



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Fachdidaktische Aspekte des
Wissenschaftskommunikationsprojekts:
Schüler/-innen [er]leben Erdgeschichte“

verfasst von / submitted by

Viviane Huber

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2018 / Vienna, 2018

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 190 445 333

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramtsstudium UF Biologie und Umweltkunde
UF Deutsch

Betreut von / Supervisor:

ao. Univ.- Prof. Dr. Michael Wagreich

Danksagung

Ein großes Dankeschön gilt in erster Linie meinen Eltern, denen ich es zu verdanken habe, dass ich mein Studium – in jeder Hinsicht – sorglos und auf meine Weise durchführen konnte. Sie ließen mich, auch wenn es nicht unbedingt immer in ihrer Überzeugung lag, meine Entscheidungen treffen, letztendlich meinen Weg gehen. Außerdem standen sie mir während meines ganzen Lebens, insbesondere während meines Studiums und beim Schreiben meiner Diplomarbeit bei Tag und auch bei Nacht mit Rat und Tat beiseite, was definitiv nicht als selbstverständlich erachtet werden kann. Danke Mama und danke Papa!

Ein weiteres großes Dankschön gilt meinen Freundinnen Lisa, Martina und Iris, die immer ein offenes Ohr, beratende Worte und mehrere Schubkarren voll Motivation in petto hatten. Außerdem sorgen sie dafür, dass ich niemals den Spaß außer Acht lasse.

Bedanken möchte ich mich auch bei meinen Schwestern Laura und Bernadette, ohne die ich mich nicht vollständig fühlen würde. Danke für alles!

Schlussendlich möchte ich mich bei meinem Betreuer Prof. Dr. Michael Wagreich für die Betreuung und Unterstützung bei meiner Diplomarbeit bedanken. Ein weiterer Dank gilt Dr. Fritz Seewald und Mag. Lantschner für die besonders gute Zusammenarbeit und das Engagement im Rahmen des Wissenschaftskommunikationsprojekts.

Vielen herzlichen Dank!

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	2
Inhaltsverzeichnis.....	4
1. Einleitung	6
2. Theoretische Einbettung	8
2.1 Geologische Entwicklungen in Österreich in der Kreidezeit	8
2.2 Klimasystemische Prozesse mit Fokus auf das kretazeische Paläoklima	10
2.3 Die Gosau-Gruppe im paläoklimatischen Fokus	17
2.3.1 Kreuzgraben-Formation	18
2.3.2 Streiteck-Formation.....	19
2.3.3 Grabenbach-Formation.....	19
2.3.4 Hochmoos-Formation.....	20
2.3.5 Bibereck-Formation	22
2.3.6 Ressen-Formation.....	22
2.3.7 Nierental-Formation	23
2.3.8 Zwieselalm-Formation	24
3. Wissenschaftskommunikationsprojekt Schüler/-innen [er]leben Erdgeschichte	25
3.1 Zugrundeliegendes Forschungsprojekt (P 24044-N24).....	25
3.2 Mitwirkende	25
3.2.1 Verein natopia.....	26
3.2.2 Mag. Magnus Lantschner	26
3.2.3 Dr. Fritz Seewald.....	27
3.3 Nachhaltigkeitsanspruch des Projekts.....	27
3.4 Konzept des WKPPs.....	27
3.4.1 Deep-Time-Zeitschnur	28
3.4.2 Milanković Kurven (Spiel und Modell)	29
3.4.3 Sedimentation (Rieselbild)	30
3.4.4 Unterschiedliche Gesteine ansprechen und erkennen.....	31
3.4.5 Pangäa-Puzzle	31
3.4.6 Alpenfaltungsdarstellung mithilfe von Textilmodellen	32
3.4.7 Foraminiferen-Stratigraphie-Spiel.....	32
3.4.8 Probenahme.....	32
4. Bildungsdidaktische und fachdidaktische Grundlagen.....	33
4.1 Außerschulische Lernorte	33
4.1.1 Lernen in der Natur – Exkursionspädagogik.....	37
4.1.2 Projektarbeit	39
4.1.3 Nachhaltigkeit von außerschulischem Lernen.....	40
4.2 Naturwissenschaftliches Arbeiten.....	41
4.2.1 Arbeitsweisen und Methoden	42
4.2.1.1 Betrachten und Beobachten	43
4.2.1.2 Zeichnen und Darstellen	43
4.2.1.3 Sammeln	44
4.2.1.4 Ordnen und Klassifizieren	44
4.2.1.5 Vergleichen und Beschreiben	45
4.2.1.6 Experimentieren.....	45
4.2.1.7 Weitere Arbeitsweisen im naturwissenschaftlichen Unterricht	46
4.2.2 Alltagsrelevanz naturwissenschaftlichen Unterrichts.....	47
4.3 Lehrplanbezug	47

5. Forschungsmethoden.....	50
5.1 Beobachtungen	50
5.2 Fragebogen.....	51
5.3 Leitfadengestützte Experten/-innen-Interviews.....	52
6. Beschreibung der Ergebnisse.....	55
6.1 Ergebnisse der Beobachtungen.....	55
6.1.1. Methodenerweiterung des Programmablaufs	56
6.1.2. Verhalten und Aufmerksamkeit der Schüler/-innen	59
6.1.3. Umsetzung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen	61
6.2 Ergebnisse des Fragebogens	62
6.3 Ergebnisse der Interviews.....	68
6.3.1 Feedback	68
6.3.2 Praxisnähe und Handlungsorientierung im WKPP	70
6.3.3 Naturwissenschaftliches Arbeiten im WKPP	70
6.3.4 Naturwissenschaftliches Arbeiten im Regelunterricht	71
6.3.5 Lehrplanbezug.....	73
6.3.6 Nachbesprechung des WKPPs im Unterricht	73
6.3.7 Wissenschaftserkenntnisse und –methoden kommunizieren.....	74
7. Diskussion.....	76
7.1 Naturwissenschaftliches Arbeiten im WKPP	76
7.2 Rußbach als außerschulischer Lernort	78
7.3 Relevanz des WKPPs und dessen Inhalte für Lernende.....	79
8. Fazit und Ausblick.....	82
Zusammenfassung / Abstract.....	83
Quellenverzeichnis	84
Abbildungsverzeichnis	87
Tabellenverzeichnis.....	87
Digitaler Anhang.....	88

1. Einleitung

„Die Geologie ist alles“ hieß der Slogan für das Internationale Jahr des Planeten Erde im Jahr 2008. Diese Aussage ist Programm: Die Geologie als Teilbereich der Geowissenschaften ist allgegenwärtig und befasst sich mit der Zusammensetzung der Erde und Veränderungen in der Erdkruste unter einer räumlichen und zeitlichen Perspektive. Auch in unserem Alltag sind die Geowissenschaften nicht wegzudenken, da sie uns täglich bei der Verwendung unserer Smartphones oder auch beim Lesen der morgendlichen Zeitung begegnen. Die Suche nach Fossilien, die uns Aufschluss über die Evolution geben, wie auch die Rekonstruktion von geologischen Entwicklungen anhand von Sedimenten, die als Archive dienen, stellen wichtige Beiträge zur Geologie dar, die wiederum in Hinblick auf die Entwicklung der Erde und die sie bewohnenden Lebewesen sowie als Auskunftsmöglichkeit über historische und zukünftige klimatische Entwicklungen eine bedeutende Rolle spielen (vgl. Köberl 2009: 3). Trotz der Bedeutsamkeit der Geowissenschaften für die Gesellschaft verschwinden sie langsam, aber stetig aus den Lehrplänen – nur überblicksmäßig sollen Schüler/-innen davon erfahren.

Wie in allen naturwissenschaftlichen Disziplinen arbeitet auch die Geologie mit speziellen Methoden und Arbeitsweisen, die laut dem Lehrplan von Beginn der schulischen Laufbahn an vermittelt werden sollen. Gerade der außerschulische Lernort bietet hinsichtlich der Umsetzung und Präsentation dieser einen besonderen Rahmen, der von Bildungsdidaktikern/-innen und Pädagogen/-innen als kompetenzfördernd und interessensgenerierend betrachtet wird.

Das Forschungsziel dieser Arbeit besteht darin, zu beweisen, dass naturwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen in einem außerschulischen Lernkontext, wie das konkret im Wissenschaftskommunikationsprogramm-Projekt (WKPP) *Schüler/-innen [er]leben Erdgeschichte* konzipiert ist, durchaus umsetzbar sind und dass die Geologie in der Ausbildung und im Bewusstsein von Schüler/-innen aufgrund ihrer evolutionsgeschichtlichen und generellen Bedeutung für die Kulturlandschaft Österreichs ihre berechtigte Stellung einnehmen sollte. Zudem ist sie als wissenschaftliche Disziplin nützlich, Wissenschaft zu kommunizieren.

Der erste Teil dieser Arbeit (Kap. 2) befasst sich mit dem theoretischen Hintergrund der geologischen Entwicklungen Österreichs, insbesondere die der Gosau-Gruppe. Betrachtet

werden sie unter dem Fokus von klimasystemischen Prozessen in der Kreidezeit. Die Theorie dient als Grundlage für das im Kap. 3 beschriebene WKPP, welches die Grundlage für die vorliegende Forschungsarbeit darstellt. Zudem wird im darauffolgenden Abschnitt (Kap. 4) die Arbeit bildungs- und fachdidaktisch eingebettet. Dafür werden außerschulisches Lernen und naturwissenschaftliches Arbeiten näher erläutert und ein Bezug zum Lehrplan hergestellt.

Für diese Arbeit wurde eine empirische Forschung gewählt, deren Datenerhebung mittels Beobachtungen, Fragebogen und Experten/-innen-Interviews im Rahmen des WKPPs in Rußbach am Pass Gschütt inmitten der Gesteine der Gosau-Gruppe erfolgte. Diese methodisch-analytischen Erhebungsmethoden werden in Kap. 5 beschrieben sowie deren Ergebnisse in Kap. 6 präsentiert. Die Evaluation und Analyse der Ergebnisse anhand der verwendeten Literatur formen das 7. Kap., welches die Forschungsfragen beantwortet. Die Arbeit schließt mit einem Fazit und gibt einen Ausblick, welche weiteren Untersuchungen aufgrund dieser Arbeit durchgeführt werden könnten (Kap. 8).

Wie bereits erläutert, besteht die Annahme, dass naturwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen im außerschulischen Kontext des WKPPs leicht umsetzbar sind und die Geologie als wissenschaftliche Disziplin aufgrund ihrer klimarelevanten und evolutionären Bedeutung für Österreich eine Relevanz im Alltag und im Bewusstsein von Schüler/-innen innehat, wodurch die Durchführung des WKPPs begründet ist. Daraus ergeben sich folgende Fragen, über die diese empirische Untersuchung Auskunft geben soll:

- 1) Wie lässt sich naturwissenschaftliches Arbeiten im Kontext außerschulischen Lernens im Zuge des WKPPs realisieren?
- 2) Wie relevant ist die zukünftige Durchführung des standortbezogenen WKPPs *Schüler/-innen [er]leben Erdgeschichte* für Schüler/-innen?

Im Anhang sind die erhobenen und anonymisierten Daten nachzulesen. Diese bestehen aus den Beobachtungen während der WKPP-Kurse, dem Fragebogen und dessen ausgewerteten Ergebnissen, dem Interviewleitfaden sowie den redigierten Aussagen der Experten/-innen-Interviews.

2. Theoretische Einbettung

Das folgende Kapitel zeigt den erdwissenschaftlichen und theoretischen Hintergrund auf, um ein basales und thematisches Verständnis für die im WKPP angewendeten Methoden und Konzepte zu schaffen. Zunächst befasst sich die Arbeit mit geowissenschaftlichen Grundlagen, insbesondere den kreidezeitlichen geologischen Vorgängen in Österreich im Kontext der Alpidischen Orogenese. Weiters werden die in der Kreide stattfindenden paläoklimatischen Ereignisse und Prozesse mithilfe genereller klimasystemischer Grundlagen erläutert. Abschließend wird Einblick in die regionale Geologie der Gosau mit Fokus auf die paläoklimatischen Gegebenheiten gewährt.

2.1 Geologische Entwicklungen in Österreich in der Kreidezeit

Mit der Kreide, die von vor etwa 145 Mio. Jahren bis vor 66 Mio. Jahren andauerte, ging durch ein katastrophales Impaktereignis nicht nur die Zeitära der Dinosaurier zu Ende (vgl. Schuster 2015: 58), sondern starben auch weltweit etwa 70% aller in dieser Zeit lebenden Tiergattungen aus (vgl. Wagreich 2014: 22). An der Kreide-Paläogen-Grenze (früher auch Kreide-Tertiär-Grenze genannt) betraf das Masseaussterbeereignis im marinen Bereich sogar 80-90% aller Lebewesen, von denen Organismengruppen wie die Ammoniten tatsächlich ausgelöscht wurden und bei anderen Lebewesen einzelne Taxa stark reduziert wurden (vgl. Skelton 2003: 286). Von den im Mesozoikum lebenden Klassen oder Ordnungen unterscheiden sich diese somit enorm in ihrer Varietät, Größe und Anzahl zu den heutigen Arten der gleichen Klassen und Ordnungen (vgl. Skelton 2003: 24).

Paläogeographisch fanden plattentektonisch entscheidende Prozesse statt, weshalb es im letzten Abschnitt des Mesozoikums zum gänzlichen Auseinanderbrechen des vormaligen Superkontinents Pangäa kam. Zudem machte sich in dieser Zeitära bereits die Öffnung des Nord- und Südatlantiks bemerkbar. In der Kreide nahm auch die Breite des Penninischen Ozeans zu, da sich kontinuierlich neue Kruste bildete. Des Weiteren trennte sich der „Adriatische Sporn“ als eigenständige Platte von Afrika aufgrund der Bildung des östlichen Mittelmeers ab, jedoch behielten beide bis vor etwa 95 Mio. Jahren eine beinahe synchrone Bewegung bei. Erst ab dem Turonium setzte eine deutliche Drift der Adriatischen Platte gegen Norden ein, die bis heute anhält und wesentlich an der Alpenorogenese beteiligt ist (vgl. Schuster 2015: 58). Die Bildung der Alpen basiert auf plattentektonischen Ereignissen,

die auf der gesamten Erdoberfläche ihre Auswirkungen hatten, und auf vielen komplizierten und sich wiederholenden geologischen Prozessen. Die Gesteine der verschiedenen Deckeneinheiten der Alpen wurden zum Großteil in beachtlichen Tiefen des Meeres gebildet, da sich ab der mittleren Unterkreide tendenziell schmale und tiefe Ablagerungsräume bilden (vgl. Kull 1987: 221). Das lag unter anderem an der sich über die Lithosphärenplatte – die wiederum selbst nach Südosten hin subduziert wurde – schiebenden Adriatischen Platte im Zuge der beginnenden Alpidischen Gebirgsbildung. Das Abtauchen in den Mantel wirkte wie ein Förderband auf die darauf liegenden kontinentalen Platten („Adriatischer Sporn“ und „Altes Europa“) und auch auf die ozeanische Platte des Penninischen Ozeans, die sich wiederum zwischen den beiden kontinentalen Platten befand (vgl. Schuster 2015: 58). Teile der nördlichen Adriatischen Platte tauchten dabei an der Subduktionszone in den Mantel ein. Bei der Subduktion steigen Druck p und Temperatur t , was zu einer Gesteinsmetamorphose in der Tiefe führt. Da der Subduktionsvorgang vergleichsweise relativ langsam voranschritt, erreichte die Lithosphärenplatte erst vor 90 Mio. Jahren eine Tiefe von etwa 80 km, weshalb metamorphe kristalline Gesteine aus Disthen, Feldspat, Glimmer, Granat und Staurolith im Ostalpin auftreten (vgl. Schuster & Stüwe 2010: 13). „Dieses kretazische metamorphe Ereignis ist nur in den Gesteinen des Ostalpins bekannt und wird als „Eo-alpine Metamorphose“ bezeichnet (Schuster & Stüwe 2010: 13).“ Außerdem kam es dabei zu Überschiebungen, die Decken aus abgeschorenen Sedimentgesteinen bildeten und aufstapelten (vgl. Schuster 2015: 59). Diese sind Teil des heutigen Ostalpins, das auch als Ostalpines Deckensystem bezeichnet wird. Zusätzlich entstanden in diesen Tiefen auch Eklogite als typische Gesteine der druckbetonten Subduktionsmetamorphose.

Um etwa vor 92 Mio. Jahren kam es zum Temperaturhöhepunkt von bis zu 700°C, welcher in der Folge die Ursache für das rasche Aufsteigen der Eklogite und des metamorphen kristallinen Gesteins aus der Subduktionszone in Richtung Norden war. Zeitgleich kam es zur Streckung in Richtung Osten und Westen, weshalb sich mehrere heraustretende Inselgruppen und kein durchgehender Gebirgszug bildeten. Diese Inselkette und das dazwischen gelegene marine Becken waren die Grundlage für das Entstehen und das Ablagerungsgebiet der Gosau-Gruppe, die im Kap. 2.3 eingehender beschrieben ist. (vgl. Schuster & Stüwe 2010: 13f.)

Wie bereits erwähnt befand sich die Adriatische Platte zu jenem Zeitpunkt immer noch auf einer Art Förderband, das zum kontinuierlichen Abscheren der Kruste führte, die wiederum

von unten in den Orogenkeil eingebaut wurde und den gesamten Deckenstapel weiter Richtung Norden bewegte. Vor etwa 80 Millionen Jahren schob sich der Ostalpine Deckenstapel von Süden her über den Penninischen Ozean und bedingte die Bildung eines aktiven Kontinentalrandes. Infolge des Umgestaltungsprozesses zeigten sich folgende geologische Auswirkungen: Einerseits wurden ab diesem Zeitpunkt Teile der im Vergleich zur Adriatischen Platte dünneren, jedoch schwereren ozeanischen Platte des Penninischen Ozeans von der abtauchenden Lithosphärenplatte abgehobelt. Dabei entstanden die Penninischen Decken. Aufgebaut wird die Decke von sowohl nichtmetamorphen als auch metamorphen Gesteinen, was durch die Tiefe, in der die Abscherung stattgefunden hatte, beeinflusst wurde. Wurden die Decken in geringerer Tiefe abgeschoren, führte das zur Formung eines unmetamorphen Akkretionskeils. In größerer Tiefe entstanden metamorphe Gesteine wie Kalkglimmerschiefer, Blauschiefer und Eklogite, da dort der nötig hohe p und die ausreichend hohe T herrschten.

Andererseits führte der tektonisch aktive Kontinentalrand zu zyklischer Ablagerung von Turbiditen, d.h. Sedimente submariner Schlammströme und Sedimentlawinen, welche aufgrund instabiler Sedimentablagerungen des Kontinentalhangs und ausgelöst durch Erdbeben mit hoher Geschwindigkeit in den Tiefseegraben glitten. Dabei wurden die feinkörnigen Sedimente über größere Distanzen bis in das Ozeanbecken transportiert, während die gröberen Gesteine bereits direkt am Rand des Beckens zum Erliegen kamen (vgl. Schuster & Stüwe 2010: 15). In der späten Kreide kam es bei gleichzeitiger Subduktion der ozeanischen Platte im Penninischen Ozean auch zu Neubildung. Trotzdem reichte die neu entstandene ozeanische Lithosphäre nicht aus, um die Schließung des Penninischen Ozeans aufzuhalten, welche sich im Paläogen endgültig vollzog (vgl. Schuster 2015: 60).

2.2 Klimasystemische Prozesse mit Fokus auf das kretazeische Paläoklima

Paläoklimatische Erkenntnisse sind mithilfe von geologischen Rückschlüssen zu gewinnen, die einerseits auf der charakteristischen Sedimentation bestimmter Gesteinsarten und andererseits auf der Fossilisation klimatisch sensibler Organismen beruhen. Darüber hinaus erlauben geochemische Daten die Abschätzung spezifischer Aspekte des Klimas, wie beispielsweise die der Temperatur oder der jahreszeitlichen Niederschlags- und Witterungsmuster (vgl. Skelton 2003: 29). Zuerst werden jedoch die

klimabeeinflussenden Komponenten aufgezeigt, um die Rekonstruktion des kretazeischen Paläoklimas besser nachvollziehen zu können.

Das Klima wird multikausal beeinflusst, weshalb bei der Rekonstruktion des Paläoklimas auch mehrere Ursachen bedacht und verschiedene Untersuchungen durchgeführt werden müssen und die Ergebnisse ausschließlich induktiv betrachtet werden dürfen. Generell sind primär vier permanent und extern auf das Klimasystem einwirkende Parameter, die sogenannten Global Player, ausschlaggebend für die klimatischen Bedingungen auf der Erde. Dazu zählen die Erdumlaufbahn, die die Verteilung und Intensität der Solarenergie auf der Erde festlegt, die primäre Sonnenaktivität, die Treibhausgaskonzentration sowie die Aktivität von Vulkanen (vgl. Sirocko 2013: 25f). Neben den externen gibt es auch interne Größen, die in einer klimarelevanten Wechselwirkung zueinander stehen. Diese sind Luft- und Meeresströmungen, die Ausdehnung des Kryosphäre, also der Bereich des Klimasystems, in dem Wasser in gefrorenem Zustand vorzufinden ist, und die prozentuale Ausbreitung der Vegetation auf kontinentaler Fläche (vgl. Sirocko 2013: 33).

Bei der orbitalen Konstellation von Erde und Sonne, die für die Sonneneinstrahlungsintensität verantwortlich ist, unterliegen folgende drei maßgebliche Größen einer bestimmten periodischen Veränderung: Exzentrizität, Obliquität (auch als Schiefe oder Erdneigung bezeichnet) und Präzession. 1920 entdeckte der serbische Physiker Milutin Milanković zyklische Änderungen dieser Größen, die sich aus Sicht der Menschheit in langen zeitlichen Intervallen verändern (vgl. Bayerisches StBMUG 2009: 137). Milanković belegte mathematisch die unterschiedlich langen Zyklen der Präzession, Obliquität und Exzentrizität, woraufhin er für das Pleistozän auf allen Breitenkreisen der Erde die Kurven der solaren Einstrahlung berechnen konnte. Diese periodischen Veränderungen wurden infolgedessen *Milanković Zyklen* genannt (vgl. Sirocko 2013: 26).

Von der Exzentrizität (siehe Abb. 1), also der „Abweichung der Erdumlaufbahn von einem Kreis (Grotzinger & Jordan 2017: 414)“, eben der Erdbahn, deren exakter Mittelpunkt nicht die Sonne ist, hängt die einfallende Sonnenenergie ab (vgl. Sirocko 2013: 26). Die periodische Schwankung der Exzentrizität im Mittel liegt dabei jedoch nur zwischen 0,005 und 0,058. Der Zyklus ändert sich in etwa alle 100.000 Jahre. Je nachdem, ob die Umlaufbahn eher einem Kreis oder einer Ellipse ähnelt, wird von geringer (=kreisförmig) oder hoher Exzentrizität (=elliptisch) gesprochen (vgl. Grotzinger & Jordan 2017: 414).

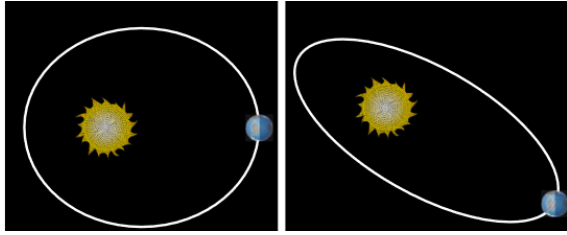


Abbildung 1: Exzentrizität - 100.000 Jahre nach Grotzinger & Jordan (2017: 416) verändert von VH

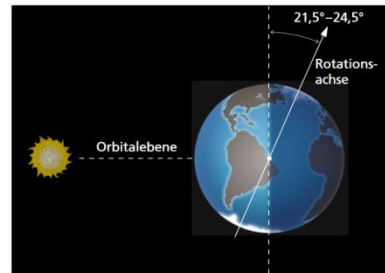


Abbildung 2: Neigung der Erdatmosphäre (Obliquität) – 40.000 Jahre nach Grotzinger & Jordan (2017: 416) verändert von VH

Die zweite Größe ist die Neigung der Erdatmosphäre (Obliquität - siehe Abb. 2), welche heute bei $23,5^\circ$ liegt, aber jeweils innerhalb von 40.000 Jahren zwischen $21,5^\circ$ und $24,5^\circ$ schwankt (vgl. Bayerisches StBMUG 2009: 137). Die Obliquität beeinflusst ebenfalls die Insolation und wirkt sich zusätzlich auf zwei große, atmosphärische Prozesse aus: Sie bestimmt den Zyklus der Jahreszeiten sowie den Pol-zu-Äquator-Einstrahlungsgradienten, von dem sowohl das Klima als auch die Ozeanzirkulation abhängen (vgl. House & Gale 1995: 12).

Die Präzession (siehe Abb. 3) beschreibt die kreisförmige, taumelnde Bewegung der Erde, wenn diese auf ihrer Umlaufbahn um ihre eigene Achse rotiert. Diese Bewegung des Radius des Präzessionskegels ändert sich in einem Zeitraum von zirka 23.000 Jahren (vgl. Grotzinger & Jordan 2017: 416). Das Pendeln der Erdatmosphäre ist sowohl durch die Anziehungskraft der Sonne als auch des Mondes auf die Erde bedingt (vgl. House & Gale 1995: 10). Von allen drei Parametern stellt die Präzession den geringsten Einfluss auf den Einstrahlungskoeffizienten im Vergleich mit den Zyklen der Exzentrizität oder Erdschiefe dar (vgl. Grotzinger & Jordan 2017: 416).

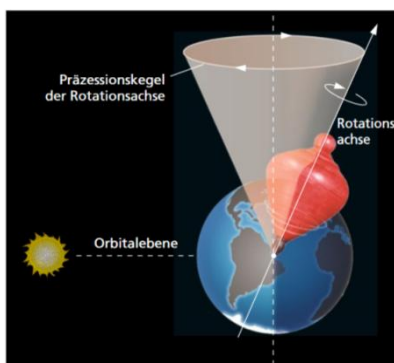


Abbildung 3: Präzession - 23.000 Jahre nach Grotzinger & Jordan (2017: 416) verändert von VH

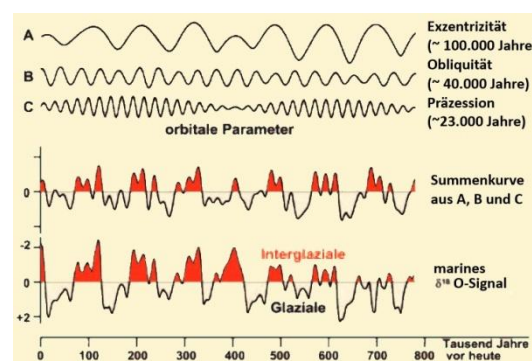


Abbildung 4: Milanković Zyklen nach Bayerisches StBMUG (2009: 137) verändert von VH

Wie in Abb. 4 zu sehen ist, können die drei orbitalen Klimazyklen als Kurven (A, B und C) dargestellt werden. Sie repräsentieren addiert deren gesamte Sonneneinstrahlungsenergie, welche in der Zeit starke Schwankungen zeigt und maßgeblich für Änderungen der Temperatur verantwortlich ist. Die Verhältnisse von Sauerstoffisotopen („ $\delta^{18}\text{O}$ d. h. $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ -Verhältnisse (Bayerisches StBMUG 2009: 137)“) belegen die Temperaturänderungen in den Ozeanen. Anzumerken ist hier, dass das Verhältnis bei warmen Temperaturen kleiner wird, da die leichten ^{16}O -Isotope dazu tendieren, eingebaut zu werden. Größer wird $\delta^{18}\text{O}$ somit bei kühleren Temperaturen. Da die Isotope von Sauerstoff leicht Verbindungen eingehen, können sie in solchen abgelagert werden. Zu finden sind sie beispielsweise in karbonathaltigen fossilen Schalen von Mikroorganismen, weswegen sie auch in abgelagerten Sedimenten enthalten sind (vgl. Bayerisches StBMUG 2009: 137).

Die Aktivität der Sonne stellt ebenfalls einen entscheidenden Faktor dar, der das Erdklima (mit-)bedingt. Insbesondere spielen Schwankungen im Magnetfeld der Sonne bei ihrer primären Aktivität eine besondere Rolle. Bilden sich sogenannte Sonnenflecken auf der Sonnenoberfläche, herrscht dort ein extrem starkes magnetisches Feld, das die solare Strahlung am Austreten aus dem Inneren hindert (vgl. Schmitt et al. 2009: 2). Das Auftreten dieser Sonnenflecken unterliegt einer zyklischen Veränderung, wobei der bekannteste der 11-Jahres-Rhythmus ist. Gemessen wird die Sonnenaktivität mithilfe von durch Höhenstrahlung erzeugter Isotope, vor allem der Radiokohlenstoff (^{14}C) und das Beryllium-10 (^{10}Be). Bei der Höhenstrahlung handelt es sich um hochenergetische kosmische Strahlung, welche auch unter dem Begriff primäre Strahlung bekannt ist. Die Produktion der kosmogenen Isotope steht sowohl in direktem Zusammenhang mit der Höhenstrahlung als auch einer weiteren determinierenden Größe: dem Einfluss des Sonnenwindes auf die Erde, indem die primäre Strahlung vom dipolen Erdmagnetfeld und vom Magnetfeld des Sonnenwindes abgeschirmt wird. Resultierend ergibt sich daraus, dass eine verringerte Produktion von ^{14}C -Atomen mit dem Auftreten von Sonnenflecken korreliert. Dank der Messungsmöglichkeiten von ^{14}C und ^{10}Be sowie ihrer bekannten Halbwertszeiten – 5730 Jahre und 1,6 Millionen Jahre – kann die Sonnenaktivität paläoklimatisch auch ohne direkte Beobachtung rekonstruiert werden, (vgl. Sirocko 2013: 28f) allerdings nicht für die weitere Vergangenheit der Kreidezeit.

Zudem muss bei der Betrachtung der klimabeeinflussenden Faktoren, wie bereits kurz erwähnt, der Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre Beachtung geschenkt

werden. Das Klima wird dabei vor allem durch Kohlendioxid determiniert. Somit kann verallgemeinernd gesagt werden, dass mit ansteigendem Kohlendioxid-Gehalt in der Atmosphäre die Temperatur steigt und bei geringen Werten ein tendenziell kühleres Klima herrscht (vgl. Bayerisches StBMUG 2009: 134). Als essenziell das Klima beeinflussende Gase existieren neben Kohlendioxid noch Methan CH_4 , Wasserdampf H_2O und Ozon O_3 , die gemeinsam für den Treibhauseffekt sorgen. Sie „absorbieren die direkt von der Sonne, aber auch von der Erdoberfläche abgestrahlte Energie und reflektieren sie als infrarote Strahlung (Grotzinger & Jordan 2017: 408)“, womit sie in der Atmosphäre wie das Glas eines Treibhauses wirken und ihre reflektierte Strahlungsenergie die Erdoberflächentemperatur um etwa 33°C erhöht (vgl. Grotzinger & Jordan 2017: 408). Hierbei handelt es sich um den natürlichen Treibhauseffekt, ohne den die Temperatur der Erdoberfläche ansonsten bei -18°C liegen würde. Die zuvor genannten Gase sind nicht nur in unterschiedlichen Mengen in der Atmosphäre vorhanden, sondern besitzen auch differierende Anteile am Treibhauseffekt: 60% Wasserdampf, 26% CO_2 , 6% CH_4 und 8% Ozon (vgl. Sirocko 2013: 31f).

Als vierte Komponente der externen Global Player versteht sich der Vulkanismus, also die Aktivität von Vulkanen, der eine erhebliche Wirkung auf das Erdklima sowie auf den Klimawandel ausübt. Bei der Eruption von Vulkanen gelangen verschiedene Gase – H_2O , HCl (Chlorwasserstoff), HF (Flourwasserstoff), CO_2 und SO_2 (Schwefeldioxid) – sowie Asche und Staub in die Atmosphäre (vgl. Skelton 2003: 209). Die Gase reagieren chemisch in der Atmosphäre zu Aerosolen, die eine Dispersion aus Schwebstoffteilchen sind, welche die Transmission der Sonneneinstrahlung reduzieren (vgl. Grotzinger & Jordan 2017: 321). Dabei wirkt sich vor allem SO_2 , welches in der Atmosphäre zu H_2SO_4 (Schwefelsäure) umgewandelt wird, enorm aus (vgl. Skelton 2003: 209).

In die Stratosphäre geschleuderte Aerosole, die sich im Mittel dort zwei Monate befinden, bewirken eine signifikante Abkühlung im gesamten Klimasystem durch die Reduktion der Sonneneinstrahlung. Die Aerosole, die weniger hoch geschleudert werden und somit nach 10 bis 12 Tagen in der Troposphäre durch Witterung wieder entfernt werden, wirken sich auf lange Zeit geringer aus. Neben den beschriebenen Aerosolen sind auch die bei einem Vulkanausbruch in 8-12 Kilometer hochgeschleuderten Aschepartikel für Veränderungen in der Atmosphäre verantwortlich. In der oberen Troposphäre und unteren Stratosphäre werden diese mehrere tausend Kilometer weit getragen (vgl. Sirocko 2013: 32f)-

Wird die Emission vulkanischer Gase und Partikel aus einem erdwissenschaftlichen Blickwinkel betrachtet, sind diese mitverantwortlich für geologische und paläoontologische Entwicklungen. Beispielsweise wird ihnen die Atmosphärenzusammensetzung sowie die Entstehung der Meere zugeschrieben (vgl. Grotzinger & Jordan 2017: 318). Darüber hinaus waren starke vulkanische Aktivitäten, die vor allem am Ozeanischen Rücken und an den Ozeanischen Plattengrenzen vermehrt auftraten, in der Kreidezeit klimatisch mitverantwortlich und trugen am Ende dieser Ära neben dem Impaktereignis zum Massensterben bei (vgl. Skelton 2003: 341).

Zusätzlich zu den externen Parametern gibt es noch weitere interne klimarelevante Größen, die das Klima – insbesondere durch ihre Interaktion miteinander – einschlägig beeinflussen, weshalb sie ebenfalls den Global Playern zuzuordnen sind: Luft- und Meeresströmungen, vereiste Flächen – wozu sowohl Gletscher als auch Meereis zählen – und auch die prozentuale Bedeckung der Kontinente mit Vegetation (vgl. Sirocko 2013: 33). Außerdem steht in diesem Zusammenhang zudem die Plattentektonik, da geodynamische Bewegungen meist Meeresspiegelschwankungen sowie vulkanische Aktivität induzieren. Vegetation und Vulkaneruption sind die zwei determinierenden Faktoren für den CO₂-Gehalt. Erstes reduziert Kohlendioxid, wohingegen das zweite zur Emission beiträgt (vgl. Bayerisches StBMUG 2009: 134). Bei der Betrachtung des gesamten Klimasystems steuern sowohl die externen als auch die internen Global Player die entscheidenden Prozesse. Werden jedoch Wettererscheinungen und Klimaänderungen lokal und regional beobachtet, müssen zusätzlich weitere Einflüsse, wie beispielsweise ökosystemische Änderungen oder heutzutage anthropogene Einwirkungen, in Betracht gezogen werden (vgl. Sirocko 2013: 33f).

Im Gegensatz zur Gegenwart muss das Klima der Erdgeschichte rekonstruiert werden. Um die Rekonstruktion möglich zu machen, werden sogenannte Klimaarchive herangezogen, die die entsprechenden Informationen über längere Zeitperioden von mehreren tausenden bis Millionen von Jahren gespeichert haben. Normalerweise stützen sich die Forschungen auf die Analysen von Baumringen, Korallen, Seesedimenten, (Eis-)bohrkernen, Stalagmiten und anderen Archiven (vgl. Franke 2013: 360). Anhand von „Proxydaten“, in Sedimentgestein gespeicherte geochemische Befunde, kann selten direkt oder meist indirekt auf das erdgeschichtliche Klima geschlossen werden (vgl. Wägrich 2014: 21). Für seine Nachbildung werden zusätzliche Klimamodelle herangezogen, die der Zusammensetzung der unvollständigen globalen Dokumentation von kretazischen Archiven – vorwiegend

Sedimentgesteinen und Fossilischaalen – zu einem Gesamtbild des Klimas der Kreidezeit dienen (vgl. Skelton 2003: 282).

In der Kreidezeit herrschte ein extremes Treibhausklima, das mit einer zur Gegenwart zu differierenden Meereszirkulation sowie einem damals höheren Meeresspiegel koinzidierte (vgl. Wapre 2014: 21). Der klimabeeinflussende Kohlendioxidwert in der Atmosphäre wird in der mittleren Kreidezeit auf einen 4- bis 10-fachen Wert (1000-3000 ppm) des vorindustriellen Kohlendioxidgehaltes geschätzt, der durch erhöhten Vulkanismus mit seinen eruptierten Gasen erklärt wird. Der Treibhausgaseneffekt äußerte sich insbesondere in den erhöhten Ozeantemperaturen sowohl an der Oberfläche, wo die Temperatur bei 35° - 42°C lag, als auch in mehreren 1000 m Wassertiefe, wo die Temperatur vergleichsweise bis zu 15° wärmer war als heutzutage. Global gesehen induzierten die hohen Temperaturen das Fehlen von Eiskappen als auch die weite Verbreitung immergrüner, tropischer Vegetation bis in polare Regionen. Das äußerst warme Klima beeinflusste somit Flora und Fauna sowohl im Meer als auch an Land. Die Meeresströmungszirkulation kam fast zum Erliegen, da sich die Wassertemperatur zwischen dem Äquator und den Polen kaum unterschied. Infolgedessen und der starken Zunahme der Planktonproduktion in den Ozeanen bildeten sich sogenannte Todeszonen, die sich durch den fehlenden Sauerstoff und freien Schwefelwasserstoff auszeichneten. Daher finden sich aus dieser Zeit weltweit Schwarzschiefergesteine, die durch ihre schwarze Farbe und feinen Pyrit gekennzeichnet sind. In diesen Ablagerungsphasen ist ein sehr hoher organischer Kohlenstoffwert zu ermitteln (>5%), der auf die Einbettung abgestorbener Kleinstlebewesen zurückzuführen ist. Doch nicht nur das Absterben von Foraminiferen, Dinoflagellaten und Coccolithen, sondern auch eine Versauerung der Ozeane beeinflusste das Leben in der Kreidezeit. Bei der alleinigen Betrachtung des extrem hohen Kohlendioxidwerts ist festzustellen, dass das Klimasystem der Erde mehrere tausend bis hunderttausend Jahre benötigte, bis sich der Kohlendioxidgehalt durch marine Ablagerungen wie auch Verwitterung normalisieren konnte. Vergleichsweise steigt heutzutage anthropogen beeinflusst der Kohlenstoffgehalt um etwa das Hundertfache schneller als damals (vgl. Wapre 2014: 21f).

Wie bereits einführend erwähnt, endete die Kreidezeit mit einem der größten Masseaussterbeereignissen der Erdgeschichte, die auf den miteinander korrelierenden Katastrophen – nämlich ein folgeschwerer Impakt eines Asteroiden und extrem starker Vulkanismus – basierten. Dem Asteroideneinschlag folgte eine Erdbeben-Schockwelle, die

wiederum riesige Tsunamiwellen und weltweite Brände auslöste. Die vorangegangenen ständigen Vulkaneruptionen und auch weitere durch den Einschlag ausgelöste Ausbrüche leisteten ebenfalls ihren Beitrag zur sich zuspitzenden klimatischen Katastrophensituation. Folgedessen kam es durch Staub und Aerosole sowie aufgrund des Rußes der Flächenbrände in der Atmosphäre zur Verdunkelung der Erde, welche als *Impaktwinter* bezeichnet wird und Monate bis Jahre anhielt. Dieses Szenario implizierte einen Temperaturabfall wie auch eine verringerte Photosyntheseproduktion, weshalb die Erde für viele Lebewesen unbewohnbar wurde und die Extinktion vieler Arten, insbesondere aller Dinosaurier, zur Folge hatte (vgl. Wagreich 2014: 22f).

Die Erstellung eines kreidezeitlichen Erdsystem-Modells steckt noch in der Anfangsphase, aber nichtsdestotrotz kann es erkenntnisgewinnende Perspektiven für das gegenwärtige, stetig wärmer werdende Erdklima auf dem Weg in eine neue Treibhausphase eröffnen. Dennoch ist bei simplen, unreflektierten Hochrechnungen beim Vergleich der gegenwärtigen mit kreidezeitlichen Klimaentwicklungen Vorsicht geboten (vgl. Skelton 2003: 282).

2.3 Die Gosau-Gruppe im paläoklimatischen Fokus

Die Entstehung der Kalkalpen während der eo-alpinen Orogenese wirkte sich auf den Untergrund aus, indem sie zu Verwerfungen und Faltungen führte (vgl. Wagreich 2003: 22). Zusätzlich herrschte in der Kreide, wie bereits im vorangegangenen Kapitel ausgeführt, ein tropisch-subtropisches Treibhausklima, das die zuvor in der Trias und Jura gebildeten und gehobenen Gesteine teilweise stark verwittern ließ. Dabei entstanden aluminium- und eisenreiche Böden, sogenannte Bauxite und Laterite (vgl. Lobitzer 2016: 50). Diese Bodentypen beweisen, dass die Trias- und Juraschichten durch die erste alpine Gebirgsbildung an die Atmosphäre gelangten und somit in der Kreide zeitweise über dem Meeresspiegel lagen (vgl. Wagreich 2003: 22). Darauf konnten sich infolge die verschiedenen Gesteinsarten der Gosau-Gruppe ablagern. Die sich im namensgebenden Gebiet um Gosau und Rußbach befindende Gosau-Gruppe ist in zwei Subgruppen zu unterteilen, die Untere und die Obere Gosau-Subgruppe. Paläogeographisch befand sich das Gebiet damals auf 30° Grad nördlicher Breite (vgl. Lobitzer 2016: 50f).

Zur Unteren Gosau-Subgruppe, die an Land und im Seichtwasser während der Kreidezeit abgelagert wurde, gehören die Kreuzgraben-, die Streiteck-, die Grabenbach- und die

Hochmoos-Formation (vgl. Lobitzer 2016: 50f). Anschließend an die „Seichtwasser-Gosau“ bildeten sich nun im absinkenden Relief im Tiefwasser die Bibereck-, die Ressen- und die Nierental-Formation, welche zusammen mit der Zwieselalm-Formation zur Oberen Gosau-Subgruppe zählen. Die Entstehung der Zwieselalm-Formation setzte noch in der Kreidezeit ein, jedoch fanden die Ablagerungsprozesse vorwiegend im Paläogen statt (vgl. Lobitzer 2016: 58f). Diese verschiedenen Formationen zeugen sowohl durch ihre Ablagerungsart als auch durch ihr Ablagerungsmaterial von charakteristischen Eigenschaften. Die Gesteine der Unteren Gosau-Subgruppe setzen sich vorwiegend aus Konglomeraten, Sandsteinen und Schelf-Mergeln zusammen. Die Obere Gosau-Subgruppe ist durch kalkige Mergel sowie klastische Tiefwasserablagerungen gekennzeichnet (vgl. Decker & Wagreich 2001: 715f).

2.3.1 Kreuzgraben-Formation

Benannt wurde diese Formation nach den Aufschlüssen des Kreuzgrabens im nördlichen Gosau-Vordertal (vgl. Wagreich 2003: 22). Die Kreuzgraben-Formation ist gekennzeichnet durch bunte Konglomerate ohne Fossilvorkommen sowie untergeordnete Zwischenlagen aus Sandstein und Ton. Die ältesten Ablagerungen der Unteren Gosau-Subgruppe sind am Festland abgelagerte, durch fließendes Wasser transportierte terrestrische Verwitterungsprodukte. Erst in weiterer Folge kam es zur Meeresüberflutung und zu Meeresablagerungen (vgl. Lobitzer 2016: 51).

Diese ältesten Ablagerungen erreichen eine Mächtigkeit (Dicke) von bis zu 350m (vgl. Decker & Wagreich 2001: 715). Dadurch weisen sie darauf hin, dass die klimatisch bedingten Verwitterungsprodukte (Schutt) durch murenartige Ströme weggespült, durch Flüsse weitergetragen und anschließend in Schwemmfächern und Schwemmkegeln abgelagert wurden (vgl. Wagreich 2003: 22). Die Konglomerate weisen schlecht sortierte, bunte Komponenten mit guter Rundung auf, was für Erosion und Transport in Gebirgsflüssen kennzeichnend ist. Sie beinhalten ausschließlich ortstypische, aus den Kalkalpen stammende Gesteinsarten. Die rote Matrix rührt von den lateritisch-bauxitischen Rotböden her, die als Suspension ebenfalls mittransportiert wurde (vgl. Lobitzer 2016: 52). Aufgrund eines Pull-Apart-Beckens, das in der Gosau des späten Turoniums rekonstruiert werden konnte, bildeten sich an dessen Grenzen Bruchzonen, welche mit hoher Wahrscheinlichkeit die Bildungsorte für die Schwemmkegel darstellten (vgl. Wagreich 2003: 22).

2.3.2 Streiteck-Formation

Das gestörte Beckenrelief, das durch die Schuttströme und Schwemmkegel geprägt war, wurde in der Folge durch Meerwasser überflutet. Die folgenden Ablagerungen sind daher wesentlich fossilreicher, da sich im marinen tropischen Flachwasser der Gosau eine sehr individuenreiche Fauna mit hoher Artendiversität etablieren konnte (vgl. Lobitzer 2016: 52f).

Auf die Kreuzgraben-Formation folgt die Streiteck-Formation, welche durch graue Mergel-Sandstein-Konglomeratabfolgen gekennzeichnet ist. Diese sind „etwa an der Pass Gschütt Straße (...) östlich von Rußbach oder im Stöcklwaldgraben und Randograbens sichtbar (Wagreich 2003: 24)“. In das sich neu gebildete Meeresdelta, in dessen ruhigem und seichem Wasser sich Tone, Mergel und der Sand der umliegenden Sandbänke ablagern konnten, wurden zu Beginn Konglomerate mit gerundeten Komponenten in Form von Schwemmfächern abgelagert. Diese Schichten zeugen vor allem von Korallen- und Meeresschneckenvorkommen (vgl. Lobitzer 2016: 54). Ebenso wurden in den unteren Schichten der Streiteck-Formation die Muschel *Phelopteria* und der Ammonit *Barroisiceras haberfellneri* gefunden, was für die voranschreitende Meeres-Transgression nach dem vorherigen Auftauchen der Kalkalpen spricht (vgl. Wagreich 2003: 24). In den oberen Schichten, in denen Mergel überwiegen, deutet das vermehrte Vorkommen von Mikrofossilien und der steigende Planktongehalt auf das Absinken des Niveaus und die damit zusammenhängende Zunahme der Wassertiefe hin (vgl. Lobitzer 2016: 55).

2.3.3 Grabenbach-Formation

Zeitlich gesehen beginnt die erste Meeresüberflutung im späten Turonium mit der Streiteck-Formation, jedoch breitete sie sich insbesondere in den darauffolgenden Stufen der Oberkreide – Coniacium und Santonium – aus (vgl. Lobitzer 2016: 55). Diese Expansion fand im Zeitraum von vor etwa 90 bis 83 Mio. Jahren statt. Dabei wurde ein Großteil der Kalkalpen sowie Gosau bis Abtenau überflutet. Die Region südlich von Gosau bis zum Dachstein (Plankenstein-Plateau) blieb terrestrisch. Im nunmehr marin gewordenen Gebiet lagerten sich die für die Grabenbach-Formation typischen grauen Mergel ab, die im namensgebenden Grabenbach in Gosau-Vordertal an der östlichen Seite der Pass Gschütt Straße heute zu finden sind. Die Gesteine wurden durch küstenferne Sedimentablagerung in einem etwa 30 bis 150 m tiefen Schelfgebiet durch Feinschlammablagerungen gebildet.

Generell sind die Ablagerungen der Grabenbach-Formation bis auf wenige Inoceramen und Ammoniten fossilarm. Ergänzend deuten immer wieder auftretende Lagen aus Sandstein unterschiedlicher Mächtigkeit auf heftige Stürme und Hurrikankatastrophen im Gebiet des Schelfmeeres hin, die auch hohe Sturmwellen und Strömungen in der Küstenregion verursachten (vgl. Wagreich 2003: 24).

2.3.4 Hochmoos-Formation

Die Hochmoos-Formation stammt aus dem jüngeren Abschnitt des Santoniums (84,5 bis 83 Mio. Jahre) und zeigt Fossilreichtum im sonst grauen Mergel. In dieser Zeit wurde das Gosaubecken teilweise mit Sedimenten aufgefüllt, wodurch sich die Wassertiefe wieder verringerte. Die daraus resultierenden Ablagerungen des Seichtwassers sowie der Küste bildeten die Hochmoos-Formation. Das flache tropische Meer stellte ideale Bedingungen für die Bildung von kleinen Riffen aus einer für die Kreidezeit typischen trichterförmigen Muschelart *Hippuritoida* (Hippuriten aus der Gruppe der Rudisten) dar (vgl. Wagreich 2003: 24). Daraus entstanden die Hippuriten- oder Rudistenkalke, die beispielsweise „beim Straßendurchbruch oberhalb vom Gosauschmied, am Hintertal-Georundweg, entlang der Wegscheid-Forststraße (...), am Ende der Stöcklwald-Forststraße und im Stöcklwald sowie im (...) Aufschluss der Traunwandalm in Rußbach (Lobitzer 2016: 56)“ aufgeschlossen wurden. Weiters waren die Riffe auch häufig von Korallen besiedelt. Neben den Riffen bildeten sich sehr seichte Lagunen, die die besten Bedingungen für die Rußbachschnecke¹ *Trochactaeon* darstellten (vgl. Lobitzer 2016: 56).

Die Gattung der Rußbachschnecke ist mit den beiden Arten *T. conicus* und *T. giganteus* in der Schneckenwand vertreten, die seit Oktober 2016 dank Dr. Fritz Seewald unter Naturschutz steht (vgl. ORF Salzburg). Bei einer paläoökologischen Betrachtung der Schneckenwand ergeben sich widersprüchliche Ergebnisse nach Höfling (1984). Da bei den Funden der *Trochactaeon* eine unregelmäßige und ungeordnete Sortierung vorliegt und die Ausrichtungen ihrer Gehäuse im Sediment inhomogen sind, erscheint laut Höfling die Schneckenwand auf den ersten Blick als sekundäre Lagerstätte. Gegen diese These spricht, dass der feinkörnige Mergel mit geringem Energieindex, d.h. kaum auftretenden Wasserbewegungen, in dem die Fossilien eingebettet vorliegen, auf eine autochthone Ablagerung schließen lässt. Lebende Schnecken bevorzugen nämlich schlammiges und weiches Substrat. Wahrscheinlich wurden

¹ ursprünglich als Gosauschnecke bezeichnet

die Tiere jedoch während Stürmen von ihrem Bildungsort gemeinsam mit Riffen und Sand wegtransportiert, jedoch durch ihr Gewicht – bei den *Trochactaeon* handelte es sich um sehr dickschalige und schwere Gastropodenfossilien – nicht sehr weit, weswegen von einer paraautochthonen Fossil-Vergesellschaftung gesprochen werden kann (vgl. Höfling 1984: 170f).

Im Santonium kam es gelegentlich zur Bildung von Flussdeltas, in denen sich Schotter ablagerten. Diese stellten die Grundlage für die Entstehung von Konglomeraten dar, weshalb sie in der Hochmoos-Formation stellenweise auftreten. Es ist davon auszugehen, dass diese Deltamündungen auch maßgeblich an der Bildung von Sandstränden beteiligt waren. Vom Ende des Santoniums stammt eine Sandkalkbank, in der reiche Fossilfunde wie Ammoniten, marine Gastropoden und Bivalvien entdeckt wurden (vgl. Wagreich 2003: 24). Diese Fossilien sind kaum beschädigt sowie in lebens echter Positionierung im Sedimentgestein erhalten, was für einen ruhigen Ablagerungsprozess spricht. Die Funde dieser 20 m dicken Sandkalkbank deuten auf das kontinuierlich tiefer werdende Ablagerungsniveau hin und sind „mit Unterbrechungen vom Triebenbachgraben südöstlich von Rußbach über die Zwieselberg-Forststraße bis in den Hofergraben (Lobitzer 2016: 75)“ zu finden, wobei der intensiv bearbeitete Aufschluss aus dem Jahr 1971 als *Finsterngrabenwandl* bezeichnet wird. Das Relief sank laut Kollmann (1980) nur so weit ab, sodass die Wassertiefe die Existenz von stockbildenden Korallen zuließ. Ungeachtet dieser Tatsache finden sich für einen niedrigen Wasserspiegel untypischer Weise nur eine geringe Menge an Planktonpartikel am Boden, weswegen mit Ausnahme von Pleurotomarien keine Archaeogastropoden in der Sandkalkbank nachzuweisen sind, was wiederum auf schnelle Sedimentation schließen lässt (vgl. Kollmann 1980: 208f).

Weiters beschreibt Kollmann, dass durch den Nachweis von sieben räuberisch auftretenden Gastropodenfamilien davon ausgegangen werden kann, dass sich die Hochmoos-Formation während des Santoniums um den 30° Breitengrad oder nördlicher befand, da im südlicheren Tethys-Bereich weniger Schneckenfamilien nachgewiesen werden konnten. Dadurch änderte sich auch das Klima im oberen Santonium, da die Temperaturen leicht absanken (vgl. Kollmann 1980: 208f).

2.3.5 Bibereck-Formation

Die im Campanium (83,5 bis 71,3 Mio. Jahren) stattfindenden geologischen Prozesse, die zum raschen Absinken der Kalkalpen führten, beruhten auf Subduktion des Penninischen Ozeans. Deshalb näherte sich die Ostalpine Mikroplatte, worauf sich wiederum die Kalkalpen befanden, an den europäischen Schelf zuerst durch Akkretion an, daraufhin kam es zur Kollision mit einem submarinen Rücken auf den Platten, wobei Teile der Ostalpinen Mikroplatte mitgerissen wurden. Nach Wagreich (2003) wird dieser Prozess als tektonische Erosion (siehe Abb. 5) beschrieben, welche das Absinken und Kippen der Kalkalpen in gegen die Kollision wirkende Richtung (N → S) – also gen Norden - zur Folge hatte (vgl. Wagreich 2003: 26).



Ab dem Campanium werden die Schichten der Gosau-Gruppe zur Oberen Gosau-Subgruppe zugeordnet, da sich diese Gesteine nicht mehr im tropischen, seichten Meer mit bis zu 150 m Wassertiefe bildeten, sondern im mehreren hundert bis tausend Meter tiefen Wasser. Das Absacken des Ablagerungsraumes setzte bereits im oberen Santonium ein, jedoch sorgten die plattentektonischen Ereignisse für ein deutlich rascheres Absinken des Grundes (vgl. Lobitzer 2016: 58). Der marine Ablagerungsraum befand sich nun in 1000 bis 1500 m Tiefe, weshalb ab der Bibereck-Formation Tiefseemergel auftreten. Für eine solche Tiefe sprechen auch gefundene Mikrofossilien wie Foraminiferen und Coccolithen, die aus Kalzit aufgebaut sind und einst planktonisch lebten (vgl. Wagreich 2003: 26). Die Obere Gosau-Subgruppe ist generell relativ fossilarm, weswegen die Mergel der Bibereck-Formation keine üppigen Fossilfunde zeigen (vgl. Lobitzer 2016: 58).

2.3.6 Ressen-Formation

Insbesondere die Gräben des Gosau-Mittertals und die Schleifsteinbrüche des namensgebenden Ressenbergs repräsentieren die Gesteine der Ressen-Formation, welche ebenso wie die Bibereck-Formation aus dem Campanium stammen (vgl. Wagreich 2003: 27).

Der submarine Ablagerungsraum beeinflusste die Ausbildung typischer Gesteine, die von dem Ablagerungsmaterial auf Tiefseefächern aufgebaut werden und auf einen steilen Schelfrand hinweisen. In dieser Formation finden sich ebenfalls dicke Sandsteineinlagen, die wiederum charakteristisch für seismische Aktivität im Bereich der Schelfkante und dadurch ausgelöste Trübestrome, d.h. Tiefseelawinen, sind. In der Ablagerungsfolge ist eine Korngrößengradierung in der Schichtung erkennbar (vgl. Wägreich 2003: 27). Bei diesen Ablagerungsgesteinen handelt es sich somit um die in Kap. 2.1 beschriebenen Turbiditen. Im Schleifsteinlager des Ressen wird der Gosauer Schleifstein abgebaut, der zu den Sandsteinen zählt, aber zum größten Teil aus Quarz besteht, weshalb er sich gut zum Schleifen eignet (vgl. Lobitzer 2016: 59f).

2.3.7 Nierental-Formation

Im späten Campanium setzte die Ablagerung dieser größtenteils roten und grauen Tiefseeschlammsedimente ein und dauerte bis in das frühe Maastrichtium (vgl. Wägreich 2003: 27). Die rote Farbe des tiefmarin entstandenen Sedimentgesteins der Nierental-Formation beruht auf dem Mineral Hämatit Fe_2O_3 , da es durch oxidiertes Eisen aufgebaut ist und in einer kleinen Korngröße zur roten Farbe der Sedimente führt (vgl. Wägreich 2009: 137). An der Postalm, deren Abschnitt mehr als 180 Meter umfasst, können Aufschlüsse der Gesteine der Nierental-Formation begangen werden. Die Schichtung besteht aus unterschiedlich dicken Bänken, in denen eine hohe Anzahl an Foraminiferen nachgewiesen werden konnte (vgl. Wägreich et al. 2012: 81f). Im Laufe der Kreidezeit nahm der Sauerstoffgehalt in den Meeren ab, was zur Ausbildung von sauerstofffreien Todeszonen führte. Bei der Sedimentation äußert sich dies in der dunklen Farbe und durch den hohen Kohlenstoffgehalt. Die darauffolgenden roten Sedimente sind daher so besonders, da sie durch das oxidierte Fe-Mineral Hämatit auf Oxidation und somit einen hohen O_2 -Gehalt am Meeresboden schließen lassen. Dies ist aber eine logische Konsequenz, da in Todeszonen extrem viel organischer Kohlenstoff in den Sedimenten begraben und auch der Luft entzogen wird. Das für das Treibhausklima überwiegend verantwortliche Gas CO_2 wird daher exponentiell weniger, wodurch sich das Klima ändert. Nimmt der Kohlenstoffgehalt wie in der späten Kreidezeit ab, ist automatisch mehr Sauerstoff in der Atmosphäre und gebunden in den Ozeanen vorhanden (vgl. Wägreich 2009: 137).

2.3.8 Zwieselalm-Formation

Der Übergang zwischen der Nierental-Formation und der Zwieselalm-Formation zeigt sich fließend und ist durch die etwas gröber werdende Sedimentation gekennzeichnet, welche auf dem Ablagerungsgradienten der Trübestrome in der Tiefsee basiert. Die in Kap. 2.2 beschriebene finale Katastrophe an der Kreide-Paläogen-Grenze – das Impaktereignis – lässt sich anhand von zwei Aufschlüssen im Elendgraben und im Rote Wand Graben dieser Formation nachweisen. Auch wenn die Ursachen für das Masseaussterben hochumstritten sind, spricht das kosmische Element Iridium in dieser Schicht für einen Meteoriteneinschlag. Die ältesten Ablagerungen in der Zwieselalm-Formation stammen aus dem späten Maastrichtium und setzten sich bis ins frühe Eozän (bis vor etwa 50 Mio. Jahren) fort (vgl. Wägrich 2003: 27).

3. Wissenschaftskommunikationsprojekt *Schüler/-innen [er]leben Erdgeschichte*

Die Daten dieser Diplomarbeit wurden im Rahmen des erdgeschichtlichen WKPPs *Schüler/-innen [er]leben Erdgeschichte*, das in Rußbach am Pass Gschütt stattfand, erhoben. Dieses WKPP basiert auf den Ergebnissen des FWF – Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung – Projekts *P 24044-N24 Campanian Orbital Cyclostratigraphy (Orbitale Zyklusstratigraphie des Campaniums)*, dessen Resultate schüler/-innengerecht aufbereitet wurden. Sie sollen neben weiteren erdgeschichtlichen Inhalten den Teilnehmern/-innen am WKPP vermittelt werden.

3.1 Zugrundeliegendes Forschungsprojekt (P 24044-N24)

Wie bereits in Kap. 2.2 beschrieben, beeinflussen drei orbitale Parameter (Exzentrizität, Obliquität und Präzession) die Insolation, die wiederum einen enormen Effekt auf klimatische und ökologische Bedingungen auf der Erde zeigt. Für die zyklischen Wechsel in der Sonneneinstrahlung wurde im Rahmen des FWF-Projekts *P 24044-N24* anhand von lithologischen, paläontologischen und geochemischen Befunden ein Zeitmodell für geologische Abfolgen des Campaniums erstellt. Diese Berechnungen erweisen sich als möglich, da die Milanković-Zyklen eine konstante Änderung zeigen und somit mit absoluten zeitlichen Bezügen in Relation gesetzt werden können (vgl. Wagerich et al 2012: 81f./Wolfgring & Wagerich 2016: 1). Genauere Informationen zur Roten Kreide der Postalmstraße sind bereits in Kap. 2.3.7 angeführt.

3.2 Mitwirkende

Das Forschungsprojekt *P 24044-N24* wurde von Herrn ao. Univ. Prof. Dr. Michael Wagerich betreut und u.a. von Herrn Mag. Erik Wolfgring als Dissertant begleitet. Im Rahmen des FWF-WKPPs stehen sie sowohl als Experten auf dem Gebiet der Geologie und Sedimentologie als auch als Ansprechpartner zur Verfügung.

Für das Projekt wurden zur didaktisch-pädagogischen Unterstützung und Umsetzung der Verein *natopia* sowie der für diesen Verein arbeitende Geologe Mag. Magnus Lantschner als Partner herangezogen. Zusätzlich wurde das Projekt vor Ort organisatorisch von Dr. Fritz

Seewald betreut. Er fungierte als Koordinator und Kommunikator mit den teilnehmenden Schulklassen. Zudem ist er mit dem zukünftigen Fortbestehen der Projektarbeit in Rußbach betraut.

3.2.1 Verein *natopia*

Beim Verein *natopia* handelt es sich um einen aus Tirol stammenden Verein, der seinen Fokus auf Natur- und Umweltbildung richtet und als etablierter außerschulischer Lernort gilt. Dabei wollen die Mitarbeiter/-innen des seit 1998 bestehenden Vereins unter dem Motto „natur.begeistert!“ das Interesse für unsere Natur und Umwelt bei Menschen aus allen Altersgruppen wecken. Zu diesem Zweck werden die Kurse auch stets im Freien abgehalten, da das spielerische und unmittelbare Erleben von Natur und Umwelt im Vordergrund steht. Die Mitarbeiter/-innen besitzen eine universitäre Ausbildung in Biologie oder Geologie sowie eine naturpädagogische Zusatzqualifikation, die den entsprechenden fachlichen Hintergrund bei den Exkursionen und dabei angewendeten Konzepten liefern. Neben der Umweltbildung von Schüler/-innen bildet der Verein *natopia* auch Naturführer in Tirol aus und bietet Fortbildungen für Lehrende an der PH Innsbruck an. Der Verein hält zweimal jährlich ein Naturpädagogikseminar ab, bei dem den Teilnehmer/-innen Einblick in dessen Arbeitsweise sowie in naturpädagogische und -methodische Ansätze gewährt wird (vgl. Verein *natopia*).

3.2.2 Mag. Magnus Lantschner

Mag. Magnus Lantschner entwickelte in seiner Funktion als Geologe beim Verein *natopia* anschauliche und verständliche Methoden, mit denen er geologische und erdgeschichtliche Inhalte nicht nur Schüler/-innen sondern auch an der Geologie Interessierten erfolgreich näher bringt. Seine Geologie-Kurse finden großen Anklang in Tiroler Schulen, beim Tiroler Naturführerkurs und an der *inatura – Erlebnis Naturschau Dornbirn*. Zudem präsentiert er seine entwickelten Modelle und Methoden Studenten/-innen im Rahmen der Lehramtsausbildung des Faches Biologie und Umweltkunde an der Universität Wien.

3.2.3 Dr. Fritz Seewald

Für das Fortbestehen des WKPP-Programms wurden im Rahmen der Umsetzung lokale Exkursionsführer ausgebildet, die in Zukunft das Programm mit Kindergärten, Schulen und interessierten Privatpersonen durchführen und dessen Inhalte vermitteln sollen.

Allen voran ist mit Dr. Fritz Seewald – ehemaliger Lehrender der PH Salzburg und Gründer des Rußbacher Fossilienkabinetts, ein regionales geologisches Museum – diese Funktion ideal besetzt. Als ehemaliger Pädagoge der PH hält er viele Kontakte zu Lehrkräften sowie Schulen inne und als Kustos des Fossilienkabinetts bietet er bereits eine Reihe an gut besuchten Kursen für Schulklassen an, wie beispielsweise *Fossilien hautnah*. Er gewährleistet durch sein Wissen und sein persönliches Engagement die Nachhaltigkeit des WKPPs. Dr. Seewald war mit den organisatorischen Belangen rund um das WKPP und mit der Betreuung der teilnehmenden Schulklassen und Lehrpersonen beauftragt.

3.3 Nachhaltigkeitsanspruch des Projekts

Die im Zuge des WKPPs ausgebildeten Exkursionsführer – allen voran Dr. Seewald – sichern das Fortbestehen des Projektprogramms und der Vermittlung der vorgestellten geologischen Inhalte und Methoden. Für eine nachhaltige Integration in den Unterricht regionaler Schulen bedarf es eines Finanzierungskonzeptes. Um dies zu garantieren, gäbe es die Möglichkeit, wie es auch vom Verein *natopia* in Tirol praktiziert wird, umliegende Gemeinden für eine finanzielle Kooperation zu gewinnen. Positiv würde es sich für die Schulen durch Entlastung auswirken und für die Gemeinden kommt es durch solche Exkursionen zu einer erhöhten Besucher/-innenfrequenz und einer Aufwertung der Region.

3.4 Konzept des WKPPs

Das WKPP ist so konzipiert, dass die Vermittlung der folgenden Kernthemen Teil der grundlegenden Umsetzung sein soll.² Sie befassen sich mit der Tiefe der geologischen Zeit unserer Erdgeschichte; der zyklischen roten Sedimentation; der Fossilisation, der Stratigraphie sowie der Evolution von Foraminiferen; der Milanković-Zyklen als Treiber der Sedimentation; Sedimentation harter und weicher Schichten sowie der Entstehung und

² Die Informationen dieses Kapitels sind dem Antrag des WKPPs entnommen.

Ablagerung der Gosau-Gruppe. Zur Verwirklichung sollten dafür vorwiegend bereits erprobte pädagogisch-methodische Konzepte des Vereins *natopia* herangezogen, situativ sowie altersgerecht angepasst und umgesetzt werden. Zu diesen Methoden gehören:

- 1) Deep-Time-Zeitschnur
- 2) Milanković Kurven – Spiel und Modell
- 3) Präsentation der Sedimentation mithilfe eines Holzrahmens (Rieselbild)
- 4) Unterschiedliche Gesteine ansprechen und erkennen
- 5) Pangäa-Puzzle
- 6) Alpenfaltungsdarstellung mithilfe von Textilmodellen
- 7) Foraminiferen-Stratigraphie-Spiel
- 8) Probenahme

3.4.1. Deep-Time-Zeitschnur

Bei der Deep-Time-Zeitschnur handelt es sich um eine bereits von *natopia* erprobte Methode, welche die Tiefe der geologischen Zeit anschaulich vermittelt. Die Geschichte der Entwicklung und Formung der Erde und ihrer Landschaft sowie der Evolution aller Lebewesen sind wesentliche Einblicke, die die Geologie schafft, weshalb die Wichtigkeit dieser sehr langsam ablaufenden Prozesse in diesem Zusammenhang geklärt und verstanden werden muss.

Die Deep-Time-Zeitschnur ist so konstruiert, dass sie mit 46 m Länge stellvertretend für 4,6 Mrd. Jahre der Erdgeschichte steht und damit 1 Zentimeter auf dem Seil genau einer Million Jahre entspricht. Auf ihr sind die Erdzeitalter farblich voneinander abgegrenzt (Paläozoikum/Erdaltertum in Grün, Mesozoikum/Erdmittelalter in Blau, Känozoikum/Erdneuzeit in Gelb) und wichtige Ereignisse durch unterschiedliche Markierungen repräsentiert. Rote Markierungen stehen stellvertretend für entscheidende Entwicklungen, die das Leben betreffen, ein blaues Signum für die Entstehung von Wasser, eine weiße plastische Kennzeichnung für die erste Bildung von Sauerstoff und schwarze Hinweise für Massenaussterbeevents.

Mithilfe der Zeitschnur wird den Schülern/-innen ein Einblick in die bedeutendsten geologischen Prozesse und Entwicklungen gewährt, der die Entstehung des Lebens auf der

Erde, die Bedeutung von Evolution sowie wichtige Gesteine der Region erklärt. Nachdem die Zeitschnur gemeinsam abgegangen und besprochen wird, dürfen die Lernenden Bilder, die wichtige und entscheidende evolutionäre Schritte und Besonderheiten zeigen, nach ihrer chronologischen Reihenfolge ordnen.

In Tabelle 1 finden sich die Kategorien, die auf den Karten als Abbildungen gezeigt sind:

1) Stromatholithen	2) Edicara fauna
3) Trilobiten	4) Kieferlose Fische
5) <i>Cooksonia</i> als erste Landpflanze	6) Erste Insekten
7) Fische mit echten Kiefern	8) Erste Samenpflanzen
9) Erste Amphibien	10) Erste Nadelbäume, Gymnosperma
11) Reptilien	12) Dinosaurier
13) Erste Säugetiere	14) <i>Archäopteryx</i>
15) Angiosperma	16) Moderne Fische
17) Wale	18) Fledertiere
19) Erste Affen	20) Moderne Singvögel
21) <i>Homo habilis</i>	
Tabelle 1: Deep-Time-Zeitschnur-Karten	

3.4.2. Milanković Kurven (Spiel und Modell)

Spielerisch werden die Schüler/-innen an die Milanković Zyklen (Exzentrizität, Obliquität und Präzession: siehe Kap. 2.2) herangeführt, indem sie als Gruppe ein Modell der Umlaufbahn der Erde um die Sonne abbilden. Bis zu drei Schüler/-innen stellen die Sonne dar. Die übrigen Kinder bilden einen Kreis. Ziel der Übung ist, dass sich die Kinder angeregt durch Fragen des Spielleiters letztendlich physisch wie die Erde in Form einer Ellipse um die Sonne bewegen und sich dabei gleichzeitig zur Seite geneigt um die eigene Achse drehen.

Zudem wurde von Mag. Lantschner ein Erde-Sonnen-Modell zur näheren Veranschaulichung und Vermittlung des theoretischen Hintergrunds entwickelt, das in Abb. 6 zu sehen ist.

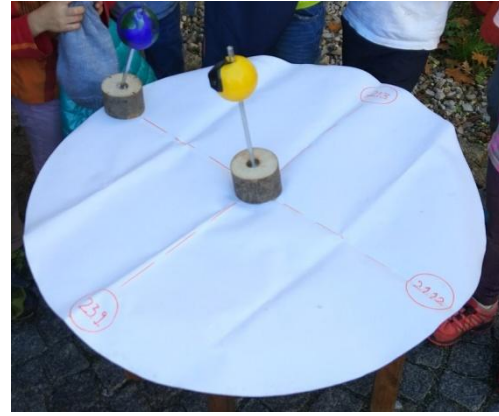


Abbildung 6: Modell der Milanković-Zyklen von Mag. Magnus Lantschner

Die Erdumlaufbahn wird von einem zyklisch zu einer Ellipse deformierten Hula-Hoop-Reifen repräsentiert, an dem ein Ball als Erde entlangrollt. Im Zentrum befindet sich eine Lampe als Sonne. Um die Jahreszeiten zu erklären, wird eine Erdkugel mit Achsenneigung gezeigt. Zur Erklärung der Taumelbewegung bei der Präzession wurde das Auslaufverhalten eines angestoßenen Kreisels herangezogen.

3.4.3. Sedimentation (Rieselbild)

Diese Methode von *natopia* dient der Darstellung des Schnitts durch die Schichtung der Gesteine der Gosau und ihrer Umgebung. Durch das sequenzielle Einfüllen von Wasser und Sand unterschiedlicher Korngrößen und Farben in einen Holzrahmen werden die paläogeographischen Vorgänge in der Kreidezeit simuliert sowie die Sedimentationsvorgänge einzelner Schichten veranschaulicht.



Abbildung 7: Rieselbild

3.4.4. Unterschiedliche Gesteine ansprechen und erkennen

In Kleingruppen von mindestens zwei Personen sollen sich die Lernenden selbstständig mit Gesteinen auseinandersetzen. Dafür sollen sie im Bach auf einer Schotterbank mithilfe von Arbeitsaufträgen Steine suchen. Die Suchkriterien richten sich auf signifikante Eigenschaften der Gesteine, wie beispielsweise ihre Größe, Form, Farbe oder Dichte. Die Dichte wird dabei von den Teilnehmern/-innen nach dem archimedischen Prinzip mithilfe einer hydrostatischen Waage bestimmt. Wichtig ist auch hier der spielerische und naturnahe Zugang, um das Interesse an Gesteinen von Seiten der Teilnehmer/-innen zu wecken. Diese Methode wurde ebenfalls von *natopia* entwickelt und für das Projekt zur Verfügung gestellt.

3.4.5. Pangäa-Puzzle

Das Pangäa-Puzzle (siehe Abb. 7) zählt zu den bereits von *natopia* erprobten Methoden, das zur Veranschaulichung der Kontinentalverschiebung ab der Trias-Jura-Grenze sowie als Verständnisstütze bei der Erklärung der Alpidischen Orogenese dient.



Abbildung 8: Pangäa-Puzzle

Zu Beginn sollen die Kinder das Puzzle betrachten und idealerweise erkennen, dass es sich um die Kontinente unserer Erde handelt. Anschließend dürfen die Schüler/-innen sie in ihrer heutigen Position platzieren. Daraufhin werden gemeinsam die paläogeographischen Abläufe seit dem Ende der Trias, angefangen mit dem scherenförmigen Auseinandergehen des Superkontinents Pangäa über die Verschiebung der Kontinente bis hin zur Alpenentstehung besprochen. In diesem Zusammenhang werden auch die damit einhergegangenen klimatischen Entwicklungen thematisiert.

3.4.6. Alpenfaltungsdarstellung mithilfe von Textilmodellen

Diese *natopia*-Methode dient der Veranschaulichung des geologischen Aufbaus Österreichs. Mit faltbaren Textilmodellen werden geodynamische Prozesse, die wesentlich zur Bildung der Alpen beitrugen, insbesondere ihrer Faltung, demonstriert. Durch die regionale Besonderheit des Standortes des WKPPs wird mit der Methode auch die tektonische Sonderstellung der Nördlichen Kalkalpen besprochen. Wie in Kap. 2.1 umrissen, wurden in dieser geologischen Zone in der Kreidezeit die Gesteine der Gosau-Gruppe abgelagert.

3.4.7. Foraminiferen-Stratigraphie-Spiel

Bei dem Foraminiferen-Stratigraphie-Spiel handelt es sich um eine neu entwickelte Methode, die auf dem zugrundeliegenden FWF-Projekt basiert. Dabei lernen die Schüler/-innen Foraminiferen (Mikrofossilien) kennen, die als vergrößerte 3D-Ausdrucke zur Verfügung stehen. In der Spielsituation liegen diese in Säckchen vor, welche einer Probe aus einem bestimmten zeitlichen Abschnitt eines bereits untersuchten Profils entsprechen. Unglücklicherweise ist der Probenahmepunkt den Wissenschaftlern/-innen verloren gegangen. Nun sind die Teilnehmer/-innen aufgefordert, die Foraminiferen ihrer Probe mit einer Bestimmungshilfe zu identifizieren und die jeweiligen Arten zeitlich einzustufen. Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse über die Individuen ihrer Probe sind die Schüler/-innen nun in der Lage, die Ablagerungsbedingungen zu rekonstruieren.

3.4.8. Probenahme

Nach einer realen Probenahme im Gelände wird die Gesteinsprobe in einem Labor aufbereitet. Die darin enthaltenen Foraminiferen werden nun separiert und bestimmt, um zeitlich eingeordnet zu werden, ähnlich der fiktiven Situation des Foram-Stratigraphie-Spiels. Diese anspruchsvollere Methode und die damit verbundenen Arbeitsaufgaben richten sich primär an Teilnehmer/-innen ab der Oberstufe.

4. Bildungsdidaktische und fachdidaktische Grundlagen

Bei der Projektarbeit mit Lernenden jeglichen Alters, insbesondere bei der Zusammenarbeit mit Minderjährigen, müssen facettenreiche Aspekte beachtet werden. Die Situierung eines außerschulischen Lernortes sowie die Vermittlung wissenschaftlicher Methoden in einer spielerischen, selbstständigen und naturpädagogischen Weise neben den erdwissenschaftlichen Inhalten nehmen in der Grundkonzeption des Projekts in Rußbach einen wesentlichen Anteil ein. Deshalb werden im Folgenden die Bedeutsamkeit außerschulischer Lernorte geklärt, die wissenschaftlichen Herangehensweisen, die Teil des naturwissenschaftlichen Regelunterrichts sind, aufgezeigt und letztendlich mit dem Lehrplan ein rechtlicher Rahmen und eine Begründung für die projektspezifisch vermittelten Lehrinhalte geschaffen.

4.1 Außerschulische Lernorte

Das WKPP beruht auf einer naturnahen und standortbezogenen Konzeption, die Wissen im außerschulischen Kontext vermittelt. Ulrich Deinet und Ahmet Derecik (2016) schreiben in ihrem Essay *Die Bedeutung außerschulischer Lernorte für Kinder und Jugendliche*, dass Bildung nicht automatisch mit dem Schulgebäude korreliert (vgl. Deinet & Derecik 2016: 17). Traditionell gesehen stehen Schule und Unterricht in einer unmittelbaren Abhängigkeit zu- und miteinander und Bildung basiert in diesem Kontext primär auf intellektueller und theoretischer Wissensvermittlung, weshalb der lebenswelt- und naturnahen Förderung von Lernenden oft weniger Beachtung geschenkt und infolgedessen wenig Raum geboten wird (vgl. Leuthold 2014: 41). Wichtig ist deshalb, dass ein generelles Bewusstsein entwickelt wird, dass Bildung in allen Lebensbereichen von Kindern und Jugendlichen stattfindet, weshalb auch andere Orte zur Vermittlung von Theorie und Wissen in einer durchaus auch spielerischen, empathischen Herangehensweise genutzt werden sollen (vgl. Deinet & Derecik 2016: 17).

Der Terminus *Außerschulischer Lernort*, auf den in dieser Arbeit Bezug genommen wird, wird von der Fachstelle für Didaktik Außerschulischer Lernorte der PHZ Luzern wie folgt definiert:

Orte ausserhalb [sic!] des Schulhauses, an denen Personen jeglichen Alters im Rahmen formaler, non-formaler oder informeller Bildung lernen können. Konstitutiv für die Lernorte ist die Möglichkeit der unmittelbaren Begegnung mit einem Lerngegenstand und/oder Sachverhalt. Ausserschulisches [sic!]

Lernen findet statt, wenn solche Begegnungen – bewusst oder unbewusst – in den Lernprozess integriert sind und zu einem Kompetenzerwerb beitragen. (...) Nach diesem Begriffsverständnis eignen sich Außerschulische [sic!] Lernorte für alle Schulfächer und -stufen. (Messmer, e.a. 2011: 7)

Nach der oben angeführten Definition ist es somit durchaus legitim, Wissen in einem außerschulischen Kontext zu vermitteln. Da Lernen nicht nur bewusst geschieht, sollte Schüler/-innen die Möglichkeit zum Kennenlernen von sowohl lebensweltnahen als auch alltagsnahen Inhalten mit einem realen Bezug im Rahmen ihrer schulischen Ausbildung gegeben werden. Obwohl schulferne Lernorte für die Teilnehmer/-innen aufregend sind und die gelernten Inhalte teilweise dekontextualisiert werden, darf dabei die Wichtigkeit des Lernerfolgs nicht außer Acht gelassen werden.

Der allgemeine Begriff *Bildung* wird hier durch eine Dreiteilung erweitert. Bildung findet sowohl in einer formalen als auch non-formalen und informellen Weise statt (vgl. Deinet & Derecik 2016: 17). Die formale Bildung (auch als formelle Bildung bezeichnet) passiert im Zuge des traditionellen Ausbildungswegs, der in Österreich mit dem Kindergarten beginnt und bis zur universitären Bildungsstätte führen kann. Alle Angebote, die nicht Teil des formellen Curriculums sind und explizit zur Weiterbildung von Menschen beitragen, werden als non-formale Bildung zusammengefasst. Somit bezieht sich die informelle Bildung auf alle übrigen Bereiche, in denen – meist unbewusst, jedoch lebenslang – gelernt wird. Dazu zählen Einflüsse durch Familie, Arbeit, Freundeskreise, Freizeitangebote oder auch Massenmedien (vgl. Messmer, et al. 2011: 7). Offensichtlich wird Wissen eben nicht nur im Klassenzimmer generiert, sondern weit darüber hinaus, wobei die Grenzen nicht immer genau gezogen werden können. Es handelt sich um fließende Übergänge zwischen Bildungsort bzw. -prozess und der Lebenswelt der Lernenden. Außerdem wird dem erweiterten Bildungsbegriff durch die Inklusion von Bildungsprozessen an unterschiedlichen Orten eine Gleichwertigkeit und -rangigkeit zugesprochen (vgl. Deinet & Derecik 2016: 17). Bei der Planung von Unterricht oder auch außerschulischem Lernen, die primär zur Bildung der Schüler/-innen beiträgt, muss mitberücksichtigt werden, dass der informelle Bildungsprozess paradoxerweise weder kalkuliert noch geplant werden kann, aber immer stattfindet (vgl. Deinet & Derecik 2016: 19).

Kritisch betrachtet korreliert Lernen aus der Sicht der Institution Schule immer mit Leistung und Kompetenzentwicklung. Somit herrscht die Prämisse, dass sie sowohl quantitativ als auch qualitativ gemessen werden können und müssen. Folglich wird dies oft auch im Rahmen außerschulischer Veranstaltungen gefordert. Problematisch ist, dass der instruierte

Prüfungscharakter die Lernfreude und damit das unbewusste Lernen hemmt. Zusätzlich sind der mit außerschulischen Aktivitäten verbundene zeitliche und finanzielle Aufwand sowie der zu beachtende rechtliche Rahmen als diffizil zu werten (vgl. Erhorn & Schwier 2016: 7f.).

Gleichwohl besteht die allgemeine Auffassung, dass Lernen außerhalb des Schulgebäudes nachhaltiger als im Klassenraum erachtet wird. Insbesondere, wenn zuvor erworbenes Wissen dabei angewendet, umfassend mit allen Sinnen gelernt, die Motivation sowie das Interesse der Lernenden geweckt und der Bezug zur Realität erfüllt wird. (vgl. Messmer, et. al 2011: 9) Außerdem wird eine kausale Verknüpfung zwischen außerschulischem Lernen wie auch dem „Potenzial zur Überwindung von Fächergrenzen und eine methodische Offenheit (u. a. entdeckendes Lernen, offener Unterricht, situiertes Lernen, Stationen-Lernen, Freiarbeit und Projektmethode)“ (Erhorn & Schwier 2016: 8) gesehen. Der außerschulische Lernort bietet unabhängig von seiner Konzeption die besten Möglichkeiten und Voraussetzungen für die in der pädagogischen Praxis deutliche Tendenz, Erfahrungslernen mit realem Bezug auf die Lebenswelt und das Leben selbst zu initiieren. (vgl. Leuthold 2012: 44). Das wiederum begünstigt die „praktische Intelligenz und die positive Handlungsmotivation von Kindern und Jugendlichen nachhaltig (Leuthold 2012: 44)“.

Die Aktivitäten, die im Zuge des außerschulischen Lernens durchgeführt werden, müssen den Anspruch der fachwissenschaftlichen Legitimierung, Erlebnisorientierung, Handlungsorientierung, des forschend-entdeckenden Lernens und der schulstufengerechten Adäquatheit erfüllen (vgl. Hesske, et. al 2014: 109). Laut Volker Schmidtke (2012) ist unter Handlungsorientierung eine Unterrichtsmethode zu verstehen, die zu möglichst eigenständigem Ausführen bestimmter Tätigkeiten anregt und auffordern soll. Handlungsorientiertes Arbeiten kombiniert somit physische und geistige Arbeit mit der Intension zum eigenständigen und eigenverantwortlichen Lernen. Im schulischen Rahmen ist dabei jedoch Vorsicht geboten, da schnell eine fiktive Situation geschaffen werden kann, die fern der Praxis der Alltags- und Lebenswelt der Lernenden ist (vgl. Schmidtke 2012: 13ff; vgl. Dühlmeier 2008: 32). Klippert (2004: 56) propagiert ebenfalls das ganzheitliche Lernen, das die Entwicklung der Handlungskompetenz mithilfe von „inhaltlich-fachlichem, (...) methodisch-strategischem, (...) sozial-kommunikativem sowie (...) affektivem Lernen“ fördert.

Gemäß der zu Beginn des Kapitels angeführten Definition ermöglichen außerschulische Lernorte den Einsatz handlungsorientierter sowie praxisnaher Aufgabenstellungen, wodurch selbstständiges und eigenverantwortliches Lernen und Arbeiten begünstigt wird. Weitere Vorteile eines außerschulischen Lernortes liegen laut Jochen Dietrich (2016) auf der Hand. Abgesehen davon, dass der Unterricht nicht in ein striktes zeitliches Korsett von 50 Minuten gezwängt wird, ist besonders der erlebnisreiche, aktive und spielerisch-pädagogische Zugang eines solchen Lernortes zu vermerken.

Durch einen offen gestalteten und alltagsfernen Lernraum ergeben sich Freiheiten, welche erstens nicht vorschnell als automatisch nützlich erachtet werden dürfen und zweitens nicht zwangsläufig einen Lernerfolg herbeiführen. Dabei hat die Lehrperson und/oder der/die Exkursionsführer/-in eine koordinierende Rolle einzunehmen. Letzteres äußert sich in der Organisation und Bestimmung sozialer Strukturen, des Zeitablaufs, der Festlegung eines Themas und eines gemeinsamen Regelkonsenses.

In dieser Funktion werden Lehrpersonen mit neuen, entgegen ihrer sonstigen im Schulalltag betrauten Aufgaben konfrontiert. Zum einen stellen sie größere mediative Herausforderungen, zum anderen können die Lernenden aufgrund der Befreiung aus dem schulischen Korsett stärker in die Verantwortung genommen werden. Deshalb können solche Lernräume als außergewöhnliche Chance für alle Beteiligten gesehen werden (vgl. Dietrich 2016: 55).

Der schulferne Lernort bietet die Möglichkeit der Kooperation mit schulfremden Experten/-innen. Die Qualität der Umsetzung hängt dabei von der individuellen Vermittlungsfähigkeit der Spezialisten/-innen ab und wird von deren Persönlichkeit bestimmt. So gesehen birgt der Einsatz von fachkundigen Personen sowohl Chancen als auch Gefahren. Aus Sicht der Lehrpersonen wird vor allem der persönliche Vorarbeitsaufwand verringert (vgl. Klein 2015: 23). Tendenziell profitiert das traditionelle Unterrichtsgeschehen in Ergänzung mit außerschulischen Lernorten über die methodischen und thematischen Bereicherungen hinaus durch die Expertise außerinstitutioneller Personen (vgl. Dühlmeier 2008: 25f).

Trotz der Chancen und gewinnbringenden Aspekte der außerschulischen Lernorte bergen sie Herausforderungen, aber auch Grenzen sowohl für die Lehrkraft als auch für die Lernenden. Lehrkräfte müssen sich dem erhöhten organisatorischen und zeitlichen Aufwand bewusst sein,

über ihre persönliche, individuelle fachliche Kompetenz reflektieren und gegebenenfalls über die Unterstützung von Experten/-innen entscheiden. Bei Letzterem hängt der pädagogische Ertrag von der wissensvermittelnden Fähigkeit der außerinstitutionellen Person ab. Für die Schüler/-innen liegen am neuen, schulfernen Ort sowohl wesentliche als auch unwesentliche Lerngelegenheiten in unmittelbarer Umgebung, was wiederum die Konzentrationsfähigkeit stark beeinträchtigen kann und die Lehrperson deshalb im Vorfeld das mögliche didaktische Potenzial abschätzen muss. Eventuell ergibt sich dabei auch eine Chance für fächerübergreifende Inhalte. Allerdings können die Lernenden durch unzureichendes Vorwissen oder zu anspruchsvolle Inhalte schnell überfordert werden, was durchaus zu Frustration führen kann (vgl. Dühlmeier 2008: 26f).

In der Praxis werden außerschulische Lernorte manchmal ihrem eigenen Anspruch nicht gerecht, da sie die Handlungsorientierung nicht fördern. Deshalb wird auf klassische Führungen (beispielsweise im Museum oder bei Wanderungen) zurückgegriffen, was letztendlich weder selbstständiges noch eigenverantwortliches Lernen fördert (vgl. Dühlmeier 2008: 27).

4.1.1. Lernen in der Natur – Exkursionspädagogik

Um außerschulisches Lernen möglich zu machen, nutzen viele Pädagogen/-innen die Exkursion, da unter ihr „die Bewegung aus dem Klassenraum hinaus, um an einem außerschulischen Lernort einen Wirklichkeitsausschnitt zu erkunden (Dühlmeier 2008: 18)“, verstanden wird. Der Begriff *Exkursion* stammt von dem lateinischen Wort *excursio*, das mit *Streifzug* oder *Ausflug* übersetzt werden kann. (vgl. Dühlmeier 2008: 18) Es gibt verschiedene Formen von Exkursionen, die sich in der Länge oder Art der Durchführung unterscheiden. (Klein 2015: 18f.) Häufig und praktisch für die konstruktive Integration in den Regelunterricht sind einmalig stattfindende Tagesexkursionen, da sie zwar mehr organisatorischen Aufwand als Schulgänge oder Halbtagesexkursionen beanspruchen, jedoch zeitlich gesehen mehr Spielraum bieten und die Schüler/-innen im Vergleich zu Wochenendexkursionen oder großen Exkursionen – im schulischen Kontext werden diese meist als Klassenfahrten bezeichnet – dennoch am Abend zuhause sind (vgl. Klein 2015: 20f.).

Bei Exkursionen mit naturwissenschaftlichen Schwerpunkten können verschiedene Lernorte gewählt werden, jedoch wird die Natur als der naheliegende verstanden (vgl. Leuthold 2014: 53). Der Raum, den die Natur bietet, kann erst dann als echter außerschulischer Lernort verstanden werden, wenn sowohl auf der Seite der Lehrperson als auch auf der Seite der Lernenden offen auf die Gegebenheiten eingegangen wird, indem die Natur als Ort zur Generierung von Erfahrungen und zum Lernen verstanden sowie als solcher optimal genutzt wird (vgl. Dietrich 2016: 56).

Im Vergleich zur schulischen deduktiven Form der Wissensvermittlung steht im außerschulischen Kontext die induktive Vorgehensweise im Vordergrund. Dabei ist es wichtig, dass die Schüler/-innen primär aus ihrer individuellen Erfahrung und eigenständigem Forschen lernen. In der Natur werden automatisch sowohl die Wahrnehmungs- als auch die Beobachtungskompetenz gefördert, die wiederum die emotionale Verbundenheit des Kindes mit dem Themenschwerpunkt anregt (vgl. Leuthold 2014: 53). „Durch den tätigen, handfesten Kontakt mit der Natur, mit Bäumen, Steinen, Boden, Pflanzen, Tieren, mit Elementen von Wetter und Klima (...) ergeben sich starke sinnliche und seelische Eindrücke (Leuthold 2014: 53)“.

Außerschulische Lernorte regen soziales Lernen an. Schüler/-innen müssen in diesem Rahmen intensiver miteinander kooperieren und kommunizieren. Gruppenarbeiten erweisen sich daher bei Exkursionen als wirksame und nützliche Methode, da die Frage- und Problemstellungen sowie die Aufgaben in der Gruppe gemeinsam behandelt und ausgeführt werden (vgl. Dühlmeier 2008: 25; vgl. Klein 2015: 75). So werden „Eigenschaften wie Kooperationsfähigkeit, Toleranz, Hilfsbereitschaft, Rücksicht, Höflichkeit, (...) Solidarität (Dühlmeier 2008: 25)“, Lernbereitschaft, Problemlösungsfähigkeit und Kommunikation gefördert (vgl. Klein 2015: 75). Aus Sicht der sozialen Ebene eröffnen sich bei der Nutzung außerschulischer Lernorte zudem neue zwischenmenschliche Relationen einerseits unter den Kindern bzw. Jugendlichen und andererseits zwischen Lehrenden und Lernenden (vgl. Leuthold 2014: 53). Die Lehrperson agiert und reagiert tendenziell anders als für die Lernenden als normal empfunden und gibt (unbewusst) mehr von sich preis (vgl. Klein 2015: 7).

Die Begegnung außerhalb des Schulhauses bietet die Möglichkeit, sich leichter, offener und ungezwungener kennenzulernen (vgl. Leuthold 2014: 53). Ganztagesexkursionen eröffnen das

Potenzial, fachwissenschaftliche Inhalte mithilfe von erlebnispädagogischen Konzepten zu vermitteln (vgl. Klein 2015: 20). Erlebnispädagogik steht auch für die individuelle Reifung der Persönlichkeit sowie für die Entwicklung der „Fähigkeit, Spaß an der Sache zu haben (Klein 2015: 75)“ und damit die generelle Freude am Leben weiter zu entfalten (vgl. Klein 2015: 75).

4.1.2. Projektarbeit

Die Projektarbeit (=Lernprojekt, Projektunterricht, Projektmethode, projektorientierter Unterricht) versteht sich als eine offene Unterrichtsform, die im Rahmen der schulischen Ausbildung von Schüler/-innen nicht außer Acht gelassen werden darf. Sie trägt primär zur abwechslungsreichen Gestaltung des Schulalltags bei, da bei ihrem Einsatz möglichst der Gedanke *In der Schule lernt ihr für das Leben, nicht für die Schule!* vermittelt werden soll.

Die Projektarbeit ist nach folgenden Kriterien charakterisiert:

- Orientierung an lebensnahen Inhalten und Problemen
 - Berücksichtigung der Interessen aller Teilnehmenden
 - Selbstständiges und eigenverantwortliches Arbeiten im Team
 - Orientierung an gesellschaftlicher Realität und realen Praxissituationen
 - Handlungs- und Zielorientierung
 - Möglichst viele Sinneserfahrungen
 - Methodisch-soziales Lernen
 - Interdisziplinäre Inhalte
 - Kontinuierlicher Übergang des übrigen Unterrichtsgeschehens in die Projektarbeit
 - (Relative) Komplexität
 - Notwendigkeit der Ergänzung im Anschluss durch die Lehrperson
- (vgl. Graf 2004: 304-308)

Für die Verortung von Projekttagen eignen sich sowohl das Schulgebäude, da an solchen Tagen die normalen Unterrichtszeiten keine Rolle spielen und die Kinder ihre Zeit selbst einteilen können, als auch der außerschulische Lernort, wo lediglich die zur Verfügung stehende Zeit berücksichtigt werden muss. Nachhaltiges Lernen findet, wie in Kap. 4.1 eruiert wurde, an den unterschiedlichsten Orten statt, solange ein alltagssituierter Bezug hergestellt werden kann. Dabei wirkt sich der außerschulische Lernort aufgrund der räumlichen Distanz

zum Schulalltag sowohl auf die Bereitschaft des selbstständigen Lernens als auch auf die soziale Weiterentwicklung der Schüler/-innen zwar tendenziell fördernd aus, jedoch muss nicht nur der schulferne Lernort dazu beitragen (vgl. Graf 2004: 308-315).

4.1.3. Nachhaltigkeit von außerschulischem Lernen

Ungeachtet, ob im Rahmen von Projekten oder Exkursionen gelernt wird, findet dabei Lernen deutlich vielschichtiger als im Frontalunterricht statt. Es wurden bereits Untersuchungen zu Projektwochen, die deutliche Langzeitauswirkungen auf Jugendliche zeigen, durchgeführt (vgl. Leuthold 2014: 69f). Dazu zählen hauptsächlich

die Stärkung der Persönlichkeit/Selbstkompetenz (Suchtprävention), die Förderung der Sozialkompetenz, Förderung der praktischen Intelligenz, die Sensibilisierung für einen sorgsam Umgang mit unseren natürlichen Lebensgrundlagen, die Förderung des Interesses und der Achtsamkeit für die Natur und den Wald, die Vertiefung des Naturwissens (Leuthold 2014: 69f).

Gewiss erzielt die Teilnahme an mehreren aufeinanderfolgenden Projekttagen intensivere Erfahrungen, dennoch kann auch eine eintägige Veranstaltung reichlich Potenzial für positive sozial-praktische und umweltbildende Sensibilisierung bewirken.

Schüler/-innen lassen sich leichter und nachhaltiger für Lerninhalte und die aktive Teilnahme motivieren, wenn sich die Lehrperson einerseits durch ihr persönliches Interesse am Thema und durch die positive (Erwartungs-)Haltung gegenüber den Jugendlichen sowie andererseits durch Fach- und pädagogisch-didaktische Kompetenz auszeichnet. Generell spielt die Sinnhaftigkeit von Arbeitsaufgaben für Lernende eine wichtige Rolle. Besonders im Freiland ist daher die Vermittlung der Notwendigkeit und der realen Bedeutsamkeit der Aufgabe sowie ihrer exakten Ausführung mittels Förderung der Beobachtungsfähigkeit und des Mitdenkens durch gezielte Fragen der Pädagogen/-innen von essentieller Bedeutung. Die Lernenden sind dazu angehalten, möglichst selbstständig zu beobachten, zu entdecken und auszuprobieren, um eigenständig Schlüsse ziehen zu können. Sowohl die Motivation am Fach bzw. des Themas als auch das kreative Denken wird durch die reale und somit weniger theoretische Auseinandersetzung im schulfernen Raum mithilfe der persönlichen Erkenntnis, dass sie selbst ein größeres Vorwissen mitbringen, als zunächst angenommen, gefördert (vgl. Leuthold 2014: 54f).

Meistens fokussiert außerschulisches Lernen bei Exkursionen primär die kognitive Auseinandersetzung mit dem Standort und der zu vermittelnden Inhalte. Wichtig für die Lehrperson ist daher, dass bereits bei der Planung, aber auch bei der Auswahl der Methoden berücksichtigt wird, dass es sich bei Schülern/-innen um Laien handelt. Deshalb sind zielgerichtete, verständliche Anleitungen, durchdachte Aufgabenstellungen sowie motivierende Ermutigungen von großer Bedeutung beim Zugang zu den für die Lernenden oft komplexen Theorien und Fakten (vgl. Hesske, et al. 2014: 106).

4.2 Naturwissenschaftliches Arbeiten

Überhaupt lernt niemand etwas durch bloßes Anhören,
und wer sich in gewissen Dingen nicht selbst tätig bemühet,
weiß die Sachen nur oberflächlich und halb.

Johann Wolfgang von Goethe

Grundlegend basieren biologisch-wissenschaftliche Erkenntnisse immer auf systematisch angewendeten, bestimmten, allgemein legitimen Methoden der Naturwissenschaften. (vgl. Graf 2004: 30) Naturwissenschaftlicher Unterricht impliziert, dass Schüler/-innen dazu befähigt werden sollen, handlungs- und lösungsorientiert arbeiten zu können. Von der Lehrkraft wird erwartet, Wissen nicht bloß zu präsentieren, sondern die Lernenden zum eigenständigen Handeln anzuregen. So besteht die Annahme, dass insbesondere selbstständiges Entdecken, Erfahren und Erklären zur Wissensgenerierung führen. Zudem sollen Lernende für die emotionalen Komponenten der wissenschaftlichen Bildung, wie der positiven Empfindung und Wahrnehmung der Natur, sensibilisiert werden (vgl. Seilnacht 2004: 12f.). Neben fachlich-sachlichen Informationen soll der Biologieunterricht fachgerechte Arbeitsweisen sowie sogenannte Erkenntnismethoden vermitteln. Dabei soll die Erkenntnis stets naturnah gewonnen werden, um „ihre Relevanz für die Lernenden erfahrbar zu machen (Graf 2004: 120).“ Lehrer/-innen der Naturwissenschaften – ob in der Volksschule oder an der Universität – müssen verinnerlichen, dass sich naturwissenschaftliches Lernen als aktiver Prozess versteht. Je besser eine Lehrkraft ihre Schüler/-innen und deren Kompetenzentwicklungsstrategien kennt, desto besser kann sie auch die passenden Aktivitäten entsprechend den Bedürfnissen der Lernenden bereitstellen (vgl. Gega & Peters 1998: 82f.). Neben dem Einsatz wissenschaftlicher Methoden im Regelunterricht eignen sich auch außerschulische Lernorte, um diese handlungsorientiert einzusetzen (vgl. Dühlmeier 2008: 33).

4.2.1. Arbeitsweisen und Methoden

Da in der Biologie und somit auch im Biologieunterricht Erkenntnisse gewonnen werden sollen, muss handlungs- und zielorientiert vorgegangen werden. Dabei sind eine Reihe von Vorkenntnissen sowie Erfahrungen, die wiederum die Basis für neue Erkenntnisse bieten, nötig. Die Biologielehrkraft muss eine Balance zwischen Wissensvermittlung und hypothetisch-deduktiver, selbstständiger Erkenntnisgewinnung finden (vgl. Graf 2004: 120).

Vereinfacht lässt sich für das naturwissenschaftliche Forschen eine schematische Herangehensweise darstellen: Als Grundlage muss ein Problem bzw. Phänomen beobachtet oder eine beliebige Idee formuliert werden, woraufhin ein Problemfeld (durch Fragenformulierung) abgesteckt wird, das durch die Wahl der geeigneten Untersuchungsmöglichkeiten eingegrenzt werden kann. Anschließend muss das Problem identifiziert, Hypothesen formuliert und überprüft sowie letztendlich falsifiziert oder verifiziert werden. Diese Vorgänge werden so oft wiederholt bis es zur Entwicklung einer Theorie kommt (vgl. Graf 2004: 31). Im naturwissenschaftlich-orientierten Unterricht soll das Interesse der Schüler/-innen geweckt werden, sich mit dem Betrachten, Beobachten, Vergleichen, Ordnen, Klassifizieren, Messen, Hypothesen bilden, Zeichnen, Dokumentieren, Sammeln, Beschreiben und Experimentieren zu befassen (vgl. Gega & Peters 1998: 83). Zwar liegt der Schwerpunkt der Bildungsstandards auf den wissenschaftsmethodischen Arbeitsweisen des Beobachtens, Vergleichens und Experimentierens, dennoch muss entsprechend der Fragestellung die passende Methode gewählt und unter Umständen auch erlernt werden. Trotz ihrer unterschiedlichen Verfahren basieren alle Methoden auf der hypothetisch-deduktiven Erkenntnisgewinnung (vgl. Mayer 2013: 57). Guter naturwissenschaftlicher Unterricht, der zum Forschen mit wissenschaftlichen Methoden (auch Scientific Inquiry) anleitet, sollte im Wesentlichen Handlungsorientierung mit kognitiven Prozessen verbinden. Weder ein reiner, das aktive Denken anregender Unterricht noch das alleinig durchgeführte, aus dem Kontext genommene Experiment ist zielorientiert oder wirkt sich fördernd auf die Kompetenzentwicklung der Lernenden aus (vgl. Labbude & Möller 2012: 14).

4.2.1.1. Betrachten und Beobachten

Betrachten und Beobachten sind grundlegende Verfahren des naturwissenschaftlichen Arbeitens, weshalb sie eine wichtige Rolle im Rahmen des Unterrichts spielen sollten. Zudem stellen sie zwei einfach in den Regelunterricht zu inkludierende Methoden dar, die sowohl leicht umzusetzen sind als auch wenig Material benötigen.

Der Unterschied zwischen Betrachten und Beobachten besteht in den Objekten, die *angeschaut* oder *wahrgenommen* werden, und der Weise, wie sie *angeschaut* oder *wahrgenommen* werden. Beim Betrachten werden ruhende Objekte aufmerksam angesehen und somit ganzheitlich erfasst, womit die optischen Eindrücke bei dieser Arbeitsweise im Vordergrund stehen. Die Betrachtung eines Gegenstandes kann weitere Methoden wie Dokumentation mithilfe von Zeichnungen sowie mündliche oder schriftliche Beschreibungskompetenz fördern (vgl. Graf 2004: 121f; vgl. Seilnacht 2004: 46f). Beim Ansehen erkennen Kinder Eigenschaften wie Größe, Form und Farbe von betrachteten Objekten. Dabei können sie auch auditiv, haptisch und olfaktorisch agieren, indem sie sich mit der Lautstärke, der Tonhöhe oder dem Rhythmus befassen, beim Anfassen die Oberflächentextur feststellen bzw. Größe und Form noch besser erfassen oder ebenso an Objekten riechen (vgl. Gega & Peters 1998: 80).

Bei der Beobachtung wird das reine Ansehen durch den zeitlichen und räumlichen Faktor ergänzt. Wenn verschiedene Aspekte gleichzeitig beobachtet werden, können auch vergleichend Gemeinsamkeiten und Unterschiede festgestellt werden. Wichtig ist, dass bei der reinen Beobachtung es lediglich zur Auseinandersetzung mit einem beobachteten Phänomen kommt, aber nicht in den Prozess eingegriffen wird (vgl. Graf 2004: 122; vgl. Seilnacht 2004: 48).

4.2.1.2. Zeichnen und Darstellen

Aufzeichnungen und Darstellungen sind im Biologieunterricht von Vorteil, wodurch die Kompetenz der Betrachtung gefördert wird. Durch das zeichnerische Dokumentieren von Objekten wird das Auge der Schüler/-innen geschult, genauer hinzusehen. Oft können mit wenigen Strichen die wesentlichen Merkmale festgehalten werden. Zusätzlich zum genauen Betrachten wird dadurch auch die Interpretationsfähigkeit begünstigt, da nur das Wichtigste

festgehalten wird. Daher sollte auch dem Zeichnen ein wesentlicher Raum im Biologieunterricht gegeben werden. Anders als zeichnerisch können Ergebnisse ebenfalls durch Diagramme dargestellt werden (vgl. Hofer 2010: 62f).

4.2.1.3. Sammeln

Schüler/-innen soll im Rahmen eines naturwissenschaftlich fundierten Unterrichts die Möglichkeit gegeben werden, selbstständig Objekte außerhalb des Klassenzimmers zu sammeln. Diese Methode kann bereits im Kindergarten angewendet werden und sollte bis in die Oberstufe zu einem festen Bestandteil der Unterrichtskonzeption gehören. Beim Sammeln, das eng mit den Arbeitsweisen in Zusammenhang steht, die in Kap. 4.2.1.4 erläutert werden, gilt, dass das Erfahrungslernen und das emotionale Erleben mit allen Sinnen – wie auch von Leuthold (2014) beschrieben – einen wesentlichen Beitrag zur Interessenssteigerung an der Thematik und zur generellen Lernbereitschaft leistet. Somit erwecken Gegenstände aus der Natur, die von Lehrpersonen im Unterricht gezeigt werden, weniger Aufmerksamkeit als Objekte, die von den Schülern/-innen mitgebracht oder gar während der Schulzeit gemeinsam mit den Mitschülern/-innen gesammelt werden (vgl. Hofer 2010: 43-45).

4.2.1.4. Ordnen und Klassifizieren

Die zuvor in den Kapiteln 4.2.1.1 bis 4.2.1.3 beschriebenen grundlegenden Schritte bilden die Basis, um die Arbeitsweisen des Ordners und des Klassifizierens anwenden zu können. Meistens – insbesondere bei älteren Schülern/-innen – geschehen diese Arbeitsweisen intuitiv, da das Erlernen von Unterscheidungsmerkmalen bereits im Kindergartenalter stattfindet, spätestens eignen sich Kinder diese Fähigkeit jedoch in der Volksschule an. Kindergarten- und Volksschulpädagogen/-innen sollen deshalb durch gezieltes Fragen zum Ordnen und Gruppieren anleiten. Beispielsweise können die gleichen Abbildungen nach verschiedenen Kategorien sortiert werden, indem andere Aufgabenstellungen gegeben werden. Nach Gega & Peters (1998) eignen sich für Beginner exemplarische Bilder, die zuerst nach lebenden und nicht lebenden Objekten geordnet werden sollen. In einem zweiten Schritt werden die Abbildungen in Pflanzen und Tiere unterschieden. Je älter die Kinder werden, desto eher sind die Lernenden in der Lage diese gleichzeitig in verschiedene Kategorien einzuteilen. Zum vorherigen Beispiel passend sind sie in der Lage, die abgebildeten Tiere in Mammalia, Aves

und Pisces zu unterscheiden, während sie diese innerhalb der Gruppe wiederum in Herbivoren und Karnivoren unterteilen können. Dabei lernen die Schüler/-innen, dass Objekte nach verschiedenen Kategorien klassifiziert werden können (vgl. Gega & Peters 1998: 85f).

4.2.1.5. Vergleichen und Beschreiben

Laut Mayer (2013) sollen das Vergleichen und Beschreiben im Rahmen der Erlernung der hypothetisch-deduktiven Erkenntnisgewinnung in der Sekundarstufe I angewendet werden. Vergleiche sollen dabei primär entsprechend der Anatomie oder Morphologie von Organismen gezogen werden, die wiederum im selben Schritt auch beschrieben werden (vgl. Mayer 2013: 58).

4.2.1.6. Experimentieren

Das Experimentieren stellt eine der zentralen naturwissenschaftlichen Methoden dar und kann bereits im Kindesalter angewendet werden. Für ein Kind bedeutet Experimentieren lediglich, etwas zu tun und zu sehen, was daraufhin passiert. Obwohl diese Betrachtungsweise dieser wichtigen Methode durchaus simpel erscheint, umfasst diese Beschreibung wesentlich auch die Abgrenzung zu den anderen Methoden der Wissenschaft, da während des Experimentierens Parameter so nachgestellt oder verändert werden, dass natürliche Prozesse besser verstanden werden können. Wichtig ist, dass Kinder nicht überfordert werden und sich auf die wesentlichen Kriterien, die ein Experiment ausmachen, konzentrieren: Hypothesen bilden und Variablen verändern. Dabei ist zu beachten, dass Kinder im Vorfeld wissen, was sie überprüfen möchten und pro Versuchsdurchgang nur eine Bedingung verändern (vgl. Gega & Peters 1998: 92f).

Generell umfasst das Experimentieren einen festgelegten Ablauf von Prozessen. Zu Beginn muss eine Fragestellung entwickelt, Vermutungen (Hypothesen) aufgestellt, der Versuch geplant und durchgeführt werden. Die Durchführung muss einer ständigen Kontrolle unterliegen und Variablen müssen verändert werden, um ein eindeutigeres Ergebnis zu erzielen. Beim Experiment werden auch andere wissenschaftliche Methoden inkludiert, da Beobachten, Messen, Dokumentieren, Datenaufbereitung sowie Schlüsseziehen zu wichtigen Arbeitstechniken des Experimentierens gehören (vgl. Labbude & Möller 2012: 14).

Der didaktische Ort zur Durchführung von Versuchen lässt sich als äußerst vielseitig gestalten. Neben der Notwendigkeit der guten Vorbereitung und Wahl eines geeigneten

Durchführungsortes trägt wesentlich auch die Entscheidung aus der methodisch-didaktischen Perspektive über die Einsatzmöglichkeiten von Experimenten zum Gelingen bei. Neben Motivations-, Erarbeitungs-, Bestätigungs- und Gedankenexperimenten gibt es noch Methoden, die experimentelles Handeln voraussetzen, jedoch keine echten Experimente sind: Demonstrationsexperimente und Schüler/-innenübungen zum Erlernen der instrumentellen Arbeitsweisen (vgl. Seilnacht 2004: 61). Nach Graf (2004) müssen echte Experimente folgende Kriterien erfüllen:

- Eingriff in einen ruhenden oder ablaufenden Vorgang *und*
- Isolierung eines Faktors *und*
- Systematische Variation eines Faktors (oder mehrerer Faktoren) *und*
- Reproduzierbarkeit der Ergebnisse *und*
- Intersubjektive Überprüfbarkeit von Versuchsbedingungen und –ergebnissen.
(Graf 2004: 128)

Wie von Graf (2004: 128) wird auch von Labbude & Möller (2012: 14) kritisch angemerkt, dass basierend auf empirischen Untersuchungen festgestellt wurde, dass die Frage nach dem *Warum experimentiert wird* grundlegend geklärt werden muss, damit sich ein Lernerfolg und Wissensgenerierung einstellen können.

4.2.1.7. Weitere Arbeitsweisen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Der naturwissenschaftliche Unterricht eröffnet die Möglichkeit zur Nutzung und zum Erwerb weiterer wissenschaftlicher Arbeitstechniken und Methoden. Diese können sich in einem interdisziplinären, fächerübergreifenden Kontext als nützlich und durchaus wichtig erweisen. Dazu gehören auch das Lesen und prägnante Zusammenfassen von (wissenschaftlichen) Texten, Informieren, Recherchieren, Protokollieren, chemische Arbeitsweisen zu kennen (wie z. B. Destillieren) und physikalische Fertigkeiten zu erlernen (wie z. B. Messungen durchführen, Wiegen und Zählen). Außerdem ist es wichtig, verschiedene physikalische Messgrößen zu kennen. Ebenfalls soll im biologisch fundierten Unterricht das Mikroskopieren erlernt und angewendet werden (vgl. Graf 2004: 129; vgl. Seilnacht 2004: 40-75).

4.2.2. Alltagsrelevanz naturwissenschaftlichen Unterrichts

Moderner Unterricht stellt den Anspruch den Lernenden möglichst viele – im besten Fall immer – alltagsnahe Inhalte zu präsentieren sowie lebensweltrelevante Themen und Methoden aufzugreifen. Naturwissenschaftlicher Unterricht, der die Disziplinen Biologie, Chemie, Physik, Mathematik und technische Wissenschaften umfasst, bietet die besten Möglichkeiten, aktuelle und signifikante Themen aufzugreifen und mit spezifischen Arbeitstechniken aufzuarbeiten und diese anzuwenden, da in kaum anderen Bereichen so viel neues Wissen postuliert wird wie in diesen Teilbereichen der Wissenschaft. Prägnante Beispiele der neuesten Errungenschaften des letzten Jahrzehnts sind unter anderen die Gen- sowie die Nanotechnologie/-n.

Diese neuen und aktuellen Erkenntnisse bringen sowohl Chancen als auch gewisse Herausforderungen für die Pädagogen/-innen mit sich, die sie einerseits mit fundiertem Fachwissen und andererseits durch kreative Unterrichtsgestaltung bewältigen können. Gerade Lehrkräfte der Naturwissenschaften müssen sich stets mit dem aktuellen Stand der Forschung befassen und diesen in ihren Unterricht integrieren. Dabei sollten sie sich selbst unter anderem folgende Fragen stellen: Welche Themen erweisen sich als relevant für Schüler/-innen, welche Inhalte betreffen die Alltagswelt und wie können diese komplexen und abstrakt wirkenden Themen alters- und stufengerecht vermittelt werden? Darüber hinaus muss eine adäquate Unterrichtsmethode gewählt werden (vgl. Labbude & Möller 2012: 23f.). Die Nachhaltigkeit der Kompetenzgewinnung sowie die Anwendungsmöglichkeit von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen betreffend eignen sich dafür auch außerschulische Lernorte (vgl. Dühlmeier 2008: 33).

4.3 Lehrplanbezug

Der Lehrplan für Biologie und Umweltkunde für die Neue Mittelschule (NMS) und Allgemein Höhere Schule (AHS) sowie der Lehrplan für Sachunterricht der Volksschule (VS) in Österreich rechtfertigt zwar die Vermittlung geologischer, evolutionärer und erdgeschichtlicher Inhalte, jedoch nehmen sie in diesen keinen großen Stellenwert ein. Die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen hingegen sind in den Lehrplänen fest verankert und ihre Umsetzung wird ab der Primarstufe insistiert.

Die Geologie betreffend liegt in den Lehrplänen der NMS und AHS-Unterstufe das Hauptaugenmerk auf den bodenbildenden Faktoren. Insbesondere in der 3. Klasse beider Schularten wird im Unterrichtsfach Biologie und Umweltkunde die Erarbeitung der „grundlegende(n) geologische(n) Kenntnisse (BGBl. Nr. 88/1985: 88)“ in Bezug auf das Erfassen von Boden designiert. Erst in der AHS-Oberstufe (6. Klasse) soll im Unterricht die Erde als Bioplanet vermittelt werden, indem ein „Einblick in die Stellung der Erde im Weltall, Wissen um Aufbau und Struktur der Erde und der geodynamischen Formungskräfte als Grundlage der Entstehung ausgewählter österreichischer Landschaften (BGBl. Nr. 88/1985: 149)“ gewährt wird. In der 8. Klasse (12. Schulstufe) soll verstärkt auf Evolution, ihre Theorien und ihren Verlauf eingegangen werden (vgl. BGBl. Nr. 88/1985: 150).

Im sechsten Teil des Lehrplans der VS – *Bildungs- und Lehraufgaben, Lehrstoff und didaktische Grundsätze der verbindlichen Übungen der Vorschulstufe* – werden im „Erfahrungs- und Lernbereich Natur (BGBl. Nr. 134/1963: 41)“ neben der „Begegnung mit Tieren und Pflanzen um uns (BGBl. Nr. 134/1963: 41)“ auch der Schutz der Natur und ihre Erscheinungen angeführt. Unter dem Punkt *Naturerscheinungen* werden Themengebiete wie „Tageszeiten (Tag, Nacht), Himmelskörper, Wetter, Jahreszeiten (BGBl. Nr. 134/1963: 41)“ zusammengefasst, die bereits im Vorschulalter übermittelt werden sollen. Der Sachunterricht im siebten Teil des Lehrplans der VS umfasst unter anderem die Lernbereiche Natur, Zeit und Technik, welche den Pädagogen/-innen als Orientierung bei der Vermittlung der Natur, ihren Vorgängen wie auch den zeitlichen Abläufen und Dimensionen – Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft – dienen sollen.

Die Vermittlung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen betreffend schreibt der Lehrplan der NMS und AHS-Unterstufe in Biologie und Umweltkunde einerseits die Konzipierung des Unterrichts hinsichtlich der Aneignung von „biologische(n) bzw. naturwissenschaftliche(n) Denk- und Arbeitsweisen (BGBl. Nr. 88/1985: 85)“ und andererseits auch die „Grenzen der Machbarkeit wissenschaftlichen Experimentierens und wirtschaftlicher Nutzung (BGBl. Nr. 88/1985: 86)“ vor. Zudem sollen die Schüler/-innen naturwissenschaftliche Arbeitsweisen, wie „Beobachten, Vergleichen, Ordnen (BGBl. Nr. 88/1985: 86)“, das Gebrauchen von adäquaten Instrumenten, worunter unter anderem die Verwendung einer Lupe oder einem Mikroskop verstanden wird, einfaches Experimentieren sowie die Durchführung

altersgerechter Messverfahren erlernen, damit sie mithilfe dieser in weiterer Folge selbstständig und problemlösungsorientiert handeln können (vgl. BGBl. Nr. 88/1985: 86).

Im Lehrplan der VS ist verankert, dass sich Schüler/-innen im Sachunterricht mit spezifischen naturwissenschaftlichen Arbeitstechniken befassen sollen. In altersgerechter Form den Disziplinen entsprechend sollen im Unterricht laut Lehrplan bereits in der VS Beobachtungen und Versuche durchgeführt werden. Für die Lernenden der beiden Grundstufen I und II sind obligatorisch das Experimentieren, Beobachten, Ordnen, Vergleichen und Klassifizieren im Sachunterricht vorgesehen (vgl. BGBl. Nr. 134/1963: 84-94).

5. Forschungsmethoden

Wie bereits eingangs erwähnt, erfolgte die Datenerhebung im Rahmen des Wissenschaftskommunikationsprojekts *Schüler/-innen [er]leben Erdgeschichte* in Rußbach am Pass Gschütt. Die dieser Arbeit zugrundeliegenden Methoden sind a) Beobachtungen des Projektablaufs in Form von Hospitationen, b) ein Fragebogen für die teilnehmenden Schüler/-innen und c) Experten/-innen-Interviews. Die methodisch-analytischen Erhebungen dienen grundsätzlich der Beantwortung der Frage nach der Realisierbarkeit wissenschaftlichen Arbeitens im Rahmen außerschulischen Lernens wie auch der Vermittlung der Inhalte des WKPPs hinsichtlich ihrer Relevanz für Schüler/-innen.

5.1 Beobachtungen

Während des Ablaufs des WKPPs wurden Beobachtungen, vergleichbar mit in der pädagogischen Praxis angewendeten Hospitationen, durchgeführt (vgl. Grunder et al. 2010: 304). Unterrichtsbeobachtungen können sowohl quantitativ als auch qualitativ erfolgen, wobei die qualitative Methode die üblichere ist (vgl. O’Leary 2014: 54). Auch in diesem Projekt wurde qualitativ beobachtet.

Beim Unterricht und der damit einhergehenden Wissensvermittlung finden sehr komplexe und schwer voneinander separierbare Vorgänge auf unterschiedlichen Ebenen statt, weshalb sich deren Auswertung generell als äußerst schwierig erweist. Beobachtet werden kann alles. Jedoch muss ein Fokus festgelegt werden, um die Beobachtungsmöglichkeiten einzugrenzen und die Ergebnisse evaluierbar zu machen. Hospitationen können sich entweder an der Intervention oder Selektion orientieren. Im Rahmen des Projekts wurde das Hauptaugenmerk auf eine der vier Ebenen der Intervention – die Rahmenbedingung von Unterricht und Schulentwicklung – gelegt, da im Sinne der Fragestellung dieser Arbeit für die zukünftige Weiterführung der WKPPs mit dem Instrument des freien Beobachtens überprüft werden soll, inwiefern sich die Örtlichkeiten und Methoden eignen, dessen wissenschaftliche Inhalte, Methoden wie auch Ergebnisse zu vermitteln (vgl. Grunder et al. 2010: 304-309).

5.2 Fragebogen

Zu den am häufigsten angewendeten quantitativen empirischen Untersuchungsverfahren zählt der Fragebogen. „Ein Fragebogen besteht aus systematisch zusammengestellten Frage-Antwort-Einheiten“ (Kallus 2010: 18), welche als Fragebogenitems oder kurz Items bezeichnet werden. Diese müssen stets klar und eindeutig formuliert werden, um möglichst präzise beantwortet werden zu können (vgl. Kallus 2010: 18f.). Unterschieden wird beim Fragebogen nach der Form der Fragen: Geschlossene, halboffene und offene Fragestellungen. Bei den geschlossenen Items gibt es die Möglichkeit der Einfach- oder Mehrfachnennungen (vgl. Porst 2008: 51). Die Antwortskala bei geschlossenen Fragen sollte in einem Bereich von 7 +/- 2 liegen (vgl. Kallus 2010: 40). Geschlossene Fragen sind dank ihrer leichten Vergleichbarkeit die am häufigsten eingesetzten Fragebogenitems in standardisierten Fragebogen-Erhebungen. Offene Fragen geben keine Antwortmöglichkeiten vor und der/die Proband/-in kann so antworten, wie es ihm/ihr obliegt. Bei halboffenen Fragen handelt es sich im eigentlichen Sinne um geschlossene Fragen, die um eine Rubrik zur freien Antwort, wie beispielsweise *Sonstiges*, erweitert werden (vgl. Porst 2008: 53ff.). Generell gilt, dass die Formulierung von Fragebogenitems so gewählt werden sollte, dass sie weder in Beziehung zu anderen stehen noch in ihrer Reihenfolge kontextgebunden sind (vgl. Kallus 2010: 65).

Eigens für das WKPP wurde ein Fragebogen entwickelt. Dieser entspricht den Anforderungen der Objektivität, Zuverlässigkeit und Validität (vgl. Kallus 2010: 15f.). Dieser ist im Anhang zu finden und so konzipiert, dass er sich für mehrere Schulstufen und –arten eignet. Wichtig waren daher eine einfache Formulierung und eine limitierte Anzahl an Fragen, damit alle Schüler/-innen jeden Alters nachvollziehen sowie verstehen können, was von ihnen verlangt wird.

Der Fragebogen beinhaltet 14 Fragen und ist zweiteilig, mit einer Vorder- und Rückseite aufgebaut. Der erste Teil wurde vor der Veranstaltung ausgehändigt und dient der Evaluierung von Vorwissen und Vorinteresse sowie der Erfassung des Schultyps, der Klassenstufe, des Geschlechts und des Alters der Probanden/-innen. Zur Ermittlung des Vorwissens und des bereits bestehenden Interesses wurden zwei geschlossene Fragen, zwei halboffene und eine offene Frage gestellt.

Im zweiten Teil des Fragebogens wurde ein Feedback zum Projektablauf, dessen Inhalte und die Steigerung des persönlichen Interesses an der Geologie sowie am wissenschaftlichen Arbeiten eingeholt, weshalb dieser im Anschluss an die Veranstaltung ausgegeben wurde. Von den insgesamt neun Fragen des zweiten Teils wurden sechs geschlossene und drei offene formuliert.

5.3 Leitfadengestützte Experten/-innen-Interviews

Um die Relevanz des erdgeschichtlichen Freilandprojekts sowie die Vermittlung und Umsetzbarkeit der naturwissenschaftlichen Methoden aus Sicht der Lehrpersonen zu überprüfen, wurden qualitative leitfadengestützte Experten/-innen-Interviews durchgeführt. Die Wahl fiel auf diese Interviewform, da das Experten/-innenwissen der Berufsgruppe der Lehrer/-innen im Vordergrund steht (vgl. Kaiser 2014: 36/vgl. Niebert & Gropengießer 2014: 125).

Leitfäden zeichnen sich prinzipiell durch die folgenden drei Kriterien aus. Erstens gewähren sie die Strukturierung hinsichtlich der Fragenanzahl, die thematische Ordnung und gleichzeitig eine große Offenheit, da der/die Interviewer/-in Fragen in der Gesprächssituation gegebenenfalls individuell adaptieren kann. Die Ausarbeitung eines Leitfadens definiert zweitens die Rahmenbedingungen für die beiderseitige Gesprächssituation und drittens zeigt sie dem/der Befragten, dass es sich beim/bei der Interviewer/-in um eine/-n Co-Experten/-in handelt (vgl. Kaiser 2014: 52ff.).

Interviewleitfäden sollen zwar eine Struktur vorgeben, aber durch die Wahl der Fragen „den Gesprächsfluss nicht einengen (Niebert & Gropengießer 2014: 125)“. Die gewählten Interventionen, sei es durch sprachliche Impulse oder Verwendung von Materialien, sollen möglichst so gewählt werden, dass eine natürliche Gesprächssituation zustande kommt. Folglich machen einen guten, aus verschiedenen Interventionen bestehenden Interviewleitfaden seine Übersichtlichkeit, sein logischer Aufbau und seine präzise sprachliche Formulierung aus (vgl. Niebert & Gropengießer 2014: 124ff.). Zur Rekonstruktion wurden die geführten Interviews auf Tonbandmitschnitten festgehalten. Zusätzlich zu den Aufzeichnungen wurden nonverbale Mitteilungen notiert, deren Bedeutsamkeit nicht außer Acht gelassen werden darf (vgl. Kaiser 2014: 95).

Der Aufbau des Leitfadens für das Interview der vorliegenden Arbeit, der im Anhang zu finden ist, ist wie folgt strukturiert: Anwärmfrage, Einstiegsimpuls, wissenschaftliches Arbeiten im Projekt, Wissenschaftszugang für Schüler/-innen, Umsetzung wissenschaftlichen Arbeitens im eigenen Unterricht, persönliche Einstellung zur Erdgeschichte, Lehrplanbezug, Projektbesprechung und persönliches Fortbildungsinteresse im Bereich der Erdgeschichte. Wie von Gläser & Laudel (2009: 144) angeraten, wurden vor der ersten Interviewfrage folgende Rahmenbedingungen gegeben und erfragt: Das Ziel des Interviews, Datenschutz und Anonymität und die Bitte nach der Genehmigung der Aufzeichnung auf Tonband (vgl. Gläser & Laudel 2009: 144).

Die Verwendung einer Anwärmfrage verhilft zu einem erleichterten Einstieg in die Interviewsituation, die vorrangig den weiteren Verlauf des Gesprächs festlegt. Demnach lockert die Anwärmfrage die Situation auf, führt zum Gesprächsgegenstand der Befragung hin und spricht ein leicht zu beantwortendes, angenehmes Thema an. Deshalb wurde zu Beginn die Frage gestellt, wie die Lehrpersonen auf das WKPP aufmerksam geworden sind (vgl. Gläser & Laudel 2009: 147). Der darauffolgende offene Einstiegsimpuls zur Ermittlung der Erwartungshaltung gegenüber dem WKPP regt den Redefluss an und garantiert zudem inhaltliche Offenheit. Aus dieser positiven Gesprächssituation heraus wurden die oben angeführten vertiefenden Interventionen und Validierungsinterventionen genutzt, um das Interview fortzuführen und zu lenken. Die vertiefenden Interventionen auf der einen Seite zeichnen sich durch richtungsweisende und thematisch intensivierende Eigenschaften aus, Validierungsinterventionen auf der anderen Seite sichern geäußerte Aspekte und/oder verschiedene Sichtweisen (vgl. Niebert & Gropengießer 2014: 128f.).

Während der Interviews kommt es in der Regel immer wieder zu „Ad-hoc-Interventionen, also Fragen, Bemerkungen und Hinweise auf Gegensätze, die während des Interviews frei formuliert werden (Niebert & Gropengießer 2014: 130)“, wofür vorweg Zeit berücksichtigt wurde. Eine Schlussintervention, die dem/der Interviewten Raum gab, sich generell zum Verlauf zu äußern oder Wichtiges zu pointieren, beendete das Interview (vgl. Niebert & Gropengießer 2014: 129).

Zu den in dieser Arbeit zugrundeliegenden Interviews der sechs Pädagogen/-innen, die in der zweiten Durchführungswoche im Herbst teilnahmen und jeweils im Anschluss an das Projektprogramm interviewt wurden, wurden jeweils Gesamttranskripte angefertigt, in

welchen bereits der individuelle Dialekt der Interviewpartner/-innen bereinigt wurde. Die Auswertung erfolgte nach Krüger und Riemeier (2014) und die Interviews sind in ihrer redigierten Form im Anhang nachzulesen.

6. Beschreibung der Ergebnisse

Die teilnehmenden Schulklassen und deren Lehrpersonen kamen aus einer maximalen Entfernung von 45 km nach Rußbach. Insgesamt wohnten 162 Kinder und Jugendliche der Veranstaltung an neun Tagen bei, wovon vier Projekttag im Juni und fünf im Oktober 2017 stattfanden. Jeweils eine Schulklasse wurde an einem Tag im Rahmen des WKPPs betreut. Unter den neun partizipierenden Bildungseinrichtungen befanden sich fünf verschiedene Schultypen: ein Kindergarten, drei Volksschulen, drei NMS, eine HLW und ein BORG. Die im Ort Rußbach ansässigen VS- sowie Kindergartenkinder kamen zu Fuß und die restlichen Schulklassen aus der Umgebung reisten mit öffentlichen Verkehrsmitteln oder gemieteten Bussen an. Sechs der insgesamt 13 begleitenden Pädagogen/-innen erklärten sich bereit, im Anschluss an den Projekttag ein Interview zu führen.

6.1 Ergebnisse der Beobachtungen

Im Rahmen des WKPPs standen verschiedene räumliche Möglichkeiten in Rußbach am Pass Gschütt zur Verfügung: Die Wiese hinter der Kirche, der Wasserpark, der Dorfplatz mit Brunnen, der Rando-Bach und die öffentlichen Flächen entlang des Baches sowie die Innenräume des Fossilienkabinetts des Tourismusverbandes Rußbach und der neu erbaute Pfarrsaal. Sowohl die natürlichen Flächen als auch die anthropogenen Lokalitäten wurden während der WKPP-Umsetzung auch tatsächlich genutzt.

Durchgeführt wurde das Programm stets von Mag. Lantschner, der entsprechend dem Alter und der Größe der Gruppe sowie der zur Verfügung stehenden Zeit die Methoden wählte. Zu den bereits in Kap. 3.4 angeführten Programmpunkten setzte er darüber hinausgehende, ursprünglich nicht vorgesehene Methoden ein. Dazu gehörten das Eichhörnchen-Evolutionsspiel, das Konvektionsströmungsexperiment, das Erdaufbau-Seil-Modell und das C-14-Altersbestimmungsspiel, auf die im nächsten Kapitel genauer eingegangen werden. Zudem lernten die Schüler/-innen im Zuge des Projekts den Umgang mit Binokularen sowie das Betrachten von Gesteinen und Fossilien. Diese dienten als Alternativprogramm, da aufgrund von Produktions- und Lieferschwierigkeiten die zwei bereits fertig entwickelten Methoden Foram-Stratigraphie-Spiel sowie Probenahme nicht umgesetzt werden konnten.

Die in Kap. 3.4 beschriebenen WKPP-Methoden wurden den Schultypen entsprechend adaptiert, in beliebiger Reihenfolge durchgeführt, teilweise weggelassen, um den zur

Verfügung stehenden Zeitrahmen nicht zu sprengen oder die Teilnehmer/-innen wegen ihres Alters nicht zu überfordern, und um Auflockerungsspiele erweitert. Das Programm dauerte im Schnitt dreieinhalb Stunden und war in dieser Zeit gut umsetzbar. Zum Programmablauf kamen obligatorisch Begrüßung und Verabschiedung.

6.1.1. Methodenerweiterung des Programmablaufs

Mithilfe des Eichhörnchen-Evolutionsspiels werden evolutionäre Theorien und der Zufall als Komponente der Evolution vermittelt. Die Schüler/-innen schlüpfen in die Rolle eines Eichhörnchens, das überwintern soll. Da Eichhörnchen lediglich eine Winterruhe einlegen und somit in der Kältephase nicht durchschlafen, benötigen sie Nahrung, weshalb sie einen Vorrat an Nüssen anlegen. Die Kinder und Jugendlichen erhalten deshalb jeweils zehn Haselnüsse, die sie in einem zuvor abgesteckten Bereich innerhalb von fünf Minuten verstecken. Allerdings gibt es zwei Ausnahmen. Je nach Größe der Gruppe stellen 1-2 Schüler/-innen eingewanderte Eichhörnchen dar, die einen Selektionsvorteil haben, indem sie die doppelte Menge an Schließfrüchten (20 Stück) erhalten. Weitere 1-2 Schüler/-innen sind faule Eichhörnchen, weshalb sie ihre Artgenossen beim Nüsseverstecken lediglich beobachten. Sobald die Eichhörnchen alle Nüsse versteckt haben, bricht der Winter ein, sie legen sich zur Winterruhe nieder und das Spiel läuft nun in drei Runden ab. In der ersten Runde wachen sie durch wärmende Sonnenstrahlen auf, aber die Tage sind sehr kurz, weshalb sie alle nur zwei Minuten Zeit haben, mit drei Nüssen zurückzukehren. Wer weder rechtzeitig eintrifft noch drei Nüsse (wieder-)findet, stirbt. Die überlebenden Eichhörnchen schlafen weiter und wachen in der zweiten Runde erneut auf, in der es geschneit hatte. Die Tage sind inzwischen etwas länger, weshalb ihnen drei Minuten zur Verfügung stehen, um drei Nüsse zu bringen, aber aufgrund des tiefen Schnees kommen sie langsamer voran, weshalb sie sich auf nur einem Bein hüpfend auf die Suche begeben. Wer zu spät oder mit zu wenigen Nüssen zurückkehrt, stirbt. Vor der letzten Runde war es zu einer Naturkatastrophe gekommen. Ein Meteorit hatte eingeschlagen und eine Seite des Spielfelds völlig zerstört. Nun dürfen die Kinder und Jugendlichen nur auf dem verschonten Spielfeld suchen. Ziel des Spieles ist die Vermittlung, dass folglich nicht alle erdgeschichtlichen Ereignisse immer absehbar sind oder sich Lebewesen nicht auf alle Eventualitäten vorbereiten können, selbst wenn sie an normale Begebenheiten bestens angepasst sind. Auch der Zufall spielt eine Rolle bei der Evolution, obwohl die Evolution selbst nicht zufällig passiert.



Abbildung 9: Konvektionsströmungsexperiment

Einige Schulklassen bekamen die Möglichkeit, ein Experiment zur Konvektionsströmung durchzuführen. Es soll verdeutlichen, dass in der Geologie die physikalische Größe der Dichte ρ eine sehr wichtige Rolle spielt. Zunächst wurde der Versuchsablauf erklärt und die Schüler/-innen wurden angehalten, Hypothesen zu bilden und zu formulieren, die mit der anschließenden Durchführung verifiziert bzw. falsifiziert wurden.

Das Experiment ist wie folgt aufgebaut: Zunächst füllen die Kinder und Jugendlichen kaltes, klares Wasser in rechteckige Glasvasen. Auf die Wasseroberfläche werden vorgefertigte Eiswürfel in Form von Kontinenten oder alternativ Grashalme gelegt. In ein kleines Fläschchen, an dem am oberen Ende ein Draht oder eine Schnur befestigt ist, wird heißes Wasser sowie etwas Tinte eingefüllt und vorsichtig, mittig auf den Vasenboden gestellt. Nun können die Vorgänge im Gefäß beobachtet werden. Das gefärbte, heiße Wasser steigt aufgrund der geringeren ρ aus der Flasche an die Oberfläche, wobei es sich nicht mit dem kalten Wasser vermischt. Dabei driften die Eiswürfel-Kontinente wegen der Konvektionsströmung langsam auseinander. Wenn das gefärbte, warme Wasser an der Oberfläche abkühlt, sinkt es wieder zu Boden.

Mit der HLW wurde zusätzlich mit einem Erdaufbau-Seil-Modell der genaue Aufbau der Erde erläutert. Die Seillänge (63,8m) entspricht der Tiefe von 6378 Kilometer, wo sich der Mittelpunkt der Erde befindet. Zu Beginn stehen alle Schüler/-innen am Seilanzfang, also im Mittelpunkt der Erde und gemeinsam bewegen sie sich entlang des Seiles in Richtung der Erdoberfläche. Auf Hinweisschildern finden die sie Informationen zu den Schalen und ihren Übergängen:

- 1) Lehmann-Diskontinuität: Übergang vom inneren zum äußeren Kern; fest, 6500°C, 13 g/cm³ → flüssig, 5000°C, 12,2 g/cm³; hauptsächlich Eisen und Nickel

- 2) Weichert-Gutenberg-Diskontinuität: Übergang vom äußeren Kern zum unteren Mantel; 3000°C, 5,6 g/cm³; zähflüssiges Olivinegestein
- 3) Grenze zwischen oberem und unterem Mantel: 1500°C, 4,6 g/cm³; zähflüssiges Olivinegestein
- 4) Mohorovičić-Diskontinuität: Übergang vom oberen Mantel zur unteren Kruste; 1300°C, 3,33 g/cm³
- 5) Conrad-Diskontinuität: Übergang von der unteren zur oberen Kruste; 8°C, 2,65 g/cm³

Wie in Kap. 2.2 genauer erklärt spielt die Höhenstrahlung bei der Erzeugung radioaktiver Isotope, wie beispielsweise des ¹⁴C-Isotops mit einer Halbwertszeit von 5730 Jahren, eine wesentliche Rolle. Die kosmische Strahlung wirkt sich auf alle lebenden Organismen auf der Erde aus und sobald diese versterben, werden keine weiteren Isotope zugeführt, und während das normale C-Atom erhalten bleibt, beginnt sich das ¹⁴C-Isotop abzubauen. Anhand der Anzahl der Isotope in einer Probe kann ihr Alter errechnet werden. Die im Projekt angewendete Methode, das C14-Datierungs-Spiel, benötigt eine statistische Auswertung und veranschaulicht die wissenschaftliche Methode zur Altersbestimmung. Dazu wurden an einem Seil in regelmäßigen Abständen Säckchen mit großen und kleinen Kugeln befestigt: Die kleinen Kugeln repräsentieren Stickstoff (¹⁴N)-Atome und die großen Kohlenstoff (¹⁴C)-Atome.

Die HLW-Schülerinnen gingen blind entlang der Schnur und zählten die Atome. Die Ergebnisse wurden in eine Liste eingetragen und von allen Ergebnissen wurde ein Durchschnitt errechnet. Extremwerte wurden gestrichen, da es sich dabei wahrscheinlich um Messfehler handelte. Wie in jeder wissenschaftlichen Untersuchung wurden Messungen mehrmals durchgeführt und die Ergebnisse durch mehrmalige Wiederholungen verifiziert. Ursprünglich, also beim Absterben des Organismus, waren 20 ¹⁴C-Isotope vorhanden. In die Formel wurden die 20 ¹⁴C-Isotope sowie der von den Schülerinnen ermittelte Durchschnitt von 9 noch in der Probe enthaltenen ¹⁴C-Atome eingefügt:

$$t = (\ln(A_0 : A(t)) : \ln 2) \cdot t_H = (\ln(20/9) : \ln 2) \cdot 5730 = 6601a$$

Das bedeutet, die Probe ist etwa 6600 Jahre alt.

Weiters lernten Schüler/-innen der höheren Lehranstalten (BORG und HLW) das Mikroskopieren kennen. Für die Arbeit mit den sechs Binokularen konnten folgende Objekte betrachtet werden:

- 1) Koloniebildende Korallenart, Rußbach, ~80 Mio. Jahre alt
- 2) kleine fossile Turmschnecken, Rußbach, ~80 Mio. Jahre alt
- 3) versteinerte „Hirnkoralle“, Rußbach, ~80 Mio. Jahre alt
- 4) Gesteinsdünnschliff, im Durchlicht mit zahlreichen kleinen fossilen Foraminiferen (Lochschalentierchen)
- 5) rezente „Hirnkoralle“ aus dem Roten Meer
- 6) rezente Mikrofossilien (kleine Muscheln, Schnecken, Korallenstücke und vor allem viele kleine Foraminiferen)

6.1.2. Verhalten und Aufmerksamkeit der Schüler/-innen

Während der WKPP-Einheiten konnten sowohl unaufmerksame als auch eifrige Schüler/-innen beobachtet werden. Einige Lernende beschäftigten sich mit unwesentlichen Lerngelegenheiten, die sich, wie es für außerschulische Lernorte typisch ist, in unmittelbarer Umgebung befanden. Aus den Reaktionen der Lernenden war ein methodenabhängiges Spektrum von Ablehnung bis hin zu großer Begeisterung zu erkennen. Das Konvektionsströmungsexperiment, das Rieselbild, das Eichhörnchen-Evolutionsspiel, Gesteine sammeln, ordnen, erkennen und ansprechen wie auch das Mikroskopieren wurden von den meisten Schülern/-innen mit Eigenmotivation umgesetzt.

Beim Rieselbild zeigten Schüler/-innen Reaktionen, die sich mit Interjektionen, wie unter anderem „Wow!“, „Boah!“ und „Cool! Uhhh!“ äußerten. Diese WKPP-Methode wirkte auf die Teilnehmer/-innen ansprechend und fesselnd. Besonders das Einschießen des Magmas in die Sedimentationsschichten entlockte den Schülern/-innen jeden Alters Ausrufe wie „Pfau!“, „Weiter, weiter, weiter!“ und „Yeah!“. Die meisten Kinder und Jugendlichen beobachteten den Ablauf aufmerksam und ruhig, dennoch ließen sich einige von den umliegenden Gegebenheiten und Gegenstände ablenken, indem sie sich mit dem Material, das sie in der Schotterbank oder auf dem Boden fanden, beschäftigten. Von dem Vortragenden wurden einzelne, sich miteinander unterhaltende Schüler/-innen als störend wahrgenommen und deshalb ermahnt.

Die Reaktionen bei der Durchführung des Konvektionsströmungsexperiments reichten von Äußerungen, wie „Schau mal“ oder „Wie cool!“ bis hin zur freiwilligen Versuchswiederholung.

Zu beobachten war eine generelle Bereitschaft der Kinder und Jugendlichen, sich an den Aufgaben zu beteiligen. Beim Eichhörnchen-Evolutionsspiel merkte Mag. Lantschner an, dass bei unwissenden Personen die Meinung der Überlegenheit der Stärkeren gängig sei, woraufhin sich ein Volksschüler, der gewonnen hatte, mit der Aussage: „Ich bin einer der Schwächsten, aber ich habe Gehirn.“ zu Wort meldete. Dabei tippte er sich mit dem Finger an die Schläfe.

Als Mag. Lantschner einer ersten und zweiten VS-Klasse bei der Deep-Time-Zeitschnur-Methode erklärte, wie Menschen mit Affen in Relation stehen, verwies er darauf, es herrsche die gängige Meinung, der Mensch stamme vom Affen ab. Deshalb fragte er, wer von den Schülern/-innen Geschwister habe. Ein Kind zeigte auf, bejahte die Frage, denn es habe eine Schwester. Daraufhin wollte Mag. Lantschner wissen, ob es denn auch von seiner Schwester abstamme, was von dem Kind verneint wurde, da es von seinen Eltern abstamme. Mag. Lantschner bat die anderen Kinder, das noch einmal zu erklären, woraufhin sich eine Schülerin meldete und sagte: „Die Menschen stammen nicht vom Affen ab, aber sie sind verwandt.“ Der Verwandtschaftsbegriff wurde in diesem Kontext zuvor nicht erwähnt. In der gleichen Schulklasse wurde am Ende des Kurstages das Erde-Sonne-Modell zur Veranschaulichung der Milanković-Zyklen gezeigt, woraufhin eine Schülerin Mag. Lantschner darauf aufmerksam machte, dass sich die Erde nicht so schnell um die Sonne bewege, wie er es ihnen zeige, denn dafür brauche sie bekanntlich ein Jahr.

Obwohl beim Mikroskopieren immer nur eine Person das Binokular benutzen konnte, forderten viele der HLW-Schülerinnen ihre Mitschülerinnen auf, selbst hinzusehen: „Schau, die kleinen Muscheln.“ oder „Da schau einmal. Das schaut voll cool aus.“ Bei dieser wissenschaftlichen Arbeitsweise kommentierten die Schülerinnen viel: „Wow!“, „Oh mein Gott.“ „Voll cool.“ Eine Schülerin betrachtete einen Korallenquerschnitt im Durchschnitt zur restlichen Klasse besonders lange.

Während der Hospitation konnte festgestellt werden, dass einige Aussagen der Teilnehmer/-innen, obwohl sie inhaltlich falsch waren, unkommentiert blieben. Beispielsweise diskutierten zwei NMS-Schüler über die Zuordnung der Dinosaurier. Einer der beiden behauptete, Dinosaurier seien Säugetiere, wogegen sich der andere wehrte und entgegnete, dass sie doch Eier gelegt hätten. Am Ende hob er die Stimme, wie es beim Stellen einer Frage üblich ist. Trotz der vermeintlichen Frage nahm niemand dazu Stellung.

Eine andere Situation ereignete sich unter zwei HLW-Schülerinnen. Bei der Evolutionsgeschichte wurde darauf hingewiesen, dass die Entwicklung der Algen maßgeblich zur Entstehung von Leben außerhalb des Wassers beigetragen hatte, da sie Sauerstoff produzieren. Die beiden kommentierten folglich laut, dass es sich bei Algen um Pflanzen handle, was die zweite mit der Aussage „Ja, die Algenpflanzen.“ untermauerte.

6.1.3. Umsetzung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen

Die Vermittlung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen und Methoden waren Teil der WKPP-Konzeption. Bei der Durchführung der WKPP-Einheiten konnten folgende, in Tabelle 2 angeführte Methoden beobachtet werden:

naturwissenschaftliche Arbeitsweisen und Methoden	gesamte Anzahl der Anwendungen (auch mehrmals an einem Projektkurstag)	Schulformen (in Klammer, wenn mehrere Schulen der gleichen Schulform)
Betrachten	4	KG, VS, NMS, BORG
Beobachten	10	VS (3x), NMS (3x), HLW, BORG
Zeichnen	0	
Darstellen	0	
Sammeln	9	KG, VS (3x), NMS (3x), HLW, BORG
Ordnen	17	KG, VS (3x), NMS (3x), HLW, BORG
Klassifizieren	0	
Vergleichen	0	
Beschreiben	6	VS, NMS (3x), HLW, BORG
Experimentieren	6	KG, VS, NMS (2x), HLW
physikalische Fertigkeiten	3	NMS, HLW
Mikroskopieren	2	NMS, HLW
Tabelle 2: Beobachtete naturwissenschaftliche Arbeitsweisen und Methoden		

Zeichnen, Darstellen, Klassifizieren und Vergleichen wurden von den Teilnehmern/-innen nicht angewendet, was darauf zurückzuführen ist, dass sie seitens der Projektleitung nicht verlangt waren. Am häufigsten wurden die Schüler/-innen angehalten, sich dem Ordnen zu widmen, das auch in allen teilnehmenden Schultypen umgesetzt wurde, indem die gesammelten Gesteine in verschiedene Kategorien (Farbe, Form, usw.) sortiert und die Karten mit Abbildungen bei der Deep-Time-Zeitschnur-Methode (siehe Kap. 3.4.1, Tabelle 1) chronologisch geordnet wurden. Das Beobachten wurde zehnmal und das Sammeln neunmal verlangt, wobei mit dem Sammeln in allen teilnehmenden Schultypen gearbeitet und primär bei der Suche nach Gesteinen und Fossilien im Bach angewendet wurde. Beim Einsatz der Modelle (Milanković-Zyklen, Rieselbild (Sedimentation) und Textilmodelle zur Alpenfaltung) wurde die Beobachtungsfähigkeit der Teilnehmer/-innen geschult.

In sechs Situationen wurden Teilnehmer/-innen der VS, NMS, HLW und des BORGs dabei beobachtet, dass sie sich dem Beschreiben widmeten, als sie ihre Kunstwerke aus den im Bach gesammelten Gesteinen präsentierte. Sechsmal experimentierten Schüler/-innen des KGs, der VS, NMS und HLW, indem sie die HCl-Probe und das Konvektionsströmungsexperiment durchführten.

Mit abnehmender Häufigkeit wurden die Arbeitstechniken Betrachten (viermal), Einsetzen physikalischer Fertigkeiten (dreimal) und Mikroskopieren (zweimal) von den Schülern/-innen verlangt. Betrachten sollten die Schüler/-innen die Fossilien im Fossilienkabinett, aber auch ihre gesammelten Gesteine, die sie überdies auditiv, haptisch und olfaktorisch wahrnehmen sollten. Während des C-14-Altersbestimmungs-Spiels wurden die Isotope gezählt und die Halbwertszeit bestimmt. Eine Aufgabe bei den Präsentationen mit Gesteinen beinhaltete die Messung der Dichte mithilfe einer hydrostatischen Waage. Mikroskopiert wurden Fossilien und rezente Objekte im Binokular.

6.2 Ergebnisse des Fragebogens

An der Befragung nahmen 86 Schüler/-innen im Alter zwischen 7 und 17 Jahren teil, wobei fünf Schüler/-innen ihr Alter nicht angaben. In der VS wurden 28, in der NMS 19, im BORG 28 und in der HLW 11 Fragebögen ausgegeben. Es gab 48 weibliche und 38 männliche Probanden.

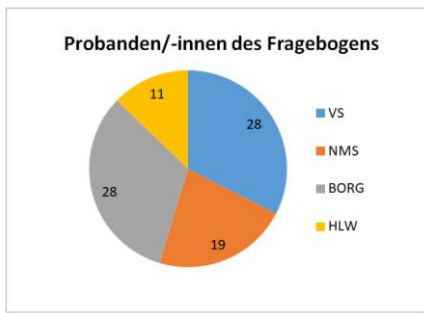


Abbildung 10: Diagramm der Fragebogenprobanden/-innen

68 Schüler/-innen gaben bei der ersten Frage an, bereits vor der Veranstaltung etwas über Geologie oder Erdgeschichte gehört zu haben, die restlichen 18 dementsprechend nicht. Nach Bejahung der ersten Frage waren in einer halboffenen Zusatzfrage Mehrfachantworten möglich: 56 Schüler/-innen lernten bereits in der Schule davon, 32 sahen dazu einen Beitrag im Fernsehen, 26 lasen davon in Büchern und 13 hörten davon von anderen Quellen wie beispielsweise dem Internet, den Eltern, im Museum oder auch von Dr. Seewald. Bei der zweiten Frage zu spontanen Einfällen, was sie mit dem Thema Geologie/Erdgeschichte verbinden, antworteten wie folgt:

29 Probanden/-innen: *Fossilien*

(NMS_2; NMS_4; NMS_5; NMS_6; NMS_7; NMS_8; NMS_16; NMS_17; NMS_19; BORG_1; BORG_3; BORG_6; BORG_7; BORG_11; BORG_15; BORG_16; BORG_17; BORG_18; BORG_22; BORG_23; BORG_24; HLW_1; HLW_2; HLW_4; HLW_5; HLW_7; HLW_8; HLW_10; HLW_11)

19 Probanden/-innen (*Ge*)steine

(VS3_6; NMS_2; NMS_4; NMS_6; NMS_11; NMS_15; BORG_2; BORG_4; BORG_5; BORG_6; BORG_9; BORG_10; BORG_11; BORG_15; BORG_18; BORG_26; BORG_28; HLW_6; HLW_7)

9 Probanden/-innen: *Erde* oder damit in Zusammenhangstehendes

(VS2_6; NMS_3; BORG_8; BORG_10; BORG_14; BORG_16; BORG_27; HLW_6; HLW_8). Zum Beispiel führten hierbei VS2_6 „Die Erde war schwarz“ und HLW_6 „Geologie bedeutet die Forschung der Erde und der Gesteine“ an.

8 Schüler/-innen nannten *Vulkane* bzw. *Vulkanausbrüche* (VS4_10; VS4_12; NMS_2; NMS_6; BORG_21; BORG_28; HLW_4; HLW_7). Anzumerken ist hierbei aber, dass Fossilien, Gesteine und Vulkane in der dritten, halboffenen Frage, was sie besonders interessant fänden, als Ankreuzmöglichkeiten neben *Dinosaurier*, *Kristalle*,

Plattenverschiebung und *chemische Abläufe auf und in unserer Erde* angegeben waren. 26 Schüler/-innen gaben keine Antwort (VS2_2; VS2_3; VS2_4; VS2_5; VS3_1; VS3_2; VS3_3; VS3_4; VS3_5; VS3_7; VS3_9; VS3_10; VS4_1; VS4_3; VS4_4; VS4_5; VS4_6; VS4_7; VS4_9; VS4_11; NMS_1; NMS_10; NMS_14; NMS_18; BORG_20; BORG_25).

Frage 3 zufolge liegt das höchste Interesse der Probanden/-innen bei Kristallen mit 64 Stimmen, gefolgt von Vulkanen (53) und Fossilien (44). BORG_7 äußerte sich gar nicht. Das allgemeine Interesse an der Wissenschaft war überwiegend mittelmäßig (49), bei 26 Schülern/-innen sehr vorhanden und 12 Kinder gaben an, dass gar kein Interesse bestehe. HLW_8 kreuzte sowohl die Antwort *ja*, *sehr* und *mittelmäßig* an.

Obwohl bei Frage 5 alle Antwortmöglichkeiten richtig gewesen wären, markierten nur 3 Schüler/-innen (VS2_6; BORG_26; BORG_27) alle. Ein Kind (VS2_4) gab gar keine Antwort. Experimentieren wurde 76 Mal als Arbeitsweise von Wissenschaftlern/-innen ausgewählt und am zweithäufigsten (60) wurde das Beobachten markiert. Beschreiben (33), Zeichnen (14) und Ordnen (10) wurden deutlich seltener angekreuzt. Die meisten Schüler/-innen, jedoch weniger als die Hälfte aller Teilnehmer/-innen, gaben nur eine Antwort (31), 24 kreuzten 3 aller Möglichkeiten an und 19 wählten 2 aus. Insgesamt entschieden sich 8 Schüler/-innen, dass 4 der 5 Vorgaben wissenschaftlichem Arbeiten entsprechen.

Wie in Kap. 6.2 angegeben, wurde die Rückseite des Fragebogens nach der Programmdurchführung ausgegeben. Etwas mehr als zwei Drittel der Schüler/-innen (64) gaben an, dass ihnen der Projektkurs sehr gut gefallen habe, dem Rest (22) mittelmäßig und niemandem gefiel es nicht. Ähnliche Ergebnisse zeigt Frage 7 nach der Empfindung des Programmablaufs: 55 Teilnehmer/-innen erachteten ihn als spannend, 28 als mittelmäßig interessant und 2 als langweilig. BORG_18 enthielt sich ihrer Stimme. Ebenso verteilen sich die Angaben bei Frage 8 nach der Verständlichkeit der Inhalte sehr ähnlich: 66 gaben an, dass sie sehr verständlich waren, und für 21 Schüler/-innen wurden sie mittelmäßig verständlich vermittelt. HLW_8 kreuzte sowohl *sehr gut* als auch *mittelmäßig verständlich* an.

Bei Frage 9 zur Ermittlung der Inhalte, die den Teilnehmer/-innen im Gedächtnis blieben, nannten sie am meisten die Methode des Rieselbilds (15) (*Schichten*; *Schichtenkasten*; *Gesteinsschichten*; etc.) (VS3_1; VS3_2; VS3_3; VS3_6; VS4_1; VS4_4; VS4_5; VS4_7; VS4_12; NMS_5; NMS_14; NMS_15; NMS_17; BORG_13; HLW_1) sowie das

Eichhörnchen-Evolutionsspiel (14) (*Eichhörnchen; Spiel mit den Nüssen*) (VS3_4; VS3_5; VS4_5; BORG_1; BORG_5; BORG_6; BORG_7; BORG_11; BORG_14; BORG_15; BORG_17; BORG_18; BORG_21; BORG_23). Das Rieselbild nannten Kinder aller Schultypen, wohingegen das Eichhörnchen-Evolutionsspiel bei jenen der VS und des BORGs im Gedächtnis blieb.

An Gesteine (*Steine; Gesteine*) erinnerten sich 12 Schüler/-innen (VS3_7; VS3_9; VS4_4; VS4_9; NMS_10; NMS_19; BORG_2; BORG_10; BORG_12; BORG_19; HLW_6; HLW_8). Die Antwortvarianten reichten von „Es gibt viele unterschiedliche Steinarten“ (BORG_12), „Es gibt viele verschiedene und besondere Steine“ (BORG_19) über „Gesteine im Museum“ (BORG_2) bis hin zu „Das mit den Steinen“ (NMS_19).

Vulkane oder *Vulkanausbrüche* gaben 6 Teilnehmer/-innen an (VS3_5; VS4_6; NMS_4; NMS_12; HLW_6; HLW_11). Zudem behielten einerseits 6 Schüler/-innen das *Steinesuchen* (VS2_2; VS2_3; VS4_5; NMS_14; NMS_18; BORG_9) und andererseits 5 Schüler/-innen *Fossilien* (NMS_2; BORG_2; BORG_10; BORG_20; HLW_6) im Gedächtnis. 9 Mal wurde auch *Versuch* oder *Experiment* angeführt: „Experiment mit Lava“ (HLW_11), „Dachsteinexperiment“ (VS4_10), „Experiment am Bach“ (VS3_8; VS3_10), „Experiment“ (BORG_16; NMS_11), „Der Versuch (Das Experiment)“ (BORG_8), „Versuch zu Plattenverschiebung“ (HLW_4) und „Der Versuch mit den unterschiedlichen Schichten“ (HLW_1). Auf welche Methode sich die Antworten genau beziehen, ist nicht immer eindeutig.

3 HLW-Schülerinnen (HLW_5; HLW_9; HLW_10) bezogen sich auf das Alter der Erde. Eine von ihnen (HLW_5) antwortete: „Mir ist besonders im Gedächtnis geblieben, dass es die Erde schon viel länger gibt, als ich dachte.“ 6 Schüler/-innen gaben bei Frage 9 keine Antwort (VS2_1; VS2_5; NMS_3; NMS_7; BORG_20; HLW_2).

Als lustig wurde am häufigsten (Frage 10) mit 18 Stimmen das Eichhörnchen-Evolutionsspiel (*Eichhörnchen; Spiel mit den Nüssen; Nuss-Spiel*) (VS3_4; VS3_6; VS3_8; VS3_9; VS4_2; VS4_4; VS4_5; VS4_7; VS4_12; NMS_1; BORG_2; BORG_5; BORG_10; BORG_24; BORG_26; BORG_28; HLW_1; HLW_7) erachtet und 13 weitere Antworten verwiesen generell auf Spiele (VS4_1; VS4_3; VS4_5; BORG_1; BORG_4; BORG_14; BORG_18; BORG_20; BORG_23; BORG_25; HLW_5; HLW_6; HLW_11), z. B.: „Das Sonnenspiel“

(VS4_5), „Das Wumm beim Spiel“ (BORG_1) und „Spiel mit Elektronen und Neutronen“ (HLW_11).

10 Schüler/-innen hielten alles während des Projektkurses für amüsant (VS2_3; VS2_4; VS2_5; VS2_6; VS3_2; VS4_6; NMS_6; BORG_12; BORG_19; HLW_9). In der NMS gaben 7 Schüler/-innen an, dass der lustigste Moment war, als ein Mitschüler bzw. der Junge selbst in den Randobach gefallen war (NMS_2; NMS_8; NMS_11; NMS_15; NMS_16; NMS_16; NMS_17; NMS_19). In allen Schultypen nannten insgesamt 9 Teilnehmer/-innen das *Steinesuchen*, *Steinefinden* bzw. *Steinesammeln* als ihren lustigsten Moment (VS2_2; VS3_10; NMS_5; NMS_7; NMS_10; NMS_14; BORG_9; BORG_26; HLW_1). Die Methode des Ansprechens und Erkennens unterschiedlicher Gesteine, die von den Schülern/-innen in Kunstwerken präsentiert wurden, gaben 5 als besonders unterhaltsam an (NMS_3; NMS_4; HLW_1; HLW_2; HLW_8). Auch Mag. Lantschner als außerinstitutionelle Person (*Magnus*) wurde als lustig empfunden (HLW_2; HLW_3; HLW_9). Der *Vulkan* bzw. der *Vulkanausbruch* bekam 4 Stimmen (VS4_4; VS4_8; VS4_10; NMS_4) und das Rieselbild wurde von 2 Schülern/-innen angeführt (NMS_18, VS4_5). 8 weitere gaben keine Antwort (VS2_1; VS3_1; VS4_9; NMS_13; BORG_8; BORG_21; BORG_27; HLW_4) und 4 antworteten *nein* oder *eher nicht* (VS3_3; BORG_3; BORG_13; BORG_16).

Bei Frage 11 wurde die Interessenssteigerung an der Geologie bzw. Erdgeschichte ermittelt, welche das Ergebnis zeigt, dass 36 Schüler/-innen den Projekttag als sehr, 38 als mittelmäßig und 11 als gar nicht interessensfördernd erachteten. VS3_3 gab gar keine Antwort auf diese Frage.

Ausgehend von den Angaben bei Frage 12 fanden am naturwissenschaftlichen Arbeiten 64 Schüler/-innen großen Gefallen, wohingegen 22 dies nur als durchschnittlich gut wahrnahmen. Anzumerken ist, dass HLW_8 sowohl *ja*, *sehr* als auch *mittelmäßig* ankreuzte und VS2_4 diese Frage nicht beantwortete.

Mit der nächsten, 13. Frage wurde ermittelt, was den Probanden/-innen beim naturwissenschaftlichen Arbeiten besonders gut gefiel. Die Antworten fielen sehr unterschiedlich aus und nahmen nicht nur auf das wissenschaftliche Arbeiten Bezug, sondern generell auf das Programm und 5 HLW-Schülerinnen gaben beispielsweise als Feedback:

„Nicht nur Theorie, sondern auch Versuche und sehr gut dargestellt“ (HLW_4), „Mir haben am besten die verschiedenen Aufgaben gefallen“ (HLW_5), „Dass alles spielerisch gemacht wurde“ (HLW_6), „War sehr interessant & man wurde nicht mit Informationen vollgepflastert, sondern es wurde einem spielerisch und gut erklärt! #Magnus“ (HLW_7) und „Sehr gelungen!“ (HLW_9).

So gaben 13 Schüler/-innen das Eichhörnchen-Evolutionsspiel (VS2_1; VS3_8; VS4_8; NMS_10; BORG_2; BORG_9; BORG_11; BORG_12; BORG_19; BORG_22; BORG_24; BORG_26; BORG_27) und 6 generell Spiele an (VS4_3; VS4_7; BORG_16; BORG_20; BORG_23; BORG_25). 11 Teilnehmer/-innen gefiel alles (VS2_2; VS2_3; VS2_4; VS_5; VS2_6; VS3_5; VS4_11; NMS_3; NMS15; NMS_19; HLW_9). Die Projektmethode des Rieselbilds (*Schichten*; *Schichtenkasten*; *Gesteinsschichten*; etc.) führten 12 Probanden/-innen an (VS3_1; VS3_3; VS3_6; VS4_3; VS4_5; VS4_10; NMS_5; NMS_6; NMS_14; NMS_18; BORG_4; HLW_1).

Unter dem Fokus des naturwissenschaftlichen Arbeitens betrachtet, nannten die Kinder und Jugendlichen verschiedene Methoden, die bei ihnen gut ankamen und ihnen gefielen. Das Steinesammeln (*Steinesuchen*; *Steinesammeln*) wurde mit 13 Nennungen am häufigsten notiert (VS2_1; VS3_8; VS4_8; NMS_10; BORG_2; BORG_9; BORG_11, BORG_12; BORG_19; BORG_22; BORG_24; BORG_26; BORG_27). BORG_2 antwortete „Sammeln der Steine und ordnen“, womit er auch das Ordnen anmerkte. Die Methode des Betrachtens wurde von BORG_28 explizit angeführt: „Das Anschauen der Schneckensteine.“ Laut ihren Angaben gefiel 10 Teilnehmern/-innen das Experimentieren am besten (VS4_1; VS4_8; VS4_12; NMS_1; NMS_6; NMS_11; BORG_18; HLW_1; HLW_4; HLW_6). Auf welchen Versuch sich die Schüler/-innen explizit beziehen, ist wie auch bei Frage 9 nicht bei allen Antworten eindeutig: „Das Experimentieren“ (NMS_1), „Das Experiment am Schluss“ (BORG_18), „Das Experiment“ (NMS_11), „Das Experiment mit dem Schichtenkasten (NMS_6; HLW_1) und „Nicht nur Theorie, sondern auch Versuche“ (HLW_4). Die Arbeit mit Mikroskopen gaben zwei Schüler/-innen an (NMS_17; HLW_8). Neben den genannten naturwissenschaftlichen Methoden *Betrachten*, *Sammeln*, *Ordnen*, *Experimentieren* und *Mikroskopieren* wurde auch das selbstständige Arbeiten hervorgehoben (HLW_10; HLW_11).

In Summe würden 48 Schüler/-innen den Kurs sicher weiterempfehlen, 30 sind sich unsicher und nur 8 Teilnehmer/-innen möchten dies nicht tun. HLW_11 gab keine Antwort, dafür kreuzte NMS_7 sowohl *vielleicht* als auch *nein* an.

6.3 Ergebnisse der Interviews

Die sechs Pädagogen/-innen, die die Lernenden zu den Exkursionen begleiteten, wurden zeitnah zum Projektkurs interviewt. Es nahmen zwei VS-Lehrerinnen (L1 und L2), zwei NMS-Lehrer/-innen (L3 und L4), ein HLW-Geographielehrer (L5) sowie ein BORG-Geographielehrer (L6) teil. L3 und L4 unterrichteten gemeinsam eine Klasse im Teamteaching, die anderen lehren im traditionellen Sinne als Einzelperson. Interessant ist, dass die Information zur Teilnahme am Projekt von der Direktion auch an Fachlehrer/-innen der Geographie weitergegeben wurde, obwohl sich der Fokus des WKPPs speziell auf den Biologieunterricht richtete. Im Anhang sind die redigierten Interviews nachzulesen. Die Aussagen wurden nach den Themenblöcken *Feedback*, *Praxisnähe und Handlungsorientierung*, *naturwissenschaftliches Arbeiten im WKPP*, *naturwissenschaftliches Arbeiten im Regelunterricht*, *Lehrplanbezug*, *WKPP-Nachbesprechung* und *Wissenschaftserkenntnisse und -methoden kommunizieren* gegliedert.

6.3.1 Feedback

Ausschlaggebend für die Teilnahme am WKPP war laut den Lehrpersonen stets Dr. Seewald (L1 11-15; L2 11-15; L3 8, 10-12; L4 11-14; L5 13; L6 8-9). L1 und L2 arbeiteten zuvor bereits mit Dr. Seewald zusammen, da er regelmäßig an ihrer Schule Unterrichtseinheiten zu „verschiedene(n) Themen zur Biologie und Geologie (L1 12-13)“ hält, was sie als „sehr interessant und für die Kinder (als) gewinnbringend (L2 15)“ erachten. Die Erwartungen der Lehrpersonen waren unterschiedlich. L2 und L4 waren skeptisch, ob die Thematik altersgerecht, verständlich und didaktisch gut umgesetzt werden kann. Sowohl L2 als auch L4 waren letztendlich positiv vom WKPP überrascht und meinten, dass sich bereits ein Lernerfolg bei den Lernenden eingestellt habe (L2 32-35; L4 28-34). L3 hatte „es (sich) eigentlich theoretischer vorgestellt (L3 12-13)“ und auch ihre Erwartungen wurden „positiv übertroffen (L3 18)“. L6 hatte nicht sofort an die Vermittlung evolutionärer Aspekte und den Biologieunterricht gedacht, da Erdgeschichte „ein sehr groß gefasster Begriff (L6 13)“ sei,

aber letztendlich war er „positiv überrascht worden (L6 17)“, wie das WKPP umgesetzt wurde. Die Vorstellungen von L1 und L5 wurden erfüllt (L1 23-27; L5 15-18).

L1 und L2 beurteilten die Rückmeldung der Schüler/-innen sehr positiv (L1 122-124; L2 57-58). „Die Kinder waren sehr begeistert (L1 123-124).“ Die Kinder von L2 arbeiteten mit großer Begeisterung mit, soweit sie dies beobachten konnte. Besonders durch die Spiele bzw. durch den spielerischen Zugang zogen L2 zufolge die Schüler/-innen ihren Nutzen und konnten sich somit leichter in die Thematik einfinden (L2 36-45). Nicht nur die Kinder, sondern auch die Lehrpersonen waren begeistert und empfanden den Projektkurs als gelungen und interessant (L2 174-176, 193-194; L3 136). L4 war ursprünglich sehr skeptisch, sah aber mit Fortschreiten des Veranstaltungstages zunehmende Freude und Steigerung der Motivation bei seinen Schülern/-innen. Dies wurde für ihn offensichtlich, als die Kinder gesammelte Steine mit fossilen Abdrücken und Einschlüssen mitnahmen, aber auch am Ende der Veranstaltung nicht nach Hause fahren wollten (L4 32-34, 188-190, 215-220).

Weiterempfehlen würden den Projektkurs L2, L3, L4, L5 und L6 (L2 39-45, 174-176, 194-201; L3 111-115; L4 195-196, 198-199; L5 130-133, 138; L6 101-102). L2 empfahl den Kurs nicht nur Lehrerkollegen/-innen der eigenen Schule, sondern auch externen Lehrkräften (L2 194-201). L1 und L4 bemerkten bei ihren Schülern/-innen eine Steigerung des Interesses (L1 128-132; L4 39-40), L2 sogar bei sich selbst (L2 131-135). In Mag. Lantschner sahen die Pädagogen/-innen L2 und L4 den maßgebenden Grund für die positiven Reaktionen der Schüler/-innen (L2 41-45; L4 32-34, 134-142).

Kritik übten L1, L4 und L5. L1 empfand die Thematik zu anspruchsvoll, L4 kritisierte die Einführung und Verwendung zu vieler Fachausdrücke und L5 monierte, es seien Vorkenntnisse nötig, um dem Programm überhaupt folgen zu können (L1 59-61; L4 53-59; L5 41-45).

Anregung für den eigenen Unterricht sahen L5 und L6 gegeben (L5 76-79; L6 64-66). L3 und L5 tendierten aufgrund des WKPPs, die geologische Besonderheit der Region mehr zu nutzen (L3 66-72, L5 103-107).

6.3.2 Praxisnähe und Handlungsorientierung im WKPP

Fünf von sechs Lehrer/-innen sahen die Praxisnähe und die Ausrichtung auf selbstständiges Handeln als besonders lehrreich (L1 34-35, 53-54, 56-59; L2 35-36, 51-55; L3 13-14; L4 20-25; L5 22-24, 35-37). L1 erachtete das Einbinden von Schülern/-innen als positiv, jedoch kritisierte sie, dass aufgrund der lebhaften Natur ihrer Schüler/-innen die Vermittlung der Wissensinhalte erst während der Umsetzung der WKPP-Methoden nicht sinnvoll sei, weshalb sie empfähle, den Kindern zuvor einen theoretischen Input zu geben und sie erst im Anschluss daran selbstbestimmt agieren zu lassen (L1 53-57). Die selbstständige Tätigkeit mit der gleichzeitig allumfassenden Sinneserfahrung schätzte L1 generell als sehr effizient ein (L1 57-59).

L2 hob die handlungsorientierte, praxis- und lebensnahe Aufbereitung hervor. Dabei fasste sie das geforderte Mitwirken bei den angewendeten Methoden als besonders positiv auf (L2 34-36, 51-52).

Ebenfalls begeistert war L3 von der Mitarbeit ihrer Schüler/-innen (L3 13-14). L4 stellte bereits zu Beginn fest, dass die körperliche und handlungsorientierte Beschäftigung seiner lebhaften Lernenden an der frischen Luft zu einem reibungsloseren Ablauf verhalf. Die Einbindung haptischer Erfahrungen sah L4 als wertvoll und anregend an, denn „das Theoretische ist nicht das, was ihnen liegt (L4 25)“ (L4 18-23; 40). Zudem merkte L4 an, er habe vor, die didaktische Herangehensweise von Mag. Lantschner zukünftig umzusetzen, weil es unkompliziert sei, „Kindern mit einer Handvoll Anschaulichem, etwas (zu) zeigen (L4 135-136)“, worüber er selbst im Unterricht endlos referieren könne, ohne dass es bei den Lernenden ankäme (L4 134-137). Dem entsprach auch die Ansicht von L5, da auch er anführte, dass sich Jugendliche die zu vermittelnden Inhalte leichter aneignen, wenn diese praxisnah verständlich gemacht werden (L5 35-37).

6.3.3 Naturwissenschaftliches Arbeiten im WKPP

Die Lehrpersonen sahen durchwegs naturwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen gegeben (L1 32-35; L2 52-55; L3 23-25; L4 39-46, 110-114; L5 28-30; L6 23-40). Angeführt wurden die Steinsuche und Fossilsuche von L1, L2 und L4 (L1 32; L2 52; L4 42-43). Das Mikroskopieren wurde von L3 und L4 genannt (L3 23; L4 39).

Bei der Deep-Time-Zeitschnur wurden von L3, L4, L5 und L6 naturwissenschaftliche Tätigkeiten erkannt (L3 23-24; L4 110-112; L5 28-29; L6 29), die nicht dezidiert angeführt wurden. Das Rieselbild wurde von L5 und L6 unter der Bezeichnung Schaukasten angeführt (L5 29-30; L6 27-28). Zudem gaben L4 und L6 die im WKPP umgesetzte Methode *Unterschiedliche Gesteine ansprechen und erkennen* an, welche das Ordnen impliziert (L4 40-42; L6 24-27).

Der spielerisch vermittelnde Aspekt bei der Umsetzung wissenschaftlicher Arbeitsweisen wurde von den Lehrpersonen L2 und L6 als ebenfalls positiv erachtet (L2 55-57; L6 28).

6.3.4 Naturwissenschaftliches Arbeiten im Regelunterricht

Beide VS-Lehrerinnen arbeiten in der gleichen VS, in der laut ihren Angaben das Konzept der Freiarbeit in drei Bereichen angewendet wird: Im Forscher-, Mathematik- und Sprachraum haben die Kinder, je nachdem in welchem Bereich sie eingeteilt sind, die Möglichkeit, aus dem zur Verfügung stehenden Material zu wählen, was sie selbstständig und handlungsorientiert erlernen und umsetzen wollen (L1 70-80, 82-85, 90-92, 95-97, 108-113; L2 90-100, 104-113, 117-123, 147-155). Die Themenbereiche umfassen neben „Pflanzen, Heimatkunde, die Entwicklung des Menschen und Astronomie (L2 93-94)“ auch die Erdgeschichte. Überdies steht den Lernenden ein Experimentierbereich zur Verfügung, „wo sich die Kinder mit zum Beispiel Magnetismus oder mit dem Thema Wasser auseinandersetzen, (...) sich die Kinder einfach vertiefen (...) und selber forschen und experimentieren können (L2 95-97)“. L2 ist es dabei sehr wichtig, dass die Schüler/-innen interessenorientiert wählen und arbeiten können, da sie darin eine höhere Effizienz sowie einen größeren Lerneffekt sieht (L2 111-113).

Die Deep-Time-Zeitschnur, die im WKPP angewendet wurde, ist bereits im Forscherraum der VS inkludiert. Diese entspricht aber der Variante von Montessori (L2 117-121). Beide Lehrkräfte erwähnen, dass sich die Freiarbeitsräume am Montessori-Prinzip orientieren (L1 110-113; L2 117). L1 und L2 führen an, dass die Experimente verschiedene Themenbereiche abdecken: Magnetismus, Mechanik, Luft, Wasser und Masse (L1 95; L2 153-155). Experimente zu Gesteinen gäbe es laut L1 nicht, aber das Thema käme trotzdem

bei den geologischen Freiarbeitsthemen im Forscherraum vor, was von L2 bestätigt wurde (L1 96, 108-110; L2 121-122, 147-153, 161-162).

In der NMS wird in der sogenannten Lernschiene, eine besondere Form der Freiarbeit, gearbeitet, bei der den Schülern/-innen sechs Stunden pro Woche freistehen, in denen sie Inhalte der Fächer Geographie, Biologie, Deutsch, Englisch, Religion und Mathematik wählen und selbstständig erlernen sollen (L3 37-43). Ab der dritten NMS-Stufe bestehe für die Jugendlichen zudem die Möglichkeit, Interessensfächer zu wählen, in denen sie Themengebiete, für die sie sich begeistern, vertiefen können. In diesem Rahmen fände sich dann in den Unterrichtsfächern Biologie und Umweltkunde wie auch Physik die Zeit, beispielsweise Experimente durchzuführen (L3 45-47; L4 81-82, 161-163). Laut Angaben von L4 bestehe in der ersten und zweiten Klasse NMS im UF Biologie und Umweltkunde keine Möglichkeit zu experimentieren, da die schulinternen Kapazitäten zum wissenschaftlichen Arbeiten nicht ausreichen (L4 80-89). Bei der Nachfrage, ob der Unterricht andere naturwissenschaftliche Methoden, wie beispielsweise Beobachten, Ordnen oder Vergleichen, beinhalte, merkte L4 an, dass für ihn Wissenschaft einen anderen Wert habe und es für ihn neu sei, Ordnen und Strukturieren als wissenschaftliches Arbeiten bezeichnen zu können (L4 99-102). Auf die Nachfrage und Nennung naturwissenschaftlicher Methoden führte L3 hingegen an, dass sie beispielsweise im Herbst Blätter sammeln, diese abmalen oder auch Blumen in der Klasse hätten, die sie beobachten. Jedoch beträfe diese Methodenanwendung im Fall von L3 den Zeichenunterricht (L3 51-53).

Obwohl laut L5 kaum Möglichkeiten im Geographieunterricht zum naturwissenschaftlichen Arbeiten gegeben seien, versuche er diesbezügliche Methoden anzuwenden und in den Unterrichtsalltag einfließen zu lassen. Als einen dieser Bereiche nannte L5 die Plattentektonik, wo die Schüler/-innen „versuchen, anhand von kleinen Puzzles zu erarbeiten und praktisch zu erfahren, wie sie {die Kontinente} zusammenpassen (L5 66-68)“. Er merkte an, dass der Biologieunterricht seiner Kollegen/-innen mehr Raum zur Umsetzung naturwissenschaftlichen Arbeitens biete (L5 48-52, 55-56, 61-64, 66-68, 72-74). Die Themen des WKPP und Geologie sind Teil der Unterrichtsplanung und -gestaltung im UF Geographie, die mit dem Einbauen von „Gesteinsproben, Fossilien, Schnecken, Proben von vulkanischem Gestein, metamorphen Gestein, Konglomeraten und Breckzien (L5 96-97)“ von L5 vermittelt werden.

L6 legt mehr Wert darauf, auf dem aktuellen Stand zu bleiben und die neuesten Erkenntnisse in den Unterricht einzubauen, welcher auch naturwissenschaftliche Arbeitsweisen beinhalte. Beispielsweise wende L6 das Ordnen an (L6 45-49, 50-53, 55-60).

6.3.5 Lehrplanbezug

In der Volksschule seien die geologischen und erdgeschichtlichen Inhalte des WKPPs im Lehrplan laut L2 nur in geringem Ausmaß verankert, vielmehr liege der Fokus auf der Vermittlung vom Verständnis über Zusammenhänge. Jedoch schreibe der Lehrplan Heimatkunde auch aus einem geologisch-geographischen Aspekt vor (L2 159-166).

In der NMS bestehe nach Angaben von L3 und L4 mit Sicherheit ein Bezug zum Lehrplan (L3 95; L4 145-149). L3 sah jedoch mehr Relationen im Lehrplan der zweiten Klasse NMS (L3 95), L4 hingegen stellte fest, dass die Geologie bereits ab der ersten Klasse NMS gelehrt werden solle. Insbesondere die Erdzeitalter sowie die zeitlichen Verhältnisse und Dimensionen stehen hierzu laut L4 im Vordergrund. Deshalb unterrichte er zwar die Inhalte, reduziere sie jedoch auf ein Minimum (L4 145-149, 121-127). Unter anderem liege das an einer generellen, schulinternen Umstrukturierung des Stundenplans, welche zu Kürzungen der Stundentafel im UF Biologie und Umweltkunde geführt hatte (L4 153-168).

L5 zufolge sei im UF Geographie „die Berechtigung (...) sicher aufgrund des Lehrplans vorhanden (L5 113-114)“. Bei der Umsetzung im eigenen Unterricht liege die Wahl des Fokus bei ihm selbst, weshalb er frei entscheiden könne, ob er „vom Sonnensystem ausgehe oder schon etwas konkreter von der Entstehung der Erdoberfläche, von der Abkühlung, Konvektionsströmen, Plattentektonik [oder] Gesteinsbildung (L5 111-112)“ (L5 110-114).

Der Lehrplan des UF Geographie gebe ebenfalls nach L6 die Legitimation für die Teilnahme am WKPP (L6 83-87). Er meinte, dass „Erdgeschichte (...) nicht nur in der Biologie wichtig [sei], sondern auch in anderen Fächern (L6 73-74)“.

6.3.6 Nachbesprechung des WKPPs im Unterricht

Alle am WKPP teilgenommenen Lehrkräfte sahen eine Nachbesprechung zur Klärung von Fragen und zur Einholung von Feedback als essenziell an (L1 121-122;

L2 125-128, 176-179, 182-188; L3 100-104; L4 179-184, 187-188, 190-192; L5 120-125; L6 94-98). L5 wollte durch die gemeinsame Wiederholung ohne Prüfungscharakter eruieren, ob die Themen des WKPPs für die Schülerinnen persönlich relevant seien und anhand dessen die Unterrichtsplanung und -gestaltung der darauffolgenden Stunden anpassen (L5 120-125). L2 hob hervor, die Nachbesprechung in Ruhe ohne das Spielerische umzusetzen. Dazu wird sie eine reflektierende Diskussion zur Klärung aller angefallenen Fragen nutzen (L2 182-188). L1 war es „wichtig, dass sich die Kinder (...) Wissen mitnehmen [und] nicht nur das Lustige merken (L1 124-126)“.

L4 plante eine Nachbesprechung im Unterricht und zudem eine Konsultation von Dr. Seewald als Experte auf diesem Gebiet, welcher sich nach Angaben von L3 und L4 bereit erklärt hatte, gemeinsam mit den Schülern/-innen das WKPP und dessen Inhalte aufzuarbeiten (L3 89-92, 117-122; L4 171-176, 181-184, 187-188, 190-192). Diesen Plan verfolgte auch L2 (L2 180-182).

Eine fächerübergreifende Nachbereitung stellte sich L3 vor, indem sie die Teilnahme am WKPP in Deutsch und in Zeichnen aufgreifen und in den Unterricht einfließen lassen wolle (L3 100-104).

6.3.7 Wissenschaftserkenntnisse und –methoden kommunizieren

Wissenschaftliche Erkenntnisse wie auch die Vermittlung ihrer Methoden sahen alle Lehrpersonen als wichtig und förderlich an. Insbesondere die spielerische und altersadäquate Aufbereitung war bei den Lehrkräften positiv in Erinnerung geblieben (L1 64-67; L2 15-17, 66-73, 82-85, 132-135, 137-140; L3 29-30, 33; L4 52-53, 57-58, 63-69; L5 34-37; L6 17-19, 34-35, 37-39, 42).

L1 erachtete bereits in der VS die Aufbereitung von neuen Theorien und neuen Ergebnissen wie auch generell die Umsetzung der Arbeitsschritte, die in einem solchen Erkenntnisprozess angewendet werden, als relevant (L1 64-67). L2 betrachtete dies ähnlich wie L1, merkte aber explizit die Konsultation von Experten/-innen an. In diesem Vorhaben sah L2 nicht nur positive Auswirkungen für die Schüler/-innen, sondern auch für die Lehrperson selbst, die durch die außerinstitutionellen Spezialisten/-innen leichter auf dem neusten Stand bleiben

könne. Obwohl Lehrer/-innen Wissenschaftserkenntnisse und -methoden ebenfalls in ihren Unterricht integrieren, vermitteln laut L2 Experten/-innen diese effizienter. Sie meinte zudem, Wissenschaftler/-innen wenden diese Methoden tatsächlich in einem wissenschaftlichen Kontext an, weshalb sie das Zuziehen eines/-r Experten/-in postulierte (L2 15-17, 66-73, 82-85, 132-135, 137-140).

L3 betrachtete ein frühes Kennenlernen und den Umgang der Jugendlichen mit der Wissenschaft als Basis für spätere, den beruflichen Werdegang betreffende Entscheidungen. Dennoch erachtete sie die Umsetzung nur in einem kleinen Rahmen als notwendig (L3 29-30, 33). Ebenso vertrat L4 die Meinung, dass die Schule oder solche Veranstaltungen primär dazu dienen sollten, die Neugierde der Lernenden zu wecken. Er fasste den frühen Konnex mit der Wissenschaft als wichtig auf, dennoch sollen Fachausdrücke nur bedingt bei Schülern/-innen der NMS zum Einsatz kommen (L4 55-57, 63-69). Eine signifikante und adäquate Vermittlung wissenschaftlicher Theorien und Erkenntnisse betonte L6 und mahnte, dass die Schule nicht der Ort sei, universitäre Inhalte zu präsentieren, da die Institution Schule für Kinder und Jugendliche und nicht für Erwachsene konzipiert sei (L6 34-42).

7. Diskussion

Anhand der Informationen der gesammelten Daten, die mithilfe der aufbereiteten bildungs- und fachdidaktischen Literatur analysiert wurden, werden die beiden Forschungsfragen in diesem Kapitel beantwortet. Diesbezüglich wird naturwissenschaftliches Arbeiten im Rahmen des WKPPs bewertet, Rußbach am Pass Gschütt als außerschulischer Lernort und die Inhalte des WKPPs hinsichtlich ihrer Relevanz für Schüler/-innen beurteilt.

7.1 Naturwissenschaftliches Arbeiten im WKPP

Das WKPP impliziert die Kommunikation von Wissenschaft. Diesem Anspruch wurde das Projekt insofern gerecht, da im Rahmen dessen die naturwissenschaftlichen Methoden und Arbeitsweisen Betrachten, Beobachten, Sammeln, Ordnen, Beschreiben, Experimentieren sowie das Erlernen physikalischer Fertigkeiten und Mikroskopieren umgesetzt wurden. Lediglich Zeichnen, Darstellen, Klassifizieren und Vergleichen wurden während der Veranstaltung nicht verwendet. Ordnen, Sammeln wie auch Beobachten und Betrachten kamen am häufigsten zum Einsatz. Zudem sind diese Methoden relativ einfach umsetzbar und bereits Kindergartenkinder können sie anwenden (vgl. Gega & Peters: 80-86). Von den Schülern/-innen wurde das Ordnen im Rahmen des WKPPs mit Abstand am häufigsten gefordert. Paradoxerweise schenken weder Lernende noch Lehrkräfte dem Ordnen von Objekten die Beachtung, die ihm als elementare wissenschaftliche Methode in seiner Einfachheit gebührt.

Bereits bei der Evaluation des Vorwissens zeigte das Resultat, dass Kindern und Jugendlichen nicht unbedingt bewusst ist, dass Wissenschaftler/-innen auch ordnen und klassifizieren, jedoch assoziieren sie das Experimentieren mit deren Tätigkeit. Dieses Ergebnis ist nicht sonderlich überraschend, da die Lehrkräfte primär nur das Durchführen von Experimenten von sich aus als wissenschaftlich bewerten. Eventuell wäre es von Vorteil, bereits in der Ausbildung von Pädagogen/-innen die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen per se und deren leichte Anwendung deutlicher in deren Bewusstsein zu rücken.

Generell zeigen die gewonnenen Daten, dass das naturwissenschaftliche Arbeiten im WKPP sehr großen Zuspruch bei den Lernenden fand. Grundsätzlich besteht bei Schülern/-innen ein reges Interesse am Forschen und Erkunden, was die Ergebnisse aller angewendeten

Forschungsmethoden bestätigen. In Bezug auf das WKPP sind den Lehrkräften verschiedene WKPP-Methoden in Erinnerung geblieben, bei denen wissenschaftlich agiert wurde, auch wenn die naturwissenschaftliche Arbeit dabei nicht explizit erkannt wurde.

Die Ergebnisse des Fragebogens sind im Hinblick auf die Anzahl der Nennungen zu den wissenschaftlichen Methoden nur bedingt repräsentativ, da erstens nur in der zweiten WKPP-Durchführungswoche der Fragebogen ausgegeben wurde und andererseits die Frage offen gestellt war. Auch ihre Formulierung lässt Interpretationsspielraum, was sich erst bei der Auswertung bemerkbar machte. Zudem hätte eventuell ein konkreteres Ergebnis erzielt werden können, wenn es sich um eine geschlossene Fragestellung gehandelt hätte.

Interessant sind die Ergebnisse insofern trotzdem, da die Schüler/-innen auch ohne die Nennung eines präferierten Versuches das Experimentieren in positiver Erinnerung behielten.

Werden die Antworten der Frage nach dem Gefallen am naturwissenschaftlichen Arbeiten genauer betrachtet, muss hinterfragt werden, warum relativ viele Kinder und Jugendliche Spiele – insbesondere das Eichhörnchen-Evolutionsspiel – zur Antwort gaben. Dieses und auch die meisten anderen Spiele beinhalten weder wissenschaftliche Methoden noch führen sie dazu hin. Eine Ausnahme stellt lediglich das C14-Datierungs-Spiel dar, welches aber nur einmal erwähnt wurde. Ausgehend von einer methodisch-wissenschaftlichen Betrachtung sind die Spiele selbstverständlich nicht als solche zu verstehen. Dennoch kann die spielerische Herangehensweise an theoretisch-komplexe Themen einen positiven Effekt auf die Verständnisgewinnung der Lernenden haben, wie das auch von Lehrpersonen als positiv hervorgehoben wurde.

Bereits in den Lehrplänen des Sachunterrichts in den Grundstufen I und II der VS finden sich konkrete Anweisungen wissenschaftliche Inhalte und Praktiken zu vermitteln, welche natürlich über die gesamte Schullaufbahn hinweg in den Unterricht einfließen sollen. Das WKPP fördert genau diese Kompetenzen, jedoch sollte während der Durchführung der Fokus der Schüler/-innen auf die explizite Methode gelenkt werden. Dabei sollte auch verdeutlicht werden, welche Methode gerade angewendet wird und warum, damit den Lernenden im Bewusstsein bleibt, weshalb sie was gerade machen.

7.2 Rußbach als außerschulischer Lernort

Die lern- und erfahrungsräumlichen Möglichkeiten, die der Ort Rußbach inmitten der fossilreichen Gosau-Gruppe bietet, sind bemerkenswert, weshalb sich die Umsetzung eines erdgeschichtlich ausgerichteten Projekts als durchaus förderlich erweist. Wird der Ort Rußbach als außerschulischer Lernort betrachtet, stehen sowohl natürliche Flächen als auch örtlich-architektonische Strukturen für die Umsetzung der WKPP-Methoden zur Verfügung. Dank der Kontakte von Dr. Seewald im Ort Rußbach konnte beispielsweise der Pfarrsaal während der Veranstaltungstage genutzt werden.

Die Natur als Lern- und Erfahrungsraum und die didaktischen Methoden des WKPP-Programms boten den Kindern und Jugendlichen die Möglichkeit, induktiv arbeiten zu können. Anschaulich wurde diese Vorgehensweise beispielsweise beim Experiment zur Konvektionsströmung oder auch als die Lernenden beauftragt wurden, Steine zu sammeln und diese zu kategorisieren. Die Schüler/-innen zogen ihre Lernerfolge dabei aus ihrer individuellen Erfahrung und konnten sich dem eigenständigen Erkunden widmen. Wie Leuthold anführt, gilt das Lernen in der Natur generell als anregend für Kinder, da sie dadurch positive Relationen mit der vermittelten Thematik entwickeln (vgl. Leuthold 2014: 53).

Während der Umsetzung des WKPPs konnte ein erlebnisreicher, aktiver und spielerisch-pädagogischer Zugang beobachtet werden, der als typisch für die Wissensvermittlung an außerschulischen Lernorten zu vermerken ist. Nach Deinet & Derecik (2016: 17) ist es wichtig, dass Inhalte an einem naturnahen Standort spielerisch und empathisch weitergegeben werden. Durch die individuelle methodische Gestaltungsmöglichkeit bei der Umsetzung der Programminhalte kann das Projekt auch in Zukunft lernenden- und altersgerecht abgehalten werden. Außerdem besteht aufgrund des geplanten Weiterbestehens der Umsetzung der WKPP-Inhalte in Rußbach auch weiterhin die Möglichkeit der Kooperation von Schulen mit Dr. Seewald als schulfremder Experte, wie das für außerschulische Lernorte obligatorisch ist (vgl. Klein 2015: 23). Zudem war er aus Sicht der Pädagogen/-innen immer für die Teilnahme primär ausschlaggebend, da ohne ihn die Schulen nichts von der Teilnahmemöglichkeit gewusst hätten. Diese beiden Gründe bestätigen, dass es sinnvoll ist, dass die Betrauung für das Fortbestehen in der Verantwortung von Dr. Seewald bleibt.

Die Teilnahme von Geographielehrern/-innen war grundsätzlich nicht vorgesehen, aber da eine kausale Verknüpfung zwischen außerschulischem Lernen wie auch dem „Potenzial zur Überwindung von Fächergrenzen (Erhorn & Schwier 2016: 8)“ als gegeben erachtet wird, kann das Projektprogramm in Rußbach weiterhin auch im Rahmen des UF Geographie und Wirtschaftskunde konsultiert werden.

Die Lehrpersonen gaben an, dass sie die Inhalte gerne in ihrem eigenen folgenden Unterricht aufbereiten und wiederholen wollen, jedoch ohne das Abhalten von Tests. Auch während der Veranstaltung gab es keine instruierten Prüfungssituationen, damit die Lernfreude nicht gehemmt und das unbewusste Lernen angeregt wurde (vgl. Erhorn & Schwier 2016: 7f.). Erhorn und Schwier (2016: 7f.) führen zudem die finanzielle Belastung von Veranstaltungen an außerschulischen Lernorten an, die durch die Förderung des FWF für die Schulen sehr gering gehalten werden konnte. Auch bei der zukünftigen Realisierung sollen die teilnehmenden Schulen von den finanziellen Kooperationen mit den umliegenden Orten profitieren.

7.3 Relevanz des WKPPs und dessen Inhalte für Lernende

Aktuelle Erkenntnisse der Naturwissenschaften sollen von Pädagogen/-innen stets in den Unterricht einfließen, was laut Labbude und Möller (2012: 23f) sowohl fundiertes Fachwissen als auch kreative, altersadäquate Umsetzung erfordert. Die Vermittlung des neuesten Stands der Forschung sowie die Anwendung der Methoden können, wie das auch von L2 angemerkt wurde, durchaus von Experten/-innen übernommen werden. Dadurch wird nicht nur der Unterricht bereichert, sondern es profitieren auch Lehrkräfte davon, da sie dadurch ihr eigenes Wissen erweitern können. Natürlich muss dabei auch immer die Qualität der Vermittlungsfähigkeit der Spezialisten/-innen in Betracht gezogen werden (vgl. Klein 2015: 23). Die Ergebnisse zeigen eine stark personengebundene Affinität, nachdem Mag. Lantschner von den Schülern/-innen und von den Lehrkräften mehrfach lobend erwähnt wurde. Allerdings findet die Umsetzung in Zukunft ohne ihn statt, dafür wird die Veranstaltung von Dr. Seewald fortgeführt. Aufgrund der essenziellen Betrachtung von einigen Lehrkräften auch zukünftig mit Dr. Seewald zusammenzuarbeiten, erweist sich die Übertragung der Verantwortung für das Fortbestehen der Veranstaltung auf ihn als sinnvoll. Er kann als Experte mit sowohl fachlicher als auch didaktischer Kompetenz die WKPP-Themen schüler/-innengerecht aufbereiten.

Die Aktualität der Inhalte des WKPPs wird durch das zugrundeliegende Forschungsprojekt *Campanian Orbital Cyclostratigraphy - CampOC* unter der Leitung von Prof. Wagreich wie auch durch die dank der Bemühungen von Dr. Seewald zum Naturdenkmal ernannte Schneckenwand begründet. Die Schneckenwand spielte auch im WKPP eine besondere Rolle. Dank dieser und umliegender fossilreicher Schichten der Gosau-Gruppe gilt der Rando-Bach, der im Rahmen des Projektkurses eine zentrale Bedeutung spielte, als weltbekannte Fundstelle von Abdrücken oder Einschlüssen fossiler *Trochactaeon* und anderen paläontologischen Funden, wie beispielsweise Korallen.

Da die Begeisterung der Pädagogen/-innen am Thema als förderlich für die Motivation der Schüler/-innen betrachtet wird, war es gut, dass die meisten Lehrer/-innen selbst Interesse an der Geologie und Region zeigten. Selbstständiges Arbeiten ist nach Leuthold (2014: 54f) im Freiland mitentscheidend, um den Lernenden die Sinnhaftigkeit der Aufgaben und die reale Bedeutung für die Gesellschaft, die Wissenschaft und auch sie selbst zu verdeutlichen (vgl. Leuthold 54f). Die interviewten Lehrer/-innen sahen zum Großteil, dass die Anregung durch die Programminhalte zum praxisnahen und selbstständigen Handeln für ihre Schüler/-innen einen großen Nutzen hatte. Auch die Lernenden selbst gaben zum Teil das handlungsorientierte Mitwirken als wertvoll und erinnerungswürdig an. Kritisch sah nur L1 die energetische, unruhige und unaufmerksame Verhaltensweise ihrer Volksschulkinder, weshalb sie sich mehr theoretischen Input vor der Ausführung gewünscht hätte. Das entspricht wiederum der Theorie, die eine Balance zwischen fachlichen Beiträgen und aktiven, handlungsorientierten Anlässen sieht (vgl. Hesske, et. al 2014: 109). Außerdem stellt außerschulisches Lernen den Anspruch, die Inhalte erlebnisorientiert, forschend-endeckend und altersgerecht zu vermitteln, was im Zuge des WKPPs von Mag. Lantschner laut Schülern/-innen, Lehrern/-innen und anhand der Beobachtungen gut umgesetzt wurde (vgl. Hesske, et. al 2014: 109). Neben dem Rieselbild und dem dazugehörigen Vulkanausbruch gefiel den Schülern/-innen insbesondere der spielerische Zugang besonders gut. Das Eichhörnchen-Evolutionsspiel stellte die absolute Hauptattraktion des gesamten WKPPs dar und wurde von allen teilnehmenden Personen als besonders positiv angeführt.

Die Teilnahme am Projekt lässt sich laut Schulunterrichtsgesetz durch „die Ergänzung des lehrplanmäßigen Unterrichtes durch unmittelbaren und anschaulichen Kontakt zum wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und kulturellen Leben (SchUG § 13)“ begründen. Denn das WKPP zeigte die wissenschaftliche Arbeitsweise von Geologen und bereitete sowohl

geologische als auch biologische Grundkenntnisse für Schüler/-innen verständlich und spielerisch auf.

Im Lehrplan ist die Vermittlung der WKPP-Inhalte fundiert. Dies zeigt die Analyse des Lehrplans wie auch die der Lehrer/-innen, die sowohl im UF Biologie und Umweltkunde als auch Geographie den Lehrplanbezug als gegeben sahen. Die Landschaftsstruktur Österreichs ist vielfältig und die Orogenese trug insbesondere zu den österreichischen Natur- und Kulturlandschaften bei. Mithilfe des FWF-Projekts und des WKPPs in der Gosau- und Dachsteinregion konnte anschaulich und standortbezogen den Lernenden vermittelt werden, welche Erkenntnisse uns die geologischen Gegebenheiten Österreichs liefern und welche (Rück-)Schlüsse aus erdgeschichtlichen Ereignissen gezogen werden können. Beispielsweise zeigt die Darstellung der Methode der Deep-Time-Schnur die evolutionsgeschichtliche Entwicklung und bereitet das Thema Evolution für alle Schulstufen verständlich und anschaulich auf. Doch nicht nur die inhaltlichen Komponenten des WKPPs rechtfertigen die Teilnahme am Projektkurs, sondern auch die vermittelten und praktizierten naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen.

Die bemerkenswerte und einmalige geologische Struktur sowie die fossilen Vorkommnisse des Standorts Rußbach und Umgebung sind prädestiniert für die Umsetzung eines erdgeschichtlichen Projekts. Nicht nur für Schüler/-innen der Region, sondern auch für Schulen aus ganz Österreich stellt Rußbach inmitten der Gosau-Gruppe und in unmittelbarer Nähe zur Schneckenwand eine einzigartige Besonderheit dar. Bisher nahmen nur Schulen aus einer Entfernung von maximal 45 Kilometer teil, was natürlich einerseits durch die heimatkundliche Relevanz und andererseits durch den Bezug zur Schneckenwand, welche in der Gosauregion eigentlich allen Personen ein Begriff ist, sehr gut geeignet ist. Allerdings sollten der Projektkurs auch österreichweit an Schulen publik gemacht und Lehrpersonen wie auch Direktoren/-innen zumindest auf die optionale Teilnahmemöglichkeit hingewiesen werden.

8. Fazit und Ausblick

Am WKPP nahmen sowohl Schüler/-innen als auch Lehrkräfte mit Freude und Begeisterung teil, weshalb die zukünftige Umsetzung der Projektinhalte und das Fortbestehen des Projektprogramms als sinnvoll erachtet werden. Die Projektmethoden sind förderlich, den Lernenden die komplexe, alltagsrelevante Thematik verständlich zu machen. Besonders der spielerische Aspekt der Veranstaltung bietet neben der Anwendung naturwissenschaftlicher Methoden einen lehrplanbezogenen und geeigneten Rahmen, um Wissen im außerschulischen Kontext zu vermitteln. Generell stellt Rußbach durch seine vielfältigen räumlichen Möglichkeiten einen sehr gut geeigneten außerschulischen Lernort dar. Das Weiterbestehen wurde in die Hände von Dr. Seewald gelegt, wo es aufgrund seines Engagements und seiner Funktion sicherlich gut aufgehoben ist.

Die Ergebnisse dieser Arbeit könnten als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen dienen. Zum einen könnten naturwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen sowohl den Schülern/-innen durch exakte Deklaration dieser bewusster gemacht werden als auch präziser zum Einsatz kommen. Zum anderen könnten im Rahmen der zukünftigen WKPP-Programmumsetzung nach Grunder et al. (2010: 309) systematische Beobachtungen durchgeführt werden, um einerseits genauere Ergebnisse zu erzielen und andererseits um das bestehende Potenzial an Fehlern bei der Beobachtung und der Beurteilung durch das freie Beobachten zu minimieren.

Zusammenfassung / Abstract

Da die Geologie als Teilbereich der Geowissenschaften eine alltagsrelevante, evolutionäre und in Österreich kulturlandschaftliche Bedeutung innehat, ist es von großer Wichtigkeit, dass Schülern/-innen erdgeschichtliche Themen näher gebracht werden. Zudem sieht der naturwissenschaftliche Unterricht vor, Methoden und Arbeitsweisen zu vermitteln, die in der Wissenschaft zur Erkenntnisgewinnung und für wissenschaftliche Untersuchungen genutzt werden. Methodisch-analytisch untersucht diese Arbeit mithilfe von Beobachtungen, Fragebogen und Experten/-innen-Interviews die Umsetzbarkeit naturwissenschaftlicher Methoden und Arbeitsweisen an einem außerschulischen Lernort, wie das konkret in Rußbach am Pass Gschütt im Rahmen des FWF-Wissenschaftskommunikationsprogramm-Projekts *Schüler/-innen [er]leben Erdgeschichte* der Fall ist, und ob die Durchführung des WKPPs mit geologischem Schwerpunkt auch in Zukunft für Schüler/-innen relevant ist. Aus der Untersuchung geht hervor, dass sowohl naturwissenschaftliches Arbeiten an einem außerschulischen Lernort realisierbar ist, wie das während des WKPPs in Rußbach der Fall war, als auch die zukünftige Umsetzung der WKPP-Inhalte für Schüler/-innen durchaus Alltagsrelevanz zeigt sowie Handlungsorientierung und Interessenssteigerung fördert.

Geology as a discipline of the earth sciences is relevant in everyday life and of high evolutionary importance for the orogenesis of Austria. Therefore, it is vitally important that we make geologically relevant issues and scientific inquiry a core part of science education. Additionally, this research-based paper analyses the implementability of scientific inquiry in extracurricular learning environments – as implemented in the Austrian Science Fund (FWF) scientific communication program project *Schüler/-innen [er]leben Erdgeschichte* (students live [experience] geology). Moreover, it investigates the pertinence of this geological project for students. The research is based on methods of observation, questionnaires and expert interviews. The results indicate that it is easy to implement scientific inquiry in extracurricular learning environments as done in Rußbach and the topics of the scientific communication program project show everyday relevance as well as they enhance activity-oriented approach and increase interest.

Quellenverzeichnis

- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit - StMUG [Hg.] (2009): Lernort Geologie. München/Erlangen: StMUG.
https://www.stmuv.bayern.de/themen/boden/lernort_geologie/index.htm
- BGBI. Nr. 88/1985 in der Fassung von BGBI. II Nr. 337/2017 vom 31.08.2017: Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen.
- BGBI. Nr. 134/1963 in der Fassung BGBI. II Nr. 303/2012 vom 13. September 2012: Lehrplan der Volksschule.
- Decker, Kurt & Wagreich, Michael (2001): Sedimentary tectonics and subsidence modelling of the type Upper Cretaceous Gosau basin (Northern Calcareous Alps, Austria). In: International Journal of Earth Sciences 90/3. Seite 714-726.
- Deinet, Ulrich & Derecik, Ahmet (2016): Die Bedeutung außerschulischer Lernorte für Kinder und Jugendliche. Eine raumtheoretische und aneignungsorientierte Betrachtungsweise. In: Erhorn, Jan & Jürgen Schwier (Hg.): Pädagogik außerschulischer Lernorte. Eine interdisziplinäre Annäherung. Bielefeld: Transcript. Seite 15-28.
- Dietrich, Jochen (2016): Lernort Natur. Wie ein ehemaliges Forstanwesen von Lehrern und Schülern als Lernort erfahren und gestaltet wird. In: Erhorn, Jan & Jürgen Schwier (Hg.): Pädagogik außerschulischer Lernorte. Eine interdisziplinäre Annäherung: Bielefeld: Transcript. Seite 53-70.
- Dühlmeier, Bernd (Hg.) (2008): Außerschulische Lernorte in der Grundschule. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Erhorn, Jan & Jürgen Schwier (Hg.): Pädagogik außerschulischer Lernorte. Eine interdisziplinäre Annäherung. Bielefeld: Transcript.
- Franke, Jörg et al. (2013): Spectral biases in tree-ring climate proxies. In: Nature Climate Change 3/4, Seite 360-364.
- Gega, Peter C. & Peters, Joseph M. (1998): Science in Elementary Education. 8 Aufl. New Jersey: Prentice-Hall.
- Gläser, Jochen & Laudel, Grit (2009): Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrument rekonstruierender Untersuchungen. 3. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Graf, Erwin [Hg.] (2004): Biologiedidaktik fürs Studium und Unterrichtspraxis. Donauwörth: Auer.
- Grotzinger, John & Jordan, Thomas (2017): Press/Siever Allgemeine Geologie. Berlin/Heidelberg: Springer Spektrum.
- Grunder et al. (2010): Unterricht. Verstehen – planen – gestalten – auswerten. 2. Aufl. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Hesse, Stefan et al. (2014): Einblick in die Lehrdiplom-Ausbildung in Geographie (S II) – Außerschulische Lernaktivitäten im Geopark Sardona. In: Brovelli et. al (2014): Außerschulische Lernorte – Impulse aus der Praxis. Tagungsband zu 3. Tagung Außerschulische Lernorte der PH Luzern vom 10. November 2012. Bd. 3. Außerschulische Lernorte – Beiträge zur Didaktik. Münster u.a.: LIT. Seite 105-114.

- Hofer, Hans (2010): Forschender und kompetenzorientierter Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern. Wien: Dorner.
- Höfling, Richard (1985): Faziesverteilung und Fossilvergesellschaftungen im karbonatischen Flachwasser-Milieu der alpinen Oberkreide (Gosau-Formation). In: Münchner Geowissenschaftliche Abhandlungen. Reihe A: Geologie und Paläontologie, Bd. 3. München: Pfeil Verlag.
- House, M. R. & Gale, A. S. (1995): Orbital Forcing Timescales and Cyclostratigraphy. Bath: Geological Society.
- Kaiser, Robert (2014). Qualitative Experteninterviews: Konzeptionelle Grundlagen und praktische Durchführung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Kallus, Wolfgang (2010): Erstellung von Fragebogen. Stuttgart/Wien: UTB/facultas.
- Klein, Michael (2015): Exkursionsdidaktik. Eine Arbeitshilfe für Lehrer, Studenten und Dozenten. 3. Aufl. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Klippert, Heinz (2004): Eigenverantwortliches Arbeiten und Lernen. Bausteine für den Fachunterricht. 4. Aufl. Weinheim/Basel: Beltz.
- Köberl, Christian (2009): Zur Sache. Geowissenschaften – Wozu? In: Österreichische Akademie der Wissenschaften der Öffentlichkeitsarbeit (Hg.): Das Forschungsmagazin der ÖAW 3/12. Wien: ÖAW. Seite 3. https://www.oeaw.ac.at/geok/texte/thema_ck.jpg
- Kollmann Heinz A. (1980): Gastropoden aus der Sandbank (Hochmooschichten, Obersanton) des Beckens von Gosau (OÖ). In: Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien 83. Seite 197-213. http://www.zobodat.at/pdf/ANNA_83_0197-0213.pdf
- Krüger, Dirk & Riemeier, Tanja: Die qualitative Inhaltsanalyse. Eine Methodik zur Auswertung von Interviews. In: Krüger, Dirk/Parchmann, Ilka/Schecker, Horst: Methoden in der naturwissenschaftlichen Forschung. Berlin/Heidelberg: Springer Spektrum. Seite 121-132.
- Kull, Ulrich (1987): Der Aufbau der Alpen. In: Naturwissenschaftliche Rundschau 40. Seite 221-223.
- Labudde, Peter & Möller, Kornelia (2012): Stichwort Naturwissenschaftlicher Unterricht. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 15/1. Seite 11-36.
- Leuthold, Christoph (2014): Der Bergwald – ein authentischer außerschulischer Lernort. In: Brovelli et. al (2014): Ausserschulische Lernorte – Impulse aus der Praxis. Tagungsband zu 3. Tagung Ausserschulische Lernorte der PH Luzern vom 10. November 2012. Bd. 3. Ausserschulische Lernorte – Beiträge zur Didaktik. Münster u.a.: LIT. Seite 41-74.
- Lobitzer, Harald (2016): Geologische Spaziergänge. Gosau (Salzkammergut, Oberösterreich) und Rußbach am Pass Gschütt (Tennengau, Salzburg). Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Mayer, Jürgen (2013): Erkenntnisse mit naturwissenschaftlichen Methoden gewinnen. In: Gropengießer, Harald, Harms, Ute und Kattmann, Ulrich [Hg] (2013): Fachdidaktik Biologie. 9. Aufl. Hallbergmoos: Aulis. Seite 56-61.

- Messmer, Kurt et al. [Hg.] (2011): Ausserschulische Lernorte – Positionen aus Geographie, Geschichte und Naturwissenschaften. Bd. 1. Ausserschulische Lernorte – Beiträge zur Didaktik. Münster u.a.: LIT.
- Niebert, Kai, & Gropengießer, Harald (2014). Leitfadengestützte Interviews. In: Krüger, Dirk/ Parchmann, Ilka/Schecker, Horst: Methoden in der naturwissenschaftlichen Forschung. Berlin/Heidelberg: Springer Spektrum. Seite 121-132.
- O’Leary, Matt (2014): Classroom Observation. A Guide To The Effective Observation Of Teaching And Learning. London/New York: Routledge.
- ORF Salzburg: Schneckenfossilien als neues Naturdenkmal. <http://salzburg.orf.at/news/stories/2870977/>, Stand: 11.01.2018, 19:12Uhr
- Porst, Rolf (2008): Fragebogen. Ein Arbeitsbuch. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Schmidtke, Volker (2012): Handlungszentrierung. Ein Konzept für den Geographieunterricht. Schwalbach/Ts.: Wochenschau Verlag.
- Schmitt, Dieter, et al. (2009): Der Einfluss der Sonne auf das Erdklima. Forschungsinfo 2. Göttingen: Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung.
- Schuster, Ralf (2015): Rocky Austria. Geologie von Österreich - kurz und bunt. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Schuster, Ralf & Stüwe, Kurt (2010): Die Geologie der Alpen im Zeitraffer. In: Mitt. Naturwiss. Ver. Stmk., Bd. 140. Seite 5-21. http://nawiverein.uni-graz.at/downloads/schuster_stuwe10.pdf
- Seilnacht, Thomas (2004): Naturwissenschaftliches Arbeiten mit Schülerinnen und Schülern. Bern: Seilnacht.
- Sirocko, Frank (2013): Geschichte des Klimas. Stuttgart: Konrad Theiss Verlag.
- Skelton, Peter W. [Hg.] (2003): The Cretaceous world. Cambridge et al.: Cambridge Univ. Press.
- Verein natopia. <http://www.natopia.at/>, Stand: 12.07.2018, 19:04 Uhr
- Wagreich, Michael (2003): Die Entwicklung des Gosaubeckens während der Kreidezeit. In: Weidinger, Johannes Thomas, Lobitzer, Harald & Spitzbart, Ingrid [Hg.]: Beiträge zur Geologie des Salzkammerguts. Gmundner Geo-Studien 2. Gmunden: Erkudok. Seite 21-28. http://www.zobodat.at/pdf/GmuGeoStud_2_0021-0028.pdf
- Wagreich, Michael (2009): Rote Kreide. In: Lammerhuber, Lois, Piller, Werner & Köck, Günter [Hg.]: Planet Austria. Seite 134-141. https://www.planet-austria.at/0xc1aa5576_0x0022059c.pdf
- Wagreich, Michael (2014): Klimazeugen der Erdgeschichte - extremes Treibhausklima während der Kreidezeit im Vergleich zu heutigen Umweltveränderungen. In: Pistotnik, Ulrike, Spitzbart, Ingrid & Weidinger, Johannes Thomas [Hg.]: Der Dachstein im Klimawandel. Gmundner Geo-Studien 5. Gmunden: Erkudok. Seite 21-24. http://www.zobodat.at/pdf/GmuGeoStud_5_0021-0024.pdf
- Wagreich, Michael et al. (2012): Nannofossil biostratigraphy, strontium and carbon isotope stratigraphy, cyclostratigraphy and an astronomically calibrated duration of the Late Campanian Radotruncana calcarata Zone. In: Cretaceous Research 38. Seite 80-96.
- Wolfgring, Erik & Wagreich, Michael (2016): A quantitative look on northwestern Tethyan foraminiferal assemblages, Campanian Nierental Formation, Austria. In: PeerJ 4:e1757. <https://doi.org/10.7717/peerj.1757>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Exzentrizität - 100.000 Jahre nach Grotzinger & Jordan (2017: 416) verändert von VH	12
Abbildung 2: Neigung der Erdachse (Obliquität) – 40.000 Jahre nach Grotzinger & Jordan (2017: 416) verändert von VH	12
Abbildung 3: Präzession - 23.000 Jahre nach Grotzinger & Jordan (2017: 416) verändert von VH	12
Abbildung 4: Milanković Zyklen nach Bayerisches StBMUG (2009: 137) verändert von VH	12
Abbildung 5: Plattentektonische Vorgänge, die zum Absinken der Kalkalpen geführt haben nach Wagreich (2003: 26):	22
Abbildung 6: Modell der Milanković-Zyklen von Mag. Magnus Lantschner	30
Abbildung 7: Rieselbild	30
Abbildung 8: Pangäa-Puzzle	31
Abbildung 9: Konvektionsströmungsexperiment.....	57
Abbildung 10: Diagramm der Fragebogenprobanden/-innen	63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Deep-Time-Zeitschnur-Karten	29
Tabelle 2: Beobachtete naturwissenschaftliche Arbeitsweisen und Methoden.....	61

Digitaler Anhang

Auf dem hinteren Buchdeckel ist der digitale Anhang in Form einer CD befestigt.

Liste der enthaltenen Dateien:

Interviewleitfaden

Fragebogen

Daten

Auswertung: Beobachtungen

Hospitationsbericht Woche 1 (16.10. - 20.10.2017)

Hospitationsbericht Woche 2 (19.6. - 22.6. 2017)

Auswertung Fragebögen

Redigierte Interviews

Interview mit Lehrperson 1

Interview mit Lehrperson 2

Interview mit Lehrperson 3

Interview mit Lehrperson 4

Interview mit Lehrperson 5

Interview mit Lehrperson 6