebensraum: Polarkreis Regenwald-Wüste</p>	<p><b>Larve</b> 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: An seiner Form, Fühler, Füße Lebensraum: Wärme Tropen, Subtropen</p> <p>Termiten 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Lange Flügel Lebensraum: Afrikanische, südamerikanische Tropenwälder</p>	Sie sind an Bäume geflogen oder hochgekllettert und [haben] sich dabei im Harz verfangen	Weil man an den Fossilien sehen konnte, dass die Tiere sich nicht verändert haben.
44	44/w/7	<p>Termiten: 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: An den langen Flügeln Lebensraum: Tropenwälder</p> <p>Dickkieferspinne: 8 Beine Keine Flügel</p>	<p>Schmetterlingsmücke 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Haaren Lebensraum: In der Nähe von Wasser</p> <p>Hundertfüßer 42 Beine Keine Flügel</p>	Die Tiere klettern auf einen Baum. Sie bleiben im klebrigen Harz hängen.	Keine Antwort

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 3 und 4

		Erkannt an: Augen Lebensraum: Tropen, Subtropen	Erkannt an: Langer Körper, viele Beine Lebensraum: Polarkreis. Regenwald bis Wüste		
45	45/w/7	Dickkieferspinne [unklar ob es sich vielleicht um eine Springpinne handelt]: 8 Beine Keine Flügel Erkannt an: An den großen Augen Lebensraum: Feucht-warme Tropen und Subtropen  Hundertfüßer 100 Beine Keine Flügel Erkannt an: Längliche Form, viele Füße Lebensraum: Über Polarkreis hinaus, Regenwald bis Wüste	Larve/Adulte Schabe 6 Beine Zwei Flügel Erkannt an: Form, Fühler, Füße Lebensraum: Lieben Wärme, Tropen und Subtropen  Termiten 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: An den Flügeln Lebensraum: Afrikanische, südamerikanische Tropen	Sie sind an Bäume geflogen oder hochgeklettert und [haben] sich dabei im Harz verfangen	Weil man an den Fossilien sehen konnte, dass die Tiere sich nicht sehr verändert haben, und deshalb kann man die Forschung von heute anwenden.
46	46/w/7	Termiten: 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Flügeln Lebensraum: Tropen  Dickkieferspinne 8 Beine Erkannt an: Augen Lebensraum: Tropen, Subtropen	Schmetterlingsmücke 2 Flügel Erkannt an: Haaren Lebensraum: Nähe von Wasser  Hundertfüßer 42 Beine Keine Flügel Erkannt an: Langer Körper Viele Beine Lebensraum:	Keine Antwort	Keine Antwort

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 3 und 4

			Polarkreis Regenwald Wüste		
47	47/w/7	<p><b>Arachnida</b> 8 Beine Keine Flügel Erkannt an: An den [fehlenden] Flügeln und der Körperform Lebensraum: Wald, Bäume und Büsche</p> <p><b>Motte:</b> <b>[Wahrscheinlich Köcherfliege]</b> 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Flügeln, Beinen, Körper Lebensraum: In Wäldern, Sträuchern, Gras</p>	<p><b>Kellerassel</b> 6 Beine Keine Flügel Erkannt an: Länge, Beine, Panzer Lebensraum: Unter Steinen</p> <p><b>Mücke</b> 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Rüssel Größe Körper Lebensraum: Sträuchern, Süd Polarkreis, Wald</p>	Wenn sie am Harz kleben bleiben.	Sie sehen gleich aus!
48	48/w/7	<p><b>Arachnida</b> 8 Beine 0 Flügel Erkannt an: <b>An den Flügeln [?]</b> Der Körperform Lebensraum: Wald, Bäume, Büsche</p> <p><b>Motte:</b> <b>[Wahrscheinlich Köcherfliege]</b> 6 Beine <b>2 Flügel</b> Erkannt an: Flügeln, Beinen, Körper</p>	<p><b>Kellerassel</b> 6 Beine Keine Flügel Erkannt an: Länge, Beine, Panzer Lebensraum: Unter Steinen</p> <p><b>Mücke</b> 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Rüssel Größe Körper Lebensraum:</p>	Wenn sie dort kleben bleiben am Harz.	?

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 3 und 4

		<p>Lebensraum: In Wäldern, Sträuchern, Gras</p>	<p>Sträuchern, Süd Polarkreis, Wald</p>		
49	49/w/7	<p><b>Adulte Schabe</b> 6 Beine Keine Flügel Erkannt an: <b>Stachel an den Füßen</b> Lebensraum: Tropen, pflanzliche und tierische Ernährung</p> <p>Termiten: 4 Beine 2 Flügel Erkannt an: An den großen Flügeln Lebensraum: Warme Regionen (Afrika) Ernähren sich von Holz, Humus oder Gras.</p>	<p>Trauermücken 6 Beine 1/2 Flügel Erkannt an: Flügel, Hinterteil Lebensraum: Weltweit verbreitet</p> <p>Termiten <b>[noch mal ?]</b> <b>Bestimmungsschlüssel</b> benutzt</p>	<p>Leben im Baum am Harz</p>	<p>Keine Antwort</p>
50	50/w/7	<p><b>Arachnida</b> 8 Beine Keine Flügel Erkannt an: An den <b>[fehlenden?]</b> Flügeln und der Körperform Lebensraum: Wald, Bäume und Büsche</p> <p><b>Motte:</b> <b>[Wahrscheinlich Köcherfliege]</b> 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Flügeln, Beinen, Körper Lebensraum:</p>	<p><b>Kellerassel</b> 6 Beine Keine Flügel Lebensraum: Unter Steinen</p> <p>Mücke 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Rüssel Größe Körper Lebensraum: Sträuchern Süd Polarkreis Wald</p>	<p>Wenn sie am Harz kleben bleiben.</p>	<p><b>Versteh ich nicht</b></p>

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 3 und 4

		In Wäldern, Sträuchern, Gras			
51	51/w/7	<p><b>Larve</b>                      Beine:                      1:6                      2:6                      Flügel:                      1:2                      2:2                      Erkannt an:                      Langer Körper                      Fühler                      Lebensraum:                      Gewässernähe</p> <p>Larve, Schabe                      6 Beine                      Keine Flügel                      Erkannt an:                      Panzerartig                      Lebensraum:                      Wärme, Tropen/Subtropen</p>	<p><b>Dickkieferspinne</b>                      (Eigentlich Springpinne)                      4 Beine                      Keine Flügel                      Erkannt an:                      An den 2 dicken Augen                      Lebensraum:                      Feuchtwarme Tropen</p> <p>Termiten                      6 Beine                      2 Flügel                      Erkannt an:                      Lange Flügel                      Lebensraum:                      Warme Regionen, Afrika, Südamerika</p>	Sie sind in den Harz geflogen.	Keine Antwort

**Ergebnisse Protokollbögen vom 07.06.2013 (7.-9. Mischklasse)**

- Bestimmung der Inkluden

- Aufgabe 3: Hypothese – Wie kommen die Tiere in den Bernstein?

- Aufgabe 4: Hypothese – Wie können wir das, was wir über heute lebende Tiere wissen, auf die fossilen Verwandten des Baltischen Bernsteins anwenden?

Nr.	Kürzel	Bestimmung: Rot – falsch bestimmt Gelb – ungenaue Bestimmung / Bemerkung Grün – Bestimmungsschlüssel verwendet	Aufgabe 3: Wie kommen die Tiere in den Bernstein?	Aufgabe 4: Aktualitätsprinzip
52	52/w/8	Termite Köcherfliege Springspinne Schabe	Die Tiere/Kadaver bleiben in dem klebrigen Harz hängen und werden mit der Zeit von ihm eingeschlossen und werden fest. Sie werden meistens im 3-Dimensionalen Zustand fest gehalten.	Wir stellen fest, dass keine großen Veränderungen aufgetreten sind.
53	53/m/8	Schabe Zuckmücke Köcherfliege Springspinne  Bestimmungsschlüssel	Tiere (lebendig oder tot) bleiben hängen/kleben Harz wird hart, schließt sie ein Erhält sie meistens im dreidimensionalen Zustand.	Indem wir sie vom äußerlichen vergleichen und erkennen, dass sie sich zumindest vom äußerlichen nicht verändert haben.
54	54/w/8	Schabe Zuckmücke Köcherfliege Springspinne  Bestimmungsschlüssel	Tiere (lebendig oder tot) bleiben hängen/kleben Harz wird hart, schließt sie ein. Erhält sie meistens im dreidimensionalen Zustand.	Zwar entwickeln sie sich weiter, aber sie verändern sich nicht grundlegend.
55	55/w/8	Termite Köcherfliege (Bemerkung: Namen vergessen) Springspinne Schabe	Tiere (lebendig oder tot) bleiben hängen/kleben Harz wird hart, schließt sie ein Erhält sie meistens im dreidimensionalen Zustand	Indem wir sie vom äußerlichen vergleichen und erkennen, dass sie sich zumindest vom äußerlichen nicht verändert haben.
56	56/w/8	Dickkieferspinne Köcherfliege Springspinne Hundertfüßer	Sie sind auf Bäumen und bleiben im Harz kleben, dort sterben sie. Der Harz trocknet aus.	Da die heutigen Tiere stammen von diesen ab.

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 3 und 4

57	57/m/7	Hundertfüßer Springspinne Köcherfliege	Nicht beantwortet	Nicht beantwortet
58	58/m/7	Dickkieferspinne Köcherfliegen Springspinne Hundertfüßer	Der Harz ist flüssig und wenn sie rein fliegen sinken sie, nach einiger Zeit trocknet es.	Vergleichen
59	59/m/7	Springspinne Hundertfüßer (keine weiteren Angaben bei Lebensraum) Köcherfliege	Nicht beantwortet	Nicht beantwortet
60	60/m/9	Schmetterlingsmücke Dickkieferspinne Springspinne Schabe  <b>Bestimmungsschlüssel</b>	Haben sich im klebrigen Harz verfangen.	Weil es die Vorfahren und sie ähnlich sind.
61	61/w/7	Schmetterlingsmücke Dickkieferspinne Springpinne Schabe  <b>Bestimmungsschlüssel</b>	Sie haben sich im klebrigen Harz verfangen.	Weil die Vorfahren ihren heutigen Arten ähnlich sind.
62	62/w/7	Springspinne Schabe Dickkieferspinne (ausführliche Beschreibung des Lebensraums)	Nicht beantwortet	Nicht beantwortet
63	63/w/7	Dickkieferspinne <b>Schabe</b> Springspinne	Nicht beantwortet	Nicht beantwortet

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 3 und 4

64	64/m/8	<p>Spinne  k.A. (schwer festzustellen, um was für ein Tier es sich handelt)  Trauermücke  Termiten</p>	<p>Die meisten Tiere leben in der Nähe von Wasser, Spinnen?? Klettern auf Bäume.</p>	<p>Man sieht die Tiere die im Bernstein sind ja schon Million Jahre tot.</p>
65	65/m/8	<p>Trauermücke  Köcherfliege  Hundertfüßer  Springspinne</p>	<p>Siehe Station 5</p>	<p>Indem wir die beiden vergleichen und mikroskopieren.</p>
66	66/m/8	<p>Köcherfliege  Hundertfüßer  Strecker Spinne  Schmetterlingsmücke    Bestimmungsschlüssel</p>	<p>Sie werden vielleicht vom süßen Geruch angezogen und kleben fest.</p>	<p>Wir können Ähnlichkeiten zwischen den Arten herausfinden</p>
67	67/m/8	<p>Keinen Namen  6 Beine, 2 Flügel,  Hundertfüßer  Strecker Spinne  Springspinne  Keinen Lebensraum ausgefüllt</p>	<p>Sie setzen sich auf einen Ast oder unter die Rinde und werden dann vom Harz eingeschlossen.</p>	<p>Indem wir den Bernstein Mikroskopieren und sehen von wo der Bernstein kommt.</p>
68	68/m/8	<p>Floh  Käfer  Mücke  Spinne    Bemerkung: Offensichtlich weder Bestimmungsschlüssel noch Karten verwendet</p>	<p>Sie werden davon angezogen (wie Honig) und dann eingeschlossen.</p>	<p>Wie können die Evolution erforschen und auch die...</p>
69	69/m/8	<p>Floh  Spinne  Mücke  Schaben    Bemerkung: Offensichtlich weder Bestimmungsschlüssel noch Karten verwendet</p>	<p>Sie sind früher in den flüssigen Harz geflogen und konnten sich nicht mehr befreien. Daraufhin wurde der Harz hart.</p>	<p>Über die auffälligen Merkmale die von früher auf heute übertragen wurden, z.B. bei der Kellerassel.</p>



ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 3 und 4

		<p>schlüssel noch Karten verwendet</p>		
70	70/w/9	<p>Spinne: 4 Beine,                  Lebensraum: Natur, Wald+Wüste (vielleicht früher Wasser)                  Mücke (richtig wäre Köcherfliege)                  Lebensraum: Luft, im warmen                  Spinne                  Lebensraum: Natur, überall, nur nicht Wasser und Luft                  Kakalake</p> <p>Bemerkung: Offensichtlich weder Bestimmungsschlüssel noch Bestimmungskarten verwendet.</p>	<p>Sie sind in den flüssigen Harz geflogen und konnten sich nicht mehr befreien und das Harz trocknete.</p>	<p>Man könnte die Entwicklung des Tieres andere Vorfahren/Tierarten herausfinden.                  Wie sich ähnliche Tiere entwickelt haben können.</p>
71	71/m/9	<p>Spinne                  Lebensraum: Insekten, also Wald und Wüste, vielleicht früher Wasser                  Mücke (eigentlich Köcherfliege)                  Spinne</p> <p>Bemerkung: identisch mit Aufgaben von einem Mitschüler derselben Gruppe; offensichtlich einer vom anderen abgeschrieben</p>	<p>Sie sind in den flüssigen Harz geflogen und konnten sich nicht mehr befreien und das Harz trocknete</p>	<p>Man könnte die Entwicklung des Tieres andere Vorfahren/Tierarten herausfinden.                  Wie sich ähnliche Tiere entwickelt haben können.</p>

Schülerlaborgruppe vom 19.06.2013 (10. Klasse Realschule)

Nr	Kürzel	Bestimmung: <b>Rot</b> – falsch bestimmt <b>Gelb</b> – ungenaue Bestimmung / Bemerkung <b>Grün</b> – Bestimmungsschlüssel verwendet	Aufgabe 3: Wie kommen die Tiere in den Bernstein?	Aufgabe 4: Aktualitätsprinzip		
72	77/m/10	<p><b>Adulte Schabe</b>                      6 Beine  <b>Erkannt an:</b> Haarige Beine Panzer oval  <b>Lebensraum:</b> Tropen, Subtropen, wärmeliebend, Falllaub/verrottetes Totholz/Algen und Flechten von Holz</p> <p><b>Schmetterlingsmücke:</b>                      6 Beine                      2 Flügel  <b>Erkannt an:</b> Große haarige Flügel  <b>Lebensraum:</b> Pflanzensäfte/Nektar nah bei Gewässern</p>	<p><b>Zuckmücke</b>                      6 Beine                      2 Flügel  <b>Erkannt an:</b> Härchen an den Fühlern, langer Schwanz  <b>Lebensraum:</b> Weltweit, Gewässernähe, Schlamm / Steh- oder Fließgewässer</p> <p><b>Trauermücke</b>                      6 Beine                      2 Flügel  <b>Erkannt an:</b> Lange dünne Fühler, runde große Flügel  <b>Lebensraum:</b> Weltweit feuchte Gebiete, wie Wälder, Moore, Feuchtwiesen, Weiden, Felder</p>	<p>Sie lebten auf Bäumen die viel geharzt haben und irgendwann klebten sie dann an dem Harz fest. Als es trocknete verschloss und konservierte das Harz die Insekten.</p>	<p>Da man heute noch an den Nachfolgern die Entwicklung vorheriger Arten erkennen kann und außerdem hat sich kaum was verändert.</p>	10
73	78/m/10	<p><b>Dickkieferspinne:</b>                      8 Beine  <b>Erkannt an:</b> Augen  <b>Lebensraum:</b> Lebt in den feucht-warmen Tropen und Subtropen. Leben häufig in Gewässernähe, auch an Küsten, Meeren und feuchten Wäldern</p> <p><b>Schabe:</b>                      6 Beine  <b>Erkannt an:</b> Panzer  <b>Lebensraum:</b> Tropen, Subtropen</p>	<p><b>Köcherfliege:</b>                      - 6 Beine                      - 4 Flügel  <b>Erkannt an:</b> Bestimmungsschlüssel  <b>Lebensraum:</b> Entwickeln sich als Larven im Wasser. Die Larven entwickeln sich in Flüssen, Bächen oder Seen</p>	<p>Wie kommen die Inkluden in den Bernstein? Sie haben sich im Harz verfangen und wurden dann eingeschlossen.</p>	<p>Sie haben sich kaum/gar nicht verändert.</p>	10

		<p><b>Lebensweise:</b> Ernähren sich von tierischen und pflanzlichen Stoffe verschiedener Art</p>				
74	79/m/10	<p><b><u>Spinnenhaut</u></b> 8 Beine <b>Erkannt an:</b> Hinterteil, Vorderteil <b>Lebensraum:</b> Feucht-warme Tropen und Subtropen Gewässernähe Küsten und feuchten Wäldern</p> <p><b><u>Trauermücke</u></b> 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: An dem Hinterteil, Flügel Lebensraum: Weltweit verbreitet, südlich der Polarkreise; versteckt in Laub und Pflanzen</p>	<p><b><u>Zuckmücken</u></b> 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Kopf, 2 Flügel Lebensraum: Gewässernähe, da die sich dort entwickeln</p>	Da Bernstein aus Baumharz entsteht, könnten die Tiere in/an dem Baum geklebt haben oder als Nahrung verwendet haben. Harz tropft auf die Tiere.	Ob sich manche Tiere davon ableiten. Ob manche Tiere (heutige Zeit) sich entwickelt haben. Ob sie Übergangstiere sind.	
75	80/m/10	<p><b><u>Schmetterlingsmücke</u></b> 4 Beine 2 Flügel Erkannt an: Es hat große Flügel und große Beine <b>Lebensraum:</b> Sie saugen an Pflanzensäften oder Nektar, viele Arten nehmen gar keine Nahrung auf. Manche Arten saugen Blut (Weibchen), leben (?) häufig in der Nähe [von] Wasser. Lassen sich an der parallel angelegten Flügeladerung erkennen.</p> <p><b><u>Hundertfüßer</u></b> 20 Beine <b>Erkannt an:</b> An den vielen Beinen und an der Form. <b>Lebensraum:</b> Regenwald und Wüste; feuchter Lebensraum Nachtaktiv</p>	<p><b><u>Köcherfliege</u></b> 4 Flügel 2 Beine <b>Erkannt an:</b> An der Form, an den Fühlern <b>Lebensraum:</b> Eier werden im Wasser abgelegt, Larven im Wasser, Larven leben in Flüssen, Bächen, Seen; Kriegen (?) oft am Gewässerufer ihre Flügel.</p> <p><b><u>Trauermücke</u></b> 6 Beine 2 Flügel <b>Erkannt an:</b> Hinterteil, Flügel <b>Lebensraum:</b> weltweit verbreitet, südlich der Polarkreise, versteckt im Laub und Pflanzen</p>	Vielleicht durch Vulkanausbrüche. Die Tiere sind wahrscheinlich unter der Vulkanasche. Durch den Druck unter der Erde ergab sich die Form und die Farbe, glaube ich. Vielleicht durch die Inkohlungsstufe.	Durch die lebenden Tiere, die heute leben, kann ungefähr erkannt werden, wie die vor ca. 40-50 Mio. Jahren gelebt haben und ob die Bedingungen genauso gleich sind, wie vor 40-50 Mio Jahren. Sie leiten sich von den Übergangstieren (ab?).	10

76	81/m/10	<p><b><u>Dickkieferspinne</u></b>              8 Beine              Erkennt an: Körper und Beine              Lebensraum: Netz (Radnetz), feucht-warme Tropen/Subtropen; Gewässernähe, Küsten, Mooren, feuchten Wäldern</p> <p><b><u>Larve (Schabe?)</u></b>              6 Beine              Erkennt an: An dem Muster auf dem Rücken              Lebensraum: Wärmeliebend, Tropen/Subtropen;              Ernährung: Pflanzlicher, tierischer Herkunft, Falllaub, Totholz</p>	<p><b><u>Hundertfüßer</u></b>              20 Beine              Erkennt an: An den vielen Beinen und zwei Fühlern am Kopf              Lebensraum: Bis über die Polarkreise, Regenwald, Wüste, feuchten Lebensraum, lichtscheu</p> <p><b><u>Köcherfliege:</u></b>              6 Beine              2 Flügel              Erkennt an: An den langen Flügeln auf dem Rücken              Lebensraum: Entwickeln sich im Wasser. Bauen sich Schutzgehäuse (Köcher).</p>	<p>Harz tropft auf die Tiere darauf und trocknet</p>	<p>Übergangstiere; sie leiten sich von heutigen Tieren ab</p>	10
77	82/m/10	<p><b><u>Schabe / Larve</u></b>              6 Beine              Erkennt an: Panzer              Lebensraum: Länge: 9-100 mm, Tropen/Subtropen = Umgebung              Ernährung: Falllaub am Waldboden, verrottendes Totholz              Temperatur: warmliebend</p> <p><b><u>Zuckmücke:</u></b>              8 Beine              2 Flügel              Erkennt an: An ihren dünnen Flügeln              Lebensraum: 2-14 mm; fließendes Gewässer</p> <p>Zeichnung: Schabe</p>	<p><b><u>Spinne</u></b>              8 Beine              Erkennt an: Spinnenform / Große Augen              Lebensraum: Weltweit verbreitet, Temperatur: unterschiedlich</p> <p><b><u>Hundertfüßer</u></b>              ? viele              Erkennt an: den vielen Beinen              Lebensraum: Länge 1-10 cm, Tropische Arten sogar bis zu 25 cm, weltweit vorhanden, feuchte Lebensräume</p>	<p>Ich glaube, dass die Tiere früher an Bäumen sich ausruhten oder an Bäumen krabbelten. Dann tropfte Baumharz auf die Insekten und wurden somit über die Millionen Jahre eingeschlossen.</p>	<p>Wir können dadurch vielleicht wissen, wie früher die Insekten/Tiere gelebt haben. Ob sie gleich aussahen, [sich] gleich ernährten usw.</p>	10

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 3 und 4

78	83/m/10	<p><b><u>Termiten:</u></b> 6 Beine 4 Flügel <b>Erkannt an:</b> - <b>Lebensraum:</b> warm, afrikanisch, südamerikanisch, fernöstliche Tropenwälder. Ernähren sich von Holz, Humus und Gras</p> <p><b><u>Springspinne:</u></b> 8 Beine Erkannt an: Augen Lebensraum: -</p> <p>Zeichnung: Springspinne</p>	<p><b><u>Köcherfliege:</u></b> 6 Beine 4 Flügel <b>Erkannt an:</b> - <b>Lebensraum:</b> Wasserinsekt, Larven leben in Flüssen / Bächen / Seen</p> <p><b><u>Kein Name</u></b> – wahrscheinlich Schabe 6 Beine Keine Flügel <b>Erkannt an:</b> Käferförmig <b>Lebensraum:</b> Tropen, Subtropen, warm, Falllaub</p>	<p>Sie bleiben im Harz stecken und sterben darin oder sie waren bereits tot und wurden vom Harz umschlossen (sie starben z.B. an einem Baum etc.).</p>	<p>Die Insekten haben sich gar nicht oder nur sehr wenig verändert.</p>	10
79	84/w/10	<p><b><u>Hundertfüßer</u></b> 26 Beine <b>Erkannt an:</b> Den vielen Füßen und den Fühlern vorne und hinten <b>Lebensraum:</b> Regenwald bis Wüste Feuchter Lebensraum, verstecken sich im Laub, unter Steinen, faulem Holz oder Erdreich, verfolgen ihre Beute bei Nacht und überwältigen sie blitzschnell.</p> <p><b><u>Zuckmücke</u></b> 6 Beine 2 Flügel Erkannt an: Körperform, Rüssel Lebensraum: 2-14mm Buscheliges Bruststück, können nicht stechen, Larven leben im Schlamm stehender und fließender Gewässer, Leben in Gewässernähe</p>	<p><b><u>Köcherfliege</u></b> 6 Beine 4 Flügel Erkannt: Am Rüssel Lebensraum: Eier werden ins Wasser gelegt / Pflanzen, Steine etc. angeklebt</p> <p><b><u>Schabe (Blattodea) Larve</u></b> 6 Beine Erkannt an: Körperform, Beine Lebensraum: 5-100mm, lieben Wärme, Tropen &amp; Subtropen, fressen pflanzliches und tierisches</p>	<p>1. Die Tiere sind gestorben und das Harz ist auf sie getropft.</p> <p>2. Die Tiere haben sich im Harz verklebt und sind dann gestorben.</p>	<p>Die grobe Form der Tiere ist gleich geblieben</p>	10

80	85/m/10	<p><b>Unbekannte Inkluse</b>          0 Beine, dafür aber beinähnliche Auswölbungen, 22+2 Beinähnliche Fortsätze [Kommentar: Vielleicht hat er nur die verlumte Seite des Hundertfüßers gesehen??]          Keine Flügel  <b>Erkannt an:</b> Es hat um die 1 Ring am Körper plus 1 Kopf  <b>Lebensraum:</b> unbekannt, da es nicht auf den Karten [war??]</p> <p><b>Hundertfüßer</b>          30 Beine          Keine Flügel  <b>Erkannt an:</b> den vielen Beinen [?.] Fühler vorne und hinten  <b>Lebensraum:</b> [..?] tagsüber im Holz</p>	<p><b>Dickkieferspinne</b>          8 Beine  <b>Erkannt an:</b> An den großen Kiefern  <b>Lebensraum:</b> in verschiedenen Unterkünften und verschiedenen Regionen</p> <p><b>Zuckmücke</b>          6 Beine          2 Flügel  <b>Erkannt an:</b> Haare an den Flügeln  <b>Lebensraum:</b> kommt in Pflanzen vor und in allen Regionen der Welt</p>	<p>Die Tiere kommen in den Bernstein indem sie im <b>Bernstein</b> stecken bleiben und dann übergossen werden oder im Flug von einem Tropfen getroffen werden.</p>	(kaum lesbar)	10
81	86/m/10	<p><b>Schabe (Larve)</b>          Ich kann 5 Beine zählen, eins sieht ausgerissen aus.  <b>Erkannt an:</b> Auf der Bestimmungskarte war die Schabe abgebildet. Ich musste schauen, ob sie Flügel hat (hat keine).  <b>Lebensraum:</b> Da sie wärmeliebend sind, leben sie in den Tropen und in den Subtropen.</p> <p><b>Köcherfliege</b>          Ich kann 5 Stück zählen, 2 mal 2 übereinander  <b>Erkannt an:</b> Ich bin über den <b>Bestimmungsschlüsse</b> darauf gekommen.  <b>Lebensraum:</b> Entwicklung im Wasser. Nach Larvenstadium kriechen sie ans Ufer.</p>	<p><b>Dickkieferspinne</b>          8 Stück (Beine)  <b>Erkannt an:</b> Es hat 8 Beine  <b>Lebensraum:</b> In feuchten Gebieten (Moore, Küsten, feuchte Wälder), vereinzelt in Mitteleuropa</p> <p><b>Zuckmücke</b>          6 Beine          2 Flügel  <b>Erkannt an:</b> Härchen an den Flügeln  <b>Lebensraum:</b> Weltweit in Gewässernähe</p>	<p>Insekten klettern oft an Bäumen hoch, leben dort oder jagen dort. Wahrscheinlich sind sie mit den Füßen kleben geblieben und wurden auf Dauer eingelagert.</p>	<p>Da man an den heutigen Tieren die Entwicklung nachvollziehen kann.</p>	10

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 3 und 4

82	87/w/10	<p><b><u>Zuckmücke</u></b>          4-6 Beine          2 Flügel          Erkennt an: Ihrem Saugrüssel          Lebensraum: In Gewässernähe, weil die Larven [sich] im Schlamm von Steh- oder Fließgewässer entwickeln.</p> <p><b>Schabe (Blattodea)</b>          6 Beine          Keine Flügel  <b>Erkennt an:</b> An ihrem Körper  <b>Lebensraum:</b>          Tropen, Subtropen, wärmeliebend, essen Falllaub am Waldboden oder von verrottendem Totholz</p> <p>Zeichnung Termite (von Karte, nicht Bernstein)</p>	<p><b>Weberknecht</b>          8 Beine          Keine Flügel  <b>Erkennt an:</b> An ihren Beinen  <b>Lebensraum:</b> -</p> <p><b>Termite</b>          4-6 Beine          4 Flügel  <b>Erkennt an:</b> An ihren Flügeln  <b>Lebensraum:</b>          In warmen Regionen, in afrikanischen, südamerikanischen und fernöstlichen Tropenwäldern</p>	<p>Wenn sie tot sind und am Ufer der Ostsee liegen schließt der Harz sie ein.</p>	<p>Vielleicht haben sie sich nicht weiter entwickelt.</p>	10
83	88/w/10	<p><b><u>Trauermücke</u></b>          4 Beine          2 Flügel  <b>Erkennt an:</b> Flügeln  <b>Lebensraum:</b> Weltweit (Wäldern, Mooren, Feuchtwiesen, Weiden)</p> <p><b><u>Dickkieferspinne</u></b>          8 Beine  <b>Erkennt an:</b> Körperbau und Beine  <b>Lebensraum:</b> Feucht-warme Tropen und Subtropen (Gewässernähe, Küsten, Mooren, feuchte Wälder).          Sehr warme Temperaturen</p>	<p><b><u>Hundertfüßer</u></b>          Mehr als 10 Beine (100)  <b>Erkennt an:</b> Langer Körperbau, viele Füße  <b>Lebensraum:</b> Weltweit über die Polarkreise, verschiedene Temperaturen (vom Regenwald bis zur Wüste).</p> <p><b><u>Larve Schaben</u></b>          6 Beine  <b>Erkennt an:</b> dicker Körper  <b>Lebensraum:</b> Wärmeliebend, Tropen und Subtropen, Waldboden</p>	<p>Wurden in der Erde eingeschlossen und kommen nicht mehr raus.</p>	<p>Da durch die Evolution andere ähnliche Tiere entstanden sind. Deshalb können wir davon ausgehen, dass sie früher ähnlich aussahen.</p>	10

**Auswertung von Station 5: Die Entstehung von Bernstein**

<b>N r.</b>	<b>Kürzel</b>	<b>Bildergeschichte</b>	<b>Art des Textes (Sachtext oder Geschichte)</b>
1	1/m/8	Station nicht bearbeitet	-
2	2/m/8	Station nicht bearbeitet	-
3	3/m/8	Station nicht bearbeitet	-
4	4/m/8	Station nicht bearbeitet	-
5	5/m/8.	Station nicht bearbeitet	-
6	6/m/9	Reihenfolge richtig	Geschichte in zwei Sätzen
7	7/w/9	Reihenfolge richtig. Mit Überschriften ausführlich versehen.	Kein Text, stattdessen Überschriften
8	8/w/9	Reihenfolge richtig	Sachtext in 3 Sätzen: Bernstein ist das Harz von Bäumen in dem auch häufig Insekten eingeschlossen sind. Bernstein ist ca. 40-50 Mio. Jahre alt. Der Bernstein kommt aus dem Baltikum und ist mit der Strömung der Gewässer nach Südeuropa gewandert.
9	9/m/8	Reihenfolge der Bilder nicht klar, da einfach aufgeklebt aber weder mit Pfeilen noch mit Überschriften versehen.	Sachtext
10	10/w/8	Bilder Reihenfolge scheint ok zu sein, allerdings weder Pfeile noch Überschriften	Kein Text
11	11/w/8	Stationsportfolio nicht ausgefüllt	Kein Text
12	12/m/8	Bilderreihenfolge ok	Eine Geschichte oder ein Sachtext: Vor ca. 55 Mio. Jahren wurden Insekten von Harzgeruch angezogen und verfielen in diesem. Eingeschlossen im Harz wurden sie in Wassernähe (?) getrieben. Dort sanken sie auf den Boden und lagerten sich im Sediment ab. Für Millionen Jahre eingeschlossen werden sie heute als Bernsteine an den Strand getrieben.
13	13/m/8	Stationsportfolio nicht ausgefüllt (wahrscheinlich Partnerarbeit)	
14	14/m/9	Überschriften zu Bildern, Reihenfolge richtig	Kein Text, stattdessen nur Bilder beschriftet
15	15/m/9	Reihenfolge richtig	Geschichte in 2 Sätzen.
16	16/m/9	Reihenfolge richtig	Sachtext mit Bildern
17	17/m/8	Bilder 5 und 6 vertauscht	Kein Text
18	18/w/8	Reihenfolge richtig	Geschichte: Kinder! Hier seht ihr euren Urahnen Herrmann den Großen. Er lebte vor ganz, ganz langer Zeit und war ein tapferer Kämpfer. Eines Tages als er zu viel getrunken hatte, flog er – oh Schreck – in einen Harztropfen hinein. Dort konnte er sich zwar nicht mehr bewegen, aber sah große Fische und Meeresbewohner, weil der Baumstamm abbrach und im Meer schwamm. Das Harz trocknete immer weiter, bis er keine Luft mehr bekam. Heute fand unsere Familie ihn am Strand und gab ihn ins Museum. Wir erinnern uns jetzt stolz an ihn und gedenken an seine Taten



19	19/w/8	Reihenfolge richtig, ohne Überschrift	Geschichte (länger): Hi. Ich erzähle euch heute eine Geschichte. Von meinem Ur-Ur-Ur-Ur-.. Uropa, der heute vor einer Klasse untersucht wird, weil er im Harz eingeschlossen ist. Er verklebte und das Harz trocknete und fiel in die Erde. Der Ast brach und er machte eine Reise durch die Weltmeere. Das Harz landete im Sand und vor ein paar Tagen an der Nordsee entdeckt wurde.
20	20/w/8	Bilder 5 und 6 vertauscht	Kein Text
21	21/m/8	Station nicht bearbeitet	-
22	22/w/8	Station nicht bearbeitet	-
23	23/w/8	Station nicht bearbeitet	-
24	24/m/8	Station nicht bearbeitet	-
25	25/w/8	Reihenfolge richtig.	Geschichte: Ich bin Zilly die Fliege. Der Baum hat meinem Opa Leid getan. Er hat geblutet und dann hat er versucht ihn zu pflegen. Dann hat er festgeklebt und 55 Mio. Jahre gewartet bis er nun im Klassenzimmer der 9 c liegt.

Nr	Kürzel	Bildergeschichte	Art des Textes (Sachtext oder Geschichte)
26	26/w/7	Reihenfolge ok und mit Überschriften versehen: 1. Mücken fliegen in das Harz. 2. Harz tropft mit Mücken runter. 3. Das Harz tropft ins Wasser 4. Das Harz liegt im Wasser 5. Das Harz sinkt nach unten. 6. Das Harz kommt vom Meeres sediment wieder nach oben 7. Heute ist das Harz im Sand	Sachtext: Als erstes fliegen die Mücken in den Harz, dort bleiben sie hängen, weil der Harz so klebrig ist. Dann tropft der Harz mit den Mücken runter. Ein Teil tropft auch ins Wasser. Der Harz sickert langsam im Wasser unter uns setzt sich im Meeres-Sediment fest. Nach einer Zeit kommt der Harz aus dem Meeres-Sediment hoch. Heut ist der Harz im Sand.
27	27/m/7	Reihenfolge ok und mit Überschriften versehen: 1. Harz 2. Insekten im Harz 3. Tropft runter 4. Schwimmt weg 5. Kommt ins Meer 6. Sickert nach unten 7. Wird gefunden	Sachtext: Harz tropft runter. Insekten kleben im Harz fest und sterben. Das Harz gelangt ins Meer. Das harz treibt weg. Es versteinert, und setzt sich im Boden ab. Jetzt ist es Bernstein.
28	28/m/7	Reihenfolge falsch. 1 – Baum mit Insekt, 2 – tropft ins Wasser – 3 schwimmt im Wasser, 4- Tropft vom Baum, 5 – am Strand, 6 – wird an die Wasseroberfläche geschwemmt, 7 – im Meeres Sediment	<b>Sachtext</b> Der Harz tritt aus dem Baum aus und die Insekten fliegen zum Baum und bleiben am Harz kleben.
29	29/m/7	Reihenfolge falsch. 1 – Baum mit Insekt, 2 – tropft ins Wasser – 3 schwimmt im Wasser, 4- Tropft vom Baum, 5 – am Strand, 6 – wird an die Wasseroberfläche geschwemmt, 7 – im Meeres Sediment	<b>Sachtext</b> Der Harz tritt aus dem Baum aus fängt Tiere ein. Nun fällt der Baum und die Tiere fallen ins Wasser und versteinern.
30	30/m/7	Reihenfolge ok und mit Überschriften versehen	Sachtext:

		<p>ten versehen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fliegen/Tiere flogen in Harz</li> <li>2. Harz + Tier tropfen vom Baum</li> <li>3. Tropfen ins Wasser</li> <li>4. Versinken im Wasser</li> <li>5. Auf dem Meeres-Sediment</li> <li>6. Steigen nach oben</li> <li>7. Liegen jetzt am Strand</li> </ol>	<p>Die Tiere wollten eine Pause auf dem Baum machen, doch an dem Baum war Harz. Das Harz umschloss das Tier. Das „Gemisch“ tropfte vom Baum ins Wasser. Danach setzte sich der Harz auf den Meeresboden. Nach [ein] paar Millionen Jahren schwimmen die Steine an die Oberfläche.</p>
31	31/w/7	<p>Bilder zwar aufgeklebt aber nicht nummeriert; mit Überschriften versehen.</p>	<p>Sachtext: Das Harz läuft vom Baum, die Insekten bleiben im Harz kleben. Dann tropft das Harz ins Wasser und schwimmt an der Oberfläche. Nach einer Zeit sinkt das Harz zum Boden und kommt dann wieder hoch und wird an den Strand gespült</p>
32	32/w/7	<p>Bilder zwar aufgeklebt aber nicht nummeriert; mit Überschriften versehen</p>	<p>Sachtext: Vor ca. 55 Mio. Jahren flogen die Insekten ins Harz. Die Insekten blieben im Harz hängen. Dann tropfte das Harz runter und gelang ins Meer. Danach sanken die Insekten im Harz auf den Meeresboden. Sie stiegen wieder nach oben an die Meeresoberfläche und wurden an den Strand geschwemmt.</p>
33	33/w/7	<p>Reihenfolge richtig, keine Überschrift</p>	<p>Sachtext: Die Insekten sind ins Harz geflogen. Dann ist das Baumharz nach unten getropft. Das Harz tropft auf das Meer. Danach sinkt es in den Meeresboden. Das Harz kommt wieder hoch und legt sich am Strand ab.</p>
34	34/w/7	<p>Reihenfolge zwar anscheinend richtig aufgeklebt aber nicht nummeriert. Nur Überschriften</p>	<p>Sachtext: Die Insekten flogen ins Harz und das Harz tropfte ins Wasser. Das Harz tropfte ins Meer. Danach sinkt es auf den Meeresboden. Das Harz gelangt wieder nach oben und wird an den Strand angespült.</p>
35	35/m/7	<p>Reihenfolge scheint falsch, nicht nummeriert, keine Überschriften</p>	<p>Kein Text</p>
36	36/m/7	<p>Reihenfolge richtig – hat sogar mehrere Möglichkeiten der Sedimentation aufgezeigt (entweder direkt ins Wasser getropft oder auf Stück Holz im Wasser transportiert)</p>	<p>Keinen Text</p>
37	37/m/7	<p>Bilder scheinbar in falscher Reihenfolge aufgeklebt; nicht beschriftet</p>	<p>Kein Text</p>
38	38/w/7	<p>Reihenfolge richtig</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fliegen bleiben im Harz hänge.</li> <li>2. Das Harz mit den Fliegen tropft von den Ästen runter.</li> <li>3. Das Harz geht ins Wasser.</li> <li>4. Es sinkt.</li> <li>5 Dann liegt es im Meeres-Sediment.</li> <li>6. Von dort geht es wieder an die Wasseroberfläche.</li> <li>7. Heute ist es am Strand.</li> </ol>	<p>Sachtext: Überschrift: Wie Bernstein entsteht und wie Insekten in Bernstein kommen Die Mücken, Fliegen etc. verfangen sich im Harz das an den Bäumen hängt. Das Harz löst sich von den Ästen und geht ins Wasser. Das Harz mit den Insekten sinkt zum Meeresboden. Dann liegt es im Meeres-Sediment. Nach einer Weile kommt es wieder an die Wasseroberfläche und es kommt an den Strand.</p>
39	39/w/7	<p>Reihenfolge richtig.</p>	<p>Sachtext:</p>

		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Mücken fliegen in den Harz und verfangen sich.</li> <li>2. Die Mücken werden eingeschleust.</li> <li>3. Der Harz tropft in das Wasser</li> <li>4. Es sinkt runter</li> <li>5. liegt dann im Meeres-Sediment</li> <li>6. Steigt wieder auf.</li> <li>7. Heute ist es am Strand</li> </ol>	<p>Überschrift: Wie Bernstein entsteht und wie Insekten in Bernstein kommen.</p> <p>Die Mücken verfangen sich im Harz und werden von der nächsten Harzwelle überschwämmt. Sie sterben da drinnen. Der Harz tropft ins Wasser und sinkt zum Boden. Irgendwann steigt er wieder auf und liegt am Strand.</p>
40	40/w/7	<p>Reihenfolge richtig</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Mücken fliegen in den Harz</li> <li>2. Der Harz tropft mit den Mücken runter</li> <li>3. Der Harz tropft ins Meer.</li> <li>4. Der Harz liegt im Wasser</li> <li>5. Der Harz sinkt nach unten.</li> <li>6. Der Harz steigt vom Meeres-Sediment nach oben.</li> <li>7. Der Harz liegt am Strand.</li> </ol>	<p>Sachtext:</p> <p>Der Harz hängt am Baum, dann fliegen die Mücken da rein und der Harz tropft ins Meer. Dann treibt der Harz weiter vom Ufer weg und sinkt nach unten auf den Grund. Dann steigt er vom Meeres-Sediment nach oben und heute liegt der Bernstein am Strand im Sand vergraben.</p>
41	41/m/7	Bilder in falscher Reihenfolge aufgeklebt, keine Überschrift,	kein Text
42	42/m/7	Nur Reihenfolge (falsch) aufgeklebt; keine Beschriftung	Kein Text
43	43/w/7	<p>Reihenfolge richtig:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fliege fliegt zum Baum</li> <li>2. Sie verfängt sich im Harz</li> <li>3. Der Harz fällt ab.</li> <li>4. Getrockneter Harz schwimmt im Wasser.</li> <li>5. Harz und Baumstamm sinken</li> <li>6. Harz setzt sich vom Boden ab.</li> <li>7. Sind unterm Strand.</li> </ol>	<p>Erzähltext:</p> <p>An einem wunderschönen Tag schwirrte mein Ur-Ur-Ur-...Großvater an einem Baum vorbei und blieb an einem Harzstück kleben. Nach langer Zeit fällt das Stück Harz ab und landete im Wasser. Dort blieb das Stück an einem Baumstamm kleben und sank an den Meeresboden. Nach langer Zeit tauchte das getrocknete Harz wieder auf und heute liegt er am Strand und wird längst an einer Uni verwendet.</p>
44	44/w/7	<p>Bilder falsch interpretiert: Meeres sediment mit Meeresströmung verwechselt, kein Einbettungszustand in Sediment erkannt.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Harz hängt an den Bäumen</li> <li>2. Die Fliegen verfangen sich darin.</li> <li>3. Der harz fällt ins Wasser.</li> <li>4. Und wird von der Meereströmung [Meeres sediment] mitgetrieben.</li> <li>5. Irgendwann klebt er an einem Baumstamm</li> <li>6. und landet an der Küste</li> <li>7. Dort findet man ihn.</li> </ol>	<p>Sachtext:</p> <p>Da Insekten oft im Wald sind, sind sie oft an Bäumen. Wenn sie an Bäumen hoch klettern, berühren sie manchmal Harz und bleiben kleben, so dass sie nicht mehr weg kommen und sterben. Nach sehr vielen Jahren ist der Harz getrocknet und zum Bernstein geworden.</p>
45	45/w/7	<p>Reihenfolge richtig:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fliege fliegt zu einem Baum.</li> <li>2. Sie verklebt sich im Harz.</li> <li>3. Der Harz mit der Fliege tropft in den Fluss</li> <li>4. Das Harz mit der Fliege schwimmt im Fluss (auf einem Baumstamm).</li> <li>5. Harz und Baumstamm sinken.</li> <li>6. Harz setzt sich vom Meeres-Sediment ab.</li> <li>7. Die Harze sind unter dem Strand.</li> </ol>	<p>Erzähltext:</p> <p>Mein Ur-Ur-Ur-... Urgroßvater wollte gerade nach Hause fliegen, als er einen leckeren Geruch wahrnahm. Also flog er dem Geruch nach. Der Geruch kam von einem Baum, der Harz an der Rinde hatte. Er flog so schnell, dass er nicht mehr bremsen konnte, und sich im Harz verding. Er war sehr traurig, denn er wusste, dass es sich nicht befreien konnte. So vergingen viele Tage. Mein Ur-Ur-Ur-...Urgroßvater starb nach 3 Tagen. Kurze Zeit später tropfte das Harz in den Fluss. Der Harztropfen meines Verwandten fiel</p>

			auf einen treibenden Ast. Als der Ast absank, dank auch der Harztropfen auf den Grund. Nach ein paar Jahren [trieben] die Harztropfen wieder an die Meeresoberfläche. Heute liegen alle Harztropfen unter den Stränden der Welt.
46	46/w/7	<p>Bilder nicht nummeriert, aber dafür Überschrift</p> <p>Reihenfolge scheint aber falsch zu sein, da Meeres-Sediment als Meeresströmung interpretiert.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Der Harz tropft von den Bäumen und</li> <li>2. Insekten fliegen rein und bleiben kleben.</li> <li>3. Der Harz fällt ins Wasser und</li> <li>5. schwimmt mit den Fischen.</li> <li>4. Irgendwann klebt er sich an einen Baumstamm und</li> <li>6. landet an der Küste.</li> <li>7. Dort findet man ihn.</li> </ol>	<p>Sachtext:</p> <p>Da Insekten oft im Wald sind, sind sie oft an Bäumen. Wenn sie die Bäume hoch klettern, berühren sie manchmal Harz und bleiben kleben, so dass sie nicht mehr weg kommen und sterben. Nach vielen Jahren ist der Harz zum Bernstein geworden</p>
47	47/w/7	<p>Reihenfolge richtig:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Der flüssige Harz am Baum.</li> <li>2. Tiere verfangen sich.</li> <li>3. Harz tropft ins Meer.</li> <li>4. Wird ins Meer transportiert.</li> <li>5. Setzt sich ab.</li> <li>6. Nach 55 Mio. Jahren: Wird hochgespült.</li> <li>7. Man findet ihn im Sand.</li> </ol>	<p>Erzähltext</p> <p>Hey Freunde soll ich euch was erzählen? Ja schieß los.</p> <p>Mein Ur-Ur-Ur- Uropa war ein Insekt das im Bernstein eingeschlossen war. Er wurde dann mit dem Harz ins Meer gespült und lange transportiert. Dann setzt sich der Harz mit meinem Ur-Ur-Uropa im Meeres-Sediment ab. Er wurde nach 55 Mio. [Jahren] wieder hoch gespült.</p> <p>Die Menschen konnten im Sand dann Bernstein finden. Mein Ur-Ur-Uropa war darin eingeschlossen. Man konnte das Insekt sehen!!!</p> <p>Ende</p>
48	48/w/7	<p>Bilder mit Überschrift versehen, aber nicht nummeriert.</p> <p>Tiere fliegen gegen den Harz Verhädern sich im Harz Harz mit Tieren tropft ins Meer Wird ins Meer transportiert Setzt sich ab Wird hochgespült Wird am Strand gefunden</p>	<p>Erzähltext:</p> <p>Hey Freunde soll ich euch was erzählen? Ja schieß los.</p> <p>Mein Ur-Ur-Ur....Uropa war ein Insekt. Er flog gegen einen Baum und hing und klebte am Harz fest. Nach einer Zeit tropfte das Harz ins Meer. Er setzte sich eben an der Wasseroberfläche ab und irgendwann wurde das Harz an den Strand gespült und Millionen Jahre später fand man es.</p> <p>Ende</p>
49	49/w/7	<p>Reihenfolge richtig</p> <p>Keine Überschrift</p>	<p>Sachtext:</p> <p>Bernsteinentstehung</p> <p>Bernstein entsteht durch Harz. Zuerst fliegen Mücken in den Harz. Danach werden die Mücken im Harz eingeschlossen. Dann tropft der Harz in das Wasser. Dann strandet das Harz am Strand.</p>
50	50/w/7	<p>Überschrift aber keine Nummerierung – nur in „links-nach-rechts“</p> <p>Reihenfolge geklebt.</p> <p>Flüssiger Harz am Baum</p> <p>Tiere verfangen sich.</p> <p>Harz tropft vom Baum.</p> <p>Harz wird ins Meer transportiert.</p>	<p>Erzähltext:</p> <p>Hey Freunde, soll ich euch was erklären? Ja schieß los.</p> <p>Mein Ur-Ur-Ur-Uropa war ein Insekt das im Bernstein eingeschlossen war. Eines Tages flog er zu nah an einen Baum vorbei und blieb an einem Harztropfen kleben. Der Topfen fiel auf den Boden und gelang</p>

		Harz lagert im Meeres-Sediment. Nach vielen Mio. Jahren wird es an den Strand gespült. Bernstein liegt am Strand.	dann auf einen Baumstamm der durch einen Fluss floss ins Meer. Dort lagerte er viele Mio. Jahre auf dem Meeres-Sediment, bis er eine Tages an Land gespült wurde. Ein kleiner Junge fand ihn und gab ihn mir.
51	51/w/7	Überschrift aber nicht nummeriert: Flüssiger Harz am Baum. Tiere verfangen sich. Harz tropft vom Baum. Harz wird vom Fluss ins Meer gespült. Harz lagert im Meeres-Sediment. Nach vielen Mio. Jahren wird der harte Bernstein ins Meer gespült. Lagert am Strand.	Erzähltext: „Hey Freunde, soll ich euch mal was erzählen?“ „Ja, schieß los.“ „Mein Ur-Ur-Ur...Uropa war ein Insekt das im Bernstein eingeschlossen war, meine Mutter hat mir das gestern erzählt. Eines Tages flog er zu nah an einen Baum und verfang sich in einem Harztropfen. Der Tropfen fiel aus die Erde doch er konnte sich nicht befreien, da alles klebte. Der Tropfen rutschte vom Ufer in einen Fluss, der ins Meer gespült wurde. Der Fluss führte in das Meer, wo der Topfen Mio. Jahr im Meeres-Sediment lag. Dann wurde er eine Tages an Land gespült.“ „Bohr, krass ich glaube das ist mit meiner Ur-Ur-Ur...Uroma auch passiert!“ Ende

Nr	Kürzel	Bildergeschichte	Art des Textes (Sachtext oder Geschichte)
52	52/w/8	Bearbeitungszeit: 30 min Reihenfolge korrekt	Lange Geschichte, keine Zeitdimension mit reingenommen, (Insekt lebt die ganze Zeit im Harz und wird von Menschen gefunden)
53	53/m/8	Reihenfolge korrekt	Lange Geschichte
54	54/w/8	Reihenfolge korrekt	Geschichte; Dichte aus Station 1 eingebaut! 3D aus Station 4 eingebaut
55	55/w/8	Reihenfolge korrekt	Sehr schöne Erzählung; weniger Wissen eingebaut als die anderen aber erzähltechnisch schön
56	56/w/8	Reihenfolge korrekt aber keine Beschriftung	Geschichte
57	57/m/7	Reihenfolge korrekt aber nicht beschriftet	2 halbe Sätze Sachtext
58	58/m/7	Reihenfolge korrekt	Geschichte in 4 Sätzen
59	59/m/7	Reihenfolge korrekt	kein Text
60	60/m/9	Station nicht bearbeitet	-
61	61/w/7	Station nicht bearbeitet	-
62	62/w/7	Station nicht bearbeitet	-
63	63/w/7	Station nicht bearbeitet	-
64	64/m/8	Reihenfolge korrekt	Sachtext
65	65/m/8	Reihenfolge korrekt	Geschichte in 4 Sätzen

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 5

66	66/m/8	Reihenfolge korrekt und beschriftet	Geschichte in 2 Sätzen
67	67/m/8	Reihenfolge korrekt und beschriftet	Geschichte in 2 Sätzen
68	68/m/8	Bilder 4 und 5 vertauscht (Steine steigen auf und sinken dann auf den Boden)	Geschichte
69	69/m/8	Bilder 4 und 5 vertauscht (s.o.)	Sachtext – sehr grob
70	70/w/9	Bei den Bildern 4,5 und 6 und vertauscht	Sachtext
71	71/m/9	Bilder 4, 5 und 6 vertauscht	Sachtext, in dem auch hoher Druck und Salzwasser (Dichte) eingebaut wurde.

Nr	Kürzel	Bildergeschichte	Art des Textes (Geschichte oder Sachtext)
72	77/m/10	Station nicht bearbeitet	-
73	78/m/10	Station nicht bearbeitet	-
74	79/m/10	Reihenfolge korrekt	Sachtext: Als erstes fliegen/krabbeln die Insekten an die Bäume. Dann verhängen sie sich in dem Harz und sterben darin. Das Harz mit dem Insekt tropft ins Wasser und schwimmt auf dem Wasser, bis es auf den Grund sinkt und es im Meeres-Sediment verbleibt. Das Meeres-Sediment wird abgespült und das Harz geht an die Meeres-Oberfläche. Nach Millionen von Jahren wird es am Strand angespült.
75	80/m/10	Reihenfolge korrekt: 1. Ausruhen; 2. Gefangen; 3. Heruntertropfen, 4. Schwimmen, 5. Tauchen, 6. Aufsteigen, 7. Finden	Keinen Text geschrieben
76	81/m/10	Reihenfolge korrekt 1. Ausruhen, 2. Gefangen, 3. Runtertropfen, 4. Schwimmen 5. Tauchen 6. Versteinern 7. Finden	Sachtext: Als erstes fliegt das Insekt zum Baum und wird von Harz überdeckt und tropft dann anschließend ins Meer. Dort sinkt es zum Meeresboden und gelangt ins Meeres-Sediment, wo kein Sauerstoff herrscht. Nach mehreren Mio. Jahren wird das Meeres-Sediment abgespült und der fertige Bernstein schwimmt an die Wasseroberfläche. Nun wird es an den Strand gespült und kann gefunden werden.
77	82/m/10	Reihenfolge korrekt: 1. Ausruhen, 2. Gefangen, 3. Runtertropfen, 4. Schwimmen 5. Tauchen 6. Versteinern 7. Finden	Erzähltext: So meine Freunde!!! Heute erzähl ich euch die Geschichte über meinen Ur Ur Ur ... Urenkel. Seid gespannt. Vor ca. 50 Mio Jahren wollte mein (ich nenne ihn mal mein normaler Enkel) auf einen Baum sich ausruhen. Er hatte aber Pech. Denn als er sich draufgesetzt hat, kam plötzlich sehr klebriger Baumharz auf ihn zu. Er konnte nicht entweichen. War dann auch womöglich erstickt. Nun tropfte er ins Wasser oder auf einen treibenden Ast. Tja, es ist noch nicht vorbei meine Freunde der Nacht. Mein Enkel der tot war tropfte auf den Wasserboden. Nach [ein] paar Millionen Jahren bildeten sich Meeres-Sedimente.

			Nach Millionen von Jahren, also jetzt heute, sind sie unter der Erde oder sind am Strand. Ein altes Pärchen fand meinen Enkel und gab es eine Schulklasse als Studienobjekt. So, das war meine Geschichte.
78	83/m/10	Reihenfolge korrekt	Sachtext: Das Harz fließt vom Stamm runter und Insekten verfangen sich darin. Das Harz sickert ins Wasser bzw. auf den Meeresboden (Meeres-Sediment). Das Harz kommt aus dem Boden raus und heute kann man es am Strand finden.
79	84/w/10	Station nicht bearbeitet	-
80	85/m/10	Station nicht bearbeitet	-
81	86/m/10	Station nicht bearbeitet	-
82	87/w/10	Station nicht bearbeitet	-
83	88/w/10	Reihenfolge korrekt	Sachtext: Das Harz fließt von den Bäumen und die Insekten verfangen sich darin. Danach fällt der Klumpen ins Wasser und treibt im Wasser herum, bis es an den Meeresboden sinkt. Es lagert im Meeres-Sediment und wenn das Wasser zurück geht, lagert der Bernstein am Strand.

**Auswertung Station 6. Schülervorstellungen Evolution**

**Aufgabe 2: Formuliere eine Hypothese: Wie kommt es Deiner Meinung nach, dass sich die Evolution der Wale anscheinend so sehr von der Evolution der Insekten unterscheidet.**

Nr	Kürzel	Antworten	Kategorien
1	(28.06.) 1/m/8	Wahrscheinlich liegt es an den verschiedenen Lebensräumen die sich auch verändert haben. Wahrscheinlich die vor der Ameise nicht so stark oder gar nicht.	Veränderung der Lebensräume
2	2/m/8	Der Lebensraum des Wales hat sich elementar verändert, da er vom Land ins Wasser gegangen ist. Die Ameise hingegen ist an Land geblieben.	Veränderung der Lebensräume, da Wal ins Wasser gegangen ist
3	3/m/8	Der Lebensraum der Ameise hat sich kaum verändert, der des Wales extrem.	Veränderung der Lebensräume
4	4/m/8	Der Lebensraum der Ameise hat sich nicht verändert, der des Wales schon	Veränderung der Lebensräume
5	5/m/8	Der Wal hat sich mehr verändert Landtier geblieben überall verbreitet  Der Wal war an das Landleben nicht angepasst, er bildete sich als Wassertier. Die Ameise war gut angepasst, sie musste sich nicht groß verändern.	Wal evolvierte zum Wassertier da nicht an Landleben angepasst Ameise war gut angepasst – musste sich nicht verändern
6	6/m/9	Die Ameisen mussten sich nicht anpassen, die Wale schon.	Ameise musste sich nicht anpassen Wal musste sich anpassen
7	7/w/9	Die Ameise hatte keinen Grund sich großartig zu verändern, der Wal wiederum schon.	Ameise musste sich nicht anpassen Wal musste sich anpassen
8	8/w/9	Die Ameise musste sich nicht anpassen an ihre Umwelt, da sie nicht so groß ist.	Ameise musste sich nicht anpassen: Körpergröße
9	9/m/8	Weil es an Land nicht genug Nahrungsquellen gab, hat sich der Wal über die Zeit ins Wasser zurückgezogen. Die Ameise hingegen, musste kaum Anpassungen vornehmen, ihre Fortbewegung hat sie durch zwei zusätzliche Beine verbessert.	Selektionsdruck Nahrungsbeschaffung veranlasste den Wal ins Wasser zu gehen  Ameise musste sich nicht anpassen
10	10/w/8	Da es an Land nicht genug Nahrungsquellen gab hat sich der Wal ins Wasser zurückgezogen. Die Ameise aber hat genug Nahrungsquellen jedoch hat sie 2 weitere Beine bekommen.	Selektionsdruck Nahrungsbeschaffung veranlasste den Wal ins Wasser zu gehen  Ameise musste sich nicht anpassen
11	11/w/8	Weil es an Land nicht genug Nahrungsquellen gab, hat sich der Wal über die Zeit ins Wasser zurückgezogen, Die Ameise hingegen hat genug Lebensraum. wurde schneller durch 2 zusätzliche Beine	Selektionsdruck Nahrungsbeschaffung veranlasste den Wal ins Wasser zu gehen  Ameise musste sich nicht anpassen
12	12/m/8	Der Wal hatte am Land keinen guten Lebensraum und musste sich zu einem Meereslebewesen	Selektionsdruck Lebensraum: Wal musste sich zum Meereslebewesen



ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 6

		sen verändern. Die Ameise hingegen hat genug Lebensraum.	verändern Ameise hatte genug Lebensraum
13	13/m/8	Der Wal hat sich an das Wasser angepasst. Die Ameise nicht.	Selektionsdruck Lebensraum: Ameise musste sich nicht anpassen Wal musste sich anpassen
14	14/m/9	Der Wal musste sich an seinen Lebensraum anpassen.	Selektionsdruck Lebensraum: Wal musste sich an neuen Lebensraum anpassen
15	15/m/9	Der Wal musste sich an seinen neuen Lebensraum anpassen, die Ameise nicht.	Selektionsdruck Lebensraum: Wal musste sich an neuen Lebensraum anpassen
16	16/m/9	Der Wal hat seinen Lebensraum geändert, die Ameise nicht.	Keinen Grund angegeben: Wal hat Lebensraum geändert Lebensraum der Ameise gleich geblieben
17	17/m/8	Damit sie besser überleben können.	Selektionsdruck allgemein: Damit sie besser überleben konnten
18	18/w/8	Bei Walen: Die Wale kamen aus dem Wasser, gingen ans Land und gingen wieder zurück, weil sie gejagt wurden. Bei Ameisen: Die stehen unten auf der Nahrungskette	Selektionsdruck Räuber: Selektionsdruck veranlasste, dass Wale von Wasser aufs Land gingen Ameisen stehen unten in Nahrungskette
19	19/w/8	Weil Wale, wenn sie größer sind, sich besser verteidigen können und fast am Ende der Nahrungskette sind und deswegen besser überleben können. Gute Überlebenschancen.	Selektionsdruck Nahrungsquelle: Wal hatte bessere Überlebenschance
20	20/w/8	K.A. (Keine Ahnung) Damit Wale besser überleben konnten	Selektionsdruck allgemein: Damit sie besser überleben konnten
21	21/m/8	Tiere verändern sich, weil sie sich anpassen, der Wal war zunächst nicht gut ans Land angepasst und veränderte sich deshalb zu einem Wassertier, so hat er bessere Überlebenschancen.	Selektionsdruck Lebensraum: Veränderung wegen Anpassung Wal hatte bessere Überlebenschancen
22	22/w/8	Tiere verändern sich, weil sie sich anpassen, der Wal war zunächst nicht gut ans Land angepasst und veränderte sich deshalb zu einem Wassertier. So hat er bessere Überlebenschancen.  Ameisen veränderten sich kaum da sie bereits relativ optimal angepasst waren.	Selektionsdruck Lebensraum: Veränderung wegen Anpassung Wal hatte bessere Überlebenschancen  Ameisen optimal angepasst
23	23/w/8	Tiere passen sich an ihre Umgebung an und verändern sich dadurch. Da der Wal suboptimal für das Landleben angepasst war, veränderte er sich zu einem Wassertier. Die Ameisen mussten sich nicht verändern, weil sie perfekt in ihren Lebensraum passten.	Selektionsdruck Lebensraum: Veränderung wegen Anpassung Wal nicht angepasst Ameise optimal angepasst
24	24/m/8	Tiere verändern sich, weil sie sich an ihre Umgebung /Begebenheiten anpassen um die perfek-	Selektionsdruck Lebensraum: Veränderung wegen Anpassung

		ten Überlebenschancen zu haben.	
25	25/w/8	Die Wale hätten an Land anscheinend keine Chance gehabt und die Ameise war überlebensfähig	Selektionsdruck Lebensraum: Wal aus Lebensraum verdrängt Ameise optimal angepasst
26	26/w/7	Da es bei den Walen eine große Veränderung gab.	Da es bei Walen eine große Veränderung gab
27	27/m/7	Der Wal hatte eine andere Umgebung und musste sich an sie anpassen. Die Ameise nicht.	Anpassung wegen Lebensraumveränderung
28	30/m/7	Die Ameisen brauchten sich nicht zu verändern. Da Ameisen nicht so viel essen, brauchten sie sich nicht zu verändern.	Selektionsdruck Nahrungsquelle: Ameisen fressen wenig – keinen Selektionsdruck)
29	31/w/7	Die Ameisen brauchten sich nicht zu verändern, weil sie nicht so viel fressen, und darum nicht zu wenig haben.	Selektionsdruck Nahrungsquelle: Ameisen fressen wenig – keinen Selektionsdruck
30	32/m/7	Der Wal hat sich komplett verändert. Er ist vom Landtier zum Wassertier geworden. Die Ameise hat sich nicht verändert und lebt immer noch im Wald. Die Ameisen brauchten sich nicht zu verändern, weil sie sich hauptsächlich von Pflanzen ernährten. Sie hatten immer genug zu essen. Der Wal brauchte mehr zum Fressen und das hat er im Meer gefunden.	Selektionsdruck Nahrungsquelle: Ameisen fressen wenig – keinen Selektionsdruck
31	33w/7	Er entwickelte sich zum Wal, weil es im Meer mehr Nahrung gab. Die Ameise hat sich nicht viel verändert. Die Ameise lebt immer noch im Wald. Die Ameisen ernähren sich hauptsächlich von Pflanzen und hatten immer genug zu fressen und brauchten auch nicht so viel zu fressen wie ein Wal. Der Wal brauchte irgendwann mehr zu fressen und hat im Meer mehr gefunden.	Selektionsdruck Nahrungsquelle Lebensraum für Ameise gleich geblieben
32	34/w/7	Er entwickelte sich zum Tier das im Wasser lebt, da es im Wasser mehr zu fressen gab. Die Ameise hat sich im Laufe der Jahre kaum verändert. Die Ameise lebt damals wie heute im Wald. Die Ameisen brauchten sich nicht verändern, da sie sich auch von Pflanzen ernährten und die gibt es immer. Außerdem verbraucht eine Ameise nicht so viel Energie wie ein Wal und braucht deshalb nicht so viel zu essen.	Selektionsdruck Nahrungsquelle Lebensraum der Ameise gleich geblieben
33	43/w/7	Die Evolution der Wale ist viel ausgeprägter. Bei den Walen hat sich das Aussehen und der Lebensraum sehr verändert. Die Ameisen brauchten sich nicht zu verändern, da sie nicht viel essen mussten sie sich nicht verändern.	Selektionsdruck Nahrungsquelle
34	44/w/7	Die Insekten haben sich nur wenig entwickelt. Die Wale hingegen haben sich von Land zu Wasser entwickelt.	Selektionsdruck Nahrungsquelle

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 6

		Die Ameisen brauchten sich nicht verändern, weil sie nicht so viel essen.	
35	45/m/7	Die Evolution der Wale ist viel ausgeprägter. Bei den Walen hat sich das Aussehen und der Lebensraum verändert (große Unterschiede). Die Ameise hat nur sehr kleine Veränderungen. Da die Ameisen einen Lebensraum haben, der sehr groß ist, und sich selten verändert, musste sich die Ameise nicht sehr verändern. Der Wal musste sich ans Wasser gewöhnen (vielleicht wegen einer Flut)	Selektionsdruck Lebensraum: plötzliches Ereignis (Flut) erfordert Anpassung
36	46/m/7	Weil es dort weniger Feinde gibt und mehr zu fressen.  Die Ameisen brauchen sich nicht zu verändern, da Ameisen nicht so viel essen.	Selektionsdruck Räuber Selektionsdruck Nahrungsquelle
37	47/w/7	Die Anweisen brauchen sich nicht viel verändern, weil sie nicht so viel essen.	Selektionsdruck Nahrungsquelle
38	48/w/7	X (nicht beantwortet)	
39	49/w/7	X	
40	50/w/7	X	
41	51/w/7	X	
42	60/m/9	Prozess: Bessere Überlebenschance im Wasser, Fettschicht wegen Kälte im Wasser, Beine zu Flossen Evolution der Insekten: relativ gleich geblieben, Beine dünner (4-6); Lebensraum immer noch auf dem Land Die Wale haben sich deutlich mehr verändert; Körperbau und Beine Wegen ihrer Überlebenschance Wale: 3 große Schritte	Selektionsdruck Lebensraum
43	61/w/7	s.o.	Selektionsdruck Lebensraum: bessere Überlebenschance im Meer
44	62/w/7	Wale mussten sich ins Wasser zurückziehen für bessere Überlebenschancen, da sie an Land zu schwach waren.	Selektionsdruck Lebensraum: Bessere Überlebenschance im Meer
45	63/w/7	Wale mussten sich ins Wasser zurückziehen für bessere Überlebenschancen, da sie an Land zu schwach waren.	Selektionsdruck Lebensraum: Bessere Überlebenschance im Meer
46	64/m/8	Der Lebensraum der Wale hat sich verändert, von den Insekten kaum.	Selektionsdruck Lebensraum
47	65/m/8	Da es unterschiedliche Tiere sind und der Wal im Wasser und die Ameise an Land ist	
48	66/m/8	Da der Wolf ins Wasser gewechselt hat, konnte er größer werden und zu einem Wassertier. Die Ameise brauchte und hatte keine Evolution	Anpassung an neuen Lebensraum Wasser (Wolf geht ins Wasser und muss sich dann anpassen)
49	67/m/8	Beide Arten haben sich zu ihrem eigenen Vorteil	

		entwickelt.	
50	68/m/8	Die Wale haben ihren Lebensraum komplett verändert. Die Ameisen haben sich nur leicht verändert.	Nicht beantwortet
51	69/m/8	Bei der Evolution der Wale haben sich stark verändert. Die Ameisen haben sich minimal verändert.	Nicht beantwortet
52	70/w/9	Ameisen flexibler. Wale mussten sich an das Klima und an die Feinde anpassen. Ameise schon angepasst.	Ameisen reagieren flexibler auf Selektionsdruck Klima und Räuber/Feinde
53	71/m/9	Ameisen flexibler. Wale mussten sich an das Klima und an die Feinde anpassen. Ameise schon angepasst.	Ameisen reagieren flexibler auf Selektionsdruck Klima und Räuber/Feinde
54	77/m/10	Der Wal entwickelte sich vom Land ins Wasser. Um dort überleben zu können brauchte er Flossen und passte sich von Zeit zu Zeit an.  Die Ameise hat sich äußerlich kaum verändert. Daraus schließe ich, dass sich ihr Lebensraum nicht verändert und sie konnte so überleben.  Der Lebensraum spielt eine wichtige Rolle. Das Tier/ Insekt passt sich seiner Umgebung an, ändert sich der Lebensraum, ändert sich auch das Tier.	Anpassung an neuen Lebensraum Wasser: Wal ging ins Wasser und musste sich dann anpassen  Selektionsdruck Lebensraum: Lebensraum nicht verändert (Ameise)
55	78/m/10	Der Lebensraum und das Klima spielen eine große Rolle. Verändert sich das Klima /Lebensraum, so verändern sich die Lebewesen und passen sich an.	Selektionsdruck Lebensraum und Klima
56	79/m/10	Ameisen haben sich kaum verändert, da sie an jedes Klima angepasst sind (Leben überall). Wale hingegen leben nicht überall und mussten sich deshalb am Klima anpassen und haben sich dadurch verändert.	Ameisen optimal angepasst und überall verbreitet Wale leben nicht überall und mussten sich an Klima anpassen (höherer Selektionsdruck auf Wale)
57	80/m/10	Ameisen gibt es überall auf der Welt und sind somit an jedes Klima angepasst. Sie mussten sich nicht an die Klimaanpassung der Wale anpassen.	Ameisen optimal angepasst und überall verbreitet Wale leben nicht überall und mussten sich an Klima anpassen (höherer Selektionsdruck auf Wale)
58	81/m/10	Ameisen gibt es überall auf der Welt und sind somit an jedes Klima angepasst. Sie mussten sich nicht an die Klimaveränderung anpassen. Die Wale hingegen lebten nicht überall und mussten sich deshalb an die Klimaveränderung anpassen.	Ameisen optimal angepasst und überall verbreitet Wale leben nicht überall und mussten sich an Klima anpassen (höherer Selektionsdruck auf Wale)
59	82/m/10	Ameisen gibt es überall auf der Welt und sind somit an jedes Klima angepasst. Wale (früher) gab es nicht überall (wie z.B. Löwen, die es auch nicht in Europa gibt) und mussten sich somit an den Klimawandel anpassen.	Ameisen optimal angepasst und überall verbreitet Wale leben nicht überall und mussten sich an Klima anpassen (höherer Selektionsdruck auf Wale)
60	83/m/10	Die Lebewesen passen sich ihrem Lebensraum an. Da der Wal vom Land ins Wasser ging,	Selektionsdruck Lebensraum: Veränderung des Lebensraums ver-

ANHANG IV: Evaluation - Schülerantworten zu Station 6

---

		musste er sich ändern, um dort zu überleben. Die Ameise blieb in ihrem natürlichen Lebensraum, dadurch änderte sie sich selbst nicht.	anlasst Anpassung Lebensraum der Ameise nicht verändert
61	84/m/10	X	
62	85/m/10	X	
63	86/w/10	X	
64	87/w/10	X	
65	88/m/10	Es diente dazu, dass sie überleben. Die Wale waren viel größer und auch die Säugetiere und die Bedingungen waren nicht gut. Die Insekten waren kleiner und hatten alles was sie benötigten und brauchten keinen weiteren Schutz.	Hoher Selektionsdruck auf Wale, geringer auf Ameisen (Körpergröße, Lebensraum, Nahrung)

**Transkription der qualitativen Schüler- und Lehrerinterviews**

<p><b>Transkription der Fragen und Schülerantworten (Alle Namen der Schülerinnen und Schüler durch anonymisierte Kürzel ersetzt, die sich aus der in der Evaluation zugewiesenen <u>laufenden Nummer</u>, dem <u>Geschlecht</u> (m/w) und der Jahrgangsstufe zusammen setzt.</b></p>	<p><b>Reduktion auf Kernaussagen</b></p>
<p><b>Gruppe 1: 17/m/8, 18/w/8, 19/w/8, 20/w/8</b></p>	
<p><i>Interviewer: Habt ihr euch den Bernsteinworkshop selbst ausgesucht, oder wolltet ihr irgendetwas anderes machen?</i>  19/w/8: Die Lehrerinnen haben das einfach vorgeschlagen.  <i>Interviewer: Ah, o.k. Und hattet ihr irgendwelche Erfahrungen zu Bernstein?</i>  17/m/8 schüttelt den Kopf.  17/m/8: Ich wusste gar nicht, dass es überhaupt um Bernstein geht, bevor wir da waren.  18/w/8: Ich kenn das halt jetzt - in Russland, da macht man da so Bilder glaub ich mit. Da klebt man dann so kleine Bernsteine drauf. Wusste ich halt.  <i>Interviewer (zu 17/m/8): Du nicht, hast du gesagt?</i>  17/m/8 schüttelt den Kopf.  <i>Interviewer (zu 19/w/8): und du?</i>  19/w/8: Also meine Mutter mag super gerne Edelsteine und hat voll viel Ketten und da hat sie mir auch mal eine Bernsteinkette geschenkt. Aber mehr wusste ich auch nicht. Auch dass es aus Harz ist wusste ich auch nicht.  20/w/8 schüttelt den Kopf.  <i>Interviewer: Auch nicht z.B. wie alt er ist?</i>  17/m/8: Ich wusste gar nichts. Ich wusste noch nicht einmal aus was das besteht. Was ich aufs Blatt geschrieben habe ist peinlich.</p>	<p><b>Vorwissen:</b>  <b>17/m/8:</b> Keine Erfahrung und Vorwissen zu Bernstein  <b>20/w/8:</b> Keine Erfahrung und Vorwissen  <b>18/w/8:</b> Russland – persönliche Erfahrung  <b>19/w/8:</b> Kette von der Mutter</p>
<p><i>Interviewer: Wenn ihr euch so an den Bernsteinworkshop erinnert. Was ist hängen geblieben? Also zum Beispiel eine bestimmte Station oder..</i>  20/w/8: Also dass das 30... 40 Millionen??  17/m/8: 40-50..  20/w/8: dass das 40-50 Millionen Jahre alt ist. Dass die Tiere dann auch so alt sind. Und dass es aus Harz ist, aus Baumharz.  18/w/8: Und ich glaub wir wussten alle nicht so viel bis gar nichts, so über die Entstehung und so was. Und jetzt hat man das schon behalten also. Ich fand auch dadurch, dass man dazu eine Geschichte geschrieben hat, hat man sich das eher gemerkt;  19/w/8: Ich kann mich auch noch daran erinnern mit dieser Geschichte. Dadurch konnte man das ziemlich cool so verstehen, was da passiert ist, der Ablauf. Und ich kann mich noch daran erinnern, wie wir das so angekokelt haben, wir erst nicht drauf gekommen sind, wonach das riecht. Und dann noch, wie wir das mit dem Mikroskop untersucht haben.  17/m/8: Vor allem von der letzten Aufgabe ist mir der ganze</p>	<p><b>Erinnerung an:</b>  Alter von Bernstein; 40-50 Ma  Tiere sind genauso alt  Harz  <b>Station 5:</b>  - Durch Geschichte schreiben konnte man sich die Entstehung besser behalten.  - Durch Bildabfolge wurde der Entstehungsprozess besser verstanden.  <b>Station 1:</b> angezündet und Geruch  <b>Station 3:</b> Mikroskop  <b>Station 6:</b> Insekten haben sich nicht so entwickelt, wie Wale.</p>

<p>Ablauf da klar.. also ich hab es besser verstanden.  <i>Interviewer: Was für eine Aufgabe?</i>                  17/m/8: Die mit dem – wo das Harz von dem Baum tropft. (Station 5). Und dann noch wie wir die Tiere untersucht haben, die drinnen festgesessen haben. Fand ich auch sehr interessant.                  19/w/8: Und dass man von den Edelsteinen auf die Geschichte der Tiere so gekommen ist, also wie die sich entwickelt haben, dass sich Insekten nicht so entwickelt haben, wie Wale oder so.</p>	
<p><i>Interviewer: Wir können ja ganz kurz versuchen die Stationen zu besprechen. Hat euch irgendeine Station am besten gefallen? [kurze Zusammenfassung der Stationen zur Auffrischung]</i>                  17/m/8: Ich fand die erste einfacher aber trotzdem informativ. Aber ich fand, glaub ich, die letzte am besten.  <i>[Missverständnis. Interviewer glaubt, dass sie Schüler Station 6 meinen. Sie meinen jedoch Station 5. Das klärt sich aber im Laufe des Gesprächs auf.]</i>                  Alle stimmen überein, dass Station 1 und 5 am besten gefallen;  <i>Interviewer: Was findet ihr an der Station [5] am besten?</i>                  19/w/8: Ja, dass man sich darüber unterhalten konnte, und dass man nicht so.. ich weiß nicht.. dass man so selbst was erfinden musste.  <i>Interviewer zu 18/w/8: Die fandest du auch gut?</i>                  17/m/8: Obwohl das mit dem Kleben hat mehr Spaß gemacht.                  20/w/8: Ich fand die voll langweilig.  <i>Interviewer: Und was findet ihr an der Station am besten genau? Du [zu 19/w/8] meintest, dass man da selbst was entwickeln kann..</i>                  19/w/8: ...und dass man auch so darüber reden kann, was man davon hält und so. Also man saß ja an einem großen Tisch und man konnte voll gut darüber reden wie man das findet und so. Das fand ich gut.  <i>Interviewer: Und worüber habt ihr dann geredet?</i>                  19/w/8: Über die Bilder.  <i>Interviewer: Wie die einzelnen Bilder zusammenhängen?</i>                  19/w/8: zum Beispiel.  <i>Interviewer zu 18/w/8: Und was hat dir bei der Aufgabe gefallen?</i>                  18/w/8: Dass man selber irgendetwas schreiben konnte. Weil, eigentlich ist das ja nie so. In Bio, Chemie und in solchen Fächern [ist das] immer so, dass einem so aufgesetzt wird, was man da so zu schreiben hat. Das war dann halt ganz lustig, das selber so zu machen.  <i>Interviewer zu 18/w/8: Du und [zu 19/w/8] Du haben ja eine Geschichte geschrieben. Hat auch irgendjemand einen Sachtext geschrieben?</i>                  20/w/8: ich hab einen Satz dazu geschrieben.                  17/m/8: ich hab nur Stichworte geschrieben.  <i>Interviewer zu 20/w/8: Und was hat dir an der Aufgabe nicht gefallen?</i>                  20/w/8: Ich weiß nicht. Also das Kleben fand ich ok. Da hat</p>	<p><b>Bewertung der Stationen</b></p> <p><b>Station 1:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- einfach aber trotzdem informativ</li> <li>- allen am besten gefallen (mit Station 5)</li> </ul> <p><b>Station 5:</b></p> <p><b>Positiv</b> (18/w/8 und 19/w/8)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dass man sich darüber unterhalten konnte; Austausch,</li> <li>- dass man selbst etwas erfinden musste (18/w/8), da das außergewöhnlich für Biologie und Chemiunterricht ist;</li> <li>- Bilder mit Kleben hat Spaß gemacht (und war veranschaulichend)</li> <li>- Bilder in Reihenfolge bringen hat Zusammenhänge veanschaulicht, was ansonsten nicht verstanden worden wäre.</li> </ul> <p><b>Negativ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geschichte/Text war langweilig (20/w/8 und 17/m/8)</li> </ul>

<p>man noch so erfahren, wie das so alles funktioniert [hat]. Aber alleine hätte ich das auch nicht geschafft – wenn 18/w/8 nicht vor mir gesessen hätte. Aber ich fand den Text irgendwie... so.. ich war uninspiriert. Ich wusste überhaupt nicht, was ich schreiben sollte. Deswegen kam da auch nur „Bernstein ist cool“ raus. Das mit dem Text hätte man weglassen können.</p> <p>17/m/8: Also ich fand die Aufgabe mit dem Text schreiben nicht so gut, aber das mit dem Kleben fand ich informativ und dann konnte man sich das viel besser vorstellen. Also davor konnte ich mir echt nichts vorstellen. Und dann fand ich noch die Aufgabe mit der Evolution richtig gut, weil ich dachte immer: Wale sind immer schon große Wale gewesen, aber dass sie sich so voll verändert haben, dass wusste ich nicht so richtig. Dass das so krass war mit der Evolution und ja..</p>	<p><b>Station 6:</b> <b>Positiv:</b> - Dass die Evolution der Wale so beeindruckend war (vom hundähnlichen Landbewohner zum großen Wasserbewohner).</p>
<p><i>Interviewer: Und wie viel habt ihr denn schon in Evolution gemacht? Habt ihr schon was zu Evolution gehabt?</i></p> <p>18/w/8: Ja, mit so Menschen...</p> <p>19/w/8: Ja und mit.. Da.. [versucht sich an etwas zu erinnern..]</p> <p>17/m/8: Ach das mit der Giraffe!</p> <p>19/w/8: Der stärkste überlebt.</p> <p>17/m/8: Nein das mit der Giraffe, mit dem Hals.</p> <p>19/w/8: Nein dieser mit D...</p> <p>18/w/8. Dalton..</p> <p><i>Interviewer: Darwin.</i></p> <p>19/w/8: Darwin! Genau.</p> <p><i>Interviewer: Das war aber nicht die Giraffe mit dem langen Hals.</i></p> <p>19/w/8: Stimmt.</p> <p>17/m/8: Aber der war das doch auch!</p> <p><i>Interviewer: Darwin war das mit den Finken zum Beispiel.</i></p> <p><i>Interviewer: Habt ihr irgendetwas davon rausholen können bei der Antwort [Blättert zum Stationsportfolio, letzte Aufgabe], warum sich die Evolution der Wale so von den Insekten unterscheidet.</i></p> <p>19/w/8: Ne, das hab ich nicht verstanden. Das war das einzige, was ich nicht verstanden habe.</p> <p>17/m/8: Die [Insekten] brauchten das glaub ich nicht so sehr, diese Evolutionsveränderung, wie die Wale, die sich anpassen mussten.</p> <p>18/w/8: Die sind ja auch ganz unten in der Nahrungskette und werden ja meistens dann gefressen und dann müssen sie sich nicht.. können sie sich ja auch nicht.. Ah, nee quatsch. Die leben ja auch viel kürzer. Die Wale leben so lange.. Wofür die viel Zeit brauchen – das ist ja bei Ameisen so ganz schnell. Und wenn die nur so einen Tag leben, und der Wal 100 Jahre, dann geht das ja auch so in einer Woche.</p> <p>17/m/8 [flüsternd zu 18/w/8]. Du übertreibst.</p> <p><i>Interviewer: Und was heißt das „Sie mussten sich nicht so anpassen?“</i></p> <p>19/w/8: Die waren schon so gut angepasst.</p> <p>18/w/8: War das nicht so, dass sie auf irgendsoeiner Insel.. Das so verschiedene Arten.. in Indien waren die ja auch so früher.</p>	<p><b>Vorwissen Evolution</b> Verwirrung über Darwin und Lamarck; Können nicht wirklich auseinander gehalten werden. Begriffe: Der stärkste überlebt.</p> <p><b>Station 6:</b> - Aufgabe 3 nicht verstanden Erklärungsversuche: - kurzer Generationszyklus; deshalb schnelle Reaktion auf Umwelt und schnelle Anpassung</p>



<p>19/w/8: Die Kontinente waren ja ganz anders. 18/w/8: Ja.</p>	
<p><i>Interviewer: Was hieltet ihr von der Bestimmungsaufgabe?</i> 17/m/8: Die fand ich auch voll Interessant 19/w/8: Ich fand eigentlich auch ganz cool aber ich fands doof, dass wir ganze 4 machen mussten [4 Inklusen bestimmen mussten]. Ich fände das besser, wenn wir irgendwie 2 gemacht hätten. 17/m/8: Ja aber ich fand das voll interessant, dass die Steine da mit den Tieren so zur Verfügung standen, und dass man die so sehen konnte und mikroskopieren konnte. 19/w/8: Das war auch ein bisschen doof, dass das so chaotisch war. Dass da überall diese Karten herumlagen und man hat die voll oft nicht gefunden. 17/m/8. Es ging um die Aufgabe und nicht um das, was wir gemacht haben! 20/w/8: Ich fand die Aufgabe gut, aber auch zu viel, dass man das mit den 4. Und den Informationstext hinter den Karten fand ich richtig gut. Und ich hätte es besser gefunden, wenn man sich dazu Notizen gemacht hätte und nicht bestimmen musste, wie viele Beine das hat. <i>Interviewer: Und wer hat denn den Bestimmungsschlüssel benutzt?</i> 20/w/8 und Margarita melden sich. <i>Interviewer: Und hat euch der gut geholfen, oder...?</i> 19/w/8: Ja 20/w/8: Ja. 18/w/8: Ich fand das ein bisschen gruselig. Deshalb hab ich da auch nicht so viel, weil... Zum Beispiel diese Spinne, die hat einen ja voll angeguckt, wenn man da reingeguckt hat. Und dann fand ich das schon ein bisschen ekelig. Ich hab zu Insekten eh keine besondere Beziehung.</p>	<p><b>Station 3:</b> <b>Positiv:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- interessant, dass die Steine zur Verfügung standen und dass man mikroskopieren konnte.</li> <li>- Informationstext hinten auf den Karten</li> </ul> <p><b>Negativ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 Inklusen zu bestimmen ist zu viel; 2 wären besser gewesen</li> <li>- Chaotisch; Karten lagen überall herum und man konnte die passende Bestimmungskarte deshalb schwer finden</li> <li>- Gruselig und ekelig</li> <li>- Keine besondere Beziehung zu Insekten</li> </ul>
<p><i>Interviewer: Cool! Irgendeine Schlussbemerkung oder ein Fazit?</i> 17/m/8: Ich fand es insgesamt richtig gut, aber es war ein bisschen zu lang! Eine Aufgabe weniger hätte gereicht. Margarita: Ja genau, finde ich auch. <i>Interviewer: Ja ihr hattet ja auch einen langen Schultag hinter euch. Deshalb war das eine super krasse Leistung. Ich war richtig erstaunt und begeistert. [Verabschiedung]</i></p>	<p><b>Fazit:</b> Positiv bewertet aber zu langwierig</p>
<p><b>Gruppe 2: 9/m/8, 11/w/8, 10/w/8, 12/m/8</b></p>	
<p><i>Interviewer: Wenn ihr euch so an den Bernsteinworkshop erinnert - was ist euch davon in Erinnerung geblieben?</i> 9/m/8: Hauptsächlich, dass Bernstein ja eigentlich sehr alt ist, dass es ja ein reines Naturprodukt ist und dass da wirklich gar nichts Chemisches dran ist – bei den meisten Schmuckverarbeitungen. <i>Interviewer: Okay. Irgendetwas anderes noch?</i> 10/w/8: Dass es stinkt, wenn es brennt.</p>	<p><b>Erinnert an:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alter</li> <li>- Naturprodukt</li> <li>- Schmuckverarbeitung</li> <li>- Stinkt, wenn er brennt (Station 1)</li> <li>- Tiere drin (Station 3)</li> <li>- Wie er entstanden ist</li> </ul>

<p>11/w/8: Dass sich oft Tiere darin sammeln. 12/m/8: Was ist Bernstein, stinkt wenn es brennt, dass sich Tiere darin sammeln.</p>	<p>(steht weiter unten)</p>
<p><i>Interviewer: Wir haben ja verschiedene Stationen gemacht [...] Welche Aufgabe hat euch am besten gefallen:</i> 9/m/8: Also am besten hat mir das eigentlich mit dem Verbrennen gefallen (Station 1) und das mit dem Mikroskopieren von den einzelnen Objekten da. Dass man die Tiere dann bestimmen konnte. Das war auch sehr interessant.</p> <p><i>Interviewer: Aha. Wenn wir uns die Aufgabe mal anschauen, was hat euch genau daran gefallen?</i> 9/m/8: Es ist interessant zu sehen, dass Bernstein riecht, wenn er verbrennt, dass er wie Weihrauch riecht.</p> <p><i>Und was hat euch noch daran gefallen?</i> 10/w/8: Dass man selber anzünden konnte... 9/m/8: Und dass man genau sehen konnte, dass das ja eigentlich Weihrauch ist, der Bernstein.</p> <p><i>Interviewer: Okay. Also das heißt, der Verbrennungsakt hat euch gefallen, und dass ihr eigenständig arbeiten konntet?</i> Schüler, vor allem die beiden Mädchen, nicken.</p> <p><i>Interviewer zu 9/m/8: Du hattest gerade eben gesagt, dass dir die Station 3 gefallen hat. (Schüler blättern in ihren Unterlagen und suchen Stationsportfolios zu Station 3.) Wer hat denn von euch den Bestimmungsschlüssel benutzt?</i> 9/m/8 und 12/m/8 zeigen aufeinander: wir beide.</p> <p><i>Interviewer: War der hilfreich oder war das besser mit den Karten?</i> 12/m/8: Einigermaßen, ja. 9/m/8: Ja das war eigentlich relativ hilfreich. Man musste nur gucken, ob dann auch diese Gegebenheiten bei den Tieren zu sehen waren, denn manchmal waren ja einige Beine oder Fühler abgerissen, deswegen war es nicht immer ganz einfach.</p>	<p><b>Bewertung der Stationen:</b></p> <p><b>Station 1:</b> <b>Positiv</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- am besten gefallen</li> <li>- interessant Bernstein zu riechen, wenn er verbrennt</li> <li>- selber anzünden</li> <li>- Parallele zu Weihrauch</li> </ul> <p><b>Station 3:</b> <b>Positiv</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ebenfalls am besten gefallen</li> </ul> <p>Bestimmungsschlüssel hilfreich, auch wenn nicht immer ganz einfach</p>
<p><i>Interviewer: Okay. Und jetzt kurz zur Aufgabe 2, das war das mit der Zeitskala. Wie hattet ihr das gelöst mit der Zeitskala?</i> 10/w/8: Mit Kreppband. Und habt ihr da bestimmte Meter abgemessen oder habt ihr einfach... 9/m/8 (dreht sich zu seinen Mitschülern): Hatten wir da nicht zwei Meter? 11/w/8 und 10/w/8: Ja zwei Meter.</p> <p><i>Okay. Und ich habe bei 9/m/8, 10/w/8 und 11/w/8 gelesen, vielleicht auch bei 12/m/8, ich weiß nicht mehr – dass ihr was von Landschaftszonen geschrieben habt. Auf der 2. Seite, also.. durch Verschiebung gibt es verschiedene Landschaftszonen. Kann das sein?</i> 9/m/8: Ja</p> <p><i>Interviewer: Welche Aufgabe war das? [Schüler blättern im Stati-</i></p>	<p><b>Station 2:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2m Skala</li> <li>- Durch Verschiebung der Kontinente entstehen unterschiedliche Landschaftszonen</li> <li>- Kontinente an andere Teile der Erde gerückt, weshalb die Sonnenstrahlen anders einfallen; dadurch Landschafts- und Klimabildung, wie Tropen, Wüste, Arktis, Antarktis</li> </ul>

<p><i>onsportfolio]</i>            9/m/8: Der letzte Kasten.</p> <p><i>Interviewer: Was habt ihr denn damit gemeint? Das hab ich nicht ganz verstanden... Durch die Verschiebung der Kontinente gab es verschiedene Landschaftszonen...?</i></p> <p>9/m/8: ja.. Wurden ja die Kontinente an andere Teile der Erde gerückt und deswegen trifft natürlich das Sonnenlicht unterschiedlich drauf, deswegen gibt es auch die Tropen und die Wüste und dann eben auch die Arktis und die Antarktis;</p> <p><i>Interviewer: Okay. Cool. Und habt ihr irgendeine Ahnung, was diese Kontinentalverschiebung verursacht? Also ihr habt ja gesehen, dass sich die Erde so bewegt hat, dass sich die Erdplatten so aneinander angerückt und voneinander abgerückt haben. Habt ihr irgendeine Ahnung, warum das so ist?</i></p> <p>9/m/8: Ja die Erdkrusten schwimmen ja, meine ich, auf Magma oder Lava, ich weiß es nicht. Das bewegt sich ja alles im Erdkern und deswegen sind die ja auch in Bewegung.</p> <p><i>Interviewer: Cool. Sehr gut. Habt ihr das in der Schule gemacht oder weißt du das so hobbymäßig?</i></p> <p>9/m/8: Ich meine wir hätten das teilweise in Erdkunde gemacht, aber ich bin mir nicht so sicher.</p>	<p>- Ursachen der Kontinentalverschiebung: Erdkruste schwimmt auf Magma oder Lava</p> <p>Wissen über Kontinentalverschiebung vielleicht durch Erdkundeunterricht.</p>
<p><i>Interviewer: Seid ihr persönlich an Insekten oder Spinnen interessiert, oder findet ihr sie ekelig oder habt ihr überhaupt keinen Bezug?</i></p> <p>11/w/8: Also ich finde die interessant.</p> <p>12/m/8: Ich finde Spinnen eigentlich cool</p> <p>10/w/8: Naja...</p> <p>17/m/8: Interesse an Insekten nicht so</p> <p>10/w/8: Nee.. [kichert]</p>	
<p><i>Interviewer: Und hattet ihr irgendwelche Vorerfahrungen mit Bernstein?</i></p> <p>11/w/8: Ja ich hab Schmuck.</p> <p>9/m/8: Ich hab zwei Bernsteinketten von meiner Oma.</p> <p><i>Interviewer: Hat sich die Erfahrung auf Interesse oder so ausgewirkt auf irgendeine Art und Weise? Oder wart ihr am Anfang des Bernsteinworkshops umso neugieriger was man da wohl macht oder hat sich das nicht ausgewirkt?</i></p> <p>9/m/8: Eigentlich nicht, nee.</p> <p>12/m/8: Also ich hab eigentlich noch nie Bernstein gesehen, davor.</p> <p><i>Interviewer: Und also wusstest du auch nicht was Bernstein ist und wie alt er ist und so?</i></p> <p>12/m/8: Nee.</p>	<p><b>Erfahrungen und Vorwissen zu Bernstein:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schmuck</li> <li>- Bernsteinketten von Oma</li> <li>- Noch nie Bernstein gesehen</li> </ul>
<p><i>Interviewer: Welche der Aufgaben hat euch denn am wenigsten</i></p>	

<p><i>gefallen:</i></p> <p>9/m/8: Wir haben ja glaube ich eine der Aufgaben ausgelassen.</p> <p>11/w/8: die mit der Evolution der Wale.</p> <p>10/w/8: Das wo man die Geschichte schreiben musste.</p> <p>9/m/8: Die Geschichte. Ja.</p> <p><i>Interviewer: Die Geschichte (Station 5) und die Wale (Station 6). Okay. [Schüler suchen Stationsportfolios zu Station 5 und 6 heraus]</i></p> <p><i>Interviewer: Was hat euch denn genau an der Evolution der Wale und Insekten nicht gefallen?</i></p> <p>10/w/8. Das war nicht so...</p> <p>9/m/8: Wir wussten nicht genau, was Wale mit den Bernsteinen zu tun hatten;</p> <p>11/w/8: Ja genau, aber ich fand das trotzdem interessant zu sehen, wie die früher aussahen;</p> <p><i>Das hat euch aber nicht irgendwie überrascht, dass die Wale so eine krasse Evolution vollzogen haben und die Insekten sich offensichtlich kaum verändert haben?</i></p> <p>11/w/8: Doch schon aber wir wussten nicht, was es damit zu tun hat.</p> <p><i>Interviewer: Achso, mit dem Bernstein.</i></p> <p>9/m/8: Das wurde ja erst nachher aufgelöst... mit dem Einschmelzen der Insekten, durch die Entstehung von Bernstein. Also warum dass dann interessant werden könnte zu sehen, wie sehr sich Insekten entwickelt haben.</p> <p><i>Interviewer: Wie war denn eure Antwort zu der Aufgabe 2. Woran es liegt, dass sich der Wal wohl so evolviert hat und Insekten oder die Ameisen in dem Fall relativ moderat.</i></p> <p>12/m/8: Ich glaube der Wal hatte auf dem Land keinen Lebensraum mehr, früher. Und vielleicht wurde er von anderen Tieren naja, aus Lebensraum... ja.. gedrückt ... oder... [findet kein passendes Wort]</p> <p><i>Interviewer: Verdrängt?</i></p> <p>12/m/8: Verdrängt ja.</p> <p><i>Interviewer: Und dann? Wie kommt so was zu Stande, dass sich die Evolution einer Tiergruppe so vollzieht, also z.B. vom Land ins Wasser?</i></p> <p>9/m/8: Das war doch eigentlich so, dass es immer Zufall ist, also es wird etwas gebildet, und dann wird sozusagen geschaut, hat es sich durchsetzen können. Und wenn das eben der Fall war wurde es an die nächste Generation weitergegeben, wenn nicht, dann wurde es wieder zurück gebildet.</p> <p><i>Interviewer: Sonst noch jemand?</i></p> <p>Andere: nö.</p> <p><i>Interviewer: Wie habt ihr euch das erklären können, dass sich die Insekten über so viele Jahrmillionen offensichtlich kaum verändert haben?</i></p>	<p><b>Station 6:</b></p> <p><b>Negativ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- konnten keinen Zusammenhang zwischen Walevolution und Bernstein sehen; Aufgabe war aus dem Kontext gerissen</li> </ul> <p><b>Vorstellung/Vorwissen zu Evolution:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Konkurrenz um Lebensraum</li> <li>- Bildung von etwas ist immer Zufall; bei Durchsetzung wird es weitervererbt, andernfalls geht es verloren</li> </ul>
---	--

<p>11/w/8: Ich hab nur geschrieben, dass sie sich nicht verändert haben, dass sie nur zwei neue Beine bekommen haben, um schneller zu sein.</p> <p><i>Interviewer: Und warum? Also die letzte Seite quasi, Aufgabe 2.</i></p> <p>9/m/8: Ameise musste kaum Anpassung vornehmen, ihre Fortbewegung hat sie durch zwei zusätzliche Beine verbessert.</p> <p><i>Interviewer: Das war leider ein Fehler des Fotos. Die hat gar nicht mehr Beine bekommen. Die damalige hatte auch 6 Beine nur das hat man nicht so gut gesehen auf dem Foto.</i></p>	
<p><i>Interviewer: Was habt ihr mitgenommen; was wird in Erinnerung bleiben?</i></p> <p>12/m/8: Dass Bernstein ist alt.</p> <p>11/w/8: Wie es entstanden ist.</p> <p><i>Interviewer: Aber die Aufgabe dazu findet ihr doof? Die Geschichte schreiben?</i></p> <p>11/w/8: Ja, das hatten wir ja vorher schon.</p> <p>9/m/8: Ja wir hatten ja den Sachtext, das war ein bisschen einfacher.</p> <p><i>Interviewer: Und was findet ihr an der Aufgabe nicht so gut?</i></p> <p>10/w/8: Das war nicht wirklich interessant, das aufzuschreiben.</p> <p>9/m/8: Die Zusammenfassung war relativ schulisch.</p> <p><i>Interviewer: Okay. Interessant. Schulisch. Was meinst du mit schulisch?</i></p> <p>9/m/8: Also das was wir jeden Tag machen, also eine Zusammenfassung oder Text schreiben und nicht weiter erarbeiten, wie wir es in den Aufgaben davor gemacht haben.</p> <p><i>Interviewer: Super. Das war es schon. Vielen Dank für eure Mithilfe.</i></p>	<p><b>Station 5</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Station ist in Erinnerung geblieben („Wie Bernstein entstanden ist“);</li> </ul> <p><b>Negativ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Station wurde als doof empfunden: Geschichte schreiben offenbar schwierig</li> <li>- Sachtext schreiben war offensichtlich etwas einfacher</li> <li>- Schulisch: Produktion eines Textes/Zusammenfassung</li> </ul>
<p><b>Gruppe 3: 1/m/8 , 2/m/8, 3/m/8, 4/m/8</b></p>	
<p><i>Interviewer: Was ist von dem Bernsteinworkshop in Erinnerung geblieben. An was könnt ihr euch so erinnern?</i></p> <p>4/m/8: Also, es gab mal so einen großen Bernsteinwald, und der hatte wahrscheinlich einen Fluss, da sonst die ganzen Flussinsekten da nicht gewesen wären und der Bernstein auch nicht ins Meer gelangt wäre. Die Bäume haben dann irgendwie geharzt und dieser Harz ist dann manchmal mit Tieren eingeschlossen, in das Wasser gefallen, wo das dann sich zu Harz [Bernstein] entwickelt hat.</p> <p><i>Interviewer: Krass! Sonst noch was, was ihr euch behalten habt?</i></p> <p>2/m/8. Man kann es mit Phospor verwechseln. Also mit den Phosphorbomben aus dem 2. Weltkrieg.</p> <p>3/m/8: Die Masse von Bernstein ist größer als Wasser aber geringer als Salzwasser</p> <p>[...] und sonst noch was? Du vielleicht [an 2/m/8 gerichtet]</p> <p>2/m/8: Wurde das schon gesagt mit den 40-50 Millionen Jahren?</p> <p><i>Interviewer: Wurde noch nicht gesagt.</i></p>	<p><b>Erinnerung an:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bernsteinwald, der wahrscheinlich einen Fluss hatte, da dort ansonsten keine Wasserinsekten gelebt hätten und Bernstein auch nicht ins Meer gelangt wäre</li> <li>- Bäume harzen und schließen manchmal Tiere ein</li> <li>- Fällt ins Wasser, wo es sich zu Bernstein entwickelt hat</li> <li>- Man kann es mit Phosphorbomben aus dem 2. Weltkrieg verwechseln [offensichtlich</li> </ul>

	<p>vorheriges Wissen, da er das schon im Kurs gesagt hatte]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 40-50 Mio. Jahre alt.</li> </ul>
<p><i>Interviewer: Welche der Aufgaben hat euch denn am besten gefallen?</i></p> <p>3/m/8 [antwortet sofort]. Die Erste! Mit dem Feuer das.</p> <p><i>Interviewer: Wem hat die denn am besten gefallen?</i></p> <p>1/m/8: Ich fand die gut. Andere nicken und stimmen zu.</p> <p><i>Interviewer: Was findet ihr denn daran gut?</i></p> <p>1/m/8: Es war einfach, man musste nicht lange irgendwelche Sachen schreiben aber auch interessant.</p> <p>3/m/8: Es war experimentell. Man hat da nicht irgendwelche Karten sortiert [wahrscheinlich Bezug auf Station 2] oder hat was aufgeschrieben, oder irgendetwas durchgeguckt [wahrscheinlich Bezug auf Station 3]</p>	<p><b>Bewertung der Stationen:</b></p> <p><b>Station 1:</b></p> <p><b>Positiv</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- wurde als beste Station empfunden</li> <li>- einfach</li> <li>- musste nicht viel schreiben</li> <li>- interessant</li> <li>- experimentell</li> <li>- gelernt: Dichte und brennbar (siehe weiter unten)</li> </ul>
<p><i>Interviewer: Hat euch auch irgendeine Aufgabe nicht so gut gefallen?</i></p> <p>1/m/8: Das mit dem Mikroskopieren fand ich nicht so gut.</p> <p>4/m/8: Ja das war ein bisschen langfristig.</p> <p>1/m/8: Das war ein bisschen anstrengend.</p> <p>2/m/8: Ja, am Anfang war es eigentlich in Ordnung, aber dann war halt ein bisschen langwierig.</p> <p>4/m/8: Also einmal hab ich mich ein bisschen erschreckt, als diese Spinne da kam.</p> <p>3/m/8: Das war auch so, dass die Kärtchen nach einer Zeit rumgeflogen sind, es war schwer sie [die Tiere] zu finden [den Karten zuzuordnen], dann musste man auch noch was aufschreiben, wo man sich überlegt hat, das hätte man doch eigentlich nicht. Diese Eigenschaften fand ich jetzt nicht so wichtig von einem Tier, was in Bernstein drin ist.</p> <p><i>Interviewer: Wer von euch hat denn den Bestimmungsschlüssel benutzt.</i></p> <p>1/m/8: Ja.. Alle melden sich.</p> <p><i>Interviewer: Hat das gut funktioniert oder...?</i></p> <p>1/m/8: Eher weniger</p> <p>3/m/8: Ja, das ging eigentlich ganz gut.</p> <p>1/m/8: Bei einem Tier konnte man das mit den Fortsätzen nicht mehr wirklich erkennen (Schabe).</p>	<p><b>Station 3:</b></p> <p><b>Negativ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- langfristig</li> <li>- anstrengend</li> <li>- erschreckt (Spinne)</li> <li>- chaotisch mit Bestimmungskarten, dadurch Tiere schwer zuzuordnen</li> <li>- aufschreiben</li> <li>- Eigenschaften von Inkluden wurden als nicht wichtig empfunden</li> <li>- Bestimmungsschlüssel hat in einem Fall nicht gut funktioniert (in einem anderen Fall schon)</li> </ul>
<p><i>Interviewer: Von einer Skala von 1 bis 5. Wie schwierig war Aufgabe 1. 1 ist einfach, 5 ist schwierig.</i></p> <p>1/m/8: 1 einfach,</p> <p>2/m/8: Ja 1.</p> <p>4/m/8 und 3/m/8: Nicken.</p> <p><i>Interviewer: Aber ihr findet die trotzdem gut?</i></p> <p>1/m/8, 3/m/8, 2/m/8: Ja</p>	

<p><i>Interviewer: Habt ihr da auch irgendetwas gelernt, oder war das einfach nur gut weil...</i>          4/m/8: Die Dichte          1/m/8: Dichte von Bernstein geringer als von Salzwasser aber höher als normales Wasser.          4/m/8: Brennbar.  <i>Interviewer: Ist brennbar, aha.</i>          1/m/8.: Und es stinkt.</p>	
<p><i>Interviewer: Und bei Station 2, wie habt ihr die denn gelöst? Habt ihr eine Zeitskala gemacht?</i>          1/m/8: Das war ganz nett.          3/m/8: Also es war nicht anspruchsvoll, wenn man einmal eine Zeitskala gefunden hat war es simples Abreißen.  <i>Interviewer: Und was hattet ihr für eine Skala?</i>          4/m/8: 2 m          2/m/8 und 1/m/8: Nee, 4 m war sie.</p>	<p><b>Station 2:</b>          Nicht so anspruchsvoll [Station 1 wurde als einfach aber positiv empfunden; Station 2 als nicht anspruchsvoll/einfach aber negativer bewertet]  <b>Negativ:</b>          - simples abreißen</p>
<p><i>Interviewer: Ihr habt ja gesehen, dass die Erde vor 20 Mio. Jahren anders aussah, als heute. Wisst ihr woran das liegt, dass sich diese Erdplatten verschieben?</i>          2/m/8: Kontinental...          4/m/8: Kontinentalplatten.          3/m/8: Plattentektonik          1/m/8: Ich glaub an den aufsteigenden Gesteinsmassen, die sich bewegen.          3/m/8: Ich glaub, das hat auch etwas mit Vulkanismus zu tun.          3/m/8: Dann gibt es ein Gebirge, eine sinkt ab, die andere erhebt sich (Subduktion)  <i>Interviewer: Wann habt ihr das gemacht?</i>          3/m/8 und 4/m/8: Das haben wir eigentlich gar nicht gemacht.  <i>Interviewer: Was war denn mit der Aufgabe mit der Evolution. Mit der Evolution der Wale.</i>          1/m/8: Ach das! Naja, interessant, aber irgendwie nicht sonderlich experimentell.          3/m/8: Das war als erste Station ein bisschen doof,          Interviewer: Hat euch das ein wenig überrascht, das mit dem Wal und den Insekten?          4/m/8: Ja, dass der vorher ein Landlebewesen war.</p>	<p><b>Plattentektonik:</b>          Kontinentalplatten bewegen sich wegen aufsteigender Gesteinsmassen. Subduktionsprozess wird erklärt (wenn ozeanische auf Kontinentalplatte trifft] Gebirgsbildung; Angeblich nicht in der Schule gelernt.  <b>Station 6:</b>  <b>Positiv</b>          - interessant  <b>negativ</b>          - nicht sonderlich experimentell</p>

<p><b>Lehrerinterview:</b>  <b>Lehrerin 1: Bio, Chemie und Erdkunde</b>  <b>Lehrerin 2: Mathematik und Biologie</b></p>	
<p><i>Interviewer: Welche Station hat Ihnen denn am besten gefallen?</i>                  Lehrerin 2: Eindeutig die Mikroskopier[station]                  Lehrerin 1: Ich überlege zwischen den beiden [zeigt auf Station 1 und Station 3]. Weil sie da [Station 1] eben auch viel experimentell machen können, also praktischer.                  Lehrerin 2: Also ich hätte das [Station 3] als erstes und das [Station 1] als zweites genommen.</p> <p><i>Interviewer: Station 1: Das heißt, an dieser Aufgabe gefällt Ihnen, dass es experimentell ist</i>                  Lehrerinnen: Genau. Dass die Schüler viel eigenständig machen können.                  Lehrerinnen: Genau</p> <p><i>Interviewer: Sonst noch irgendetwas?</i>                  Lehrerin 1: Ich finde das als Chemielehrerin gut, weil das aufbaut, ein bisschen auf den Stoff, den wir in der Klasse 7 machen. Da machen wir Dichte. Und dass sie das jetzt praktisch anwenden können, sprich, dass sie mal sehen, dass Sachen, die man im Unterricht macht eben auch praktisch an solchen Sachen [zeigt auf Stationsportfolio] wiederum nutzen können.</p> <p><i>Interviewer: Und fallen Ihnen noch irgendwelche Schwächen an der Station auf. Wie man etwas hätte anders gestalten oder mehr rausholen könnte?</i>                  Lehrerinnen: Nein</p> <p><i>Interviewer: Zum Beispiel bei der Frage zu der Dichte, die man ja in einem Satz beantworten kann.</i>                  Lehrerin 2: ich fand die Station war altersgemäß. Natürlich es stinkt etwas, das heißt es ist auch noch ein Stück emotional dabei. Was auch immer mit einer Gefahr verbunden ist, dass halt „ihh“ und so, aber auch Spaßig ist. Also die würde ich ganz genauso lassen.</p> <p><i>Interviewer: Und Dichteformel mit einzubauen, hatte ich auch überlegt, obwohl das schwer ist beim Bernstein die Dichte auszumessen.</i>                  Lehrerin 1: Nicht unbedingt hierbei. Hinterher in der Besprechung – das haben Sie aber auch gemacht – Was da eben welche Dichte hat. Was da ein, was da höher und niedriger sein muss. Aber auf dem Niveau finde ich das gut. Aber nicht mehr. Im Unterricht machen sie meistens Wasser und Öl – und damit wissen sie dann die Sachen aber Dichteformel würde ich jetzt nicht nehmen. Kommt so ein bisschen darauf an, auf welche Klasse das abzielt. Wenn es, wie bei unserer Klasse, 7, 8. ist, würde ich es nicht machen, wenn es höhere sind, wie die neuer zum Beispiel, dann vielleicht doch.</p>	<p><b>Bewertung der Stationen:</b>                  Station 1 und 3 am besten gefallen  <b>Station 1:</b>  <b>Positiv:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- experimentell</li> <li>- praktisch</li> <li>- eigenständiges Arbeiten</li> <li>- baut auf Chemiestoff der Klasse 7 auf: Dichte. Können das Wissen praktisch und außerhalb des schulischen Unterrichts anwenden</li> <li>- altersgemäß</li> <li>- emotional (wegen Geruch)</li> </ul>
<p><i>Interviewer: Was ist bei der zweiten Aufgabe, das ist die Zeitskala. Was hat Ihnen da gefallen – nicht gefallen?</i>                  Lehrerin 2: Das ist natürlich nicht so spannend, wie die anderen beiden, da man da nicht experimentieren kann. Trotzdem</p>	<p><b>Station 2:</b>  <b>Negativ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nicht so spannend wie Station 1 und 3,</li> </ul>



<p>haben sie aber gut mitgemacht – weil sie das ja in der [Jahrgangsstufe] Sieben schon gemacht haben, Evolution, und das durchaus spannend fanden, das auch auf so einem großen Zeitstrahl zu sehen, wo sich das [die Evolution des Menschen] so abspielt, nämlich auf einem ganz geringen Niveau als auf so einem langen Band. Also das fand ich durchaus sehr anschaulich, aber für die Schüler ist natürlich selber was experimentell zu machen spannender.</p> <p>Lehrerin 1: Ist ja hier noch ein bisschen drin, deshalb würde ich das auch als Drittes nehmen. Weil sie das auch selbst zeichnen können und aufkleben könne, also sie können ein bisschen was agieren zwar, aber natürlich nicht so wie hier [Station 1 und 3]. Ich find das Räumliche ja auch toll, dass sie eben da so viel Platz haben, und den haben Sie ja dort auch [...]. Das finde ich einfach schön, dieses Große.</p> <p><i>Interviewer: Obwohl mich das auch manchmal überrascht hat, dass sie auch wirklich klein geblieben sind. Die haben das ja auch auf dem Tisch gemacht.</i></p> <p>Lehrerin 2: Ja aber dadurch, dass wir dann auch raus gegangen sind wird das Platzproblem schon wieder ganz anders.</p> <p>Lehrerin 1: Wenn sie wenig Platz haben, dann nehmen sie auch einen kleinen Platz, wenn sie den Platz aber zur Verfügung haben, dann kommen sie auch erst auf die Idee das groß zu machen.</p>	<p>da nicht experimentell</p> <p><b>positiv:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- trotzdem haben Schüler gut mitgemacht, da sie das aus der 7. Jahrgangsstufe schon kannten</li> <li>- anschauliche Darstellung der Evolution auf dem Zeitstrahl und Vergleich von langer Dinosaurierära mit kurzer Evolution des Menschen</li> <li>- Schüler können zumindest ein bisschen eigenständig agieren.</li> <li>- viel Platz</li> </ul>
<p><i>Interviewer: Die Bestimmungsaufgabe. Meinen Sie wäre spannend gewesen weil [die Schüler] auch selbst...</i></p> <p>Lehrerin 2: ...Ja und es ist die Tierchen zu sehen und dann auch zu wissen: Wie alt sind die eigentlich. Dieses Staunen. Da [Station 1 und 2] staunen sie nicht, da machen sie was, hier [Station 3] staunen sie.</p> <p>Ja und dann sieht das unter dem Mikroskop auch noch ekelig aus, mit den vielen Beinen und Fühlern und so weiter –also hier kommt einfach Staunen dazu.</p> <p>Lehrerin 1: Ich denke auch, dass sie das viele vielleicht schon mal gehört haben und Bernstein mal gesehen haben und wissen, dass da irgendetwas drin ist, aber das wirklich so live zu sehen ist für die was komplett neues. Finde ich toll. Auch dass Sie so viele verschiedene haben – ist einfach schön. Mit den Bestimmungskarten dazu war auch toll, da mit Bestimmungsbüchern das ganze gar nicht funktionieren würde. Aber mit den Karten, dass sie das zuordnen müssen und Information noch kriegen – die lesen das zwar immer ein bisschen oberflächlich dann, wie man mal gemerkt hat – dass sie das nicht genau durchlesen. Aber trotzdem bekommen sie dann einen Eindruck von den Sachen. Und in dem Unterrichtsgespräch kam dass dann auch heraus, was man daraus dann eben ableiten kann.</p>	<p><b>Station 3:</b></p> <p><b>Positiv:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inklusen zu sehen</li> <li>- zu wissen wie alt die Inklusen sind</li> <li>- Staunen</li> <li>- ekelig unter dem Mikroskop</li> <li>- was neues, da Erfahrung mit Bernstein gering ist.</li> <li>- Bestimmungskarten mit Informationstext</li> <li>- zwar wird Infotext oberflächlich gelesen, aber Schüler bekommen einen Eindruck;</li> <li>- Unterrichtsgespräch notwendig für die Ableitung des Wissens von den Karten</li> </ul>
<p><i>Interviewer: Dann haben wir die Aufgabe mit der Geschichte. Was sagen Sie zu der?</i></p>	<p><b>Station 5:</b></p> <p><b>Negativ:</b></p>

<p>Lehrerin 1: Da kommen wir auf das Alter. Für eine 7. Klasse oder auch kleiner finde ich das schön. Für eine neunte Klasse, wie wir ja auch sieben dabei hatten, ist das zu kindisch.</p> <p><i>Interviewer: Alles zu kindisch? Auch die Geschichte?</i></p> <p>Lehrerin 1: Nein das Ausschneiden, aufkleben. Mit der Geschichte finde ich so grenzwertig, Auch das finde ich für eine neunte Klasse nicht ganz so.</p> <p>Lehrerin 2: Zumindest können Leute in so einer NW-Gruppe sitzen, die ambitioniert sind, und die dann sagen. Ah hier kann ich was experimentieren, hier kann ich was Neues lernen. In einer normalen Klasse weiß ich es nicht, da gibt es sicher noch einige, die noch da was machen können, aber ich sag jetzt mal für Spezialisten, glaub ich auch eher für kleine.</p> <p><i>Interviewer: Was ist mit den Bildern generell. Zum Entstehungsprozess von Bernstein.</i></p> <p>Beide. Das ist niedlich.</p> <p>Lehrerin 1: Niedlich und schön.</p> <p>Und dann einen Sachtext dazu schreiben oder gar keinen Text?</p> <p>Lehrerin 2: Doch, dann einen Sachtext. Das könnte man differenzieren. Die kleineren eine Geschichte, die anderen einen Sachtext.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- für 5.-7. Klasse altersgerecht; für ältere Schüler ist das Ausschneiden und Aufkleben zu kindisch</li> <li>- Geschichte für Klasse 9 grenzwertig</li> </ul> <p><b>Positiv:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bilder sind niedlich und schön. Veranschaulichung</li> <li>- Sachtext auch in Ordnung. Die jüngeren Schüler könnten Geschichte schreiben, die älteren einen Sachtext.</li> </ul>
<p><i>Interviewer: Station 6: Und jetzt die..</i></p> <p>Lehrerin 1: [...]Als Zusatztisch fand ich das toll, [als Ersatzaufgabe] für diejenigen, die schon weiter waren.</p> <p>Als einen Tisch von allen, als zusätzliche Station, wie es bei der zweiten Gruppe der Fall war, fand ich das eben nicht so gut, weil es zu theoretisch war. Da müssten Sie sich noch überlegen, ob die was – ja praktisch machen geht ja nicht – aber denken müssen vielleicht.</p> <p>Lehrerin 2: Und die Schüler haben, glaube ich, auch ein bisschen Schwierigkeiten gehabt das in einen Zusammenhang zu bringen. Zuerst Bernstein, Insekten und jetzt kamen plötzlich die Wale daher. Und das war. Hinterher in der Besprechung war das ja ok, aber so – die Beschäftigung damit „Hä was sollen wir denn mit Walen – wir beschäftigen uns mit Bernstein“.. das hat die, glaube ich, etwas irritiert. Das zweite Blatt war ja mit den Insekten, als Vergleich dann, das war dann völlig klar, warum dieses Blatt da war. Aber dieses [Erste Aufgabe mit Wal] hier nicht.</p> <p>Lehrerin 1: Stimmt</p> <p><i>Interviewer: Also Sie sind der Meinung, dass es zu theoretisch, textlastig, zu wenig praktisch..</i></p> <p>Lehrerin 2: Das weiß ich gar nicht. Das zweite Blatt fand ich nicht verkehrt. Ich finde es auch nicht verkehrt, wenn in so einem Workshop auch theoretisch gearbeitet wird. Aber wie gesagt, die Wale haben irgendwie gestört.</p> <p>Lehrerin 1: Vielleicht könnte man das auch umgekehrt machen. Zuerst die Insekten, dann die Wale.. [...]</p> <p>Das sind dann bisschen mehr so Denkanstöße, die man hinterher in der Gesamtbesprechung dann macht. [...]</p>	<p><b>Station 6:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sollte eher als Ersatzstation eingesetzt werden.</li> </ul> <p><b>Negativ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- zu theoretisch</li> <li>- wenig eigenständiges Agieren</li> <li>- müssen mehr denken</li> <li>- Zusammenhang fehlt: Bezug von Walen und Bernstein?</li> <li>- Empfehlung: Arbeitsblätter umsortieren: Erst das Blatt mit der Ameise, dann das mit dem Wal</li> <li>- Wale haben gestört</li> </ul>

<p><i>Interviewer: Generell, methodisch oder inhaltlich noch Verbesserungen. Weniger/mehr text?</i></p> <p>Lehrerin 2: Alles was noch praktischer geht – super. Würde mir aber nicht viel zu einfallen, denn sie können die beiden (Station 1 und 3) experimentell, diese hier auch (Station 2) und eine Station Theorie ist auch für einen Bernsteinworkshop leistbar. Es ist abwechslungsreich genug.</p> <p><i>Interviewer: Und sahen Sie den Fokus eher auf den Lerninhalt oder auf der eigenständigen Arbeit?</i></p> <p>Lehrerinnen: Beides.</p> <p>Aus unserer Sicht war es schon etwas Gelungenes. Als Exkursion aus der Schule raus, dann experimentell und das Inhaltliche fand ich hier auch für die Schüler spannend.</p> <p><i>Interviewer: Dafür, dass es auch ein außerschulischer Lernort war, war es auch dem angemessen?</i></p> <p>Lehrerin 2: Lohnt den Aufwand.</p> <p>Lehrerin 1: Nickt.</p> <p>Wie haben Sie die Aktion/Beteiligung der Schüler eingeschätzt?</p> <p>Interviewer: Paul mag schnibbeln nicht. Der will Futter. Paul ist auch Paul. Für den Rest ist das völlig ok. Die haben auch gut mitgemacht – für den Freitagnachmittag. Eher vielleicht eine Station zur Wahl und dann wirklich sagen „ok 20 Minuten [pro Station]“</p> <p>Lehrerin 1: Fünf [Stationen] finde ich auch Maximum. Aber wie gesagt, das Konzept finde ich mehr für Siebt- und Achtklässler, als für Neuntklässler. Nicht nur wegen dem Schneiden. Das sind so Experimente, die von der chemischen Seite her in der 7. Klasse beigebracht werden, auch die Dichte, und in der 8. Klasse arbeiten sie auch damit, aber in der 9. Klasse sind die inhaltlich schon weiter. Da müsste man das anpassen. Aber für die 9. Klasse sind die teilweise unterfordert.</p>	<p><b>Verbesserungsvorschläge:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- noch praktischer machen, wenn möglich.</li> <li>- ansonsten abwechslungsreich genug durch theoretische und experimentelle Arbeit.</li> <li>- weniger Stationen, max. 5 und weniger Bearbeitungszeit pro Station (20 min)</li> <li>- Stoff altersgerecht gestalten, vor allem für die Neuntklässler.</li> </ul> <p><b>Schülerbeteiligung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- gut mitgemacht für einen Freitagnachmittag</li> </ul>
--	---

### **Kontinentalverschiebung? Was ist das?**

Die Erdkruste ist nicht eine einheitliche Schicht, die auf dem zähflüssigen Magma aufliegt, sondern ist in ca. 12 Kontinentalplatten und Schollen unterteilt. Die größten sind die pazifische, antarktische, Nord- und Südamerikanische, die australische, afrikanische sowie die eurasische Platte.

Die **Lithosphäre** (bestehend aus fester Erdkruste und kristallinem Gestein des oberen Erdmantels) liegt auf der flüssigen **Asthenosphäre** auf. Magma bricht die starre Lithosphäre auf und drängt nach oben, wobei sich ein **ozeanischer Rücken** bildet. An dessen Zentralspalt tritt Magma und bildet bei Trocknung eine neue ozeanische Kruste. Die angrenzenden Lithosphärenplatten driften in entgegengesetzter Richtung auseinander – im Atlantik ca. 1 cm/Jahr, im Pazifik ca. 4cm/Jahr. Ursache für den Kontinentaldrift sind thermische **Konvektionsströme**, die das heiße Material an die Oberfläche führen. Die Energie hierfür stammt aus dem Zerfall radioaktiver Isotope aus dem Erdmantel.

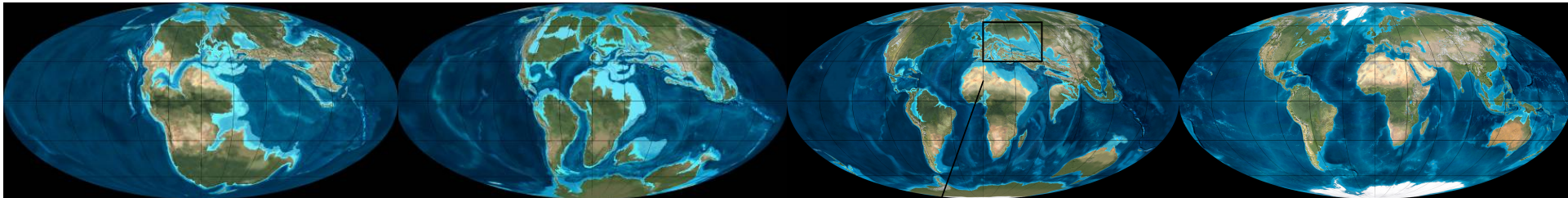
Die auseinanderdriftenden Lithosphärenplatten stoßen mit gegenläufigen Platten anderer Bereiche der Erdoberfläche aufeinander, wobei sich die kältere, schwerere Platte unter die leichtere Platte geschoben (subduziert) hat. Diese **Subduktionszonen** werden dann wieder in den oberen Erdmantel eingeschmolzen, wodurch die Lücke zwischen den **exogenen** und **endogenen** Teilen des Gesteinskreislaufs geschlossen wird. An den Subduktionszonen ist die Vulkanaktivität besonders hoch. Vulkane markieren also die Grenzen tektonischer Erdplatten. Auch Erdbeben werden durch die Bewegung der Kontinentalplatten ausgelöst.

Im Laufe der Erdgeschichte hat sich das „Gesicht der Erde“ stetig verändert. Von vor ca. 300-150 Millionen Jahren existierte auf der Erde eine zusammenhängende Landmasse, die als Superkontinent **Pangea** bezeichnet wird. Erst ab dem Jura zerbrach Pangea allmählich und die Erdplatten schoben sich auseinander, kollidierten und bildeten nach und nach die Konstellation und Form der Kontinente, wie wir sie heute kennen.

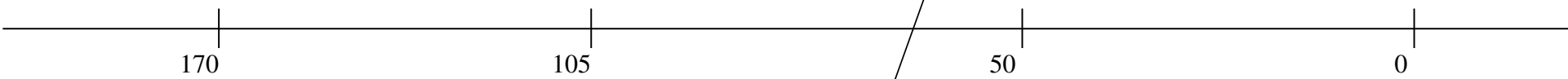
### **Kontinentalverschiebung und Klimaveränderung**

Kontinentalverschiebung hat nicht nur Auswirkungen auf die Konstellation der Kontinente, sondern auch auf das Klima. Auseinander – oder zusammen-driftende Landmassen können beispielsweise Meeresverbindungen öffnen oder schließen (siehe **Turgaisenke** auf nächster Seite). Kontinentalverschiebung ändert den Verlauf von warmen Meeresströmungen der Erde. Dadurch, dass die Weltmeere heute miteinander verbunden sind, kann beispielsweise der Golfstrom, der Wasser aus dem Karibischen Meer mit sich führt, am Westrand des Atlantischen Ozeans nach Norden fließen, wodurch er das Klima Nordamerikas und Europas erwärmt. Auch andere klimatische Barrieren können sich durch Kontinentalverschiebung bilden.

**Die Kontinentalplattenverschiebung der letzten 170 Mio. Jahre**



Millionen Jahre zurück



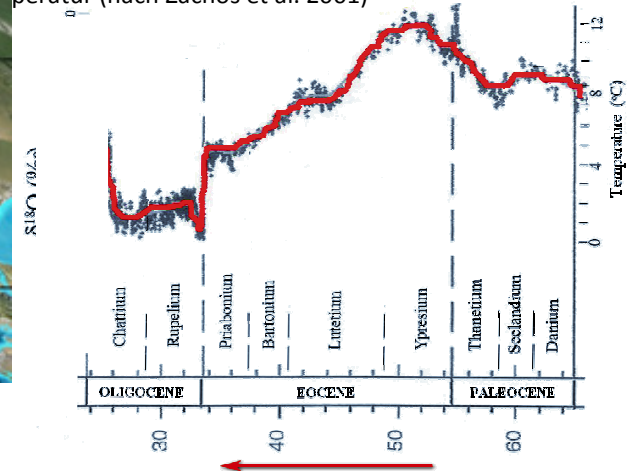
**Klimaveränderung in Europa**

Europa war vor ca. 50 Mio. Jahren ein Inselarchipel, in dem subtropisches bis tropisches feucht-warmes Klima herrschte. Der subtropische „Bernsteinwald“, der Ursprungsort des Baltischen Bernsteins und seinen **Inklusen** (eingeschlossenen Organismen), war wahrscheinlich ein Kiefern- und Eichen-Bergwald, der weite Teile des heutigen Fennoskandiaviens bedeckte.

Vor ca. 35 Millionen Jahren einen rapiden Temperaturabsturz, bei nicht nur die durchschnittlichen Temperaturen (um ca. 6 Grad Celsius), sondern auch die Niederschlagsmenge sank. Die Folge war, dass die **Turgaisenke**, die Europa von Asien trennte, austrocknete und Europa mit Asien verband. Diese Klimaveränderung hatte verheerende Auswirkungen auf den **eoziänen** Bernsteinwald mit seiner subtropischen und tropischen Fauna und Flora.



**Grafik:** Zeitleiste mit Angaben der durchschnittlichen Temperatur (nach Zachos et al. 2001)



**Fragen:**

1. Warum hat die Bewegung der Kontinentalplatten Auswirkungen auf das Klima?

2. Was passierte mit den Organismen des Bernsteinwaldes, als das Klima sich änderte und die Temperaturen sanken? Überlegen Sie sich mehrere Möglichkeiten, wie Organismen auf Umweltveränderungen reagieren können.

<b>Lehrerfachzeitschriften (Biologie und Geographie)</b>	
<p><b><i>Unterricht Biologie</i></b> Jahrgänge: 1980-2013</p>	<p><b><i>Praxis der Naturwissenschaft Biologie</i></b> Jahrgänge: 1982-2013</p>
<p><b><u>1985, Heft 105, S. 4</u></b> Paläontologie</p> <p><b><u>1985, Heft 105, S. 15</u></b> - Grundschüler entdecken die Welt der Saurier</p> <p><b><u>1985, Heft 105, S. 25</u></b> - Pflanzen und Tiere des Karbons - Lebensvorgänge in der Urzeit (Beiheft)</p> <p><b><u>2002, Heft 279, S. 14</u></b> - Primar/Orientierungsstufe (3-5. Schuljahr- gang). Besuch aus der Urzeit: lebende Fossilien</p> <p><b><u>2004, Heft 299, S. 4</u></b> - Bioplanet Erde: Erdgeschichte ist Lebensge- schichte</p> <p><b><u>2004, Heft 299, S. 34</u></b> - Neues Leben auf Vulkaninseln</p> <p><b><u>2012, Heft 374, S. 2</u></b> - Dinosaurier</p> <p><b><u>2012, Heft 374, S. 49</u></b> - Wer wird zum Fossil?</p>	<p><b><u>1983, Bd. 3, S. 90</u></b> - Paläobiologie: Exkursion nach Steinheim</p> <p><b><u>1985, Bd. 7, S. 48</u></b> - Fossilien und Fossilientstehung</p> <p><b><u>1986, Bd. 4, Titel des Hefts: „Archaeopteryx“</u></b> - Entdeckung der Urvögel (S. 1) - Vom Fundort zum Museum (S. 20) - Vorbereitung und Durchführung eines Steinbruch- besuchs im Solnhofener Plattenkalk (S. 25) - Herstellung von Abgüssen - Simulation der Fossilientstehung</p> <p><b><u>1994, Bd. 7, S. 26</u></b> - Archaeopteryx bavarica</p> <p><b><u>1994, Bd. 8, S. 2</u></b> - Palaeoklima</p> <p><b><u>1996, Bd. 3, S. 20</u></b> - Fledermausfossilien aus Grube Messel</p> <p><b><u>1998, Bd. 5, Titel des Hefts: „Urvögel“</u></b> - Archaeopteryx - Entstehung der Vögel - Entstehung der Vogelfeder</p> <p><b><u>2000, Bd. 6</u></b> - Archaeopteryx</p>
<p><b><i>Geographie Heute:</i></b> Jahrgänge 1990-2013</p>	<p><b><u>2001, Bd. 1, S. 13</u></b> - „Wie schnell war ein Dinosaurier?“</p>
<p><b><u>1991, Heft 92, S.4</u></b> - Steine und Fossilien im Erdkundeunterricht</p> <p><b><u>2004, Heft 218, S- 2-6</u></b> - Wozu Geologie?</p> <p><b><u>2004, Heft 218, S. 6-8</u></b> - Geologie im Unterricht. <i>Ein Plädoyer für die Stärkung der Geowissenschaften in der Schule</i></p>	<p><b><u>2001, Bd. 2, S. 8</u></b> - Vom Lebewesen zum Fossil: Grundzüge der Tapho- nomie</p> <p><b><u>2007, Bd. 7, S. 4</u></b> Biogeographie</p> <p><b><u>2007, Bd. 8, S. 13</u></b> - Palaeobotanik</p>

<b>Schulbücher (Fokus NRW)</b>	<b>Verlag &amp; Autoren</b>	<b>Ergebnisse (Schlagwortsuche: Fossilien, Fossilentstehung, Bernstein)</b>
Natura (Gymnasiale Oberstufe)	Ernst Klett (Beyer et al. 2005) <b>200 Seiten</b>	Keine Ergebnisse
Natura (Gymnasium. Jahrgangsstufen 7.-10.)	Ernst Klett (Bächle-Knauer et al. 2002) <b>238 Seiten</b>	Fossilien und Fossilentstehung, Bernstein nicht erwähnt
Markl Biologie (Oberstufe)	Ernst Klett (Gropengießer et al. 2010) <b>240 Seiten Arbeitsbuch</b> <b>168 Lehrerbuch</b>	Kein Ergebnis
Linder Biologie SII	Schroedel (Bayrhuber, Kull & Linder 2005) <b>534 Seiten</b>	Fossilien und Fossilentstehung; Bernstein nicht erwähnt; Plattentektonik und Evolution,
Biologie – Gymnasiale Oberstufe	Pearson (Campbell & Reece 2010) <b>760 Seiten</b>	Fossilien und Fossilentstehung, Bernstein nicht erwähnt
Biologie. Lehrbuch für die Klasse 10. Berlin	Paetec (Pews-Hocke & Zabel 2002) <b>106 Seiten</b>	Belege der Evolution. Entstehung und Bedeutung der Fossilien: Abbildung von Bernstein mit Hundertfüßer-Inkluse als Beispiel für verschiedene Fossilien (Abdruck, Versteinierung, Einschluss) erwähnt.
Urknall. Biologie 9./10. Schuljahr,	Ernst Klett Verlag (Kalusche et al. 2003) <b>108 Seiten</b>	Fossilien, Erdzeitalter Bernstein nicht erwähnt
Netzwerk Biologie 2. Ein Lehr- und Arbeitsbuch.	Schroedel (Jaernicke et al. 2001) <b>144 Seiten</b>	Kein Ergebnis
Prisma Biologie. 7.-10. Schuljahr	Ernst-Klett-Verlag (Bergau et al. 2006) <b>413 Seiten</b>	<u>Jahrgangsstufe 9/10</u> : Fossilien und Fossilentstehung als Grundlage der Evolutionslehre, Fokus auf Leitfossilien; kein Bernstein erwähnt
Biologie	Cornelsen (Weber 2009) Handreichungen Unterricht: <b>575 Seiten</b> Lehrbuch: <b>508 Seiten</b>  4000	Kein Ergebnis
<b>Anglo-amerikanische Unterrichtsmaterialien (UK)</b>	<b>Verlag &amp; Autoren</b>	<b>Ergebnisse</b>
Teaching Biology to KS4	Hodder& Stoughton Autor: Winterbottom & Wilson (2000)	- Classification (Chapter 22) - A teaching sequence: Studying Fossils (S.207)

## ANHANG VI: Bestandsaufnahme Unterrichtsmaterialien

---

AS Level Biology	Longman Bradfield, P., Dodds, J., Dodds, J, & Taylor, N. (2001)	- Fossil Fuels (Chapter 14.09)
Biology for GCSE	Northern Modular Science Autor: David Applin (2000)	- Fossils
Science in Action: Fossils	Cherrytree Books  Stidworthy, J. (1989)	- Fossil in amber (s.21) Kurze Einführung in Bernstein und Anleitung zur Herstellung eigener Kunstharzeinschlüsse



## **Erklärung**

„Ich versichere, dass ich die von mir vorgelegte Dissertation selbständig angefertigt, die benutzten Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben und die Stellen der Arbeit - einschließlich Tabellen, Karten und Abbildungen - die anderen Werken im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, in jedem Einzelfall als Entlehnung kenntlich gemacht habe; dass diese Dissertation noch keiner anderen Fakultät oder Universität zur Prüfung vorgelegen hat; dass sie - abgesehen von unten angegebenen Teilpublikationen noch nicht veröffentlicht worden ist, sowie, dass ich eine solche Veröffentlichung vor Abschluss des Promotionsverfahrens nicht vornehmen werde. Die Bestimmungen der Promotionsordnung sind mir bekannt. Die von mir vorgelegte Dissertation ist von Prof. Dr. Wilfried Wichard betreut worden.“