



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Hydrothermale Quellen im Schulalltag“

Entwicklung und Evaluation von Unterrichtsmaterialien

Verfasserin

Susanne Christine Pramendorfer

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2011

Studienkennzahl lt.
Studienblatt:

A 190 344 445

Studienrichtung lt.
Studienblatt:

Diplomstudium Lehramt, UF Englisch,
UF Biologie und Umweltkunde

Betreuerin / Betreuer:

Ao. Univ. Prof. Dr. Monika Bright

Inhalt

Einleitung	4
Teil A- Plattentektonik	5
Sachinformation für Lehrkräfte – Plattentektonik	5
Didaktische Informationen für Lehrkräfte-Plattentektonik	16
Arbeitsblatt für SchülerInnen – Plattentektonik	22
Erklärungen zum Arbeitsblatt für SchülerInnen – Plattentektonik	26
Teil B- Mariner Vulkanismus, Hydrothermalquellen, Chemosynthese	29
Sachinformation für Lehrkräfte - Mariner Vulkanismus, Hydrothermalquellen, Chemosynthese	29
Didaktische Informationen für Lehrkräfte - Mariner Vulkanismus, Hydrothermalquellen, Chemosynthese	40
Arbeitsblatt für SchülerInnen - Mariner Vulkanismus, Hydrothermalquellen, Chemosynthese	47
Erklärungen zum Arbeitsblatt für SchülerInnen - Mariner Vulkanismus, Hydrothermalquellen, Chemosynthese	50
Teil C- Fauna der Hydrothermalquellen	55
Sachinformation für Lehrkräfte – Fauna der Hydrothermalquellen	55
Didaktische Informationen für Lehrkräfte – Fauna der Hydrothermalquellen	68
Arbeitsblatt für SchülerInnen – Fauna der Hydrothermalquellen	74
Erklärungen zum Arbeitsblatt für SchülerInnen - Fauna der Hydrothermalquellen	77
Teil D- Evaluation der Materialtauglichkeit für den Unterricht in einer AHS	82
1. Einführung	82
2. Methodik	83
2.1. Datenaufnahme mittels Interviewleitfaden Leitfadens	83
2.2. Methodik zur Interviewdurchführung	84
2.2.1. Gliederung des Interviewleitfadens	84
2.2.2. Analysemethodik des Interviews	85
2.3. Datenaufnahme des reproduzierten SchülerInnenwissens	85
2.3.1. Teilnehmende Beobachtung des KiP 2	85
2.3.2. Offener Fragebogen	86
3. Ergebnisse	86
3.1. Ergebnisse: Interviewanalyse (Evaluation des Unterrichtsmaterials)	86
3.2. Ergebnisse der teilnehmenden Beobachtung	90
3.2.2. Ergebnisse offener Fragebogen	91
4. Diskussion	92
4.1. Erhebung der SchülerInnenreproduktion des Fachwissens	92
4.2. Erfahrungen des Lehrers mit dem Unterrichtsmaterial	93
4.3. Fazit zur Verbesserung der Materialien	94

Appendix	96
Unterrichtsbeobachtungen	97
Interviewleitfaden	100
Interview mit Klemens Wernisch	102
 Zusammenfassung und Abstract	 114
 Danksagung	 115
 Curriculum Vitae	 116

Einleitung

Während des Biologiestudiums an der Universität Wien wurde deutlich, dass auf das Fach der Marinbiologie leider nur sehr wenig Augenmerk in der LehrerInnenausbildung gelegt wurde. Das Thema der Hydrothermalquellen, die sich vom Intertidalbereich bis über 3000 Metern Meerestiefe befinden, wurde weder an der Universität genauer erläutert, noch ist es in den wenigsten Schulen im Biologieunterricht ein Thema.

Sehr wenige Schulbücher beinhalten diesbezüglich ein Kapitel und auch die LehrerInnenzeitschrift „Unterricht Biologie“ aus dem Friedrich Verlag, die für viele LehrerInnen als Hilfe zur Unterrichtsvorbereitung für ihren Biologieunterricht dient, inkludiert leider lediglich 8 Seiten, welche dem Lebensraum der Hydrothermalquellen (Nr. 304 „Extreme Lebensräume“ Mai 2005) gewidmet sind.

Nun könnte man behaupten, dass auch andere Themen weder in Biologiebüchern, noch in „Unterricht Biologie“ vorkommen, was sicherlich der Wahrheit entspricht.

Aus mehreren Gründen ist das Ökosystem der Hydrothermalquellen jedoch sehr relevant für den Biologieunterricht. Viele der Grundlagen können an Hand dieses Lebensraumes vermittelt werden. Das Nahrungsnetz ist nicht zuletzt besonders, da auch Symbiosen mit Bakterien in diesem Ökosystem keine Seltenheit sind. Darüber hinaus, sprechen immer mehr Forschungsergebnisse dafür, dass sich das Leben auf unserer Erde über Chemosynthese und damit eventuell an Hydrothermalquellen entwickelt haben könnte. Dahingehend sind evolutive Zusammenhänge sehr eingängig im Zusammenhang mit den Tiefsee- Schloten erklärbar.

Für viele an diesem Thema interessierte LehrerInnen ist es nun trotzdem schwierig einen Unterricht zu Hydrothermalquellen zu gestalten. Hauptsächlich fremdsprachliche und vor allem wenige populärwissenschaftliche Materialien erschweren die Vorbereitung und sind sehr zeitintensiv. Um den LehrerInnen die Unterrichtsvorbereitungen diesbezüglich zu erleichtern, soll dieses Material auf der Homepage des Departments für Meeresbiologie, Universität Wien frei zugänglich gemacht und somit den LehrerInnen unentgeltlich zur Verfügung gestellt werden.

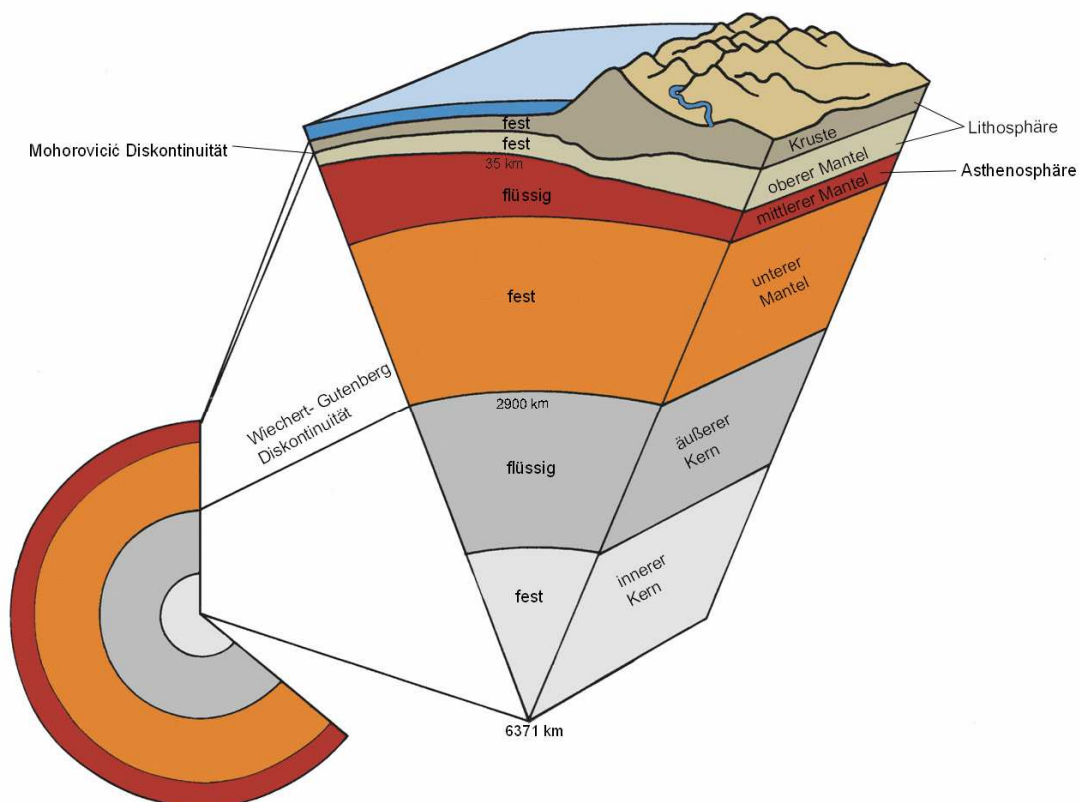
Diese Unterrichtsvorschläge wurden sowohl fachlich von Frau Ao. Univ. Prof. Dr. Monika Bright validiert, als auch didaktisch evaluiert und in diesem Zuge in einer AHS im 19. Bezirk Wien als Pilotversuch durchgeführt. Ziel dieser ersten Durchführung war es, die Fachinhalte, sowie die Aufgabenstellungen für die SchülerInnen gegebenenfalls zu überholen und zu verbessern. Welche Punkte in diesem Zuge verändert wurden, ist dem Diskussionsteil der Arbeit zu entnehmen.

Teil A) Sachinformation für Lehrkräfte - Plattentektonik

Der Planet Erde ist zu fast 75% von Meer bedeckt. Die Kontinente machen demnach weniger als ein Viertel der gesamten Erdoberfläche aus. Doch nicht nur die Kontinente sind einem andauernden Wandel unterworfen. Auch die Ozeane werden durch Kräfte im Erdinneren verschoben. Durch die unterschiedlichen Temperaturen in den Schichten der Erde und den daraus resultierenden Kräften bewegen sich ozeanische und kontinentale Platten (siehe Lithosphäre). Durch den Prozess der Plattentektonik wird das Erscheinungsbild unseres Planeten verändert.

Aufbau der Erde

Die Erde besteht aus mehreren konzentrisch angeordneten Schichten, dem Kern (2900 – 6371 km), dem Mantel (35 – 2900 km) und der Kruste (0 – 35 km). Die Erdkruste und den oberen Mantel bezeichnet man als Lithosphäre, der mittlere Mantel ist die Asthenosphäre (Abb. 1). Die Lithosphäre setzt sich aus mehreren (Lithosphären-)Platten zusammen.



1 Aufbau der Erde
Abbildung H. Grillitsch (Universität Wien) nach Wikipedia (2011)

Kern

Die zwei innersten Schichten werden Kern genannt und bestehen aus einem inneren festen und äußeren flüssigen Kern. Der feste Kern ist vorwiegend aus Eisen und Nickel aufgebaut. Der flüssige Kern besteht ebenfalls aus Eisen-Nickel Gemisch, man nimmt aber an, dass diesem noch ein gewisser Anteil an Schwefel zugesetzt ist. Dieses weitere Element macht den Dichteunterschied zum festen Kern aus und somit ist der äußere Kern flüssig [3]. Die

Wiechert-Gutenberg Diskontinuität wird auch Kern-Mantel Grenze genannt und befindet sich in etwa 2900 km Tiefe.

Mantel

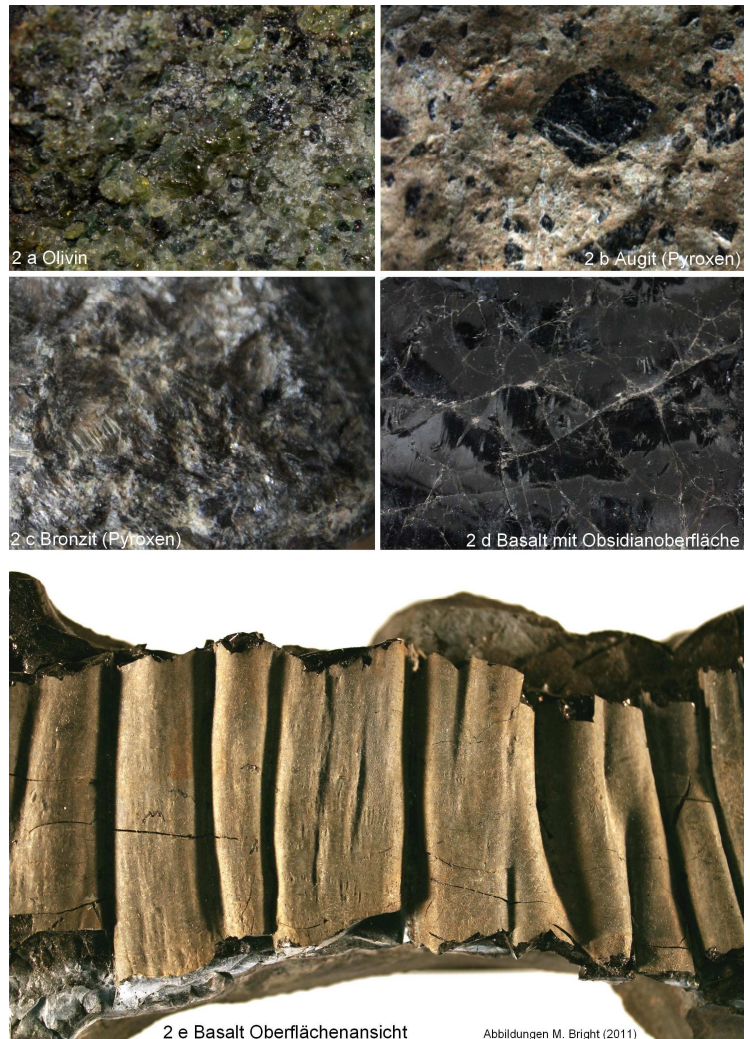
An diese Schicht schließt der Erdmantel an, welcher den Kern umhüllt und zum größten Teil aus dichtem Gestein aufgebaut ist [2]. Der Mantel wird in unteren, mittleren und oberen Mantel eingeteilt. Während der untere Mantel vor allem aus Pyrolit besteht, ist der mittlere Teil aus Olivin (Abb. 2a) und Pyroxen (Abb. 2b/c) zusammengesetzt. Der obere Teil des Mantels beinhaltet vor allem Peridotit. Peridotit ist ultramafisch, was bedeutet, dass dieser vorwiegend aus Magnesium- und Eisensilikatmineralien wie Olivin, Orthopyroxen, Klinopyroxen und Granat besteht. Basaltmagmen entstehen durch Teilschmelzungen des Gesteins in den oberen Mantelregionen. Der Übergang zwischen Erdmantel und Erdkruste wird Mohorovičić- Diskontinuität, oder Moho genannt. An dieser Trennungsschicht werden seismische Wellen in einer veränderten Intensität gebrochen, reflektiert oder ausgebreitet, was zu der Annahme führt, dass sich hier die physikalischen Eigenschaften zwischen Kruste und Mantel verändern [3].

Kruste

Die kontinentale Kruste ist aus etwa 35 km dicken Schichten von stark aluminium- und siliziumhaltigen Gesteinen (Granit) aufgebaut. Die obere kontinentale Erdkruste besteht aus granitischen Gesteinen, die von Tiefengesteinen durchzogen werden. In tieferen Regionen finden Gesteinsumwandlungen (Metamorphosen) statt, welche zur Bildung von Glimmerschiefern, Gneisen, Granuliten und Migmatiten führen [3].

Die ozeanische Kruste hingegen wird aus basaltischen Gesteinen (Abb. 2 d/e) aufgebaut. Sie weisen große Mengen an Magnesium und Eisen auf und erreicht eine ungefähre Mächtigkeit von 5 – 7 km.

Der Kruste liegt eine Bodensedimentschicht auf. Die Dicke der Bodensedimentschicht ist abhängig davon, wie alt der Teil der Kruste bereits ist und wie viel Sediment sich demnach bis dahin ablagern konnte, das heißt wie weit sich der bestimmte Messungsort von den Spreizungsachsen (z.B. Mittelozeanischer Rücken, siehe unten) der Platten entfernt befindet. Je näher der Messungsort zu den Spreizungsachsen liegt, desto weniger Sediment kann sich ablagern und ist folglich auch beobachtbar.



Am Ostpazifischen Rücken (East Pacific Rise) können Sedimentationsraten von ungefähr 22 m pro einer Million Jahre festgestellt werden. Sedimentationsraten in den Weltozeanen variieren von 1 bis zu 50 m pro Millionen Jahre [9].

Auf die Bodensedimentschicht folgt die erste Gesteinsschicht des Meeresbodens, welche aus Basalt (Abb. 2 D/E) besteht. Im oberen Teil befinden sich Laven (z.B. Kissenlava), im mittleren Teil Dykes, im unteren Teil Gabbro. Auf Grund ihrer Zusammensetzung ist die ozeanische Kruste im Vergleich zu der hauptsächlich aus Granit bestehenden kontinentalen Kruste schwerer.

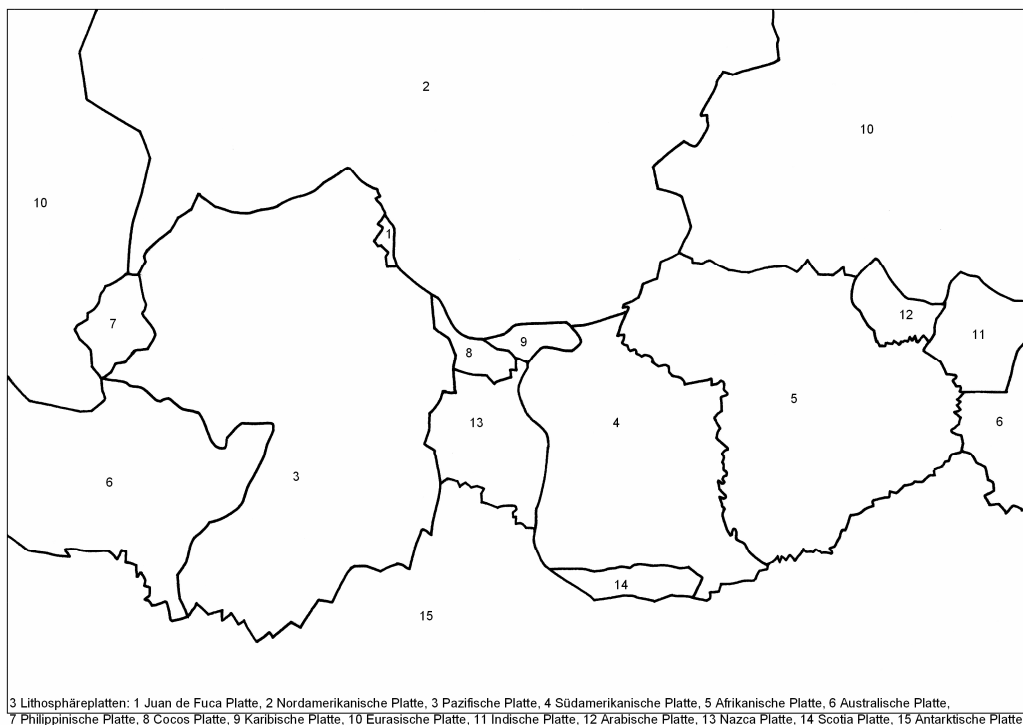
Lithosphäre

Die Lithosphäre wird von einer an manchen Stellen bis zu 100 km dicken Gesteinsschicht aufgebaut [5]. Sie besteht aus der Erdkruste und dem oberen Mantel. Es kann zwischen ozeanischer und kontinentaler Lithosphäre unterschieden werden. Die durchschnittlich 7 km dicke ozeanische Lithosphäre wird an Mittelozeanischen Rücken gebildet. Sie besteht aus kristallisierten Teilschmelzen des oberen Mantels. Je älter sie wird, desto mächtiger wird die Lithosphäre. Im Laufe der geologischen Prozesse wird sie häufig wieder eingeschmolzen und umgewandelt.

Sie besteht bis heute vorwiegend aus Gesteinsmassen, deren Entstehung vor 2500 Millionen Jahren begann [7].

Asthenosphäre

Unter ihr kommt die Asthenosphäre zu liegen. Sie wird dem mittleren Erdmantel angerechnet. Die Asthenosphäre ist zähflüssig. Dadurch können die darauf liegenden Lithosphärenplatten, angetrieben von den Konvektionsströmungen, jährlich einige wenige Zentimeter gleiten. Unter Plattentektonik versteht man nun die Verschiebung der Kontinente, welche durch die Bewegung der Lithosphärenplatten ausgelöst wird [4].



(Lithosphären-) Platten

Man unterscheidet sieben große und weitere acht kleinere Platten (Abb. 3), neben mehreren Mikroplatten (Terrane).

Große Platten: Eurasische-, Nordamerikanische-, Südamerikanische-, Afrikanische-, Pazifische-, Antarktische- und Australische Platte
 Kleine Platten: Nazca -, Juan de Fuca -, Cocos-, Philippinische -, Indische -, Arabische -, Scotia -, Karibische Platte

Ozeane

Die Weltmeere werden in drei Ozeane aufgeteilt. Der Atlantik erstreckt sich von den nördlichen Polarmeeren, zwischen Europa, Afrika und Amerika bis zur Antarktis (Abb. 4). Er liegt auf der Eurasischen, Afrikanischen, Karibischen, Nordamerikanischen, Südamerikanischen, Scotia- und der Antarktischen Platte. Als große Divergenzzone (siehe unten) sei hierbei der Mittelatlantische Rücken erwähnt. Dieser erstreckt sich von Süden nach Norden zwischen der Afrikanischen und Eurasischen Platte im Osten und der Südamerikanischen und Nordamerikanischen Platte im Westen [2].



4 Kontinente

Abbildung H. Grillitsch (Universität Wien) verändert nach <http://www.ifk-klasse.at/Links4.html> (2011)

Der Pazifik ist der größte Ozean und weist die ausgeprägtesten plattentektonischen Prozesse auf. Er reicht von der Westküste Süd- und Nordamerikas bis hin zu Neuseeland, Australien und der Ostküste Japans und Eurasiens. Der pazifische Ozean erstreckt sich über die Pazifische-, die Cocos-, die Nazca -, Juan de Fuca, die Nordamerikanische-, die Antarktische-, die Philippinische- und die Australische Platte. Der Ostpazifische Rücken („East Pacific Rise“) ist eine der schnellsten Spreizungszonen (Divergenz, siehe unten) der Erde und liegt zwischen der Cocos-, Nazca- und Antarktischer Platte im Osten und der Pazifischen Platte im Westen.

Der Indische Ozean als flächenmäßig kleinster Ozean liegt zwischen Afrika, Indien, Australien und der Antarktis und erstreckt sich über die Australische, Indische, Arabische, Antarktische und Afrikanische Platte. Hierbei sei die „Triple Junction“ erwähnt, welche eine Divergenzzone zwischen Australischer, Antarktischer- und Indischer Platte darstellt [2].

Demnach befinden sich nicht nur Kontinente auf kontinentalen Platten, sondern auch Ozeane und sogar Tiefseeregionen können auf kontinentalen Platten zu liegen kommen.

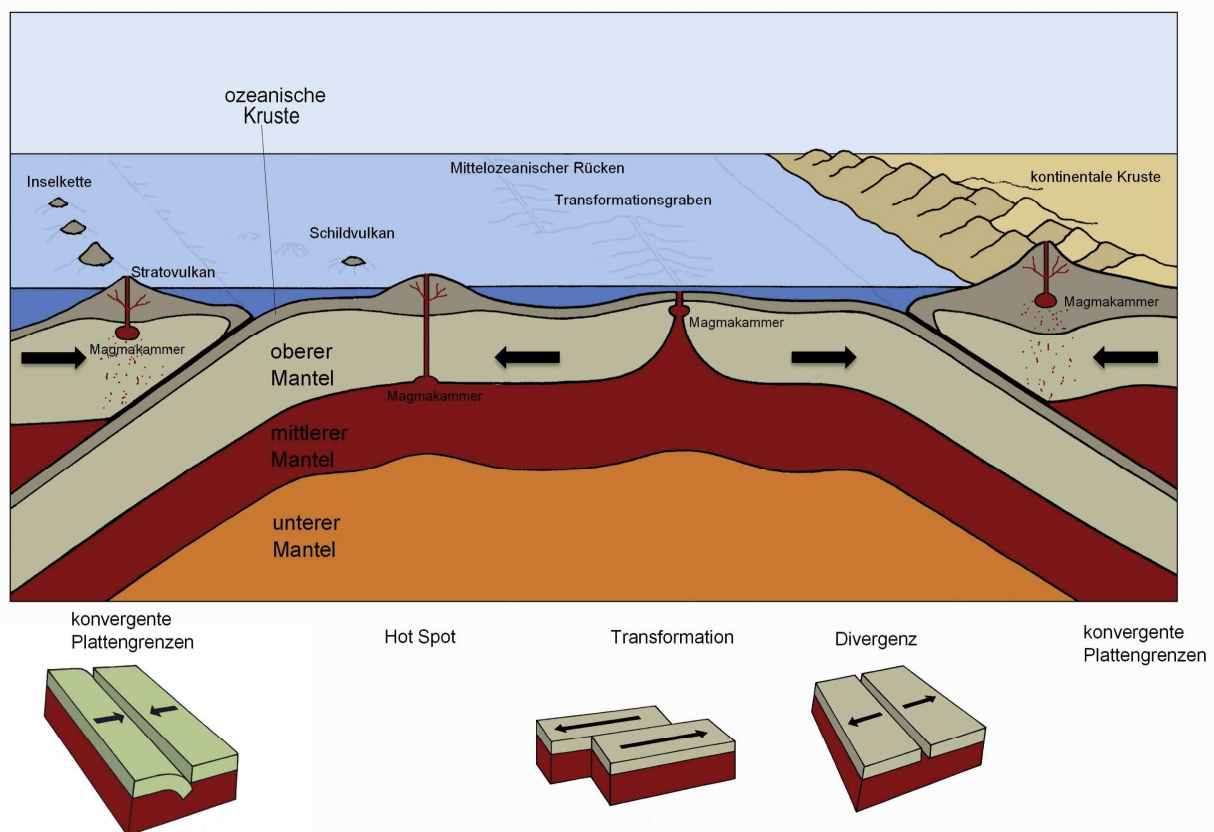
Tiefseegräben sind vor allem an den Subduktionszonen der aufeinander zusteuernden Plattenränder (Konvergenz) zu finden [5].

Wärmezirkulation

Durch die Temperaturunterschiede im Erdinneren entstehen das irdische Magnetfeld, sowie Konvektionsströmungen, welche durch Wärmezirkulation hervorgerufen werden. Diese Wärmezirkulation entsteht durch die Temperaturunterschiede des inneren wärmeren und äußeren kälteren Materials. Da heißes Gesteinsmaterial eine geringere Dichte als erkaltetes Gestein aufweist, wird das heiße Gestein nach oben befördert und das kalte Material sinkt ab [5]. Durch die daraus resultierenden walzenförmigen Bewegungen werden die Lithosphärenplatten auf der Asthenosphäre hin und her geschoben. Das Aufsteigen warmer Flüssigkeiten in einem kalten Umgebungsmedium wird ebenfalls als Konvektion bezeichnet.

Plattentektonische Prozesse

An den Plattenrändern der aufeinander treffenden Platten ist zwischen drei Phänomenen zu unterscheiden. Man differenziert bei plattentektonischen Prozessen den Vorgang der Konvergenz, jenen der Divergenz und den der Transformation.



5 Plattentektonische Prozesse Abbildung H.Grillitsch (Universität Wien) verändert nach <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/1115007> (2011)

Konvergenz

Bei der Konvergenz treffen zwei Platten aufeinander. Häufig ist dieser Prozess mit dem Untertauchen einer Platte unter die andere verbunden, wobei sich die schwerere Platte aus Basalt (ozeanisch) unter die leichtere, kontinentale (Granit) schiebt und die schwerere unter der anderen abtaucht (Abb. 5). Der Begriff Subduktion bezeichnet demnach das Untertauchen

einer Platte unter eine andere Platte [3]. Das untertauchende Oberflächengestein wird in der Asthenosphäre wieder aufgeschmolzen. Das zu Tage tretenden Gestein kühlt ab und bildet neue Kruste. Das Gesteinsmaterial der untergeschobenen Platte wird in die Schmelze eingegliedert. Man spricht hierbei von einem destruktiven Prozess [3]. Man unterscheidet die Konvergenz zwischen ozeanischer und kontinentaler Platte von der Konvergenz zwischen kontinentaler und kontinentaler Platte, sowie der zwischen ozeanischer und ozeanischer Platte.

Beim erstgenannten Typus schiebt sich die schwerere ozeanische unter die leichtere kontinentale Platte und wird in der Asthenosphäre aufgeschmolzen. Durch die Kraft der aufeinander treffenden Platten entstehen Risse in der Kontinentalplatte und Magma tritt empor. Vulkane entstehen. Bei diesen Prozessen entstehen nicht nur kontinentale Vulkane. Da viele kontinentale Platten auch Ozeane beherbergen, kann es auch noch in tausenden Kilometern Entfernung vom Kontinent zur Subduktion der ozeanischen Platte kommen. Vulkane erheben sich mitten aus dem Ozean. Die ozeanische Platte taucht ab und Magma tritt empor. Die durch Magma stetig gespeisten Inseln tauchen aus dem Meer.

Beim Aufeinandertreffen zweier kontinentaler Platten wird das Gestein mit einer unvergleichlichen Wucht aneinandergedrückt und aufgefaltet. Gebirgsketten entstehen. Der Himalaja wurde auf diese Weise gebildet. Vor etwa 140 Millionen Jahren traf die Indische Platte auf die Eurasische und es kam zur Auffaltung des Gebirges [5].

Auch die Alpen in Österreich, Deutschland und der Schweiz entstanden durch ähnliche Prozesse. Durch das Auseinanderbrechen Pangäas löste sich Afrika vom Superkontinent und drückte anschließend unaufhörlich gegen die Eurasische Platte, was in der Kreide vor 142 bis 65 Millionen Jahren zur Auffaltung des Gebirgszuges führte. Hierbei waren nicht nur zwei große Platten, wie die Eurasische und Indische bei der Auffaltung des Himalajas beteiligt. Die Afrikanische und Europäische Platte, sowie die iberische, adriatische und apulianische Platte waren für diesen Prozess ausschlaggebend. Bei der Kollision der Alpen waren vor allem zwei Platten besonders entscheidend. Die kleine adriatische, südlich gelegene Platte wurde über die Eurasische größere Platte verschoben. Die östlichen und südalpinen Gebiete gehören somit dem adriatischen Raum an, wobei helvetische und penninische Teile zur eurasischen Platte gehören [6].

Bei den Alpen können vier Regionen mit übereinstimmender Geologie unterschieden werden. Diese werden als Helvetikum, Penninikum, Ostalpin und Südalpin bezeichnet. Eine Besonderheit der Alpen ist jede einer Zentralstörung, welche die nördlich gelegenen helvetischen, penninischen und ostalpinen Regionen vom Südalpin trennt [10]. Durch das andauernde Aneinanderschieben der beiden Platten wachsen die Alpen um etwa 0,5 mm pro Jahr [4].

Bei der Konvergenz zwischen ozeanischer und ozeanischer Platte kommt es zur Entstehung von Inselbögen. Eine ozeanische Platte wird unter eine andere geschoben. Gestein wird aufgeschmolzen und vulkanisches Material tritt zu Tage. Ein Beispiel für das Resultat aus Konvergenz zwischen zwei ozeanischen Platten sind die japanischen Inseln. Diese entstanden durch die Kollision von Pazifischer und Chinesischer Platte (Mikroplatte).

Divergenz

Unter Divergenz versteht man das Auseinanderweichen zweier Platten (Abb.5). Bei diesem auch als konstruktiv betiteltem Prozess kommt es zur Verdünnung der Kruste und zum Austreten von Magma. Unter sea-floor spreading versteht man die Entstehung von neuem Meeresboden. Dies geschieht häufig an den Grenzen von zwei ozeanischen Platten. Hier tritt in unvorhersehbaren Abständen Magma aus und frische, bald erkaltete Lava bedeckt den Meeresboden [3]. An diesen Spreizungsachsen entstehen durch Vulkanismus riesige Gebirgssysteme unter Wasser, wie dies bei den mittelozeanischen Rücken der Fall ist. Mittelozeanische Rücken sind in sich fragmentierte, breite und teilweise über 3000 m hohe

Gebirge im Ozean und bestehen aus 56 000 km langen Ketten von Vulkanen. Sie sind vor allem für hohe seismische Aktivität, Vulkanismus und großen Wärmefluss bekannt. Je nach Schnelligkeit der auseinanderdriftenden Platten wird in verschiedene Kategorien eingeteilt. Hierbei wird von langsamen (10 – 50 mm pro Jahr), mittleren (50 – 90 mm pro Jahr) und schnellen (mehr als 90 mm pro Jahr) Spreizungsgeschwindigkeiten gesprochen [9].

Bei Rücken, welche sich sehr langsam bewegen und Ausdehnen, wie beim Mittelatlantischen Rücken, entstehen parallel zur Achse Verwerfungen. Diese Verwerfungen weiten sich aus und es entsteht ein tektonischer Graben, eine so genannte Zentralspalte (oder Zentralgraben, Rift-Valley) [5]. Diese Zentralspalte liegt in einer Aufwölbung der Lithosphäre. An der Grenze zwischen Eurasischer- und Nordamerikanischer Platte im Pazifik, ist der Mittelatlantische Rücken ein besonders eindrucksvolles Beispiel, da er sich mit der Insel Island aus dem Meer erhebt. Der Mittelatlantische Rücken ist von vielen normal zur Zentralspalte verlaufenden Bruchzonen (Transformstörungen) durchzogen, wo gesonderte Rückenfragmente gegeneinander verschoben scheinen [3].

Im Gegensatz zu den mittelozeanischen Rücken weisen beispielsweise die Vulkane an Land, z.B. in Österreich, oder genauer in der Steiermark einen runde Schlotöffnung, oder Caldera auf.

Transformation

Durch das Phänomen der Transformation werden Platten gegeneinander verschoben [3]. Durch ruckartiges Aneinanderreiben der Plattengrenzen baut sich Spannung auf, welche häufig durch Erdbeben im Großraum dieser Transformationsgräben (Abb.5) entladen werden. Eines der bekanntesten Beispiele für einen Transformationsgraben ist die San - Andreas Verwerfung, bei der die Pazifische Platte an der Nordamerikanischen Platte vorbei driftet. Nicht zuletzt ist deshalb Kalifornien für die dort regelmäßig vorkommenden Erdbeben bekannt.

Gleiten die Platten parallel aneinander vorbei so spricht man von einer simple transform fault. Häufig ist ein Driften der Platten genau parallel zur Achse nicht möglich. Hierbei kann es zu mehreren Bewegungen kommen. Weist ein Transformationsgraben nicht nur ein paralleles Vorbeigleiten sondern auch Auseinanderdriften (Divergenz) auf, so nennt man dies leaky - transform fault. Ein Beispiel hierfür ist die Plattengrenze zwischen Eurasischer- und Afrikanischer Platte, von den Azoren ostwärts über den Mittelatlantischen Rücken bis zu Gibraltar [1].

Hot Spots

Unter Hot Spots versteht man jenes Phänomen bei dem die Lithosphäre von einem Strahl aus Magma durchbrochen wird (Abb.5). Dieser Magmastrahl ist gebündelt (plume) und steigt aus dem Mantel in die Lithosphäre auf. Während diese Hot Spots an ihren Ort gebunden sind, schiebt sich die darüber liegende Platte immer weiter, worauf in der übergeordneten Lithosphäreplatte Inselketten und Spuren in der Gestalt von Rücken entstehen [5]. Ein Beispiel für eine Inselkettenentstehung durch einen Hot Spot ist die Inselgruppe Hawaii auf der Pazifischen Platte, welche zu einem Großteil aus tiefschwarzem vulkanischem Basalt besteht.

Wachsen und Schrumpfen der Ozeane

All diese plattentektonischen Phänomene haben nun zur Folge, dass sich der Atlantik und der indische Ozean zunehmend vergrößern, da sie vor allem Spreizungsachsen (Divergenzen) aber kaum Subduktionszonen aufweisen. Der Atlantik weist hauptsächlich Divergenzen auf. Dies geschieht vor allem am Mittelatlantischen Rücken. Dieser erstreckt sich von Süden nach

Norden zwischen der westlich gelegenen Nordamerikanischen und Südamerikanischen Platte und der östlichen Eurasischen und Afrikanischen Platte. Auch zwischen Afrikanischer und Antarktischer Platte expandiert der Atlantik. Lediglich zwischen Karibischer- und Südamerikanischer Platte driften die Platten aufeinander zu.

Der Indische Ozean vergrößert sich ebenfalls laufend. Am atlantisch-indischen Graben entsteht neuer Ozeanboden und auch zwischen Afrikanischer und Australischer Platte wird der indische Ozean größer. Subduktionszonen findet man in der Himalaja-Java-Graben Region zwischen der Eurasischen und Australischen Platte, sowie an den Rändern der Australischen zur Pazifischen Platte.

Der pazifische Ozean hingegen kontrahiert sich. Viele kleinere Subduktionszonen lassen im Vergleich mehr Meeresboden verschwinden, als durch den East-Pacific Rise und dem nördlich davon gelegenen Juan de Fuca Ridge wieder produziert wird. Die hauptsächliche Spreizungszone im Pazifik befindet sich am Ostpazifischen Rücken zwischen Pazifischer Platte und Nazca-, Cocos-, und Antarktischer Platte. Subduktion findet jedoch zwischen Pazifischer- und Juan de Fuca-, Eurasischer-, Australischer-, Nordamerikanischer-, Südamerikanischer-, Philipinischer- und Scotia Platte statt. Er weist vermehrt Subduktionszonen und kaum Spreizungsachsen auf [2].

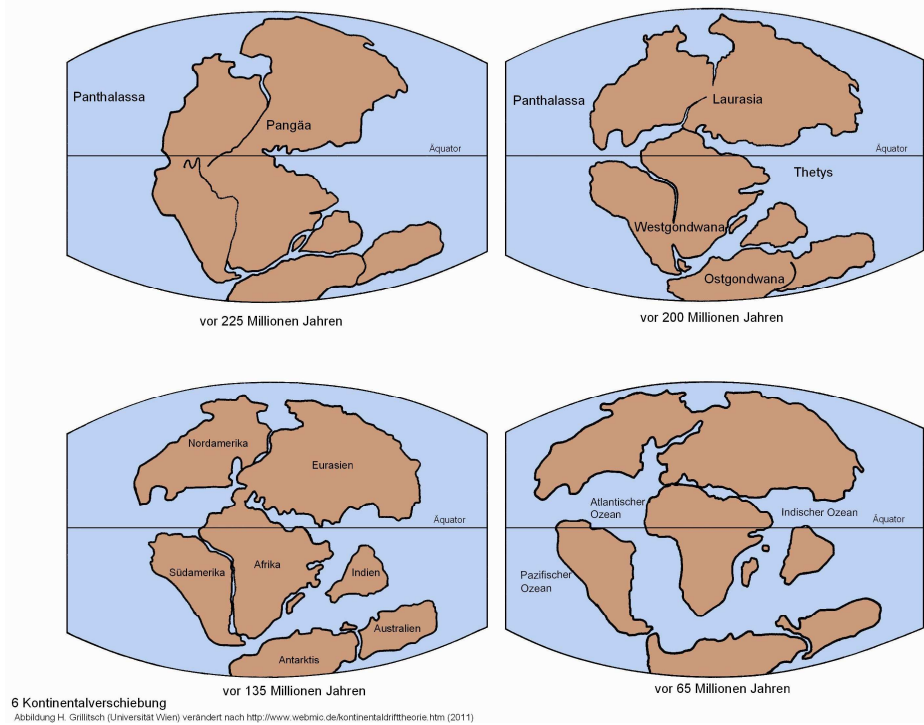
Die Erde im Wandel der Zeit

Die Entwicklung der Erde und ihre Bewohnbarkeit durch Organismen auf den Kontinenten und im Ozean, wie sie heute vorliegen, vollzogen sich in einem Prozess von Millionen von Jahren.

Es ist anzunehmen dass sich das Universum vor etwa 12 bis 20 Millionen Jahren im Urknall, einer Explosion von unsagbarer Energie, entwickelt hat [3]. Unser Sonnensystem entstand durch die Rotation einer Gas- und Staubwolke um sich selbst, was das Zusammenziehen der Wolke zur Folge hatte. Die größte Ansammlung an Staub war nun in der Mitte dieser sich neu formierenden Scheibe zu finden. Eine größere Materiekugel in der Mitte der Scheibe entwickelte sich zu Sonne, die Planeten ordnen sich auf kreisenden Bahnen um ihren Mittelpunkt an [3]. Die Erde selbst entstand vor etwa 4,6 Milliarden Jahren als einer dieser, um die Sonne kreisenden Planeten. Durch die Schwerkraft lagerten sich die schwereren Elemente im Kern an, was zum Vorhandensein des heutigen starken Eisen-Nickel Gehaltes des Erdkerns führte [5]. Um die Entwicklung von Leben auf der Erde erst möglich zu machen, war es wichtig flüssiges stabiles Wasser auf der Erde zu haben. Seit mindestens 3,8 Milliarden Jahren ist Wasser unter dem Druck und der Temperatur der Erdoberfläche weitestgehend stabil [3]. Der Planet Erde kühlte langsam ab und vor etwa 2,2 Milliarden Jahren entwickelte sich zusätzlich eine Uratmosphäre. Als nächster Schritt trat die chemische Evolution ins Bild. Diese bezeichnet die Entwicklung der ersten DNA und RNA Abschnitte durch die Entwicklung von sich selbst vermehrbaren Nukleotiden, Aminosäuren, Peptiden und schließlich DNA-Molekülen. Über die Entstehung des Lebens gibt es unterschiedliche Theorien [9].

Unser Planet war weiterhin gezeichnet durch Meteoriteneinschläge, vulkanische sowie seismische kontinentale Aktivität, starke UV-Strahlung, sowie Seebeben und damit einher gehende Tsunamis. In der Erdgeschichte kam es zu einer Reihe von Veränderungen des Planeten. Kontinentale sowie ozeanische Platten wurden aufgeschmolzen, verschoben und wieder neu gebildet.

Viele Erklärungsmodelle beginnen mit dem Urkontinent Pangäa (Abb.6) im Perm vor etwa 248 Millionen Jahren. Der Superkontinent Pangäa wurde vom Panthalassa Meer umspült. Das Tethysmeer, eine große Meeresbucht, trennte die Afrikanische und Eurasische Platte voneinander ab [5]. Pangäa wird auch als Superkontinent bezeichnet, da man sich vorstellt, dass alle Kontinente, welche heute durch Ozeane getrennt sind, in Form eines großen und ganzen Superkontinentes von einem Ozean, Panthalassa, umgeben waren. An der Jura-Kreide Grenze vor 144 Millionen Jahren war bereits eine starke Verschiebung der Platten erkennbar. Der Atlantik wurde geöffnet und die Kontinente Laurasia, Ost- und Westgondwana entstanden. Vor 65 Millionen Jahren brachen Ost- und Westgondwana auseinander. Aus dem westlichen Teil entstanden Südamerika und Afrika, während sich die östliche Platte zu Antarktika und Australien formte. Die indische Platte setzte sich beim Zerfall Gondwanas ab und driftete Richtung Norden. Sie stieß mit der Eurasischen Platte zusammen, was somit zur Auffaltung des Himalaja-Gebirges führte. Südamerika verband sich mit dem abgespaltenen Nordamerika über die zentralamerikanische Landbrücke vor etwa 5 Millionen Jahren [5]. Unaufhörlich driften die Platten nun weiter in entgegengesetzte Richtungen oder aufeinander zu.



Entstehung des Mittelmeers

Das Mittelmeer entstand über mehrere Millionen Jahre. Das Tethysmeer schob sich ungefähr vor 200 Millionen Jahren zwischen Ost- und Westgondwana. Es verband nun den Zentralatlantik mit dem Indopazifik [8]. Während der östliche Teil ein Rest des Tethysmeeres ist, handelt es sich beim westlichen Teil um die Folge jüngerer Plattendrift. Die Verbindung zum Atlantik wurde allmählich unterbrochen und das Mittelmeer trocknete vor etwa 5 bis 6 Millionen Jahren im Messin und im späten Miozän bis auf kleinere Salzseen aus. Von dieser Zeit sind noch immer Evaporitlager in den Tiefensedimenten des Mittelmeeres übrig geblieben [5].

Im Pliozän vor etwa 5,3 Millionen Jahren wurde erneut eine Verbindung zum Atlantik geschaffen und das zuvor ausgetrocknete Becken füllte sich wieder mit Wasser. Bis jetzt ist das Mittelmeer Europas mit dem Atlantik durch die Straße von Gibraltar verbunden. Es unterscheidet sich in ein östliches und westliches Becken, die verschiedene Salzgehalte und Temperaturen haben. Diese beiden Becken werden durch die Straße von Sizilien geteilt [5]. Durch das Erfassen von Zusammenhängen von Gesteinsstrukturen auf unterschiedlichen Kontinenten, sowie der Rekonstruktion der damaligen Konvektionsströmungen werden diese geodynamischen Prozesse genauer erforscht.

Vulkanismus und Plattentektonik in Österreich

Vor allem in den Bundesländern Steiermark, Niederösterreich und Burgenland kann die vulkanische Geschichte Österreichs gut dargestellt werden. Die dort auch noch heute sprudelnden thermalen Quellen zeugen von seismischer Aktivität. Auch ehemalige Vulkane können dort betrachtet werden. Riegersburg in der Steiermark ist ein Beispiel für den Erosionsrest eines basaltischen Vulkans.

Der österreichische Vulkanismus wird einem Ausläufer des Innerkarpatischen Vulkanbogens zugeordnet. Dieser zeichnete sich nicht nur durch Subduktion und Kompression, sondern auch durch Divergenzvorgänge und somit Krustendehnung aus. Er erstreckt sich vom Siebenbürgischen Erzgebirge in Rumänien, über das ungarische Bükk-Gebirge bis ins slowakische Erzgebirge und den Südosten Österreichs.

Am Alpenostrand wurde das Einbruchsbecken aus dem Tertiär mit klastischem Sediment gefüllt. Diese Vorgänge wurden verstärkt von Vulkanismus begleitet. In Ostösterreich sind vor allem die Auswirkungen der vulkanischen Aktivitäten im Tertiär von großer Bedeutung. Die ältesten Eruptionen im mittleren Miozän vor etwa 13-14 Millionen Jahren haben nicht nur die thermale Quelle in Bad Gleichenberg (Steiermark) zur Folge, sondern auch Vulkanite in Weitendorf, Kollnitz oder dem Lavantal in der Steiermark zeugen von den erdgeschichtlichen Prozessen.

Bei einer weiteren Eruptionsserie vor 11,5 bis 10,5 Millionen Jahren entstanden das Basaltgestein des Pauliberger (Bgl.) sowie der Alkalibasalt in Oberpullendorf.

Nach einer länger andauernden Phase in welcher vor allem Pyroklastika (Gestein- und Ascheauswurf bei Vulkanausbruch) ausgeworfen wurden kam es vor 3,7- 1,7 Millionen Jahren im Pliozän zum Ende des Vulkanismus. Das Pannonische Becken wurde durch den Prozess der Erdkrustendehnung (Divergenz) abgesenkt. Die heutigen Vorkommen an Nephelinbasalt in Mühlbach und Basalt in Unterweissenbach in der Steiermark zeugen von diesem Prozess [4].

Quellen:

- [1] Fowler; C.M.R.; *The solid Earth: an introduction to global geophysics*; 2005; Cambridge University Press; Edinburgh;
- [2] Gross, G., Gross, E.; *Oceanography- A View of Earth*; 7th edition; 1996; Prentice Hall; Upper Saddle River, New Jersey;
- [3] Jacobshagen, Arndt, Götze, Mertmann, Walfass; *Einführung in die geologischen Wissenschaften*; 2000; Verlag Eugen Ulmer; Stuttgart;
- [4] Krenmayr H.G, Hofmann T., Mandl G., Peresson H. , et al; *Rocky Austria - Eine bunte Erdgeschichte von Österreich*; 1999; Geologische Bundesanstalt; Wien;
- [5] Ott, Jörg; *Meereskunde* ; 1996; 2. Auflage; Ulmer-Verlag; Stuttgart;
- [6] Schönenberg R., Neugebauer J.; *Einführung in die Geologie Europas*; 1997; 7.Auflage; Rombach Verlag; Freiburg im Breisgau;
- [7] Stüwe, Kurt; *Einführung in die Geodynamik der Lithosphäre*; 2000; Springer Link; Heidelberg;
- [8] Tardent, Pierre; *Meeresbiologie*; 1993; Thieme-Verlag; Stuttgart, New York;
- [9] Van Dover, Cindy; *The Ecology of Deep Sea Hydrothermal Vents*; 2000; Princeton University Press; Princeton, New Jersey;
- [10]<http://www.erlangen-online.de/nepal-exkursion/Geographie/Geologie/Geologie.html> (06.12.2010)

Weiterführende Quellen:

Kontinentaldrift- Animation und Grundinformationen:

- http://www.nepal-dia.de/LL_Ubersicht_Nepal_Land_/LL_Plattentektonik_in_Nepal/LLP_01_kontinentalverschiebung/llp_01_kontinentalverschiebung.html (20.10.10)
- <http://www.ucmp.berkeley.edu/geology/tectonics.html> (30.10.10)

Animation Kontinentaldrift

- <http://www.geologieinfo.de/plattentektonik/> (18.10.10)

Erklärung der Plattendrift an Modell

- http://www.geodynamics.no/Platemotions/500-400/Index_Map.htm (30.10.10)

University of Texas Institute of Geophysics with teaching material- English

- <http://www.ig.utexas.edu/research/projects/plates/index.htm>

Planet Schule.de- Unterrichtsmaterialien, Schwerpunkt: Deutschland

- <http://www.planet-schule.de/wissenspool/geomorphologie/inhalt/wissen/diealpen/plattentektonik.html> (30.10.10)

Animation: genaues Aufzeigen der Plattengrenzen im Zusammenhang mit Konvergenz, Divergenz und Transformation

- <http://www.planet-schule.de/wissenspool/geomorphologie/inhalt/multimedial.html> (30.10.10)

Mountain Maker Earth Shaker, Auslösen von Transformation, Konvergenz und Divergenz und Folgen

- <http://www.pbs.org/wgbh//aso/tryit/tectonics/> (18.11.10)

Unterrichtsreihe: Plattentektonik und Vulkanismus

- <http://www.g-o.de/index.php?cmd=redaktion/lernwelten/ureihen.htm&header=lw> (18.11.10)

Videos

Pangäa, Gondwana, Laurasia, Kontinente (20.11.2010)

- http://www.youtube.com/watch?v=GYVS_Yh6dTk

Transformation, Konvergenz, Divergenz (20.11.2010)

- <http://www.seed.slb.com/subcontent.aspx?id=5046>

Kurzfilm zur Auffaltung der Alpen (20.11.2010)

- <http://www.planet-schule.de/wissenspool/geomorphologie/inhalt/sendungen/die-alpen.html>

Teil A) Didaktische Informationen für Lehrkräfte-Plattentektonik

Vorwort

Vor genaueren Erläuterungen zu den Experimenten, diesbezüglichen Erweiterungsmöglichkeiten und zugehörigen fachdidaktischen Ideen, seien hierbei noch einige Anmerkungen zur Experimentselektion, sowie zur Unterrichtsdurchführung und Eignung der betreffenden Thematik in bestimmtem Rahmen erörtert.

- Experimentselektion

Die folgende Anordnung und Verwendung der Experimente ist als persönliche Liste von Präferenzen zu verstehen und wurde vor allem mit dem Hintergedanken der Anschaulichkeit und schnellen Nachbaubarkeit erstellt. Nachdem es sich bei dieser Art des experimentellen Unterrichts ebenfalls um gruppenbezogene und vor allem eigenständige Arbeit der SchülerInnen handeln soll, ist einfache und mehrmals mögliche Durchführung der Experimente darüber hinaus von Vorteil und erwies sich aus zweckmäßigen Gründen ebenfalls als Selektionskriterium.

Ein letzter wichtig erscheinender Punkt ist zu Zeiten des geringen Bildungsbudgets die Erschwinglichkeit der Materialien, auf welche in einem letzten Schritt bei der Auswahl der Experimente Rücksicht genommen wurde.

- Unterrichtsdurchführung

Da sich die vorliegende Unterrichtsstunde sehr stark auf das Vorwissen der SchülerInnen im Bereich der Plattentektonik stützt (Lehrplan Geographie 5. und 6. Klasse AHS- Oberstufe) wird empfohlen den Wissenstand der SchülerInnen bei der tatsächlichen Auswahl der Experimente und deren Durchführung zu berücksichtigen. Sollte das Thema Plattentektonik den SchülerInnen beispielsweise zur Gänze neu erscheinen, ist es zu empfehlen eine ausführliche Theoriestunde vor einer rein experimentellen Schulstunde einzuschieben. Sollte genügend Vorwissen bei den SchülerInnen vorhanden sein, ist es allerdings durchaus möglich diese Stunde ohne großen anfänglichen Theorieblock durchzuführen. Zeiteinsparung ist im Sinne eines fächerübergreifenden Unterrichtsprojektes oder lediglich einer Zusammenarbeit der Schulunterrichtsfächer Biologie und Umweltkunde sowie Geographie und Wirtschaftskunde gut zu erzielen, wobei die Theorie ausführlich in einer Geographiestunde vorgestellt werden könnte und somit der Grundbaustein für die folgenden Experimente im Rahmen eines meeresbiologischen Projektes gelegt ist, ohne eine weitere Schulstunde zur Vorbereitung der SchülerInnen einplanen zu müssen.

Des Weiteren ist zu erwähnen, dass es das Konzept dieser Stundenplanung ist, diese Experimente nicht nur sinngebend im Rahmen eines meeresbiologischen Projektes zu bearbeiten, sondern eine derartige Schulstunde unter Verwendung der folgenden Experimente auch als Einzelstunde oder ebenfalls in einem anderen Schulfach, wie in Geographie und Wirtschaftskunde, sowie in einem Wahlpflichtfach zu den Themen Biophysik, Biogeographie oder Mineralogie und Rohstoffkunde durchzuführen.

- Lehrziele

Die Schüler haben Grundwissen über Plattentektonik und Vulkanismus

- Konvergenz, Divergenz, Transformation
- Vulkanismus in Österreich

Sie wissen

- den Grund für die Plattendrift

Sie können

- selbstständig bei Experimenten in SchülerInnengruppen oder Einzelarbeit arbeiten
- Zusammenhänge natürlicher Prozesse selbst erklären

Es wird

- geologisches Denken und Erkennen von Zusammenhängen der natürlichen Prozesse gefördert

Im Folgenden werden die Arbeitsaufgaben, deren dahinter steckende Theorie, deren einfache Durchführung, sowie fachdidaktische Anmerkungen zu den jeweiligen Stationen erläutert. Erfahrungswerte zeigen, dass es sich empfiehlt die Experimente vor der Durchführung in den Klassen mit dem gewählten Material auszuprobieren.

Zusätzlich dazu soll angemerkt werden, dass diese Aufgaben auf Grund ihrer unterschiedlichen Dauer nicht für Stationenbetrieb geeignet sind.

1) Konvektion

Dieses Experiment setzt sich zum Ziel die SchülerInnen in vereinfachter Form an die Ursachen der Plattentektonik heranzuführen. Durch die Nachstellung der Konvektion im Experiment soll sichergestellt werden, dass die SchülerInnen die Möglichkeit haben das Konzept der Konvektion oder der Wärmezirkulation zu verstehen. Über den Einbau von tatsächlich ausgeschnittenen Kontinenten, wie Südamerika und Afrika, soll für die SchülerInnen des Weiteren der Verstehensprozess vereinfacht werden. Die Kontinente Südamerika und Afrika eignen sich gut für dieses Experiment, da ihre Umrisse aus bereits erwähnten erdgeschichtlichen Gründen ineinander passen und sich somit die auseinanderdriftenden Kontinente in der Schale besser beobachten lassen (Abb.7).

Ziel dieser Experimente ist es, den SchülerInnen das Grundkonzept der Konvektion näher zu bringen und ihnen begreiflich zu machen welches Phänomen der Plattendrift zu Grunde liegt.

Neben diesem fachlichen Lernziel seien ebenfalls die pädagogischen Lernziele erwähnt. Zusammenarbeit in Gruppen jeglicher Konstellation, sowie das Hinarbeiten auf ein gemeinsames Ziel sind hierbei die relevantesten.

Material:

1 Bunsenbrenner/ 1 Kochplatte
 Gestell zum Aufstellen der Metallwanne (Höhe: Bunsenbrenner muss darunter passen!)/ wenn Kochplatte kein Gestell nötig
 1 Metallwanne (30x 30x10 cm)
 Styropor- bzw. Kartonumrisse von Südamerika und Afrika
 Wasser



7 Experiment Kontinentalverschiebung Abbildung M. Bright (2011)

Befülle das vorgesehene Metallgefäß mit Wasser und bring es auf der Vorrichtung über dem Bunsenbrenner so an, dass die Mitte des Metallgefäßes von unten erhitzt werden kann. Warte bis sich die, durch die Bewegung entstandenen Wogen im Wasser glätten und schalte den Bunsenbrenner/ die Kochplatte ein. Versuche die Kartonmodelle von Afrika und Südamerika so ins Wasser zu legen, dass die Formen ineinander liegen und sich die Platte berühren. Nun achte auf die Platten und beobachte was mit stetigem Erhitzen des Wassers passiert! Beschreibe!

Das Wasser punktuell genau in der Mitte der Metallwanne. Die Wassermassen werden heiß und steigen in den sie umgebenden kälteren auf, was dazu führt, dass die darüber treibenden Kontinente auseinander driften (Abb. 7). Konvektion kommt in der Natur im Erdmantel vor. Das bereits erkaltete Gestein hat eine höhere Dichte, als das heiße Magma was somit dazu führt, dass das heiße Gestein nach oben tritt und das kalte Gestein mit der höheren Dichte wieder absinkt. Diese Konvektionsströmungen haben die Bewegung und Tektonik der Platten zur Folge [1]. Die Plattendrift in der Lithosphäre wird in diesem Experiment sehr anschaulich dargestellt.

Anmerkung: Beim Bereitstellen des Metallgefäßes ist darauf zu achten, dass es groß und breit ist (30x30x10cm), um ein sofortiges vollständiges Erwärmen des gesamten Wassers im Gefäß bei Verwendung des Bunsenbrenners zu vermeiden. Des Weiteren ist es zwar möglich die Kontinente aus Papier auszuschneiden, bei wiederholten Versuchen allerdings nicht zweckmäßig. Karton oder sogar Styropor eignen sich hierbei besser.

2) Gebirgsauffaltung

Durch das Experiment „Gebirgsauffaltung“ sollen den SchülerInnen die möglichen Folgen der Plattendrift verdeutlicht werden. Hierbei handelt es sich um die Subduktion und die damit einhergehende Auffaltung der verschiedenen Schichten der leichteren Platte, was durch unterschiedliche Dichte und Reibung hervorgerufen wird. Die SchülerInnen sollen die Art des dargestellten tektonischen Vorganges einordnen und erkennen können und ihre Experimentergebnisse mit der Auffaltung der Alpen oder jener des Himalajas in Verbindung bringen können.

Material für 5 Versuchswiederholungen:

1 Aquarium bzw. ein Glasgefäß (mind. 40x 20x 20 cm)/ Alternative: Wattestäbchenbox (gereinigt und von Aufklebern befreit)

1-2 Säckchen Mehl (je nach Größe der Gefäße)

1-2 Säckchen Kakao (je nach Größe der Gefäße)

1 Glasplatte, welche so tief wie verwendeter Glasbehälter, Soll in Aquarium gesteckt werden können und von einem ans gegenüberliegende Ende durchgezogen werden können, Glasplatte soll von Innenwand des Glasbehälters an beiden Seiten je 0,5-1cm entfernt sein

Alternative: Deckel der Wattestäbchenbox wird in ein Viereck zugeschnitten (Höhe sollte gleich bleiben wie Wattestäbchenbox, an den seitlichen Enden jedoch jeweils 0,5 cm abschneiden, sodass Zwischenraum zwischen Box und Platte entsteht, sobald sie in die Box gesteckt wird)



9 Experiment Gebirgsauffaltung

Abbildung M. Bright (2011)

Benutze einen Glasbehälter/ Wattestäbchenbox und eine Glasplatte/ zugehöriger Deckel. Zuerst befüllst du den Behälter mit einer Schicht Mehl (etwa 1 cm dick). Verteile das Mehl gleichmäßig, bevor du eine weitere Schicht Kakao darauf schüttest (1 cm). Als dritte Schicht wird wiederum Mehl (1 cm) in den Behälter gegeben. Nimm nun die Glasplatte/ Plastikplatte und stecke sie an einem Ende senkrecht in die Mehl-Kakao Schichtung. Bewege die Glasplatte/ Plastikplatte gleichmäßig und langsam an das gegenüber liegende Ende des Behälters. Beobachte durch die Platte und an den Seitenrändern der Glasplatte/ Plastikplatte was mit den Schichten passiert! Beschreibe!

Im Glasbehälter befinden sich drei Schichten aus zwei unterschiedlichen Substanzgemischen. Kakao hat eine andere Dichte wie Mehl, er ist verhältnismäßig leichter wie Mehl. Wird nun die Glasplatte in den Glasbehälter gesteckt und langsam in Richtung des gegenüberliegenden Endes bewegt, bemerkt man dass sich die Schichten, auf Grund der unterschiedlichen Reibung zwischen den Schichten, verschieden aufwölben und ein ähnliches Muster wie jenes der Gesteine bei der Gebirgsaufaltung entsteht (Abb. 9).

Beispiele hierfür sind die Alpen, welche im Perm durch die Kollision der Eurasischen und der Afrikanischen Platte entstanden, sowie das Himalaja Gebirge, welches durch das Aufeinandertreffen der Indischen auf die Eurasische Platte aufgefaltet wurde [2].

3) Beschriftung der Platten - Über welchen Platten liegen Ozeane und welche Platten bilden die Kontinente?

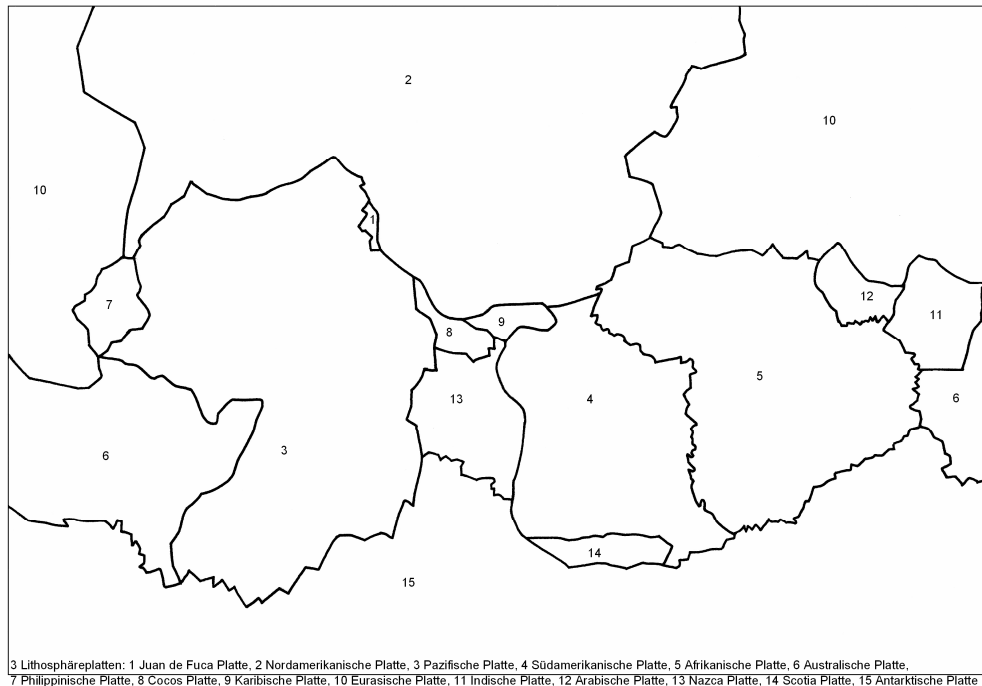
Die vorliegende Aufgabe dient dazu den SchülerInnen die Lithosphärenplatten genauer vor Augen zu führen. Es gilt zu erfahren in wie viele Teile die Lithosphäre zerstückelt ist (hierbei wird nicht auf die Mikroplatten sondern nur auf die größten und mittleren Platten Rücksicht genommen!) und wo sich überall Plattengrenzen befinden. Damit einhergehend soll verdeutlicht werden, dass diese aneinander grenzenden Platten (Abb.3) in den meisten Fällen auch seismische Aktivität und Vulkanismus mit sich bringen. Des Weiteren ist es wichtig den SchülerInnen näher zu bringen, dass sich nicht nur Kontinente, sondern auch Ozeane (Abb. 4) auf kontinentalen Platten befinden, und dass nicht jeder Kontinent auf einer eigenen Platte zu finden ist.

Material:

1 Vordruck (Platten zum Ausschneiden) „Lithosphärenplatten“

1 Vordruck (Weltkarte) „Weltkarte und Plattennamen“

Schere



3 Lithosphärenplatten: 1 Juan de Fuca Platte, 2 Nordamerikanische Platte, 3 Pazifische Platte, 4 Südamerikanische Platte, 5 Afrikanische Platte, 6 Australische Platte, 7 Philippinische Platte, 8 Cocos Platte, 9 Karibische Platte, 10 Eurasische Platte, 11 Indische Platte, 12 Arabische Platte, 13 Nazca Platte, 14 Scotia Platte, 15 Antarktische Platte

Nimm das Blatt „Lithosphärenplatten“ zur Hand und schneide die dir vorgegebenen Platten an den Linien aus. Beschrifte danach die Platten mit ihren Namen. Sobald du fertig bist versuche die ausgeschnittenen Platten auf die ebenfalls vorgefertigte und ausgeteilte Weltkarte zu legen (Arbeitsblatt- „Weltkarte und Plattennamen“). Welche Platte passt an welchen Ort? Über welchen Platten liegen nur Ozeane? Welche tragen Kontinente und Ozeane? Gibt es Platten auf denen nur Kontinente zu finden sind? Mach dir Stichworte und erkläre!

4) Errechnen der Plattendrift

In der folgenden Aufgabe sollen die SchülerInnen an die Dimensionen der Plattentektonik herangeführt werden. Hierbei soll den SchülerInnen klar werden, dass sich über eine Million Jahre das Erscheinungsbild der Kontinente und jenes unseres ganzen Planeten verändern werden. Die Angabe der driftenden Platten in Zentimetern dient hierbei dazu den SchülerInnen zu verdeutlichen, dass ein paar Millimeter nicht viel erscheinen, jedoch über 1 Million Jahre einen großen Impact auf das Weltbild haben können.

Überlege dir genau was es bedeutet, wenn die Platten sich voneinander entfernen oder aufeinander zu driften! Nun gilt es zu errechnen wie schnell sich die Platten bewegen.

Am Ost- Pazifischen Rücken wurde von Wissenschaftlern berechnet, dass sich die Pazifische Platte und die Cocos- Platte im Jahr um etwa 11 mm voneinander entfernen! Wie viele Zentimeter oder vielleicht auch Meter oder Kilometer sind das in 1 Million Jahre? Im Vergleich dazu vergrößert sich der Atlantik in West-Ost Ausrichtung um 3 mm pro Jahr. Wie groß Vergrößerung des Atlantiks in einer Million Jahren? Berechne!

Rechnung:

11mm pro Jahr x 1 Mio.

= 11 000 000 mm = 1 100 000 cm = 11 000 m = 11km

3 mm pro Jahr x 1Mio. = 3 km

Unterstützende Literatur:

- http://gw.didaktik-graz.at/files/unterricht/unterlagen/indoor/unterrichtsentwurf_wenn_die_Erde_bebt.pdf (05.11.10)
- http://www.stmug.bayern.de/umwelt/boden/lernort_geologie/cd/2-schueleraktivitaeten/schueleraktivitaeten_modul_c/lernort_geologie_sa_c_gesamt.pdf (30.10.10)
- http://www.univie.ac.at/Mineralogie/dies_das/docs/experimente.pdf (30.10.10)

Quellen:

- [1] Ott, Jörg; *Meereskunde* ; 1996; 2. Auflage; Ulmer-Verlag; Stuttgart;
- [2] Schönenberg R., Neugebauer J.; *Einführung in die Geologie Europas*; 1997; 7.Auflage; Rombach Verlag; Freiburg im Breisgau;

Teil A) Arbeitsblatt für SchülerInnen- Plattentektonik

1) Konvektion

Im folgenden Experiment könnt ihr das Phänomen der Konvektion gut beobachten, welches für die Verschiebung der Lithosphärenplatten verantwortlich ist.

Material: 1 Bunsenbrenner /Kochplatte

Gestell zum Aufstellen der Metallwanne (Höhe: Bunsenbrenner muss darunter passen!)/
wenn Kochplatte kein Gestell nötig

1 Metallwanne (30x 30x10 cm)

Styropor- bzw. Kartonumrisse von Südamerika und Afrika

Wasser

Befülle das vorgesehene Metallgefäß mit Wasser und bring es auf der Vorrichtung über dem Bunsenbrenner so an, dass die Mitte des Metallgefäßes von unten erhitzt werden kann. Warte bis sich die, durch die Bewegung entstandenen, Wogen im Wasser glätten und schalte den Bunsenbrenner/ die Kochplatte ein. Versuche die Kartonmodelle von Afrika und Südamerika so ins Wasser zu legen, dass die Formen ineinander liegen und sich die Platte berühren. Nun achte auf die Platten und beobachte was mit stetigem Erhitzen des Wassers passiert! Beschreibe!

2) Gebirgsauffaltung

Im Perm vor 142- 65 Millionen Jahren wurden die Alpen aufgefaltet, als die Afrikanische Platte gegen die Eurasische Platte drückte. Das folgende Experiment soll dabei helfen diesen Prozess etwas besser zu verstehen.

Material :

1 Aquarium bzw. einen Glasgefäß (mind. 40x 20x 20 cm)/

Alternative: Wattestäbchenbox (gereinigt und von Aufklebern befreit)

2 Säckchen Mehl

2 Säckchen Kakao

1 Glasplatte, welche so tief wie verwendeter Glasbehälter, Soll in Aquarium gesteckt werden können und von einem ans gegenüberliegende Ende durchgezogen werden können, Glasplatte soll von Innenwand des Glasbehälters an beiden Seiten je 0,5-1cm entfernt sein

Alternative: Deckel der Wattestäbchenbox wird in ein Viereck zugeschnitten (Höhe sollte gleich bleiben wie Wattestäbchenbox, an den seitlichen Enden jedoch jeweils 0,5 cm abschneiden, sodass Zwischenraum zwischen Box und Platte entsteht, sobald sie in die Box gesteckt wird)

Benutze einen Glasbehälter/ Wattestäbchenbox und eine Glasplatte/ zugehöriger Deckel. Zuerst befüllst du den Behälter mit einer Schicht Mehl (etwa 1cm dick). Verteile das Mehl gleichmäßig, bevor du eine weitere Schicht Kakao darauf schüttest (1cm). Als dritte Schicht wird wiederum Mehl (1cm) in den Behälter gegeben. Nimm nun die Glasplatte/ Plastikplatte und stecke sie an einem Ende senkrecht in die Mehl-Kakao Schichtung. Bewege die Glasplatte/ Plastikplatte gleichmäßig und langsam an das gegenüber liegende Ende des

Behälters. Beobachte durch die Platte und an den Seitenrändern der Glasplatte/ Plastikplatte was mit den Schichten passiert!
Beschreibe!

3) Beschriftung der Platten- Welche Platte beinhaltet Ozeane und welche Kontinente, welche Platte trägt beides?

Material: 1 Vordruck (Platten zum Ausschneiden)
1 Vordruck (Weltkarte)
Schere

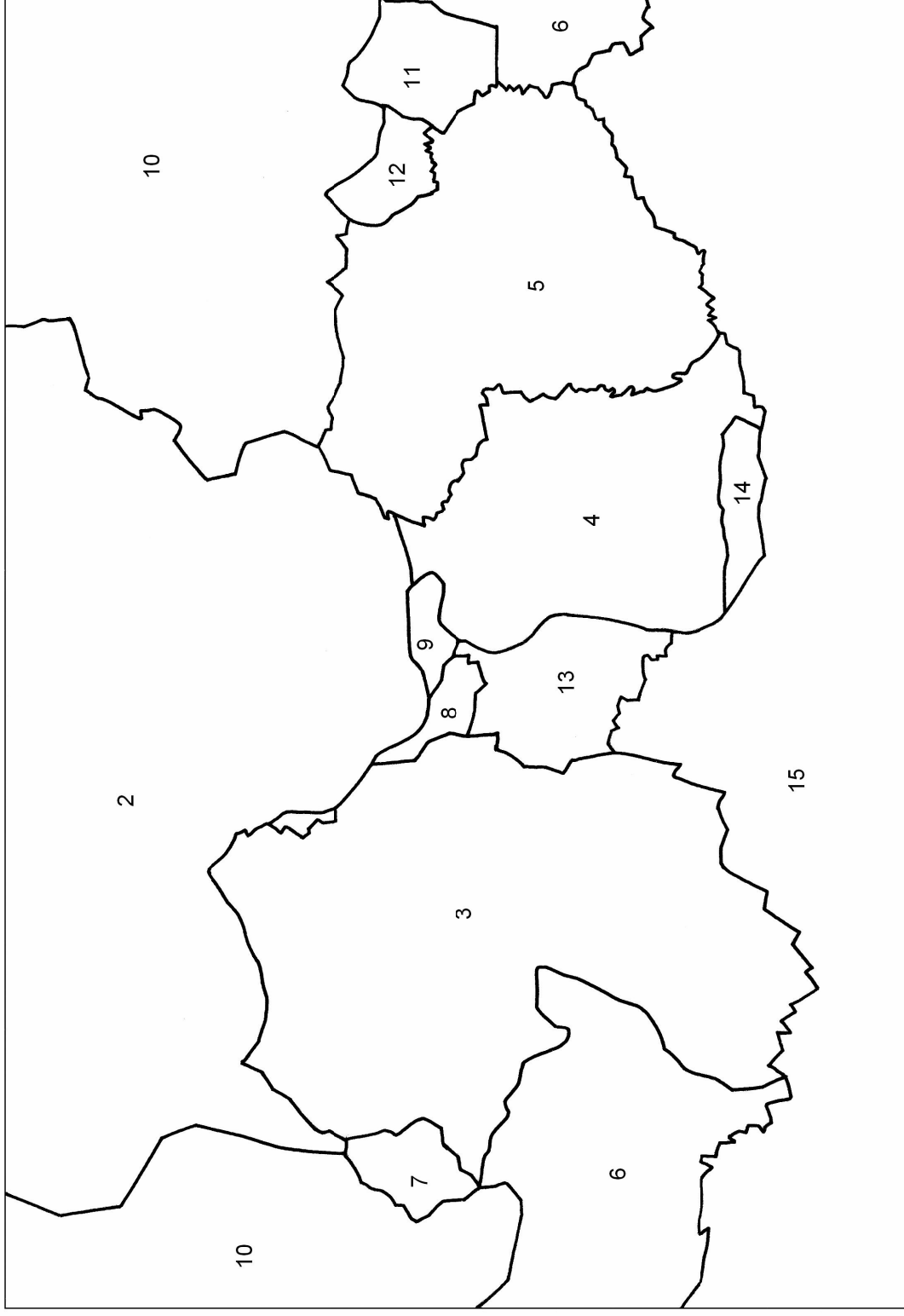
Nimm das Blatt „Lithosphäreplatten“ zum Ausschneiden zur Hand und schneide die dir vorgegebenen Platten an den Linien aus. Beschrifte danach die Platten mit ihren Namen. Sobald du fertig bist versuche die ausgeschnittenen Platten auf die ebenfalls vorgefertigte und ausgeteilte Weltkarte zu legen. Welche Platte passt an welchen Ort? Welche Platte beinhaltet nur Ozeane? Welche trägt Kontinente und Ozeane? Gibt es Platten auf denen nur Kontinente zu finden sind? Mach dir Stichworte und erkläre!

4) Errechnen der Plattendrift

Überlege dir genau was es bedeutet, wenn die Platten sich voneinander entfernen oder aufeinander zu driften!

Nun gilt es zu errechnen wie schnell sich die Platten bewegen. Am Ost- Pazifischen Rücken wurde von Wissenschaftern berechnet, dass sich die Pazifische Platte und die Cocos- Platte im Jahr um etwa 11 mm voneinander entfernen! Wie viele Zentimeter oder vielleicht auch Meter oder Kilometer sind das in 1 Million Jahre? Im Vergleich dazu vergrößert sich der Atlantik in Nord-Südausrichtung um 3mm pro Jahr. Wie viel Fläche hat er in 1 Million Jahren gewonnen?

Lithosphäreplatten



3 Lithosphäreplatten
Abbildung H. Grallisch (Universität Wien) verändert nach Wikipedia (2011)

Weltkarte und Plattennamen



4 Kontinente

Abbildung H. Grillich (Universität Wien) verändert nach <http://www.fk-klassik.at/Links4.htm> (2011)

Große Platten: Eurasische-, Nordamerikanische-, Südamerikanische-, Afrikanische-, Pazifische-, Antarktische- und Australische Platte

Kleine Platten: Nazca-, Juan de Fuca-, Cocos-, Philippinische-, Indische-, Arabische-, Scotia-, Karibische Platte

Teil A) Erklärungen zum Arbeitsblatt für SchülerInnen- Plattentektonik

Konvektion

Unter Konvektion versteht man das Emporsteigen von warmen wässrigen Lösungen in einer kalten Umgebung [3].

Beim Versuchsaufbau wird das Wasser punktuell genau in der Mitte der Metallwanne erhitzt. Die Wassermassen werden heiß und steigen in den sie umgebenden kälteren auf, was dazu führt, dass die darüber treibenden Kontinente (in diesem Fall Südamerika und Afrika) auseinander driften (Abb. 7). Konvektion kommt in der Natur im Erdmantel vor. Das bereits erkaltete Gestein hat eine höhere Dichte als das heiße Magma was somit dazu führt, dass das heiße Gestein nach oben tritt und das kalte Gestein mit der höheren Dichte wieder absinkt. Diese Konvektionsströmungen haben die Bewegung und Tektonik der Lithosphäreplatten zur Folge [3].



Weiterführende links zum Thema Konvektion:

- <http://www.youtube.com/watch?v=mNEhyyo36No&feature=related> (25.11.2010)
- <http://www.youtube.com/watch?v=V1FVyMljMwY> (30.11.2010)
- <http://www.youtube.com/watch?v=7xWWowXtuvA&feature=related> (30.11.2010)

Gebirgsauffaltung

Bei der Bewegung der Lithosphäreplatten auf der Asthenosphäre treffen kontinentale und ozeanische Platten aufeinander. Sie schieben sich aneinander vorbei (Transformation), entfernen sich voneinander (Divergenz) oder bewegen sich aufeinander zu (Konvergenz) [2]. Bei der Konvergenz unterscheidet man das Unterschieben (Subduktion) einer ozeanischen Platte unter eine kontinentale, die Subduktion von ozeanischer und ozeanischer Platte oder das Aufeinandertreffen zweier kontinentaler Platten. Die ozeanische Platte schiebt sich immer unter die kontinentale Platte, da sie aus dichtem Gestein besteht und somit eine größere Masse aufweist als die Kontinentalplatte[3].

Auf dem unserem Planeten kam es über Millionen von Jahren zur stetigen Auffaltung von Gebirgen. Die Faltung der Alpen begann im Perm vor etwa 142 Millionen Jahren und wurde vor rund 65 Millionen Jahren abgeschlossen [3]. Hierbei kollidierte die Afrikanische mit der Eurasischen Platte, was zur Auffaltung des Gebirgszuges führte. Auch das Himalaja-Gebirge wurde ähnlich erschaffen. Bei dieser Auffaltung löste sich zuerst die Indische Platte von Australien und der Antarktis ab, driftete nach Norden und stieß gegen die Eurasische Platte. Dies passierte vor etwa 40-50 Millionen Jahren. Im Experiment „Gebirgsauffaltung“ wird genau diese Auffaltung nachgestellt. Durch die Verwendung von



Materialien mit unterschiedlicher Dichte, werden die verschiedensten Gesteinslagen im Erdboden simuliert. Die hin und her verschiebbare Glas-/ Plastikplatte stellt eine der beiden aufeinander treffenden Platten dar, während die Kakao-Mehl Mischung die zweite Platte imitieren soll. Die Platten treffen bei der Bewegung aufeinander und die Gesteinsverschiebungen der „weiche“ Platte werden sichtbar. Kakao und Mehl falten sich auf (Abb. 9).

Videos und weitere links zur Gebirgsaufaltung, zu Transformation, Divergenz und Konvergenz:

Plattentektonik mit Kakao und Milch (25.11.2020)

- <http://www.youtube.com/watch?v=PdWYBAOqHrk&feature=related>

Transformation, Konvergenz, Divergenz (20.11.2010)

- <http://www.seed.slb.com/subcontent.aspx?id=5046>

Kurzfilm zur Auffaltung der Alpen (20.11.2010)

- <http://www.planet-schule.de/wissenspool/geomorphologie/inhalt/sendungen/die-alpen.html>

Ozeane und Kontinente auf den Platten

Kommt es zum Aufeinandertreffen von zwei Platten, muss dies nicht am Rande eines Kontinentes geschehen. Viele der kontinentalen Platten tragen auch Ozeane. Man kann sich vorstellen, dass in einer kontinentalen Platte eine große Einsenkung vorhanden ist, die sich mit Wasser gefüllt hat. Der Rand dieser Platte kann mitten im Ozean an eine andere Plattenrand grenzen, was dazu führen kann, dass mitten im Meer, tausende Kilometer vom Festland entfernt und tief unter der Meeresoberfläche Vulkane durch Konvergenz entstehen [3]. Das Ausschneiden der Platten und das darauf folgende Auflegen auf die Weltkarte dienen dazu, genauer betrachten zu können, welche Platten Ozeane, welche Kontinente (Abb 3) und welche sogar beides beinhalten.

Man unterscheidet sieben große und weitere acht kleinere Platten, neben mehreren Mikroplatten (Terrane).

Während der pazifische Ozean neben vielen Mikroplatten auf der Pazifischen, der Philippinischen, der Cocos- und der Nazca- Platte liegt, setzt sich die Lithosphäre unter dem Atlantik aus der Süd-Amerikanischen, der Karibischen-, der Eurasischen- und der Afrikanischen Platte zusammen. Der Indische Ozean kommt auf der Australischen- und auf Teilen der Afrikanischen Platte zu liegen. Der Atlantik- Indik Graben trennt die Afrikanische und Südamerikanische Platte im Norden, von der Antarktischen Platte im Süden [1].

Weiterführende Informationen zu den Kontinenten, den Plattenrändern und der Kontinentaldrift:

Kontinentaldrift- Animation und Grundinformationen (20.10.10)

- http://www.nepal-dia.de/LL_Ubersicht_Nepal_Land_/LL_Plattentektonik_in_Nepal/LLP_01_kontinentalverschiebung/llp_01_kontinentalverschiebung.html

Erklärung der Plattendrift an Modell(30.10.10)

- http://www.geodynamics.no/Platemotions/500-400/Index_Map.htm

Animation: genaues Aufzeigen der Plattengrenzen im Zusammenhang mit Konvergenz, Divergenz und Transformation (30.10.10)

- <http://www.planet-schule.de/wissenspool/geomorphologie/inhalt/multimedial.html>

Errechnen der Plattendrift

Von Wissenschaftlern wird genau errechnet welche Platten sich in welcher Weise bewegen. Während sich die Eurasische und Afrikanische Platte aufeinander zu bewegen und die Alpen somit jährlich um wenige Millimeter wachsen entfernen sich die Cocos- und die Nazca- Platte zunehmend voneinander und der Ost- Pazifische Rücken wird immer weiter ausgedehnt. Das Errechnen dieser Bewegungen dient der Vorhersage von seismischer Aktivität und vom zukünftigen Aussehen der Erde [4]. Nachdem Du die Entfernungen errechnet hast wirst du diese Ergebnisse in Händen halten:

Rechnung: 11mm pro Jahr x 1 Mio.

= 11 000 000 mm = 1 100 000 cm = 11 000 m = 11km

3 mm pro Jahr x 1Mio. = 3 km

Überleg dir wie viel 110 km wirklich sind! Welche Auswirkung könnte diese stetige Entfernung auf die Umgebung haben, auf die Lebewesen die unmittelbar diese Umgebung bewohnen?

Weitere Experimente und Videos zur Plattentektonik:

Pangäa, Gondwana, Laurasia , Kontinente (20.11.2010)

- http://www.youtube.com/watch?v=GYVS_Yh6dTk

Kontinentaldrift- Animation und Grundinformationen (30.10.10)

- <http://www.ucmp.berkeley.edu/geology/tectonics.html>

Animation Kontinentaldrift

- <http://www.geologieinfo.de/plattentektonik/> (18.10.10)

Erklärung der Plattendrift an Modell

- http://www.geodynamics.no/Platemotions/500-400/Index_Map.htm (30.10.10)

Quellen:

[1] Gross, G., Gross, E.; *Oceanography- A View of Earth*; 7th edition; 1996; Prentice Hall; Upper Saddle River, New Jersey;

[2] Jacobshagen, Arndt, Götze, Mertmann, Walfass; *Einführung in die geologischen Wissenschaften*; 2000; Verlag Eugen Ulmer; Stuttgart;

[3] Ott, Jörg; *Meereskunde* ; 1996; 2. Auflage; Ulmer-Verlag; Stuttgart;

[4] Van Dover, Cindy; *The Ecology of Deep Sea Hydrothermal Vents*; 2000; Princeton University Press; Princeton, New Jersey;

Teil B) Sachinformation- Mariner Vulkanismus, Hydrothermalquellen, Chemosynthese

Vulkanismus am Meeresgrund

Vulkanismus tief unter dem Meeresspiegel macht über 75% des gesamten globalen Vulkanismus aus [7]. Er tritt gehäuft an den Plattengrenzen der Lithosphärenplatten auf. Die längste Gebirgskette der Erde, mit unzähligen Vulkanen wird von den Mittelozeanischen Rücken gebildet. Sie sind Divergenzzonen zwischen zwei ozeanischen Platten und stellen Spreizungsachsen dar, an welchen durch das Auseinanderweichen der Erdkruste (Divergenz) und das Austreten von Magma neue Kruste gebildet wird.

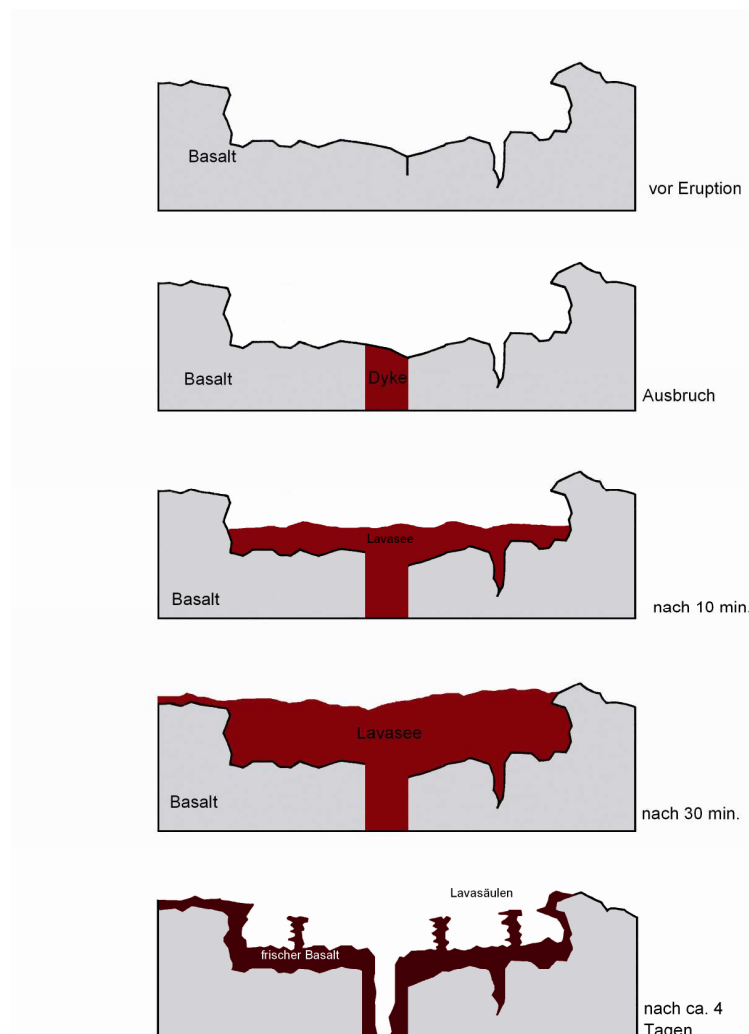
Ausstrom von Lava aus dem Meeresboden

Viele Messungsergebnisse zum Lavaausstrom an Mittelozeanischen Rücken und Hydrothermalquellen bezieht die Wissenschaft über akustische und visuelle Signale. Trotzdem konnten Wissenschaftler bis vor kurzem das Alter der Laven und Gesteine am

Meeresgrund durch die Untersuchung von Abtragung, Sedimentation und Beschaffenheit des Basalts nur schätzen.

Im April 1991 kam es jedoch am East Pacific Rise (Divergenz zwischen Pazifischer und Cocos Platte) zu einer großen Eruption, bei der 3 – 6 Millionen Kubikmeter Lava transportiert wurden. In der Mitte des Zentralgrabens entstand ein großer Gang. Durch diesen trat die Lava an die Oberfläche, füllte den Zentralgraben mit flüssigem Gestein auf und floss über diesen hinaus. Ein Lavasee entstand innerhalb von 30 Minuten. Dieser floss innerhalb von 100 Stunden wieder in den Gang ab. Zurück blieben die neu gebildete Oberfläche aus Basalt und einzelne Säulen aus erkaltetem Gestein im Zentralgraben (Abb.10) [7].

Nur 15 Jahre später, im Januar 2006 kam es an derselben Stelle erneut zu einem



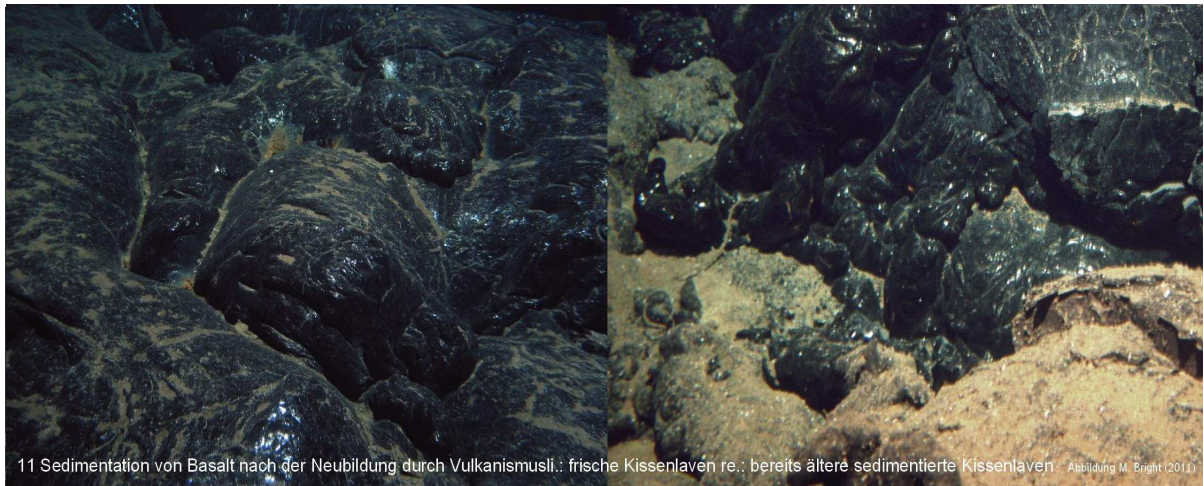
10 Entstehung eines Lavasees

Abbildung H. Grillitsch (Universität Wien) verändert nach Van Dover (2000)

Vulkanausbruch. Mittlerweile weiß man, dass auch an langsamen Spreizungsachsen die Magmazufuhr episodisch ist und sich mit rein tektonischen Phasen abwechselt. In magmatischen Phasen wird Magma an die Meeresbodenoberfläche befördert, während in den tektonischen Phasen hunderte Meter tiefe Schluchten im Meeresboden entstehen [7].

Sedimentation

Je älter ozeanische Kruste ist, desto weiter liegt sie sich vom Zentralgraben (Spreizungsgraben) einer Divergenzzone entfernt, da kontinuierlich neuer Boden durch Vulkanismus nachgebildet wird und der alte weiter geschoben wird. Im Spreizungsgraben sind somit die jüngsten Laven zu sehen, welche durch den letzten Vulkanausbruch auftraten. Je weiter man sich von der Spreizungsachse entfernt, desto mehr Sediment bedeckt diese Lavaschicht. Nahe der Spreizungsgraben befinden sich sedimentfreie Zonen, in welchem frische basaltische Lava sichtbar ist. Entfernt man sich weiter vom Ursprung des neuen Gesteins sind oft erste Sedimentansammlungen in Einbuchtungen des Gesteins zu erkennen (Abb. 11). Häufig ist in einigen Kilometern Entfernung der Lavauntergrund unter dem Sediment am Meeresboden nicht mehr sichtbar [7].



11 Sedimentation von Basalt nach der Neubildung durch Vulkanismusli.: frische Kissenlaven re.: bereits ältere sedimentierte Kissenlaven - Abbildung M. Bright (2011)

Langsame und schnelle Spreizungszonen

Die Zone wo neue Kruste entsteht ist bis zu wenige Kilometer breit und durch einen Zentralgraben (axialer Graben, Spreizungsgraben) gekennzeichnet [7].

Der East Pacific Rise stellt eine Divergenzzone mit hoher Geschwindigkeit (über 90 mm Divergenz pro Jahr) dar. Eine schnelle Spreizungszone wird durch einen flachen (10 – 50 m Tiefe) und breiten (50 – 1000 m) Zentralgraben gekennzeichnet. Doch auch an langsamen Spreizungszonen mit normalerweise sehr tiefen (1 – 3 km) und breiten (5 – 15 km) Zentralgräben [7], wie etwa am Mittelatlantischen Rücken wurden 1984 Hydrothermalquellen entdeckt [2].

Was ist Hydrothermalismus und wo kommen Hydrothermalquellen vor?

Unter Hydrothermalismus versteht man das Eindringen von Meerwasser in die ozeanische Kruste. Dabei werden aus dem Gestein Mineralien, Verbindungen und Elemente ausgelöst und von dem so entstandenen Hydrothermalwasser wieder an die Oberfläche gebracht.

Heiße Quellen am Meeresboden entstehen überall dort, wo genügend Hitze durch Magmakammern, und Porosität der Erdkruste gegeben ist, um eine hydrothermale Konvektion anzutreiben. Somit sind nicht nur an Mittelozeanischen Rücken, sondern auch an Inselbögen oder in der Mitte von Platten, aktive Unterwasservulkane und Hydrothermalismus zu finden [7].

Die ersten Entdeckungen der Hydrothermalquellen (hydrothermal vents) ereignete sich im Jahr 1977 in der Spreizungszone des Galapagos Rücken. Vor allem am East Pacific Rise, am Juan de Fuca Rücken und am Mittelatlantischen Rücken im nördlichen Zentralatlantik wurden bisher ein Großteil der wissenschaftlichen Daten gewonnen [7].

Die Rolle der Magma Kammer

Der Ort an dem sich Hydrothermalquellen bilden, sowie deren Lebensdauer sind von einer Magmakammer im Ozeanboden abhängig. Es ist anzunehmen, dass eine einzige axiale Magmakammer eine ganze Region, ein Hydrothermalfeld, speisen kann. An hydrothermalen Feldern reicht die Magmakammer besonders weit an die Meeresbodenoberfläche heran und liegt nur ein bis wenige Kilometer unter der Oberfläche [7].

Die Größe und Form der Magmakammer ändert sich mit der Bewegung der Lithosphäre und dem Austritt von Magma. Bei schnellen Spreizungszonen weist die Kruste höhere Temperaturen auf, als bei langsamen Divergenzzonen, wo die Lithosphäre dicker ist [7].

Bodenbeschaffenheit rund um Hydrothermalquellen

Abgesehen von den Spreizungsachsen wo Magma aus der Erdkruste austritt und Lava an der Oberfläche zu liegen kommt, besteht die erste Schicht des Untergrundes, welche weiter von den Spreizungsachsen entfernt ist, aus Sediment. Dieses Sediment wird dicker je mehr die Entfernung zur Spreizungsachse zunimmt.

Die darunter liegende Schicht der Erdkruste besteht aus basaltischen Laven, welche zwischen 200 – 400 m dick sind. Diese basaltischen Laven sind zwischen 10 und 20 % ihres Gesamtvolumens durchlöchert, somit stark porös [7]. Diese Schicht kann in eine obere und untere Schicht gegliedert werden. Die obere setzt sich aus ‚pillow lava‘ (Kissenlaven), ‚sheet lava‘ (Lava ist sehr stark flüssig und legt sich über den Untergrund wie ein Leintuch) und Breccien (Gesteinsgeröll mit eckigen Umrissen) zusammen. Man nimmt an, dass in der oberen Schicht Mikroorganismen bei Temperaturen von bis zu 150 °C in den Zwischenräumen leben (‚sub biosphaere‘). Darunter sind vor allem ‚dykes‘ (Gesteinsgänge), welche weniger porös sind als die darüber liegenden Schichten. Eine weitere Schicht besteht aus kompakterem und dichterem Gabbro. Auf dieser Höhe befindet sich bereits die Magmakammer, die zum oberen Mantel gehört (Abb.9).

Am unteren Ende der Gabbro Schicht befindet sich die Mohorovičić Diskontinuität. Diese trennt die ozeanische Kruste mit ihren 3 Schichten vom Mantel [7].

Risse und Spalten sind für Mittelozeanische Rücken am Meeresboden sehr typisch. In einigen der schnellen Spreizungszonen werden die größten Risse mit den jüngsten und hydrothermal aktivsten Gebieten des Mittelozeanischen Rückens in Verbindung gebracht. Diese Risse liegen möglicherweise über Dykes, die den Ozeanboden nicht berühren. Je dicker diese Dykes sind desto größer der Riss im Boden und desto größer ist die nach oben gerichtete Kraft oder der zur Oberfläche gerichtete Druck, welcher das Gestein aufbricht. [7].

Abkühlung des Meeresbodens

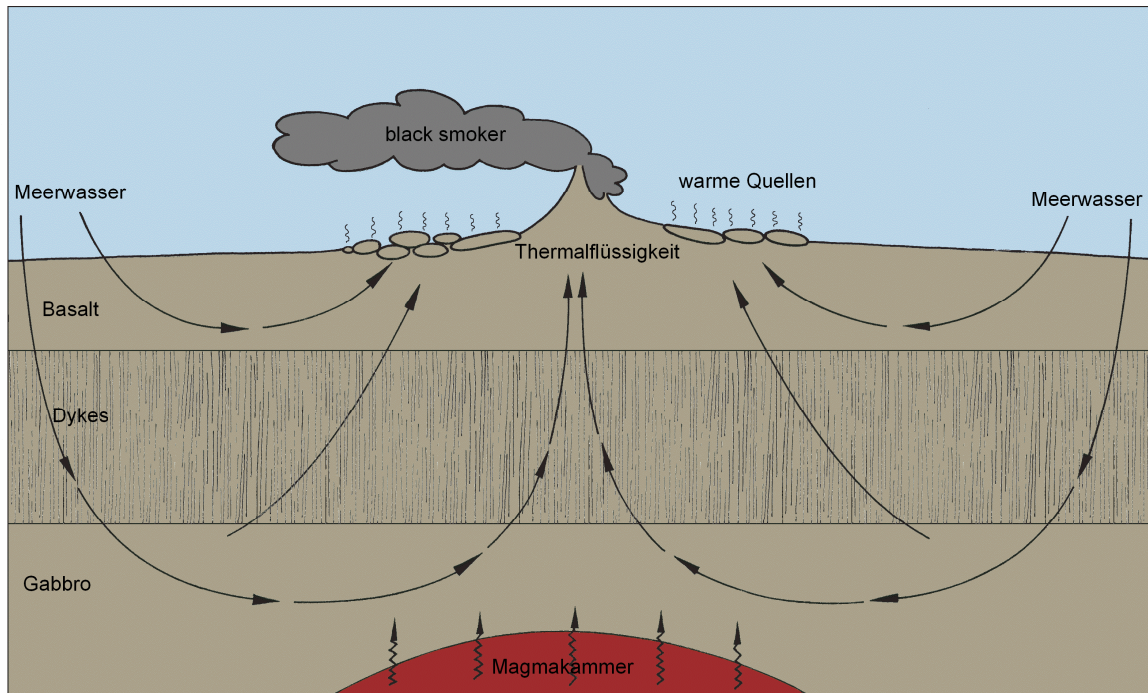
Jahrelang war den Wissenschaftlern nicht klar, wie die Temperaturmesswerte der neu gebildeten Ozeanböden zu Stande kamen. Sie passten nicht zu den Modellen, die die thermale Abkühlung beschreiben sollten. In diesen Modellen wird die genaue Abkühlung der Lithosphäre berechnet, die durch einen nach oben gerichteten Wärmetransfer Hitze verliert. Dieser Wärmetransfer findet nur durch Konduktion des Gesteins statt. Unter der Konduktion versteht man das Fließen von Wärme auf Grund eines Wärmeunterschiedes von Flüssigkeiten oder Feststoffen. Wärme wird hierbei vom kälteren Medium ins Wärmere bewegt.

Durch ein großes gemessenes Wärmedefizit waren diese Berechnungen allerdings nicht mehr anwendbar. Bald darauf fand man heraus, dass die vermehrte Abkühlung des Gesteins durch hydrothermale Zirkulation zu Stande kam.

Hitze wird über Konvektion des Meerwassers aus der Kruste gebracht, da das Meerwasser Partikel aus dem Gestein auslöst. Heiße Quellen am Meeresboden entstehen [7].

Hydrothermale Flüssigkeit

Nicht die warme Temperatur der thermalen Fluide ist für die Organismen rund um die Quellen die entscheidende Lebensgrundlage, sondern die chemischen Inhaltsstoffe der thermalen Flüssigkeit und deren Vermischung mit umgebendem Meerwasser [7].



12 Wasserzirkulation im Hydrothermalfeld
Abb. H. Grillitsch (Universität Wien) verändert nach Ott 1996

Entstehung der Hydrothermalflüssigkeit

Seewasser dringt an der Spreizungsachse bis zu mehrere Kilometer in das Gestein ein und erreicht die Basis der Dykes. Diese befindet sich sehr nahe an der axialen Magmakammer. Durch die Nähe zur Magmakammer, die die Wärmequelle darstellt, können die Wassermassen bis zu 500°C heiß werden [3]. Bei 350°C beginnen bereits unterschiedliche Reaktionen zwischen dem Meerwasser und dem umliegenden Gestein. In dieser so genannten „Reaktionszone“ eignen sich die Flüssigkeiten ihre spezielle Chemie an. Es herrscht ein hoher Druck, der das Auslösen von Eisen, Mangan, Kupfer, Zink, Blei und anderen Metallen aus dem Gestein begünstigt. Zusätzlich zu Metallen werden große Mengen an Schwefel ausgelöst. Bei Hydrothermalfeldern die von einer Magmakammer gespeist werden, dringt das Wasser bis knapp zur Oberfläche der Magmakammer vor. Ein weiteres Durchdringen des Wassers in größere Tiefen ist nicht möglich, da das Magma bei 1200° C keine Porosität aufweist und somit für das Wasser nicht durchlässig ist [7].

Durch Spalten in der Erdkruste fließt die Hydrothermalflüssigkeit nach oben und tritt mitunter mit hoher Geschwindigkeit am Meeresboden in Form von heißen oder warmen Quellen aus (Abb.9). Durch chemische Reaktionen der Thermalfüssigkeit mit dem umgebenden kalten Meerwasser fallen Substanzen aus die Gips-Schwermetall-Schloten bilden und in der Wassersäule schwarze oder weiße Flüssigkeiten aufsteigen lassen. Der Austritt von warmen Quellen ist weniger dramatisch und ist nur durch ‚schimmeriges‘ warmes Wasser zu erkennen [7].

Zusammensetzung der Hydrothermalflüssigkeit

Die thermale Flüssigkeit sprudelt mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten aus den Quellen. Sie hat eine besondere chemische Zusammensetzung, die sich vom Meerwasser stark unterscheidet. Sie weist einen sauren pH- Wert auf, ist frei von Sauerstoff und Magnesium, wirkt reduzierend und enthält große Mengen an Schwefelwasserstoff. Der Salzgehalt dieser

Flüssigkeiten kann zwischen 10 und 70 % betragen. Ein besonders hoher Gehalt an Metallen wie Eisen, Mangan, Zink und Kupfer ist ebenfalls charakteristisch für hydrothermale Fluide [6].

Häufig befinden sich in der hydrothermalen Flüssigkeit nicht nur bestimmte Verbindungen und Metalle. Auch Gase, die durch unterirdische Vulkantätigkeit freierwerden, werden von der Flüssigkeit aufgenommen. Gelöstes Helium (^3He) oder Methan (CH_4) kann oft bis zu Tausenden Kilometern Entfernung von den Schlotfeldern im Wasser nachgewiesen werden [2].

Hydrothermale Flüssigkeit konnte bisher nur nach dem Austritt aus den Schloten untersucht werden. Ein beispielhafter ‚black smoker‘ (Schwarzer Raucher) am East Pacific Rise 9°N , wurde 1994 analysiert. Seine Thermalflüssigkeit wies eine Temperatur von 351°C auf, während der pH- Wert bei 25°C des Wassers als 2,6, und somit stark sauer ermittelt wurde. Die Flüssigkeit wies beachtliche Konzentrationen an Natrium (683 mmol/kg) und Chlor (846 mmol/kg) auf, während Schwefelwasserstoff, Kalium, Mangan, Eisen und Kieselsäure in geringeren Konzentrationen nachgewiesen wurden [3].

Verschiedene Formen von Hydrothermalismus

Hydrothermalismus kann an den verschiedensten Orten auf den unterschiedlichsten Kontinenten und in deren umliegenden Ozeanen vorkommen. Auch im Mittelmeer rund um die griechischen Inseln, oder in Österreich ist das Phänomen Hydrothermalismus zu beobachten.

Hydrothermalismus im Mittelmeer

Durch das Aufeinandertreffen von Europäischer und Afrikanischer Platte entstehen Vulkanbögen. Rund um die Inseln Santorin und Milos erstreckt sich der Hellenische Vulkanbogen, wo Hydrothermalismus in Wassertiefen von bis zu 115 m Tiefe entdeckt wurde [1]. Dieser Vulkanbogen zeichnet sich durch hydrothermale Konvektionssysteme aus. Unter Konvektionssystemen versteht man die Wärmeübertragung von Teilchen ohne thermische Eigenenergie. Dies bedeutet, dass der Meeresboden die durch Vulkanismus entstandene Wärme aufnimmt und weiterleiten kann, ohne selbst diese Wärme zu produzieren. Der Großteil dieser Quellen befinden sich im flacheren Wasser bis zu 100 Metern Tiefe. Die Hydrothermalflüssigkeiten weisen unterschiedlichste chemische Zusammensetzungen auf. Sie besitzen verschiedenste Salinitäten, was durch den Regenwassereintrag ins flache Gewässer, sowie durch den niedrigen Druck im flachen Gewässer hervorgerufen wird. Sie sind reich an CO_2 , haben aber ebenfalls einen erheblichen Vorrat an Schwefel, Schwefelwasserstoffen, Schwefeldioxid, Methan und Wasserstoff [8].

Speziell im Ägäischen Meer wurde Hydrothermalismus erforscht. Das Besondere dieser Schlote ist ihr Standort. Die Gewässer der Ägäis sind im Vergleich zur Tiefsee sehr seicht. Zusätzlich dazu sind Hydrothermalwässer der Küstenzone des Festlands, sowie der Griechischen Inseln durch ihren hohen Natriumchloridgehalt charakterisiert, was auf eine starke Vermischung mit dem Meerwasser hindeutet [1]. Im Gegensatz zu den Standorten in der Tiefsee kommen in der Ägäis nur wenige für Schlote spezifische Arten vor. Durch den, im Vergleich, geringen Druck und ausreichend Sonnenlicht sind die Voraussetzungen für Primärproduktion geschaffen. Dadurch leben hier für das Mittelmeer typische Flora und Fauna [1].

Hydrothermale Quellen in Österreich

Doch hydrothermale Flüssigkeit existiert nicht nur am Meeresgrund. Viele Kurorte Österreichs werben mit ihren Thermalbädern. Bei Bohrungen 1971/72 wurde die Gleichenberger - Quelle erschlossen. Mit 223 Metern Tiefe ermöglicht sie den Zugang zum heilenden Thermalwasser der Bad Gleichenberger Therme. Die Flüssigkeit wird als Natrium -

Hydrogencarbonat Sauerling bezeichnet. Die Summe an gelösten Mineralstoffen in der Gleichenberger Quelle beträgt 3574,1mg/kg. Hierbei handelt es sich um 815mg/kg Natrium, 116,6mg/kg Kalzium, 53,3mg/kg Magnesium, 343,3mg/kg Chlorid und 219 mg/kg Hydrogencarbonat. Der Anteil der freien Kohlensäure beträgt 1385mg/kg. [9].

Aus diesem Beispiel wird ersichtlich, dass sich bereits die Art der aus dem Hydrothermalschlot und der Thermalquelle austretenden Mineralstoffe und Elemente erheblich voneinander unterscheiden.

Tabelle 1: Vergleich Hydrothermalismus im Ozean und in Österreich

Ozean	Österreich	Elemente und Verbindungen
683 mmol/kg	35, 4 mmol/kg	Na
41,5 mmol/kg	2,99 mmol/kg	K
----	2,2 mmol/kg	Mg
----	7,1 mmol/kg	HCO ₃ ⁻
636 mmol/kg	9,81 mmol/kg	Cl ⁻
12,1 mmol/kg	----	Fe
3,3 mmol/kg	----	Mn
8,7 mmol/kg	----	H ₂ S
20 mmol/kg	----	Si (OH) ₄

Wie in der Tabelle 1 ersichtlich ist unterscheiden sich die thermalen Flüssigkeiten der Thermalquellen Österreichs erheblich von jenen der Tiefsee. Nicht nur starke Konzentrationsunterschiede sind zu bemerken. Viele Elemente und Verbindungen sind zwar in Österreich im Thermalwasser nachweisbar, jedoch nicht in den ozeanischen Thermalfluiden zu finden. Auch was die ozeanischen Hydrothermalflüssigkeiten betrifft gibt es darin einige Komponenten, die in den Österreichischen Quellen nicht nachweisbar sind.

Dies ist vor allem auf die Gesteinszusammensetzungen der Kruste zurückzuführen aus der die Quellen austreten. Die Bad Gleichenberger Region ist in der Molassezone im Südosten Österreichs zu finden. Die Kruste besteht hier vorwiegend aus granitischen kontinentalen Krustengesteinen. Die thermale Flüssigkeit bahnt sich hier ihren Weg durch Sedimentgesteine, welche aus marinen und auch brackischen Süßwasserablagerungen, wie Kalkgesteinen und Tonen, entstanden [4].

Bei Hydrothermalschloten des Atlantiks oder Pazifiks steigt das hydrothermale Wasser durch ozeanische Kruste auf, welche durch Olivin, Pyroxene und Basalte gekennzeichnet ist (ozeanische Kruste → Plattentektonik).

Arten von Hydrothermalquellen

Hydrothermale Quellen werden nach ihrem Ort, den Temperaturen der austretenden, hydrothermalen Flüssigkeit, den Flüssigkeitszusammensetzungen, sowie eventuelle Schlotbildungen in Größe und Form eingeteilt. Diese Parameter haben großen Einfluss auf die Umgebung einer Hydrothermalquelle und seine Bewohnbarkeit.

Warme Quellen

Warme Quellen (Abb 13b) treten meist direkt aus Rissen im Ozeanboden aus, können sich aber auch am Fuße von white oder black smokers befinden. Sie entstehen durch die

Abkühlung und/oder Vermischung der Thermalflüssigkeit mit Seewasser innerhalb der Kruste oder im Verband eines Sulfidhügels oder eines Schlotes [7].

Warme Quellen zeichnen sich durch niedrige Austrittstemperaturen der hydrothermalen Flüssigkeiten bis etwa 40°C aus. Warme Temperaturen ermöglichen das Überleben von thermophilen (Wärme liebenden) Organismen rund um die Quellen [7].

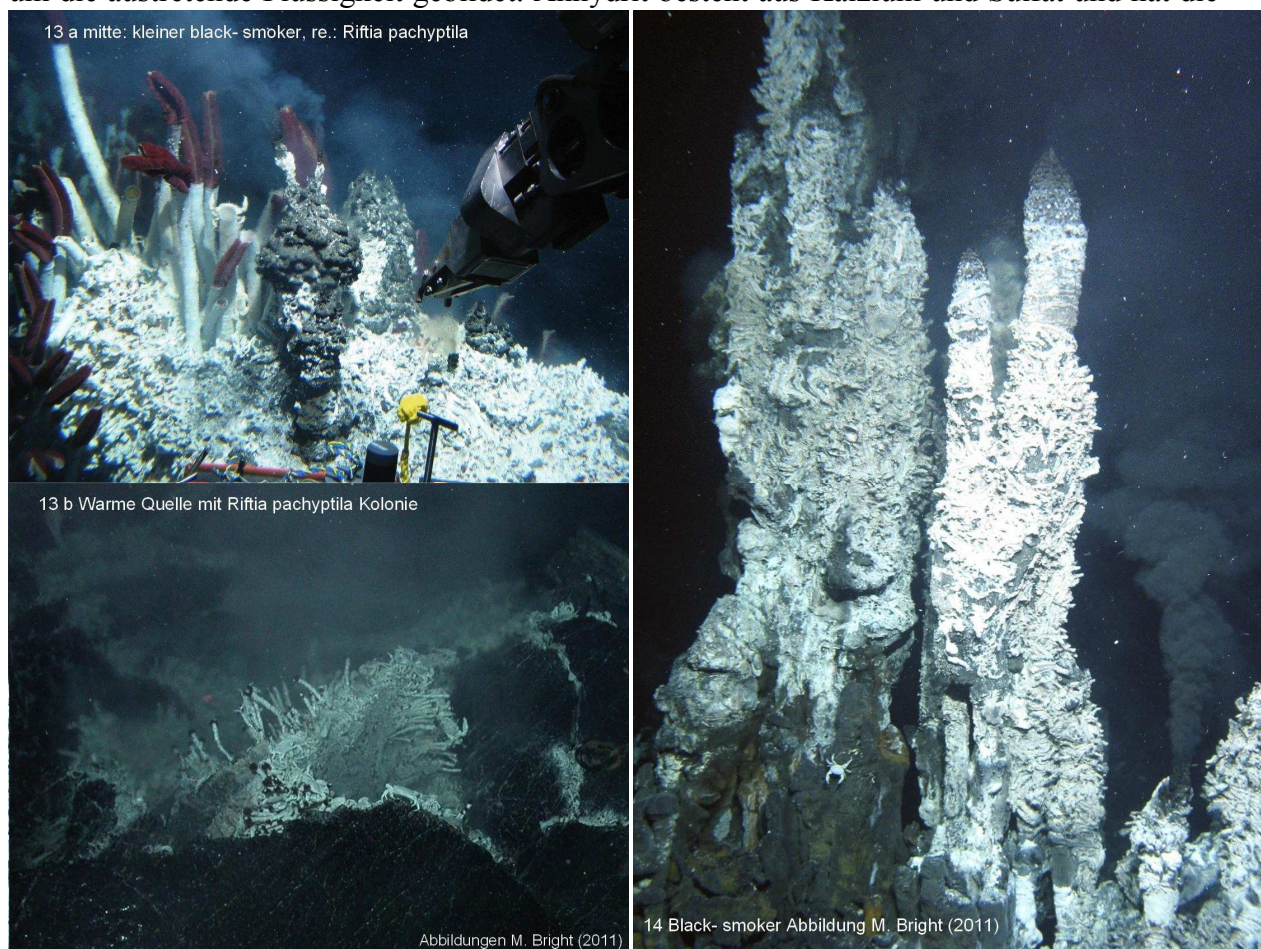
Heiße Quellen

Black smokers

Am East Pacific Rise stießen Wissenschaftler auf eine Reihe ähnlich geformter Schlote, die sich etwa zum gleichen Zeitpunkt bildeten. Sie hatten alle das Aussehen einer Säule. Flüssigkeiten von über 350°C strömten aus den Spalten und Öffnungen der Basaltschlote. Binnen eines Jahres wuchsen die Schlote zu 5 Meter hohen Riesen heran [7]. Sie wurden „schwarze Raucher“ oder black smoker (Abb. 13a) getauft.

Entstehung eines Black Smokers

Bei der Entwicklung eines black smokers wird zuerst ein Rohr aus porösem Gips (Anhydrit) um die austretende Flüssigkeit gebildet. Anhydrit besteht aus Kalzium und Sulfat und hat die



Eigenschaft sich relativ leicht aus dem säurehaltigen, über 150 °C heißen Wasser zu lösen und anzulagern. Bereits ab 80°C kommt es zur Anhydritausfällung [5]. Die Wände aus Gips werden immer dicker, je mehr Flüssigkeit aus dem Boden sprudelt. Die ausströmende Flüssigkeit wird in ihrer Säule vom umgebenden Meerwasser zuvor noch isoliert. Dadurch lagert sich im Inneren der Anhydritsäule unter hohen Temperaturen Chalkopyrit, ein Eisenerz, ab [7]. Durch die immer dicker werdenden Wände kühlen die Außenwände des Anhydrit - Schlotes nach und nach ab und weisen bald Temperaturen unter 150°C auf. Nun beginnt die

Anhydritwand sich wieder im Meerwasser aufzulösen. Viele dieser Schlote können in verschiedene Zonen, mit unterschiedlicher Porosität gegliedert werden [7].

An einem Tag kann solch ein smoker bis zu 30 cm wachsen und während seines Wachstums Silikate, Barite und Kalzite anlagern. Black smokers können zu 10- 20 Meter hohen Riesen heranwachsen und mehrere Schlotöffnungen aufweisen. Oft werden Schlotöffnungen durch den Ausstrom von Anhydrit und anderen Mineralien leicht verstopft, öffnen sich aber erneut durch das Abbrechen von Schloteilen [7].

Flüssigkeitstemperaturen

Die höchsten Temperaturen erreicht die Hydrothermalflüssigkeit eines black smokers an der Schlotöffnung, wo bis zu 350°C gemessen werden können. Durch das Vermischen des umliegenden Meerwassers mit der hydrothermalen Flüssigkeit, kühlt diese schnell ab. Häufig können 2- 3 Meter über der Öffnung bereits nur mehr 10°C nachgewiesen werden [7].

White smokers

Unter white smokers versteht man jene hydrothermalen Schlote, die Temperaturen von 100-300°C erreichen können. Mit diesen Temperaturen sind sie zwar niedriger temperiert als die „Black Smokers“ aber noch immer unbewohnbar für Organismen. Das Wassergemisch tritt hierbei langsamer aus. Es ist keine, bis weißliche Färbung des Wassers zu erkennen [6].

Durch die niedrigeren Temperaturen werden Barit, Anhydrit und Silikate als weiße Partikel in die Wassersäule gepumpt. Dafür gibt es zwei Erklärungsmodelle. Einerseits ist es möglich, dass die Fluidtemperatur beim Austritt zu niedrig ist um ausreichend Sulfidmetallverbindungen zur Bildung eines schwarzen Rauches mit sich zu führen. Andererseits könnten sich die Flüssigkeiten bereits vor dem Austritt in den tieferen Regionen mit dem umgebenden Meerwasser vermischen und dort die Metalle ablagern [7].

Unterschiedliche Schlotformen

Während die einfachste Form des Schlotes eine Röhre mit einer nach oben gerichteten Apikalöffnung oder einer zusammengesetzten Öffnung ist, existieren noch andere Formen von Hydrothermalschloten.

Im Hydrothermalfeld Snake- Pit am Mittelatlantischen Rücken wurden bienenstockartige Schlote entdeckt. Sie sind stark porös und weißen vor allem an ihren Flanken die Austrittsöffnungen der Fluide auf. Sulfidablagerungen auf der Außenwand dieser Bienenstöcke sind geschichtet angelagert. Dadurch entwickelt sich eine konzentrische Erhebung, die wie mit Schindeln bedeckt erscheint. Durch ihre besondere Oberflächenstruktur sind sie häufig komplett unbelebt und stehen in starkem Kontrast zu anderen Schlotten, deren Fuß oft von Bakterienkulturen bedeckt ist [7].

Eine weitere Schlotstruktur ist die eines flange, oder seitlich abstehenden Hornes. Dieser lagert ebenfalls hohe Konzentrationen an Sulfiden ab. Sie sind häufig im Endeavour Field oder dem Juan de Fuca Rücken im Golf von Kalifornien zu finden. Diese Strukturen können bis zu einem Meter groß und mehrere Zentimeter dick werden [7].

Größe und Alter von Hydrothermalfeldern

Hydrothermalfelder variieren in Größe und Lebensdauer. Viele der Felder weisen einige Hundert bis einige Millionen Quadratmeter auf. Die Öffnung der smokers ist Variabel in ihrer Größe, aber hat typischerweise einen Durchmesser von 10cm [7]. An den Grenzen des ausströmenden Thermalwassers zum umgebenden Meerwasser wird die Hydrothermalflüssigkeit in kleine Wirbel gezogen. Stehen viele smokers dicht an dicht nebeneinander so sorgen diese Wasserwirbel (Eddies) für ein Vermischen des „Rauches“ der

bis auf 10 Meter aneinander gereihten Schlote. Ein scheinbar einziger riesiger Schlot entsteht [7].

Für hydrothermale Schlote charakteristische chemische Verbindungen können tausende Kilometer weit verbreitet werden [7]. Manchmal wachsen eng aneinander stehende Schlote auch zu einem großen Feld zusammen, meistens sind Schlote und warme Quellen aber örtlich voneinander getrennt [7].

Je nach geographischer Lage können starke Unterschiede im Aussehen und der Größe der Hydrothermalfelder beobachtet werden. Am East Pacific Rise stehen die Schlote in einer Linie parallel zum Zentralgraben. Am Mittelatlantischen Rücken hingegen, befinden sich die größten bisher entdeckten Schlote. Diese stehen nicht unmittelbar neben der vulkanischen Zone, sondern weiten sich auf ein Gebiet über mehrere Kilometer entfernt aus [7].

In der Aktivität und der Lebensdauer der Schlote gibt es ebenfalls starke Schwankungen. Diese Unterschiede sind vom geologischen Untergrund der Hydrothermalschlote abhängig. Bei Divergenzzonen mit hoher Spreizungsgeschwindigkeit, wie am Ostpazifischen Rücken, ist das Alter der einzelnen Schlote auf einige Jahrzehnte begrenzt. Auch die Lebensdauer der auf den Schloten lebenden Organismen ist somit auf wenige Dekaden limitiert.

Häufig nimmt jedoch die hydrothermale Aktivität in diesen Zonen nicht ab und es entstehen neue Schlote.

In Divergenzzonen mit langsamer Spreizungsgeschwindigkeit befinden sich im Gegensatz dazu häufig ältere Schlote. Das Alter des TAG (Trans Atlantic Geotraverse)- Feldes am Mittelatlantischen Rücken wird auf 40 000 bis 50 000 Jahre berechnet [7].

Die Dauer der Schlotaktivität wird durch die Mineralisierung eingegrenzt. Die Porosität und Durchlässigkeit einer alternden Ozeankruste hängt stark von der Ablagerung von Mineralien ab. Hierbei handelt es sich um jene Mineralien, die auch durch die hydrothermale Flüssigkeit aus dem Gestein gelöst werden. Sie lagern sich im Schlot ab und verschließen nach und nach die Austrittswege [7].

Darüber hinaus ist die vulkanische Aktivität an schnellen Spreizungszonen verstärkt gegeben, was dazu führt, dass sich nach Erkalten der Lava, Quellen an denselben Stellen wie zuvor bilden können, oder neue Quellen an anderen Stellen entstehen [7].

Leben an Hydrothermalquellen

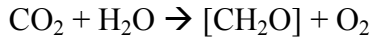
Verschiedenste, perfekt angepasste Organismen machen sich die chemische Zusammensetzung des Hydrothermalwassers an kühleren Stellen der Tiefseeschlote und vor allem den warmen Quellen zu Nutze. Bei Wassertemperaturen bis zu 40 °C sind die dichtesten Organismenpopulationen zu finden [7].

Chemosynthese

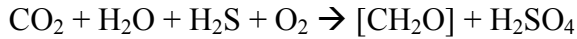
Lange wurde von der Wissenschaft angenommen, dass Kohlenstofffixierung nur in den lichtdurchfluteten Regionen der Oberflächenwässer stattfindet, da auch nur im Seichtwasser genügend Licht für Photosynthese vorhanden ist. Somit dachte man, dass sich alle Organismen der Tiefsee lediglich von zu Boden sinkendem organischem Material (Bakterien, Algen oder gelegentlichen Tierkadaver) ernähren.

An Hydrothermalquellen ist dies nicht der Fall. Hier wird organischer Kohlenstoff an Ort und Stelle von Bakterien hergestellt. Während bei dieser Chemosynthese jedoch chemische Energie verwendet wird um aus anorganischem Kohlenstoff organischen Kohlenstoff zu produzieren, wird in der Photosynthese die Lichtenergie der Sonne für diesen Prozess benutzt [7].

Von der Pflanze werden im Prozess der Photosynthese aus Kohlendioxid und Wasser, Zucker und Sauerstoff produziert. Die Energie, die für diese Reaktion nötig ist, wird von der Lichtenergie der Sonne bezogen.



Bakterien an Hydrothermalquellen machen sich Schwefelverbindungen als Energie zu Nutze, um organischen Kohlenstoff aufzubauen. Schwefelwasserstoff aus der Thermalflüssigkeit oxidiert mit Sauerstoff aus dem umgebenden Seewasser zu Dihydrogensulfat. Die Energie, die dabei entsteht wird verwendet, um aus anorganischem Kohlendioxid organischen Kohlenstoff zu produzieren.



Der hierzu benötigte elementare Sauerstoff aus dem Meerwasser wurde ursprünglich in der Photosynthese gebildet [7].

Quellen:

- [1] Dando, Hughes & Thiermann; *Preliminary observations on biological communities at shallow hydrothermal vents in the Aegean Sea*; in Hydrothermal Vents and Processes; ed. By Parson, Walker & Dixon; Geological Society Special Publication No.87, pp. 1-15; The Geological Society Publishing House; Bath & London; in Hydrothermal Vents and Processes; ed. By Parson, Walker & Dixon; Geological Society Special Publication No.87, pp. 303-318; The Geological Society Publishing House; Bath & London;
- [2] German, Baker & Klinkhammer; *Regional setting of hydrothermal activity*; in Hydrothermal Vents and Processes; 1995; ed. By Parson, Walker & Dixon; Geological Society Special Publication No.87, pp. 1-15; The Geological Society Publishing House; Bath & London;
- [3] Humphris, S.E., Zierenberg, R.A., Mullineaux, L.S. and Thomson, R.E., eds.; *Seafloor Hydrothermal Systems: Physical, Chemical, Biological and Geological Interactions*; 1995; American Geophysical Union Monograph, 91; Washington;
- [4] Krenmayr H.G, Hofmann T., Mandl G., Peresson H. , et al; *Rocky Austria - Eine bunte Erdgeschichte von Österreich*; 1999; Geologische Bundesanstalt; Wien;
- [5] Lenhart, Antje; *Ökologie von Tiefseehydrothermalquellen*; 2010; http://www.geo.tu-freiberg.de/Hauptseminar/2008/antje_lenhart.pdf
- [6] Ott, Jörg; *Meereskunde*; 2. Auflage; 1996; Ulmer Verlag; Stuttgart;
- [7] Van Dover, Cindy; *The Ecology of Deep Sea Hydrothermal Vents*; 2000; Princeton University Press; Princeton, New Jersey;
- [8] http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V7B-3XWJP1N-G&_user=10&_coverDate=08%2F31%2F1999&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_sort=d&_docanchor=&_view=c&_searchStrId=1559846917&_rerunOrigin=scholar.google&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=de4abb51d7a415fe3170b411bd3ab5be&searchtype=a from 15th November 1999 (29.11.2010)
- [9] <http://www.vulkanland.at/de/lebenskraft-urlaub-steiermark/heilquellen> (25.11.2010)

Weiterführende Links und zusätzliche Informationen:

- Video- Englisch- Allgemeine Einführung oder Wiederholung zum Thema:
- <http://www.youtube.com/watch?v=4LoiInUoRMQ> (25.12. 2010)

- <http://www.youtube.com/watch?v=XotF9fzo4Vo> (25.12.2010)
Erklärung Kreislauf Hydrothermalflüssigkeit- Englisch:
- <http://www.youtube.com/watch?v=rFHtVRKoaUM> (25.12.2010)
Internetartikel von Scinexx Wissensmagazin zu Hydrothermalschlotten
- <http://www.g-o.de/dossier-66-1.html> (30.12.2010)
Spiegel- online Artikel
- <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,144758,00.html> (30.12.2007)
Leben in der Tiefsee- Chemosynthese
- http://www.deepwave.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=29&Itemid=245&lang=de (30.12.2010)
Dive and discover- Interaktive Homepage (Englisch)
- <http://www.divediscover.who.edu/vents/index.html> (30.12.2010)
Orifice of Naval Research- Interaktive Homepage (Englisch)
- <http://www.onr.navy.mil/focus/ocean/habitats/vents1.htm> (30.12.2010)
Exploring the deep frontier- Interaktive Homepage (Englisch)
- <http://www.ceoe.udel.edu/extreme2004/geology/hydrothermalvents/index.html>
(30.12.2010)
BBC- Bildgalerie
- http://www.bbc.co.uk/nature/habitats/Hydrothermal_vent (30.12.2010)
Monterey Institute- NOAA- Interaktive Homepage (Videos)
- <http://www.montereyinstitute.org/noaa/lesson05.html> (30.12.2010)

Teil B) Didaktische Informationen für Lehrkräfte- Mariner Vulkanismus, Hydrothermalquellen, Chemosynthese

Vorwort

Vor genaueren Erläuterungen zu den Experimenten diesbezüglichen Erweiterungsmöglichkeiten und zugehörigen fachdidaktischen Ideen, seien hierbei noch einige Anmerkungen zur Experimentselktion, sowie zur Unterrichtsdurchführung und Eignung der betreffenden Thematik in bestimmtem Rahmen erörtert.

- **Experimentselktion**

Die folgende Anordnung und Verwendung der Experimente ist als persönliche Liste von Präferenzen zu verstehen und wurde vor allem mit dem Hintergedanken der Anschaulichkeit und schnellen Nachbaubarkeit erstellt. Nachdem es sich bei dieser Art des experimentellen Unterrichts ebenfalls um gruppenbezogene und vor allem eigenständige Arbeit der SchülerInnen handeln soll, ist einfache und mehrmals mögliche Durchführung der Experimente darüber hinaus von Vorteil und erwies sich aus zweckmäßigen Gründen ebenfalls als Selektionskriterium.

Ein letzter wichtig erscheinender Punkt ist zu Zeiten des geringen Bildungsbudgets die Erschwinglichkeit der Materialien, auf welche in einem letzten Schritt bei der Auswahl der Experimente Rücksicht genommen wurde.

- **Unterrichtsdurchführung**

Die Materialien zur Unterrichtsstunde „Mariner Vulkanismus, Hydrothermalquellen, Chemosynthese“ zielen darauf ab den Lebensraum Hydrothermalquelle und seinen Ursprung zu bearbeiten. Die zugehörige Fauna wird in dieser Stunde nur angeschnitten. Genauere Informationen können dem Lehrendenmaterial „Fauna der Hydrothermalquellen“ entnommen werden.

- **Lehrziele**

Die SchülerInnen haben Grundwissen über Hydrothermalquellen

- Entstehung von black- und white smoker
- Hydrothermalflüssigkeit und Wasserzirkulation
- und deren Existenz
- im Mittelmeer, in Österreich

Sie können

- selbstständig bei Experimenten in Schülergruppen oder Einzelarbeit arbeiten
- Zusammenhänge natürlicher Prozesse selbst erklären
- Selbstständig Zusammenhängende Informationen ordnen und reproduzieren

Es wird

- ökologisches Denken und Erkennen von Zusammenhängen der natürlichen Prozesse gefördert

Im Folgenden werden die Arbeitsaufgaben, deren dahinter steckende Theorie, deren einfache Durchführung, sowie fachdidaktische Anmerkungen zu den jeweiligen Stationen erläutert.

1) Wasserkreislauf

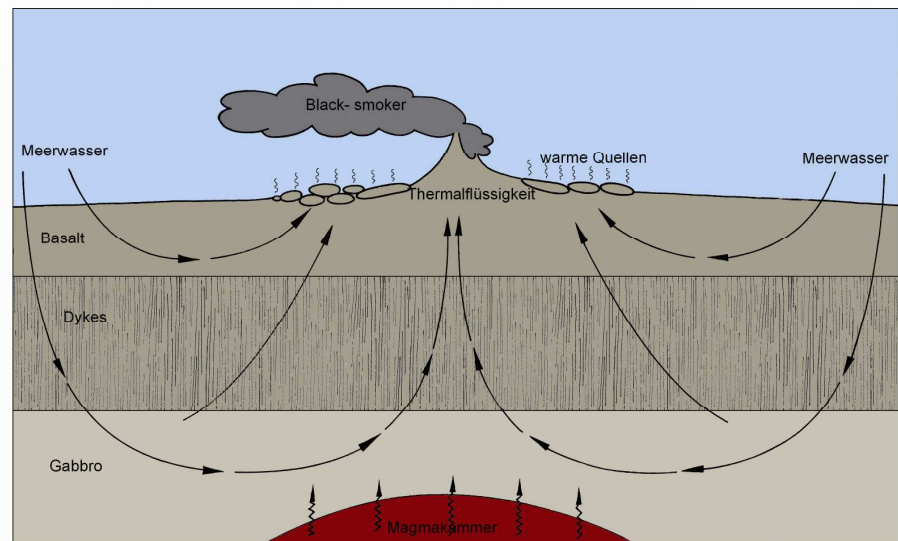
Meerwasser rund um Hydrothermalquellen und die Hydrothermalflüssigkeit spielen für die Entwicklung eines Schlotes und die darum lebenden Organismen eine große Rolle. Überlege dir noch einmal welche Aufgabe das Meerwasser rund um eine hydrothermale Quelle hat und wieso die hydrothermale Flüssigkeit wichtig für verschiedenste Prozesse ist! Betrachte die Abbildung genau und ergänze die Leerstellen! Erkläre den Wasserkreislauf am hydrothermalen Schlot!

Meerwasser dringt in das poröse untergründige Gestein bis tief in die Kruste vor.

Es bewegt sich in die Nähe der Magmakammer und löst unter großer Hitze und großem Druck Verbindungen und Elemente aus dem Gestein. Aus dem Meerwasser entsteht auf diese Art und Weise die Hydrothermalflüssigkeit. Diese steigt durch Spalten in der Erdkruste nach

oben ins Zentrum des Schlotes und sprudelt als heiße Quelle durch die Schlotöffnung wieder an die Oberfläche. Auch Gase, die vulkanischen Ursprungs sind werden häufig mit dem nun angereicherten Wasser an die Oberfläche befördert. Warme Quellen entstehen ähnlich wie heiße Quellen.

Die Thermalflüssigkeit mischt sich aber schon im Inneren der Erdkruste mit kaltem Meerwasser, was eine geringere Temperatur bei Austritt zur Folge hat [2].



12 Wasserzirkulation im Hydrothermalfeld Abbildung H. Grillitsch (Universität Wien) verändert nach Ott (1996)

2) Experiment Konvektion von Thermalflüssigkeiten

A. Material:

- 2 Glasaquarien (klein bis mittlere Größe) oder große Gurkengläser
- 2 kleine Glasfläschchen ohne Verschluss, z.B kleine Erlenmeyerkolben
- 1 Wasserkocher
- Etwas Lebensmittelfarbe (Ostereierfarbe oder Kuchenfarbe) oder Tinte
- Wasser
- Alufolie
- Gummiringerl

Befülle beide Aquarien mit kaltem Wasser. Nun erhitze etwas Wasser und schütte es zusammen mit wenigen Tropfen Farbstoff in eines der kleinen Fläschchen. In das zweite kleine Fläschchen füllst du kaltes Wasser und gibst ebenfalls wenige Tropfen der Lebensmittelfarbe hinzu. Beide Fläschchenöffnungen verschließt du mit Alufolie und Gummiringerl. Krempel deine Ärmel hoch und platziere je ein kleines Fläschchen in die Mitte eines Aquariums. Es sollte nun in beiden Aquarien je ein Fläschchen mit Lebensmittelfarbe stehen. Merk dir, welches der kleinen Fläschchen die Farbe in kaltem, und welches die Farbe vermischt mit warmem Wasser beinhaltet. Stich nun mit einem Stift oder einer Nadel beide Alufolien durch, sodass ein etwa 5 Millimeter breites Loch entsteht. Durch den Farbstoff

kannst du beobachten was mit der kalten und was mit der heißen Flüssigkeit passiert! Beschreibe und versuche zu erklären!

Das Emporsteigen von warmen wässrigen Lösungen in einem kalten Umgebungsmedium (Abb. 8) wird als Konvektion bezeichnet. Diese kommt in der Natur im Erdmantel vor. Das bereits erkaltete Gestein hat eine höhere Dichte als das heiße Magma was somit dazu führt, dass das heiße Gestein nach oben tritt und das kalte Gestein mit der höheren Dichte wieder absinkt [1]. Diese Konvektionsströmungen haben die Bewegung und Tektonik der Platten zur Folge. Im angeführten Experiment lässt sich dieses Phänomen sehr leicht simulieren. Die Heiße Flüssigkeit in einem kleinen Fläschchen hat eine geringe Dichte und ist von kalter Flüssigkeit mit höherer Dichte umgeben. Sie wird aufsteigen, was durch den Farbstoff im Fläschchen sichtbar gemacht werden soll. Das Experiment arbeitet mit Nullprobe. Hierbei wird eine Variante mit warmem und eine mit kaltem Wasser durchgeführt, um den unterschiedlichen Hergang zu verdeutlichen. Dies soll primär Bezug zur eigentlichen Wissenschaft herstellen, sowie die Nachvollziehbarkeit des Experiments an sich für die SchülerInnen erleichtern.

Es ist zu beachten, dass durch die Verwendung der Lebensmittelfarbe schwer entfernbare Rückstände an Händen und Kleidung zurückbleiben können. Es empfiehlt sich daher in jedem Fall Handschuhe zu tragen und die SchülerInnen auf sorgfältiges Arbeiten hinzuweisen!!

Des Weiteren sollen die SchülerInnen darauf hingewiesen werden, dass das Experiment bei zu kleinen Löchern in der Alufolie nicht funktioniert. Es kann mit einer Nadel oder sogar einem Stift ein Loch von etwa 0,5 cm Durchmesser in die Folie gestochen werden, sodass die Konvektion gut sichtbar wird.



8 Experiment Konvektion von Flüssigkeiten
Abbildung M. Bright (2011)

3) Kreuzworträtsel

Das Kreuzworträtsel ist für die SchülerInnen nur als Wiederholung am Ende der Stunde gedacht und kann ohne Vorwissen nicht von den SchülerInnen beantwortet werden. Es soll den SchülerInnen dazu dienen, die

wichtigsten Fakten und Stichwörter noch einmal Revue passieren zu lassen. Sie sollen sich durch das Sammeln dieser Schlüsselwörter an gehörte und bearbeitete Prozesse und Unterrichtsinhalte erinnern. Dieses Kreuzworträtsel ist dazu gedacht den Stoff der Unterrichtsstunde so gut als möglich abzudecken und soll den SchülerInnen ebenfalls als Lernhilfe dienen.

Der untenstehenden Tabelle sind die Tipps für die SchülerInnen zu entnehmen. Rechts daneben in Klammer sind die Lösungen, welche ins Kreuzworträtsel einzutragen sind, angegeben.

Des Weiteren sind der untenstehenden Tabelle Erklärungen zu den jeweiligen Stichworten zu entnehmen.

Sie soll den SchülerInnen als Verständnis- und Lernhilfe dienen und der Lehrkraft ein Sicherstellen und Überprüfen des Wissens bei den SchülerInnen erleichtern.

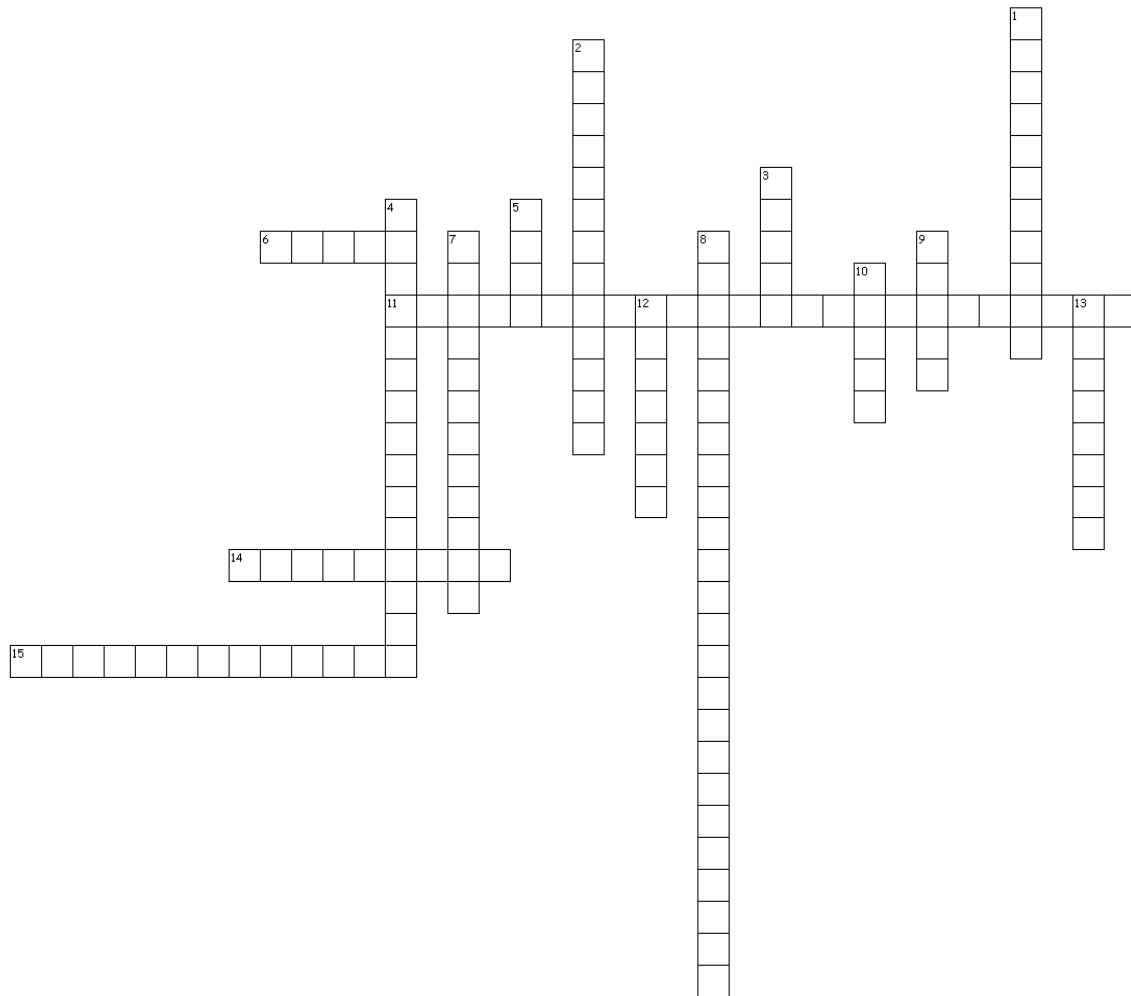
3) Kreuzworträtsel - Hydrothermalquellen

Horizontal

- 6. Lava vor Austritt aus dem Ozeanboden (Magma)
- 11. TAG (Transatlantic Geotraverse)
- 14. Primärproduzenten an Hydrothermalquelle (Bakterien)
- 15. Anreicherungszone des Meerwassers mit Verbindungen und vulkanischen Gasen (Reaktionszone)

Vertikal

- 1. Wärmelieferant bei Hydrothermalismus (Magma­kammer)
- 2. Bildung von organischem Kohlenstoff unter Schwefelwasserstoff­einwirkung (Chemosynthese)
- 3. maximale Wassertemperatur eines white smoker (320°C)
- 4. Gebiet mit schneller Divergenz im Pazifik (East Pacific Rise)
- 5. Schlotbaumaterial (Gips)
- 7. schwarzer Raucher (Black smoker)
- 8. langsame Spreizungszone im Atlantik (Mittelatlantischer Rücken)
- 9. unter Sauerstoff­einwirkung (aerob)
- 10. lückenhaftes Gestein ist...(porös)
- 12. ohne Sauerstoff­einwirkung (anaerob)
- 13. wie Sonnenenergie bei Photosynthese für Chemosynthese wichtig (Schwefel)



Erklärungen

Schwefelwasserstoff: Die Oxidation von Schwefelwasserstoff (Sulfid) wird von den Chemosynthese betreibenden Bakterien als Energielieferant verwendet um aus anorganischem Kohlenstoff organischen Kohlenstoff aufzubauen. Somit hat dieser Oxidationsprozess dieselbe Funktion bei der Chemosynthese wie die Sonne in der Photosynthese [2].

Schwarzer- Raucher: Ein black – smoker wird heißer Schlot genannt, da er die Thermalflüssigkeit mit Temperaturen von bis zu 350° C zu aus der Tiefe befördert [2].

Magma: vor dem Austritt aus der Kruste wird Lava Magma genannt [2].

Reaktionszone: In der Reaktionszone oder Anreicherungszone wird die Hydrothermalflüssigkeit mit verschiedenen Elementen, Verbindungen und Gasen angereichert. Sie sickert in die Ritzen der Erdkruste rund um ein Hydrothermalfeld in mehrere Kilometer Tiefe hinab, wird in der Reaktionszone angereichert und tritt durch die Schlotöffnung nach dem Wiederaufstieg an die Oberfläche aus [2].

Mittelatlantischer Rücken: Der MAR ist eine langsame Spreizungszone und befindet sich zwischen eurasischer und nordamerikanischer, afrikanischer und nordamerikanischer

südamerikanischer und afrikanischer und südamerikanischer, afrikanischer und antarktischer Platte.

Aerob: Bezeichnung für die Lebensweise von Organismen, die zum Leben Sauerstoff benötigen oder chemische Reaktionsweisen, die nur unter Sauerstoffzufuhr möglich sind

Porös: Gestein hat Hohlräume und weist viele Poren und Kanäle auf

Anaerob: Eine Reaktion findet unter Sauerstoffausschluss statt. Es ist kein Sauerstoff vorhanden, der eine Rolle in der Reaktion spielen könnte. Siehe oben

Bakterien: stellen die Primärproduzenten an Hydrothermalquellen dar. Während die Primärproduktion an Land und in flacheren Gewässern von Pflanzen und Algen übernommen wird, sind es an den Hydrothermalquellen Chemosynthese betreibende Bakterien, die am Beginn der Nahrungskette stehen.

East Pacific Rise: der ostpazifische Rücken ist eine Divergenzzone im Pacific zwischen Nazca- und Cocos- Platte im Osten und Pazifischer Platte im Westen. Er ist einer der schnell auseinanderdriftenden Zentralgräben. Pro Jahr entfernen sich je nach genauem Messungsort die Platten um mehr als 90 mm pro Jahr [2].

Gips: Eine Art Gips, Anhydrit; wird bereits ab 80°C aus der Hydrothermalen Flüssigkeit ausgefällt und lagert sich um die Öffnung ab. Das Anhydritröhrchen wird immer dicker und wächst zu einem Schlot heran, je mehr Hydrothermalflüssigkeit aus dem Schlot gedrückt wird [2].

Chemosynthese: Bei der Chemosynthese wird aus anorganischem Kohlenstoff, organischer Kohlenstoff von den chemosynthetisch aktiven Bakterien hergestellt [2].

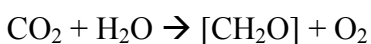
Magmakammer: Sie dient als Wärmelieferant für ein Hydrothermalfeld und liegt unter den Schloten und Quellen, tief unter der ozeanischen Kruste, im Erdmantel. Sie gibt in der Reaktionszone Verbindungen und vulkanische Gase an das Meerwasser ab, bevor dieses wieder an die Oberfläche transportiert wird [2].

4) **Photo- vs. Chemosynthese**

Sieh dir die Formeln der Photosynthese und jene der Chemosynthese genau an! Wie könntest du sie erklären? Wo liegen die Gemeinsamkeiten und wo die Unterschiede? Welche Rolle spielt der Schwefel für die Chemosynthese?

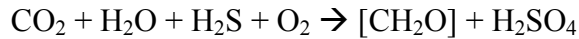
Während bei Chemosynthese chemische Energie verwendet wird um aus anorganischem Kohlenstoff organischen Kohlenstoff zu produzieren, wird in der Photosynthese die Lichtenergie der Sonne für diesen Prozess benutzt.

Von der Pflanze werden im Prozess der Photosynthese aus Kohlendioxid und Wasser, Zucker und Sauerstoff produziert. Die Energie, die für diese Reaktion nötig ist, wird von der Lichtenergie der Sonne bezogen.



Bakterien an Hydrothermalquellen machen sich Schwefelverbindungen als Energie zu Nutze um organischen Kohlenstoff aufzubauen. Schwefelwasserstoff aus der Thermalflüssigkeit

oxidiert mit Sauerstoff aus dem umgebenden Seewasser zu Dihydrogensulfat. Die Energie die dabei entsteht wird verwendet, um aus anorganischem Kohlendioxid organischen Kohlenstoff zu produzieren.



Der hierzu benötigte elementare Sauerstoff aus dem Meerwasser wurde ursprünglich in der Photosynthese gebildet [2].

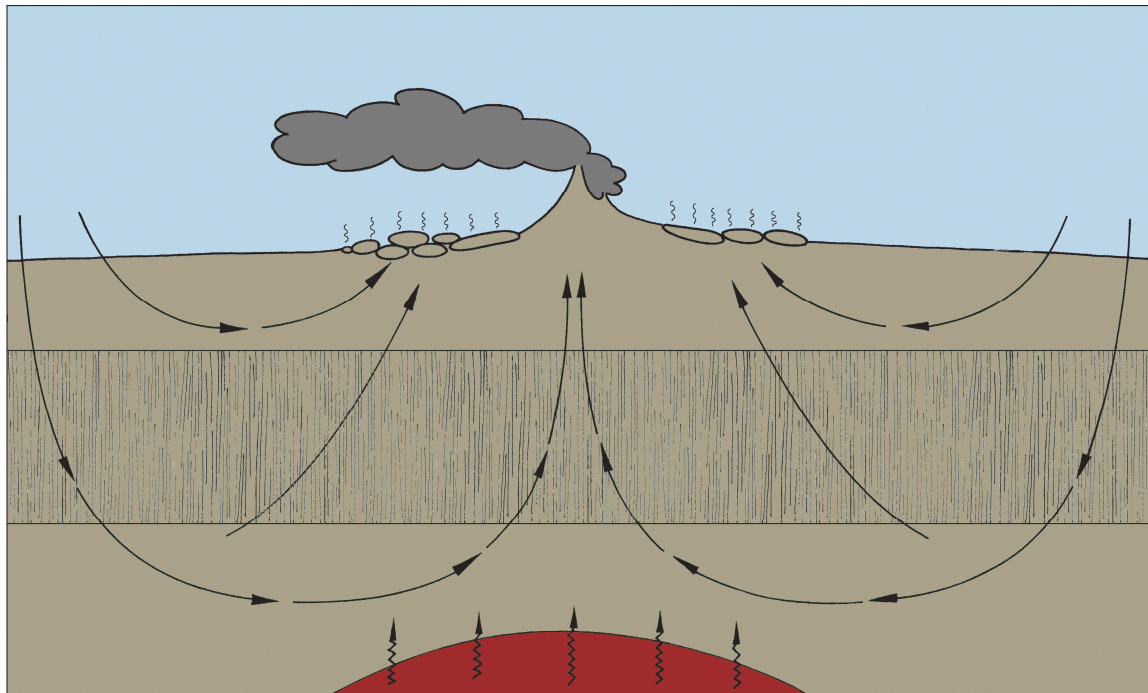
Quellen:

- [1] Ott, Jörg; *Meereskunde*; 2.Auflage; 1996; Ulmer Verlag; Stuttgart;
- [2] Van Dover, Cindy; *The Ecology of Deep Sea Hydrothermal Vents*; 2000; Princeton University Press; Princeton, New Jersey;
- http://www.univie.ac.at/Mineralogie/dies_das/docs/experimente.pdf (23.12.2010)
- http://www.discoveryeducation.com/free-puzzlemaker/?campaign=flyout_teachers_puzzle (02.01.2010)

Teil B) Arbeitsblatt für SchülerInnen- Mariner Vulkanismus, Hydrothermalquellen, Chemosynthese

1) Wasserkreislauf

Meerwasser rund um Hydrothermalquellen und die Hydrothermalflüssigkeit spielen für die Entwicklung eines Schlotes und die darum lebenden Organismen eine große Rolle. Überlege dir noch einmal welche Aufgabe das Meerwasser rund um eine hydrothermale Quelle hat und wieso die hydrothermale Flüssigkeit wichtig für verschiedenste Prozess ist! Betrachte die Abbildung genau und ergänze die Leerstellen! Erkläre den Wasserkreislauf am hydrothermalen Schlot!



2) Konvektion der Thermalflüssigkeit

Material:

2 Glasaquarien (klein bis mittlere Größe) oder große Gurkengläser
2 kleine Glasfläschchen ohne Verschluss, z.B kleine Erlenmayerkolben
1 Wasserkocher
Etwas Lebensmittelfarbe (Ostereierfarbe oder Kuchenfarbe) oder Tinte
Wasser
Alufolie
Gummiringerl

Befülle beide Aquarien mit kaltem Wasser. Nun erhitze etwas Wasser und schütte es zusammen mit wenigen Tropfen Farbstoff in eines der kleinen Fläschchen .In das zweite kleine Fläschchen füllst du kaltes Wasser und gibst ebenfalls wenige Tropfen der Lebensmittelfarbe hinzu. Beide Fläschchenöffnungen verschließt du mit Alufolie und

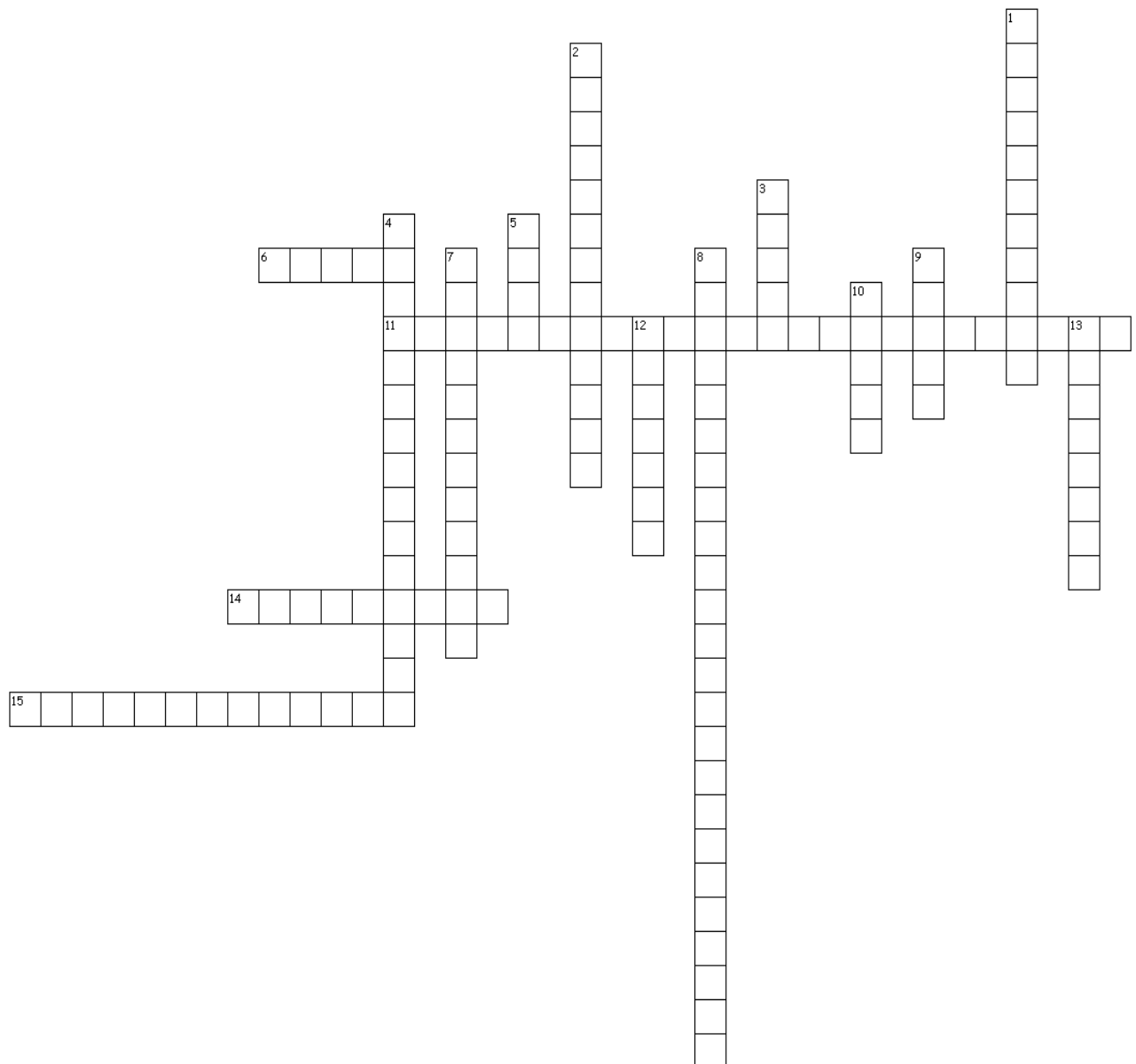
Gummiringerl. Krempel deine Ärmel hoch und platziere je ein kleines Fläschchen in die Mitte eines Aquariums. Es sollte nun in beiden Aquarien je ein Fläschchen mit Lebensmittelfarbe stehen. Merk dir, welches der kleinen Fläschchen die Farbe in kaltem, und welches die Farbe vermischt mit warmem Wasser beinhaltet. Stich nun mit einem Stift oder einer Nadel beide Alufolien durch, sodass ein etwa 5 Millimeter breites Loch entsteht. Durch den Farbstoff kannst du beobachten was mit der kalten und was mit der heißen Flüssigkeit passiert! Beschreibe und versuche zu erklären!

Gefäß 1 mit warmem Farbstoff:

Gefäß 2 mit kaltem Farbstoff:

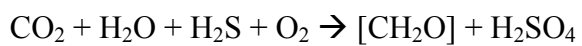
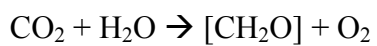
3) Kreuzworträtsel - Hydrothermalquellen

Horizontal	Vertikal
6. Lava vor Austritt aus dem Ozeanboden (Magma)	1. Wärmelieferant bei Hydrothermalismus (Magmaammer)
11. TAG (Transatlantic Geotraverse)	2. Bildung von organischem Kohlenstoff unter Schwefelwasserstoffeinwirkung (Chemosynthese)
14. Primärproduzenten an Hydrothermalquelle (Bakterien)	3. maximale Wassertemperatur eines white smoker (320°C)
15. Anreicherungszone des Meerwassers mit Verbindungen und vulkanischen Gasen (Reaktionszone)	4. Gebiet mit schneller Divergenz im Pazifik (East Pacific Rise)
	5. Schlotbaumaterial (Gips)
	7. schwarzer Raucher (Black smoker)
	8. langsame Spreizungszone im Atlantik (Mittelatlantischer Rücken)
	9. unter Sauerstoffeinwirkung (aerob)
	10. lückenhaftes Gestein ist...(porös)
	12. ohne Sauerstoffeinwirkung (anaerob)
	13. wie Sonnenenergie bei Photosynthese für Chemosynthese wichtig (Schwefel)



4) Photo- vs Chemosynthese

Sieh dir die Formeln der Photosynthese und jene der Chemosynthese genau an! Wie könntest du sie erklären? Wo liegen die Gemeinsamkeiten und wo die Unterschiede? Welche Rolle spielt der Schwefel für die Chemosynthese?

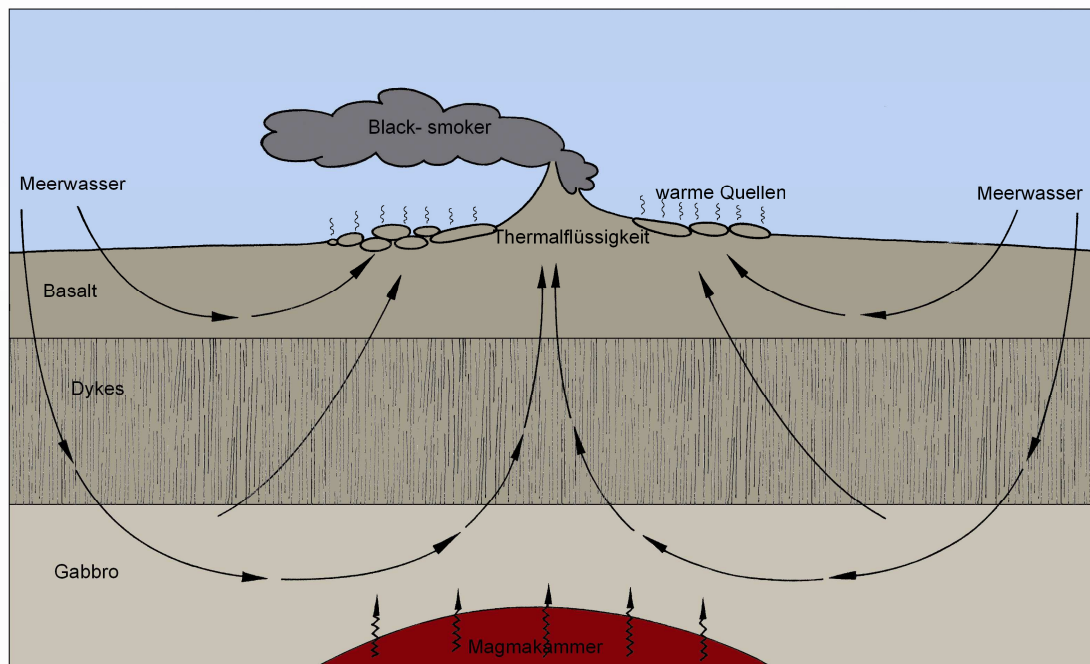


Teil B) Erklärungen zum Arbeitsblatt für SchülerInnen- Mariner Vulkanismus, Hydrothermalismus, Chemosynthese

Wasserkreislauf im Hydrothermalfeld

Meerwasser dringt durch die Ritzen und Risse tief in den Meeresboden ein. Es durchdringt die Kruste teilweise mehrere Kilometer weit bis es in die Nähe der Magmakammer vordringt [1]. Dabei erhitzt sich das Meerwasser stark. Es werden auch vulkanische Gase wie Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff und Wasserstoff und Elemente wie Kupfer, Zink, Mangan, Eisen vom Meerwasser aufgenommen. Die so entstandene Hydrothermalflüssigkeit steigt auf und dringt über Gesteinsgänge wieder aus dem Meeresboden (Abb. 12).

Wenn die Hydrothermalflüssigkeit auf das umgebende kalte Meerwasser trifft, kommt es zu Ausfällungen wie Gips und Schwermetallsulfiden. So bilden sich so genannte black smoker, Schlote aus denen ‚schwarzer Rauch‘ aufsteigt. Bei diesen heißen Quellen werden Temperaturen bis knapp unter 350 °C erreicht, da sich das Thermalwasser erst bei Austritt aus dem Schlot mit dem Meerwasser vermischen kann. An warmen Quellen vermischt sich die Thermalflüssigkeit bereits in der Kruste mit kaltem Seewasser, was zur Folge hat, dass Temperaturen von bis zu 40°C erreicht werden [2].



12 Wasserzirkulation im Hydrothermalfeld Abbildung H. Grillitsch (Universität Wien) verändert nach Ott (1996)

Weiterführende Informationen

Video- Erklärung Kreislauf Hydrothermalflüssigkeit (Englisch):

- <http://www.youtube.com/watch?v=rFhtVRKoaUM> (25.12.2010)

Konvektion der Thermalflüssigkeit

An Hydrothermalquellen wird Meerwasser in der ozeanischen Kruste erhitzt und steigt durch Öffnungen wieder an die Oberfläche. Diesem Phänomen liegt Konvektion zu Grunde. Heiße Flüssigkeiten steigen in einer kalten Umgebung auf [1].

Das Experiment lässt die Konvektion sichtbar werden. Das Fläschchen mit warmem Wasser, versetzt mit Farbstoff, wird in einen größeren Behälter, mit kaltem Wasser, gestellt. Die warme Flüssigkeit sollte nun aus dem kleinen Fläschchen aufsteigen (Abb.8).

Beim Gegenversuch, wo das Fläschchen mit kaltem Wasser und kaltem Farbstoff in ein größeres Gefäß mit kaltem Wasser gestellt wird, sollte nichts zu beobachten sein.



8 Experiment Konvektion von Flüssigkeiten
Abbildung M. Bright (2011)

Hydrothermalquellen: Kreuzworträtsel

Hier findest du die Auflösung zum Kreuzworträtsel. Zum leichteren Verständnis der Auflösung und um es dir einfacher zu machen, dir die wichtigsten Stichworte und damit verbundenen Prozesse am Hydrothermalschlot zu merken, werden die Stichworte aus dem Kreuzworträtsel näher erklärt.

Horizontal

- 6. Lava vor Austritt aus dem Ozeanboden (Magma)
- 11. TAG (Transatlantic Geotraverse)
- 14. Primärproduzenten an Hydrothermalquelle (Bakterien)
- 15. Anreicherungszone des Meerwassers mit Verbindungen und vulkanischen Gasen (Reaktionszone)

Vertikal

- 1. Wärmelieferant bei Hydrothermalismus (Magma)
- 2. Bildung von organischem Kohlenstoff unter Schwefelwasserstoffeinwirkung (Chemosynthese)
- 3. maximale Wassertemperatur eines white smoker (320°C)
- 4. Gebiet mit schneller Divergenz im Pazifik (East Pacific Rise)
- 5. Schlotbaumaterial (Gips)
- 7. schwarzer Raucher (Black smoker)
- 8. langsame Spreizungszone im Atlantik (Mittelatlantischer Rücken)

9. unter Sauerstoffeinwirkung (aerob)
10. lückenhaftes Gestein ist...(porös)
12. ohne Sauerstoffeinwirkung (anaerob)
13. wie Sonnenenergie bei Photosynthese für Chemosynthese wichtig (Schwefel)

Erklärungen

Schwefelwasserstoff: Die Oxidation von Schwefelwasserstoff (Sulfid) wird von den Chemosynthese betreibenden Bakterien als Energielieferant verwendet um aus anorganischem Kohlenstoff organischen Kohlenstoff aufzubauen. Somit hat dieser Oxidationsprozess dieselbe Funktion bei der Chemosynthese wie die Sonne in der Photosynthese [2].

Schwarzer- Raucher: Ein black – smoker wird heißer Schlot genannt, da er die Thermalflüssigkeit mit Temperaturen von bis zu 350° C zu aus der Tiefe befördert [2].

Magma: flüssiges Gestein wird vor dem Austritt aus der Erdkruste

Reaktionszone: In der Reaktionszone oder Anreicherungszone wird die Hydrothermalflüssigkeit mit verschiedenen Elementen, Verbindungen und Gasen angereichert. Sie sickert in die Ritzen der Erdkruste rund um ein Hydrothermalfeld in mehrere Kilometer Tiefe hinab, wird in der Reaktionszone angereichert und tritt durch die Schlotöffnung bei heißen Quellen oder durch Ritzen und Lücken im Basalt bei warmen Quellen nach dem Wiederaufstieg an die Oberfläche aus [2].

Mittelatlantischer Rücken: Der MAR ist eine langsame Spreizungszone und befindet sich zwischen eurasischer und nordamerikanischer, afrikanischer und nordamerikanischer südamerikanischer und afrikanischer und südamerikanischer, afrikanischer und antarktischer Platte [2].

Aerob: Bezeichnung für die Lebensweise von Organismen, die zum Leben Sauerstoff benötigen oder chemische Reaktionsweisen, die nur unter Sauerstoffzufuhr möglich sind

Porös: Gestein hat Hohlräume und weist viele Poren und Kanäle auf

Anaerob: Bezeichnung für die Lebensweise von Organismen, die zum Leben keinen Sauerstoff benötigen (für diese ist der Sauerstoff meist giftig) oder eine Reaktion findet unter Sauerstoffausschluss statt. Es ist kein Sauerstoff vorhanden, der eine Rolle in der Reaktion spielen könnte.

Bakterien: stellen die Primärproduzenten an Hydrothermalquellen dar. Während die Primärproduktion an Land und in flacheren Gewässern von Pflanzen und Algen übernommen wird, sind es an den Hydrothermalquellen Chemosynthese betreibende Bakterien, die am Beginn der Nahrungskette stehen [2].

East Pacific Rise: der ostpazifische Rücken ist eine Divergenzzone im Pacific zwischen Nazca- und Cocos- Platte im Osten und Pazifischer Platte im Westen. Er ist einer der schnell auseinanderdriftenden Zentralgräben. Pro Jahr entfernen sich je nach genauem Messungsort die Platten um mehr als 90 mm pro Jahr [2].

Gips: Eine Art Gips, Anhydrit; wird bereits ab 80°C aus der Hydrothermalen Flüssigkeit ausgefällt und lagert sich um die Öffnung ab. Das Anhydritröhrchen wird immer dicker und wächst zu einem Schlot heran, je mehr Hydrothermalflüssigkeit aus dem Schlot sprudelt [2].

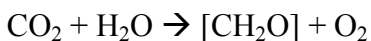
Chemosynthese: Bei der Chemosynthese wird aus anorganischem Kohlenstoff, organischer Kohlenstoff von den chemosynthetisch aktiven Bakterien hergestellt [1].

Magmakammer: Sie dient als Wärmelieferant für ein Hydrothermalfeld und liegt unter den Schloten und Quellen, tief unter der ozeanischen Kruste, im Erdmantel. Sie gibt in der Reaktionszone Verbindungen und vulkanische Gase an das Meerwasser ab, bevor dieses wieder an die Oberfläche transportiert wird [2].

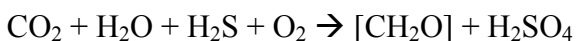
Photo- vs. Chemosynthese

Während bei Chemosynthese chemische Energie verwendet wird um aus anorganischem Kohlenstoff organischen Kohlenstoff zu produzieren, wird in der Photosynthese die Lichtenergie der Sonne für diesen Prozess benutzt.

Von der Pflanze werden im Prozess der Photosynthese aus Kohlendioxid und Wasser, Zucker und Sauerstoff produziert. Die Energie, die für diese Reaktion nötig ist, wird von der Lichtenergie der Sonne bezogen [2].



Bakterien an Hydrothermalquellen machen sich Schwefelverbindungen als Energie zu Nutze um organischen Kohlenstoff aufzubauen. Schwefelwasserstoff aus der Thermalflüssigkeit oxidiert mit Sauerstoff aus dem umgebenden Seewasser zu Dihydrogensulfat. Die Energie die dabei entsteht wird verwendet, um aus anorganischem Kohlendioxid organischen Kohlenstoff zu produzieren.



Der hierzu benötigte elementare Sauerstoff aus dem Meerwasser wurde ursprünglich in der Photosynthese gebildet [2].

Weiterführende Informationen

Leben in der Tiefsee - Chemosynthese

- http://www.deepwave.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=29&Itemid=245&lang=de (30.12.2010)

Quellen:

[1] Ott, Jörg; *Meereskunde*; 2.Auflage; 1996; Ulmer Verlag; Stuttgart

[2] Van Dover, Cindy; *The Ecology of Deep Sea Hydrothermal Vents*; 2000; Princeton University Press; Princeton, New Jersey;

Weiterführende Links zum Thema Hydrothermalschlote und Hydrothermalismus:

Videos über Hydrothermale Schlote (Englisch):

- <http://www.youtube.com/watch?v=4LoiInUoRMQ> (25.12. 2010)
- <http://www.youtube.com/watch?v=XotF9fzo4Vo> (25.12.2010)

Artikel:

Internetartikel von Scinexx Wissensmagazin zu Hydrothermalschlotten

- <http://www.g-o.de/dossier-66-1.html> (30.12.2010)

Spiegel- online Artikel

- <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,144758,00.html> (30.12.2007)

Homepages:

Dive and discover- Interaktive Homepage (Englisch)

- <http://www.divediscover.whoi.edu/vents/index.html> (30.12.2010)

Orifice of Naval Research- Interaktive Homepage (Englisch)

- <http://www.onr.navy.mil/focus/ocean/habitats/vents1.htm> (30.12.2010)

Exploring the deep frontier- Interaktive Homepage (Englisch)

- <http://www.ceoe.udel.edu/extreme2004/geology/hydrothermalvents/index.html>
(30.12.2010)

BBC- Bildgalerie

- http://www.bbc.co.uk/nature/habitats/Hydrothermal_vent (30.12.2010)

Monterey Institute- NOAA- Interaktive Homepage (Videos)

- <http://www.montereyinstitute.org/noaa/lesson05.html> (30.12.2010)

Teil C) Sachinformation für Lehrkräfte – Fauna der Hydrothermalquellen

Hydrothermalquellen befinden sich weit unter der Meeresoberfläche in der Tiefsee. Die Fauna der Hydrothermalquellen ist grundverschieden von jener der übrigen Tiefsee.

Abiotische Faktoren und die Auswirkungen auf die Fauna

Die Durchschnittstemperatur des Meerwassers beträgt 4°C, die durchschnittliche Tiefe beträgt über 4000 Meter während das durchschnittliche Lichtangebot der Meere gleich null ist [7]. Dies bezieht sich allerdings nur auf die durchschnittlichen Werte im Meer. Meist müssen Lebewesen in den verschiedensten ozeanischen Umgebungen, wie der Tiefsee oder den hydrothermalen Quellen unter besonderen Bedingungen überleben können [8].

Verschiedene Lebewesen weisen nun verschiedene Strategien auf, um mit den unterschiedlichen Bedingungen in ihrer Umgebung leben zu können. Eine bestimmte Fauna an bestimmten abiotischen Faktoren fest zu machen ist in diesem Zusammenhang schwierig. Organismen, die im tropischen Bereich in großen Tiefen aufzufinden sind, kommen in arktischen Meeren bereits nach wenigen 100 Metern Tiefe vor. Mit der Tiefe des Lebensraumes ändern sich die Lichtverhältnisse, der hydrostatische Druck, die Temperatur, die Salinität, die Sauerstoffsättigung des Wassers und das Nährstoffangebot. Diese sind für Organismen eines Lebensraumes die limitierenden Faktoren [8].

Temperatur

An Hydrothermalquellen können Wassertemperatur zwischen 2°C kaltem und 350°C heißem Wasser gemessen werden [6]. Organismen weisen unterschiedliche Temperaturtoleranzen auf. Während Bakterien und Archea dicht unterhalb der Austrittsöffnungen der Schlote, bei Temperaturen von mehr als 150°C überleben können, findet man die meisten thermophilen Tiere an den warmen Quellen bei etwa 40°C [10]. Je nach Quelle, kommt es zu unterschiedlichen Temperaturschwankungen, die sich von Minute zu Minute ändern können. Auch die für viele Organismen stark giftige Zusammensetzung des hydrothermalen Fluides kann variieren [8].

Daher ist nicht nur die durchschnittliche Temperatur wichtig, sondern besonders die Minima und Maxima, welche bestimmen, ob bestimmte Arten an einer Quelle überleben können. Mit genauen Temperaturmessgeräten, die kontinuierlich über mehrere Monate und Jahre jede Minute die Temperaturen aufzeichnen, kann man eruieren welchen Bedingungen Tiere dort ausgesetzt sind. Dies gilt besonders für sessile Tiere, während vagile Tiere aktiv hohen oder niedrigen Temperaturen ausweichen können. An Röhrenwürmern, die über einen Meter lang werden, wurden z.B. am unteren Ende knapp über dem Basalt, Temperaturen von 60 °C gemessen, während am oberen Ende der Würmer die Temperatur nur mehr wenig über 2°C betrug, und somit nur knapp über der Durchschnittstemperatur des umgebenden Meerwassers lag [1].

Sauerstoff

Vor allem an der Oberfläche, die an die Atmosphäre grenzt, ist viel Sauerstoff im Wasser vorhanden. Kaltes Wasser hat einen sehr hohen Sättigungspunkt für Sauerstoff, was bedeutet, dass es sehr viel Sauerstoff aufnehmen kann. Durch die Dichteanomalie des Wassers wird nun der Sauerstoff mit dem dichten Wasser in die Tiefseeregionen gebracht, wo somit ein hohes Niveau an Sauerstoff vorhanden ist. Dies bedeutet, dass das umgebende Meerwasser an Hydrothermalquellen normalerweise reich an Sauerstoff ist.

In der Hydrothermalflüssigkeit selbst, ist allerdings kein Sauerstoff vorhanden, sie ist anoxisch [7]. Die Mischung von umgebendem Meerwasser und Hydrothermalflüssigkeit

bestimmt nun die Menge an Sauerstoff, die für Tiere zur Atmung lebensnotwendig ist. Ähnlich wie die Temperatur, kann es zu extremen Schwankungen von Sauerstoff kommen. Während manche Bakterien und Archea ohne Sauerstoff leben können, ist dies bei anderen Organismen auf Dauer nicht der Fall. Kurzfristig können Tiere aber mit wenig, oder sogar ohne, Sauerstoff überleben. Viele Organismen der Hydrothermalquellen zeichnen sich durch große Toleranz gegenüber Sauerstoffmangel aus [10].

Schwefelwasserstoff

Schwefelwasserstoff (Sulfid, H_2S) wird mit der Thermalflüssigkeit an die Meeresbodenoberfläche befördert und an den Thermalquellen von Bakterien verwendet, um aus anorganischem Kohlenstoff, organischen Kohlenstoff zu produzieren. Diese Bakterien und die Organismen, welche in Symbiose mit den chemosynthetischen Bakterien leben, stellen die Produzenten der Nahrungskette dar. Dadurch, dass Sulfid in der Wassersäule sehr schnell oxidiert wird und deshalb nicht lange im umgebenden Meerwasser verfügbar ist, müssen die von der Chemosynthese abhängigen Produzenten sehr dicht an den Hydrothermalquellen leben [7]. Der Anteil an Schwefelwasserstoff an den Quellen und der Aufenthaltsort der Organismen stellen somit limitierende Faktoren dar. Ähnlich wie die Temperatur und Sauerstoff, kann es zu extremen Schwankungen von Sulfid kommen [7].

Schwefelwasserstoff ist aber für alle Tiere und auch für uns Menschen hochgiftig. Das ist auch der Grund, warum wir den Geruch nach faulen Eiern als besonders unangenehm empfinden. Schwefelwasserstoff verhindert die Atmung. Zum einen blockiert Schwefelwasserstoff ein Enzym in der Atmungskette, zum anderen verhindert er die Bindung von Sauerstoff an Hämoglobin, jenem Molekül das im Blut normalerweise Sauerstoff transportiert [7]. Deswegen müssen Tiere die in Lebensräumen wie Hydrothermalquellen leben und besonders oft und viel Schwefelwasserstoff ausgesetzt sind, diesen entgiften können [10].

Druck

Da die Tiefe der Ozeane zwischen wenigen 100 Metern und mehr als 10 000 Metern variiert, verändert sich auch der Druck der auf die Organismen einwirkt dementsprechend. Der Wasserdruck steigt um 1 bar pro 10 Meter Wassertiefe [7], sodass z.B. in 100 Metern ein Druck von 10 bar, in 1000 Metern ein Druck von 100 bar herrscht.

Während steigender Druck Festkörper und Flüssigkeiten praktisch nicht verändert, ist dies bei Gasen anders. Da die Gasmoleküle frei beweglich sind, können sie sich im Gegensatz zu Molekülen von festen und flüssigen Stoffen sehr stark zusammen ziehen oder sich ausbreiten. Somit werden Gase oder Gasgemische wie Luft, in großen Meerestiefen zusammengedrückt. Die Körper der Tiefseeorganismen sind an den hohen Druck, der auf sie einwirkt angepasst. Wenn Tiefseeorganismen ihr Leben in mehr oder weniger gleicher Tiefe verbringen, stellt der Druck kein Problem dar. Nur dann wenn Tiere auf und ab schwimmen und große Tiefen durchschreiten und damit verbundenen Druckunterschieden ausgesetzt sind, können gasgefüllte Organe ein Problem werden. Derartige Hohlräume sind meist reduziert. Viele Organismen sind auch mit besonders weichem Fleisch-, Knochen- und Knorpelaufbau oder Öleinlagerungen im Körper ausgestattet [7].

Wenn Tiere nun aus großen Tiefen mit dem Uboot geborgen werden, und so ihren natürlichen Lebensraum verlassen, hat man die unterschiedlichsten Reaktionen festgestellt. Zum einen gibt es Tiere, die den Aufstieg problemlos überleben und sogar leicht bei entsprechenden Temperaturen gezüchtet werden können. Andere wiederum überleben zwar den Druckunterschied, können aber dann nur in so genannten Hochdruckaquarien weiter überleben. Es gibt aber auch solche, die nur tot an der Meeresoberfläche ankommen. Gründe dafür, konnten bis jetzt noch nicht genauer erforscht werden [7].

Licht

Die Tiefenregionen des Meeres werden in euphotische (von Licht durchflutete) und aphotische (dunkle) Zone eingeteilt. Dazwischen liegt die Mittelwasserzone, in der noch etwas Restlicht vorhanden ist.

Etwa bis zu 200 Metern Tiefe reicht das Sonnenlicht und ermöglicht Primärproduktion. Darunter ist zwar noch bis in Tiefen von 1000 Metern Licht vorhanden, kann aber zur Photosynthese nicht verwendet werden. Die Organismen im tieferen Gewässer sind nun vom organischen Material abhängig, dass aus der euphotischen Zone nach unten fällt, Sediment (anorganische und organische Partikel) sinkt nach unten („Pelagischer Regen“). In der aphotischen Zone, wo es komplett dunkel ist, steht den Organismen nur noch ein sehr geringer Anteil der ursprünglichen Primärproduktion der euphotischen, vom Licht durchfluteten Zone zur Verfügung [7]. Wie viel Futter in der Tiefsee von oben ankommt, hängt von der Primärproduktion in euphotischen Bereichen ab und von der Tiefe, die diese Partikel durchschreiten müssen. Je tiefer der Meeresboden liegt, desto weniger Nahrung bleibt für die Organismen der Tiefsee übrig, da auch die Tiere in der Wassersäule sich von hinab fallenden Futterquellen ernähren.

Dies trifft für die Fauna der Hydrothermalquellen der Tiefsee nicht zu. Dort wird Nahrung über Chemosynthese produziert (Teil B → Chemosynthese).

Vertreter der Fauna an hydrothermalen Quellen

Das Ökosystem der Hydrothermalquellen ist charakteristisch für alle Ökosysteme, die hohe Energievorräte besitzen, aber auch durch hohe Störungen und Stress ausgezeichnet sind. Das heißt Futter ist in großen Mengen vorhanden, aber nur wenige Arten können mit dem immer wieder Auftretenden Vulkanausbrüchen (Störungen), dem oft schnellen Auftreten aber auch Versiegen von Quellen (Störungen) und den oft extremen Schwankungen von Temperatur, Sauerstoff und Schwefelwasserstoff (Stress) umgehen. Daher ist die Fauna von Hydrothermalquellen artenarm, durch die großen vorhandenen Futtermengen, jedoch individuenreich [7].

Sieht man von Mikroorganismen ab, so führen die Arthropoden (Gliederfüßer) vor den Mollusken (Weichtiere) und den Anneliden (Ringelwürmer) die Liste der höchsten Anzahl von Arten und Einzelindividuen an [9]. Im Folgenden werden einige Vertreter an hydrothermalen Quellen genauer beschrieben. Zur besseren Übersicht werden sie systematisch in ihre Großgruppen zusammengefasst. Hierarchisch strukturiert werden Arten in Gattungen, Gattungen in Familien, Familien in Ordnungen, Ordnungen in Klassen, und Klassen wiederum in Stämme. Die Verbreitung wird neben Besonderheiten zur Lebensweise erläutert. Um sich an die besonderen Bedingungen rund um die hydrothermalen Quellen anzupassen weisen die Organismen verschiedene Modifikationen in Funktion, Körperbau oder ihrer Lebensweise auf. Einige Beispiele hierfür wären die Symbiosen mit Bakterien, Organ- und Körperbauänderungen, sowie besondere Fortpflanzungs- und Kolonisationszyklen [6].

Bakterien und Archea

Bakterien und Archea kommen in Hydrothermalfeldern, wie auch in allen anderen aquatischen und terrestrischen Lebensräumen, in den verschiedensten Formen vor.

Der Chemismus der Hydrothermalflüssigkeit und die vorhandenen Gradienten erklären das Vorhandensein von bestimmten Bakterien und Archea mit sehr speziellen Stoffwechseleigenschaften.

Man findet neben vielen heterotrophen Mikroorganismen auch viele verschiedene chemoautotrophe Mikroorganismen, z.B. jene die Sulfid oxidieren (*Beggiatoa*), denitrifizieren (Stickstoff abbauen) oder Methan oxidieren (*Methanopyrus* oder *Methanococcus*) [10].

Bakterien konnten in Wasserproben nachgewiesen werden, die warmen Quellen zwischen 3 und 30°C, sowie den heißen Schloten selbst, unter Bedingungen bis zu 150°C entnommen wurden [10]. Manche Archaea werden als hyperthermophile Organismen eingestuft, die sich zwischen 80 und 115°C Wassertemperatur wohl fühlen.

Neben einer diversen frei lebenden mikrobiellen Gemeinschaft, die praktisch überall an der Oberfläche von smokern und in der Wassersäule lebt, gibt es auch Bakterien, die in Symbiose mit Tieren leben. Dies sind meist Gammaproteobakterien, die über Chemosynthese Nahrung herstellen und einen Teil dieser Nahrung ihren Wirten überlassen. Einige dieser symbiontischen Bakterien können aber auch eigenständig und ohne Symbiose überleben [10].

Arthropoda (Gliederfüßer)

Rimicaris exoculata, *Chorocaris chacei* und *Alvinocaris markensis* (Arthropoda, Crustacea, Alvinocaridae) dominieren das Snake Pit und das TAG Hydrothermalfeld am Mittelatlantischen Rücken. Sie gehören zur Familie der Decapoda (Zehnfüßkrebse), der Ordnung der Crustacea (Krebstiere), des Stammes Arthropoda (Gliedertiere) und leben in Schwärmen rund um die Hydrothermalschlote.

Rimicaris ist in diesen Regionen die am häufigsten vorkommende Garnelenart [10]. Eine Besonderheit dieser Art ist das Fehlen der für Garnelen typischen Augenstiele und Augen. Stattdessen besitzt das Tier Photorezeptorflecken unter ihrem Exoskelett. Es ist zu vermuten, dass diese der Orientierung von *Rimicaris* rund um den Hydrothermalschlote dienen, da heiße Quellen Infrarotlicht aussenden. Durch diese Rezeptoren orientieren sich die Tiere, suchen Plätze mit den optimalen Bedingungen auf und vermeiden in 350°C heißem Wasser gekocht zu werden.

Zusätzlich zu diesen Sinnesorganen besitzen *Rimicaris exoculata* (Abb. 15) sowie *Chorocaris chacei* Chemosensoren, die es den Garnelen ermöglichen sich nach dem Sulfidgehalt des Wassers auszurichten und zu orientieren [10]. Auf den Beinen von *Alvinocaris* (Abb. 16) und *Rimicaris* sitzen dicht, an dicht Millionen von ektosymbiotischen Bakterien, welche sie mit Kohlenstoff versorgen [10].



15 *Rimicaris exoculata*
from Handbook of Deep Sea and Hydrothermal Vent Fauna 2006



16 *Alvinocaris markensis*
from The Handbook of Deep Sea and Hydrothermal Vent Fauna 2006



17 *Bythograea thermydron*
from Handbook of Deep Sea and Hydrothermal Vent Fauna 2006

Weiß Springkrabben, wie die Art *Munidopsis subsquamosa* (Arthropoda, Crustacea, Galatheididae) sind häufig zwischen den Muschelaggregationen und an den Schlottflanken zu beobachten [8].

Die Krabbe *Bythograea thermydron* (Arthropoda, Crustacea, Bythograeidae) lebt an Schloten des Galapagos Rückens und des Ostpazifischen Rückens (Abb.17) [3]. Sie hält kurzzeitig

Temperaturen von bis zu 35°C aus, ist jedoch bei längerfristigen Aufenthalten in Temperaturzonen zwischen 30 und 35°C nicht überlebensfähig [10].

Mollusca (Weichtiere)

Unter den Mollusken sind zwei Ordnungen besonders vertreten, Muscheln (Bivalvia) und Schnecken (Gastropoda).

Bei den Muscheln sind vor allem zwei Arten aus den Familien der Mytilidae (Miesmuscheln) und der Vesicomyidae schnell zu entdecken. Einzelne Individuen können beachtliche, bis zu tellergroße, Schalengrößen erreichen. Beide Arten leben in Symbiose mit Bakterien zusammen, welche in den Kiemen der Muscheln sitzen und den von der Muschel aufgenommenen Schwefelwasserstoff zur Chemosynthese verwenden [8]. Während *Bathymodiolus thermophilus* (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae) noch einen beträchtlichen Anteil der Nahrung selbst über das Aufnehmen von Partikel aus dem Wasser durch Suspensionsfressen gewinnt, scheint *Calypptogena magnifica* (Mollusca, Bivalvia, Vesicomyidae) ausschließlich von der organischen Kohlenstoffproduktion ihrer Symbionten zu leben (Abb.18/19) [8].

Calypptogena magnifica (Mollusca, Bivalvia, Vesicomyidae) ist typisch für Hydrothermalquellen am Galapagos Rücken und dem Ostpazifischen Rücken. Die Schalen der Muschel können bis zu 26 cm Länge erreichen. Da sie in Symbiose mit Bakterien leben ist ihr Verdauungstrakt reduziert und möglicherweise nicht mehr funktionsfähig. Ihr Körper besteht nahezu ausschließlich aus Kiemen, mit denen sie Sauerstoff, Schwefelwasserstoff und Nährstoffe aus dem Wasser filtert. Aggregationen sitzen in 10- 30 cm tiefen Spalten und Rissen der Kruste rund um die Austrittsöffnung von warmen Quellen und ertragen Temperaturen von bis zu 14°C. Es scheint als würde die Muschel Schwefelwasserstoff durch ihren Fuß aus den Ritzen im Gestein aufnehmen und ihn danach zu ihren symbiotischen Bakterien transportieren, während der Sauerstoff vom umgebenen Meerwasser kommt [10].



Bathymodiolus thermophilus (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae) kommt wie *Riftia pachyptila* und *Calypptogena magnifica* am Galapagos Rift und dem Ostpazifischen Rücken vor. Im Unterschied zu *Riftia* und *Calypptogena* besitzen diese Miesmuschelverwandte jedoch einen voll funktionsfähigen Verdauungstrakt. Sie kommt an warmen Quellen bis zu etwa 10°C vor [10].



Unter den Schnecken dominieren die Arten *Alviniconcha hessleri* (Mollusca, Gastropoda, Provannidae) und verschiedenste Napfschnecken, wie *Peltoispira delicata* (Mollusca, Gastropoda, Peltospiridae) die Fauna an den Hydrothermalfeldern des Marianengrabens (Abb. 20) [8]. Auch *Ifremeria nautiliei* (Mollusca, Gastropoda, Provannidae) ist hier häufig. Sie weiden den Bakterienuntergrund an den Flanken der Schlote ab und besitzen häufig zusätzlich Bakteriensymbionten in ihren Kiemen. Daneben gibt es noch viele andere Schnecken ohne symbiotische Bakterien, die meist als Weidegänger von den Mikroorganismen, die an den Oberflächen siedeln, leben, indem sie diese abgrasen.

Anneliden (Ringelwürmer)

Die zu den Anneliden zählenden Polychaeta (Vielborster) sind mit vielen Arten an den hydrothermalen Schloten und warmen Quellen vertreten. Manche davon leben wiederum in Symbiose mit Bakterien, andere sind Weidegänger, Räuber, oder Filtrierer. Interessant sind die in Muscheln lebenden Polynoidae (Schuppenwürmer).

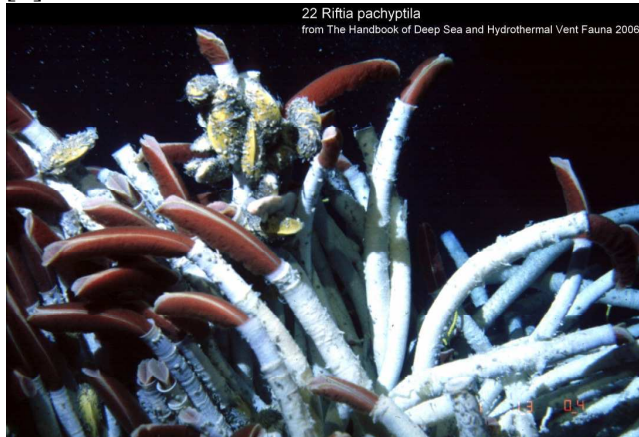
Alvinella pompejana, der Pompeiwurm (Annelida, Polychaeta, Alvinellidae) ist in Hydrothermalfeldern des Ostpazifischen Rückens und des Galapagos Rückens zu finden (Abb.21). Er wird bis zu 9 cm lang und erreicht eine Dicke von bis zu 2 cm im Durchmesser. *Alvinella* lebt in einer weichen, organischen Röhre an den Flanken der black smoker. Diese Röhre ist zu beiden Seiten hin offen und des Öfteren Temperaturen zwischen 30 und 70°C ausgesetzt. Man vermutet, dass dieser Wurm bei zu hohen Temperaturen durch Körperbewegungen zu mindest zum Teil die Temperatur regeln kann. Er hat einen komplett funktionierenden Verdauungstrakt trägt aber zusätzlich auf seinem Rücken Chemosynthese betreibende Bakterien [10]

Bei der nah verwandten Gattung, *Paralvinella* konnte man keine symbiotischen Bakterien finden [8]. So wie die Garnelen *Rimicaris* und *Chorocaris* besitzt *Paralvinella sp.* (Annelida, Polychaeta, Alvinellidae) Chemorezeptoren, die über den Schwefelgehalt des Wassers Auskunft geben [10].

Auch Vestimentifera, Röhrenwürmer (Annelida, Polychaeta, Siboglinidae) sind sehr charakteristisch für hydrothermale Quellen. Sie kommen vor allem am East Pacific Rise und den Hydrothermalfeldern des Galapagos Riftes vor [8]. In nördlicher gelegenen Thermalgebieten des Pazifiks, dem Juan de Fuca Rücken, ist vor allem *Ridgeia piscesae* (Annelida, Polychaeta, Siboglinidae) bekannt. Der Riesenröhrenwurm *Riftia pachyptila* (Annelida, Polychaeta, Siboglinidae) ist typisch für Hydrothermalfelder am Ostpazifischen Rücken und dem Galapagos spreading centre (Abb.22) [10].

Alle Vertreter der Vestimentiferen haben nur im Larvenstadium ein Verdauungssystem. Kommen sie ins Erwachsenenstadium, wird der Verdauungstrakt zurückgebildet. Sie haben somit weder Mund, Magen noch After. In einem eigenen Organ, dem Trophosom, sind

Bakterien beherbergt, welche die Kohlenstoffsynthese für die Würmer bewerkstelligen. Die, im Falle *Riftias*, bis zu 2 Meter langen Röhrenwürmer stehen in dichten Kolonien aneinander [8].



Wenn der Wurm ungestört ist, streckt *Riftia* sein sattrotes Vorderende aus seiner Röhre. Das Blut des Wurms scheint durch die Oberfläche, was die rote Farbe erklärt. An der Oberfläche können nun Sauerstoff, Schwefelwasserstoff und Kohlenstoff in das kiemenartige Organ eindringen und mit dem Blut ins Trophosom, tief in der Röhre des Wurms, transportiert werden. Einzigartig im Tierreich, hat das Hämoglobin von *Riftia* zwei Bindungsstellen, eine für Sauerstoff und

eine zweite für Schwefelwasserstoff und kann so gleichzeitig und ungiftig für die Tiere im Blut beide Stoffe transportieren. Fühlt sich das Tier gestört, so kann es sein Vorderende in die Röhre zurückziehen und ist somit in Sicherheit vor Feinden [10]. Normalerweise findet man *Riftia pachyptila* an warmen Quellen, die stark von Hydrothermalflüssigkeit umspült werden, welche durchschnittlich zwischen 15 und 20°C aufweist [10].

Fische

Einer der wenigen Vertreter der Fische am Hydrothermalquellen kommt aus der Fischfamilie der Zoarcidae. *Thermarces cerberus* (Vertebrata, Osteichthyes, Perciformes) ist weiß, hat große Lippen und einen stark ausgeprägten Flossensaum. Er ernährt sich von Krabben und Garnelen rund um die Austrittsöffnungen der Quellen [8] und wurde häufig am Galapagos spreading Centre im Ostpazifik beobachtet [3].

Ökosystem Hydrothermalquelle

Das Ökosystem am Hydrothermalschlot und den warmen Quellen ist vollkommen vom Sprudeln der Thermalquelle abhängig. Versiegt diese Quelle nach und nach, durch Verstopfen der Poren oder Erschöpfung der Magmakammer, so stirbt auch das gesamte Ökosystem ab. An anderen Stellen des Thermalfeldes kann sich jedoch durch erneutes Aufbrechen von Quellen ein neues kleines Ökosystem bilden. Die hydrothermale Fauna weist dahingehend wenige verschiedene Spezies von Mega- und Makrofauna auf. Viele Arten, die am Hydrothermalschlot leben, kommen auch nur in einer Region vor und sind in keinem anderen vergleichbaren Ökosystem zu finden [6]. Dementsprechend ist die Endemierate der Hydrothermalfauna hoch und beträgt in vielen Fällen bis zu 75% [9].

Bis heute sind sechs Regionen mit Hydrothermalfeldern genauer erforscht worden: Juan de Fuca Rücken, Ostpazifischer Rücken (inklusive. Galapagos spreading centre), nördlicher und südlicher Mittelatlantischer Rücken (hier unter Mittelatlantischer Rücken zusammengefasst), Zentralindischer Rücken, Westpazifik. Nicht alle Spezies eines Schlotes an der Juan de Fuca Ridge kommen auch am Ostpazifischen Rücken vor. Momentan bemüht sich die Forschung genauer herauszufinden warum *Riftia pachyptila* nur an pazifischen Hydrothermalquellen zu finden ist, während *Rimicaris* Populationen nur in Thermalfeldern des atlantischen und indischen Ozeans vorkommen. Der untenstehenden Tabelle sind genauere Informationen über die einzelnen Organismenvorkommen zu entnehmen (Tab. 1) [9].

Tabelle 1: Biogeographie von dominierenden Arten in verschiedenen Schlotfeldern [9]

Dominierende Tiergruppen Art (Stamm/Klasse oder Ordnung/Familie)	Name der biogeographischen Region	Lage an Hand der Plattengrenzen
Bivalvia, Gastropoda, Polychaeta <i>Ridgea piscesae</i> (Annelida/ Polychaeta/ Siboglinidae/ Vestimentifera) <i>Calyptogena sp.</i> (Mollusca/ Bivalvia/ Vesicomidae)	Juan de Fuca Rücken	Nordost Pazifik, Grenze zwischen Nordamerikanischer- und Pazifischer Platte
<i>Riftia pachyptila</i> (Annelida/ Polychaeta/ Siboglinidae/ Vestimentifera), <i>Alvinella pompejana</i> (Annelida/ Polychaeta/ Alvinellidae) <i>Bathymodiolus thermophilus</i> (Mollusca/ Bivalvia/ Mytilidae) <i>Calyptogena magnifica</i> (Mollusca/ Bivalvia/ Vesicomidae)	Ostpazifischer Rücken, Galapagos spreading centre	Ost-Pazifik, Grenze zwischen Nordamerikanischer- und Pazifischer-, zwischen Pazifischer- und Cocos- , zwischen Cocos- und Nazca- und zwischen Nazca- und Pazifischer Platte
<i>Rimicaris exoculata</i> (Arthropoda/ Crustacea/ Alvinocaridae) <i>Bathymodiolus puteoserpentis</i> (Mollusca/ Bivalvia/ Mytilidae)	Mittelatlantischer Rücken	Atlantik, Grenze zwischen Eurasischer und Nordamerikanischer und Eurasischer und Afrikanischer Platte bzw. Eurasischer und Südamerikanischer Platte
<i>Rimicaris kairei</i> (Arthropoda/ Crustacea/ Alvinocaridae) <i>Bathymodiolus marisindicus</i> (Mollusca/ Bivalvia/ Mytilidae) scaly foot gastropod (Mollusca/ Gastropoda, Peltospiridae) (Abb.24)	Zentralindischer Rücken	Indischer Ozean, Grenze zwischen Indischer und Afrikanischer Platte
<i>Alviniconcha hessleri</i> (Mollusca/ Gastropoda/ Provannidae) <i>Peltoispira delicata</i>	Westpazifik	West Pazifik, Grenze zwischen Pazifischer und Australischer und Pazifischer und Eurasischer Platte

(Mollusca/ Gastropoda/ Peltospiridae)		
<i>Ifremeria nautili</i> (Mollusca /Gastropoda/ Provannidae)		
<i>Vulcanolepas osheai</i> (Arthropoda/ Crustacea/ Cirripedia) (Abb. 23)		

Um die unterschiedliche Verbreitung der Organismen zu erklären sind für die Wissenschaft mehrere Hypothesen vorstellbar. Möglich wäre die geographische Abtrennung von Gebieten durch Vulkaneruptionen oder Gebirgsbildungen unter Wasser. Das Vorkommen einer Art in verschiedenen Regionen könnte damit erklärt werden, dass die Larven der Organismen über Tiefenwasserströmungen in andere Regionen verbreitet werden. In den südlichen Meeren könnten beispielsweise der Südostpazifischen Rücken, der Ost Scotia Rücken in der Nähe der Antarktis, der südliche Mittelatlantische Rücken und der südwestliche Indische Rücken durch eine zirkumpolare Meeresströmung miteinander verbunden sein [9].

Es ist anzunehmen, dass die biogeographische Verbreitung der einzelnen Arten vom Zusammenspiel der verschiedensten Faktoren abhängt. Diese reichen vom Lebenszyklus der Spezies über physikalische und chemische, sowie geologische Umweltfaktoren und der Toleranzgrenzen der einzelnen Arten von Temperatur, Sauerstoff oder Schwefelwasserstoff, der Spreizungsgeschwindigkeit des Mittelozeanischen Rücken bis zu Tiefenströmungen und Kolonisationsverhalten von Arten [9].



23 *Vulcanolepas osheai*
from the Handbook of Deep Sea and Hydrothermal Vent Fauna 2006



24 Scaly foot gastropod
from the Handbook of Deep Sea and Hydrothermal Vent Fauna 2006

Nahrungsnetz an Hydrothermalquellen

Nach ihrer Körpergröße kann man die Organismen nun in Mikro- (unter 0,2 mm groß), Meio- (0,2 mm bis 1mm groß), Makro- (1,0 mm bis 10 cm groß), und Megafauna (über 10 cm groß) einteilen.

Im Nahrungsnetz unterscheidet man drei Gruppen: Produzenten, Konsumenten und Dedritivoren. Produzenten sind autotroph und fixieren organischen Kohlenstoff. Sie stellen somit Nahrung selbst her. Konsumenten können keine Nahrung herstellen und ernähren sich von Tieren (carnivor), Pflanzen oder Algen (herbivor), Pilzen (fungivor) Bakterien (bakterivor) oder einer Mischung von anderen Organismen (omnivor). Oft gibt es auch Mischformen zwischen verschiedenen Typen [1].

Mikroorganismen finden sich um hydrothermale Quellen in Form von Chemosynthese betreibenden Bakterien und Archea. Diese sind Produzenten. Sie bevölkern die Flanken der Schlote, sowie die Felsen rund um eine warme Quelle und leben auch in der Wassersäule rund um die Quellen.

Diese Bakterien ernähren sich autotroph. Unter Autotrophie versteht man den selbstständigen Aufbau von organischem, für den Organismus brauchbaren, Kohlenstoff aus anorganischem Kohlenstoff (→ Chemosynthese, Hydrothermalismus). Somit stellen diese Bakterien die Produzenten des Nahrungsnetzes am hydrothermalen Schlot und in der Umgebung der warmen Quellen dar [10].

Neben den Produzenten gibt es verschiedene Konsumententypen um Hydrothermalquellen. Primäre Konsumenten sind viele heterotrophe Bakterien und Archea. Diese leben von organischem Material, welches von anderen Bakterien produziert wird. Suspensionsfresser filtern organisches Material aus dem Wasser. Zu diesen Strudlern gehören manche festsitzende Polychaeten, die mit ihrem Tentakelapparat Nahrung aus der Wassersäule filtrieren. Weidegänger, hingegen, grasen die mikrobielle Gemeinschaft vom Felsen ab. Zu dieser Gruppe der Primärkonsumenten zählen viele Schnecken und Krebse, die sich vom Abgrasen der Bakterienmatten ernähren. Auch kleine Tiere (Meiofauna) zählen zu dieser Gruppe der Primärkonsumenten und weiden den Bakterienfilm von Oberflächen ab. Im Gegensatz zu Meiofauna in Sanden von Seichtwassergebieten, wurden bis heute keine Räuber in dieser Größenklasse von Tieren an Hydrothermalquellen gefunden [10].

Sekundäre Konsumenten machen als Räuber Jagd auf andere Tiere (die wiederum primäre Konsumenten sind), wie z.B. manche Fische und Tintenfische [10].

Neben diesem (oben beschriebenen) ‚klassischem‘ Nahrungsnetz – Primärkonsumenten (chemosynthetische Bakterien) – Primärkonsumenten (Strudler, Weidegänger) – Sekundärkonsumenten (Räuber) ist an Hydrothermalquellen noch ein zweites Nahrungsnetz vorhanden. An deren Basis stehen Symbiosen von Tieren mit chemoautotrophen Bakterien. Durch diese Symbiosen werden diese Tiere ‚autotroph‘ und ihre Nahrung wird direkt von ihren symbiontischen Bakterien erzeugt. Diese Röhrenwürmer, Miesmuscheln, Jakobsmuscheln und Venusmuscheln stehen neben den Bakterien am Beginn des Nahrungsnetzes. Einige Miesmuscheln und Venusmuscheln sind neben ihrer Versorgung durch Endosymbionten Suspensionsfresser und stehen somit bereits über den reinen Produzenten [10].

Symbiose

Unter Symbiose versteht man das Zusammenleben zweier unterschiedlicher Arten. Dieses Zusammenleben kann von Vor- oder Nachteil für einen der Partner sein. Daher werden Formen wie Mutualismus (Vorteil für beide Partner), Parasitismus (Nachteil für einen Partner, Vorteil für den anderen Partner) und Kommensalismus (Vorteil für einen Partner, weder Vor- noch Nachteil für den anderen Partner) alle als Symbiose eingestuft. Auch die Lage der Partner zueinander (Endo oder Ektosymbiose) kann als Unterscheidungsmerkmal

herangezogen werden. Wenn die Partner unterschiedlich groß sind, wird der große Partner Wirt, der kleinere Symbiont genannt [4].

Endosymbiose

Bei der Endosymbiose befindet sich einer der beiden Symbiosepartner im Körper des anderen. Als Beispiel hierfür dient jenes der Chemosynthese betreibenden Bakterien, welche in Symbiose mit den verschiedensten Organismen leben. An Hydrothermalquellen gibt es nun ganze Kolonien von Muscheln oder Röhrenwürmern, die sich nur durch die Kohlenstoffproduktion von Bakterien ernähren.

Der Riesenröhrenwurm *Riftia pachyptila* beispielsweise, hat in seinem Inneren Bakterienkolonien in einem Organ, das als Trophosom bezeichnet wird, angesiedelt.

Auch die Klaffmuschel *Calymene baccata* beherbergt einen speziellen Bakterienstamm in ihren Kiemen, welchen sie mit Sauerstoff versorgt und im Gegenzug organischen Kohlenstoff von den Bakterien bezieht [5].

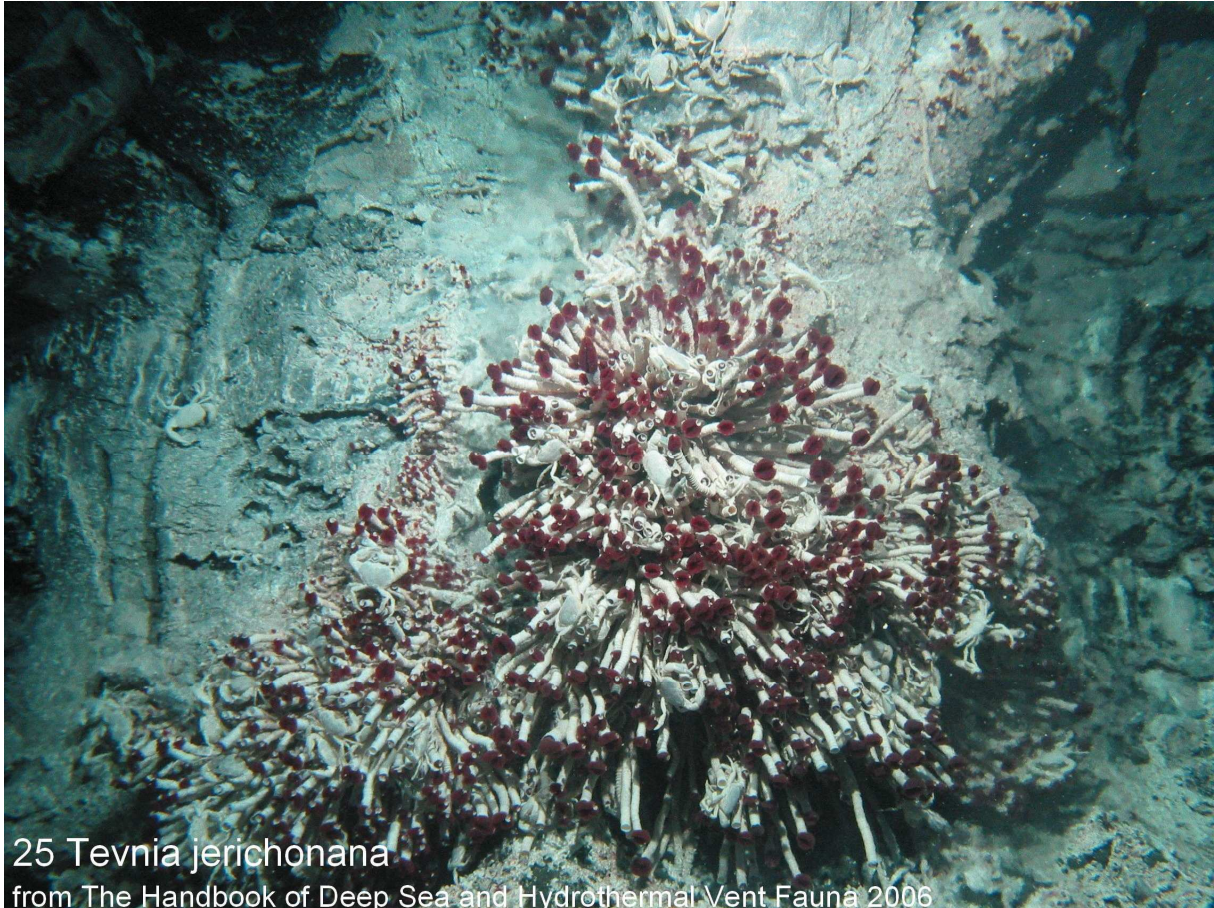
Ektosymbiose

Eine weitere Art der Symbiose ist die Ektosymbiose, bei der ein Symbiosepartner dem anderen aufsitzt. Der Pompeiwurm *Alvinella pompejana* oder verschiedene Garnelenarten leben in Symbiose mit Chemosynthese betreibenden Bakterien zusammen. Diese Form der Ektosymbiose zeichnet sich dadurch aus, dass die Bakterien zwar am Körper der Organismen sitzen. Während die Ektosymbionten die Garnelenwirte ernähren, ist dies bei dem Pompeiwurm nicht der Fall. Hier denkt man, dass die Ektosymbionten dem Wirt einen Vorteil verschaffen, indem sie den für den Wirt giftigen Schwefelwasserstoff oxidieren und damit das Umgebungswasser entgiften [8].

Tabelle 2 Beispiele für symbiotische Beziehungen von Organismen im Hydrothermalfeld mittels Ernährung durch Chemosynthese [10]

Organismus	Klassifikation (Familie/ Ordnung/ Stamm)	Art der Symbiose	Ort der Symbionten	Verdauungstrakt im Erwach- senenalter des Tieres
<i>Tevnia jerichonana</i> (Jerichowurm) (Abb.25)	Siboglinidae/ Polychaeta/ Annelida	Endosymbiose	Trophosom	in Larve vorhanden; im Erwachsenen nicht mehr existent
<i>Riftia pachyptila</i> (Riesen- röhrenwurm)	Siboglinidae/ Polychaeta/ Annelida	Endosymbiose	Trophosom	in Larve vorhanden; im Erwachsenen nicht mehr existent
<i>Ridgeia piscesae</i> (Kleiner Röhrenwurm)	Annelida/ Polychaeta/ Siboglinidae	Endosymbiose	Trophosom	in Larve vorhanden; im Erwachsenen nicht mehr existent
<i>Alvinella pompejana</i> (Pompeii- Wurm)	Alvinellidae/ Polychaeta/ Annelida	Ektosymbiose	Oberfläche am Rücken des Tieres (dorsal)	Vorhanden und funktionsfähig
<i>Calymene magnifica</i>	Vesicomidae/ Bivalvia/ Mollusca	Endosymbiose	Kiemen	Vorhanden, nicht sicher ob funktionsfähig
<i>Bathymodiolus thermophilus</i>	Mytilidae/ Bivalvia/	Endosymbiose	Kiemen	Vorhanden und funktionsfähig

	Mollusca			
<i>Rimicaris exoculata</i>	Alvinocaridae/ Crustacea/ Arthropoda	Ektosymbiose	Oberfläche der Kiemenkammer	Vorhanden und funktionsfähig



Quellen:

- [1] Bright M., Lallier F.H. 2010. *The biology of vestimentiferan tubeworms. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 48: 213-266
- [2] Campbell Neil A., Reece Jane B; *Biologie*; 2006; Pearson Studium; München;
- [3] Desbruyères D.L, Segonzac M. & M. Bright (Editors; 2006); *Handbook of Deep- Sea Hydrothermal Vent Fauna*;
<http://www.landesmuseum.at/datenbanken/digilit/?litnr=23702>
- [4] Douglas, Angela; *Symbiotic Interactions*; 1994; Oxford University Press; Oxford;
- [5] Lenhart, Antje; *Ökologie von Tiefseehydrothermalquellen*; 2010;
http://www.geo.tu-freiberg.de/Hauptseminar/2008/antje_lenhart.pdf
- [6] McIntyre, Alasdair D.; *Life in the World's Oceans- Diversity, Distribution, and Abundance*; 2010; Blackwell Publishing Ltd; Cichester, West Sussex, United Kingdom;
- [7] Nybakken, James W.; *Marine Biology- An ecological approach*; 1997, 4th edition; Addison Wesley Longman Inc.; New York ;
- [8] Ott, Jörg; *Meereskunde* ; 1996; 2. Auflage; Ulmer-Verlag; Stuttgart;

- [9] Ramirez- Llordra Eva, Shank Timothy M., German Christopher; *Biodiversity and Biogeography of Hydrothermal Vent Species- Thirty years of discovery and investigations*; 2007; Oceanography: Vol. 20, No.1, March 2007; The Oceanography Society; Rockville; USA; from http://www.tos.org/oceanography/issues/issue_archive/issue_pdfs/20_1/20.1_ramirez_et_al.pdf (07.02.2011)
- [10] Van Dover, Cindy; *The Ecology of Deep Sea Hydrothermal Vents*; 2000; Princeton University Press; New Jersey;

Weiterführende Links:

Chess- Interaktive Webpage

- http://www.noc.soton.ac.uk/chess/education/edu_htv.php (04.02.2011)

Deep sea photography- vent animals

- http://www.deepseaphotography.com/vent_animals.html (30.12.2010)

Dive and Discover, Material für Lehrkräfte

- <http://www.divediscover.whoi.edu/> (05.02.2011)

Fauna der Hydrothermalfelder

- <http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/05lostcity/background/macrobfauna/macrobfauna.html> (03.02.2011)

Leben in der Tiefsee

- http://www.deepwave.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=29&Itemid=245&lang=de (30.12.2010)

SEAS- Curriculum für die Klasse

- http://www.ridge2000.org/SEAS/for_teachers/curriculum/index.html (07.02.2011)

Videos:

Vent crab and tubeworm:

- <http://www.youtube.com/watch?v=AlHJqA8YkoI&playnext=1&list=PLBFCA2611B091B96D> (07.02.2011)

Biolumineszenz

- <http://www.youtube.com/watch?v=981W0wyuMbc> (07.02.2011)

Deep sea creatures

- <http://www.youtube.com/watch?v=Efkg8AZg-I> (07.02.2011)

Teil C) Didaktische Informationen für Lehrkräfte – Fauna der Hydrothermalquellen

Vorwort

Vor genaueren Erläuterungen zu den Experimenten diesbezüglichen Erweiterungsmöglichkeiten und zugehörigen fachdidaktischen Ideen, seien hierbei noch einige Anmerkungen zur Experimentselktion, sowie zur Unterrichtsdurchführung und Eignung der betreffenden Thematik in bestimmtem Rahmen erörtert.

- **Aufgabenselektion**

Die folgende Anordnung und Verwendung der Aufgaben an die Schüler/Innen ist als persönliche Liste von Präferenzen zu verstehen und wurde vor allem mit dem Hintergedanken der Anschaulichkeit und dem Fördern des Verständnisses der Schüler/Innen erstellt. Nachdem team- working Fähigkeiten als wichtige Kriterien im Berufsleben eines/r Schüler/in von Vorteil sind, handelt es sich bei dieser Art des Unterrichts ebenfalls um gruppenbezogene und auch eigenständige Arbeit der Schüler/Innen.

Ein letzter wichtig erscheinender Punkt ist zu Zeiten des geringen Bildungsbudgets die Erschwinglichkeit der Materialien, auf welche in einem letzten Schritt bei der Auswahl der Aufgaben an die Schüler/Innen Rücksicht genommen wurde.

- **Unterrichtsdurchführung**

Die Materialien zur Unterrichtsstunde „Fauna der Hydrothermalquellen“ zielen darauf ab die Organismen der hydrothermalen Quellen im Kontext des Lebensraums, deren Nahrungsnetz und Diversität, sowie deren Anpassungen auf ihren Lebensraum zu bearbeiten. Es wird genauer auf das Prinzip der Symbiose von Organismen an Hydrothermalquellen eingegangen. Des Weiteren wird die systematische Benennung der Organismen an Hand von Beispielen der Organismen an Hydrothermalquellen wiederholt.

- **Lehrziele**

Die Schüler haben Grundwissen über die Fauna an Hydrothermalquellen im Zusammenhang mit

- Beispielen von Organismen
- systematische Benennung von Tieren
- deren Anpassungen an den Lebensraum
- Symbiose
- dem Nahrungsnetz
- der Diversität
- der Biogeographie

Sie können

- selbstständig Gruppen und Einzelarbeiten durchführen
- Zusammenhänge natürlicher Prozesse selbst erklären
- gezielt nach Informationen suchen
- und diese selbstständig und zusammenhängend ordnen und reproduzieren
- sowie vor der Klasse präsentieren

Es wird

- ökologisches Denken und Erkennen von Zusammenhängen der natürlichen Prozesse gefördert

Im Folgenden werden die Aufgaben für die Schüler/Innen, deren dahinter steckende Theorie, deren einfache Durchführung, sowie fachdidaktische Anmerkungen zu den jeweiligen Stationen erläutert.

1) Animal search

Finde die versteckten Organismen im Rätsel. Ordne die gefundenen Namen der Spalte Art (A), Gattung (G) oder Familie (F) oder Klasse (K) zu indem du den zutreffenden Buchstaben ankreuzt.

N	U	D	A	C	T	L	K	E	N	G	E	P	S	R
H	M	Q	T	A	D	C	N	A	I	W	X	M	V	Q
C	O	T	A	L	R	W	Y	D	W	T	E	T	M	Z
J	U	O	C	Y	E	Q	U	I	M	A	S	A	U	T
R	H	K	I	P	S	R	A	L	D	S	I	T	T	H
G	F	N	L	T	A	N	G	I	Y	H	B	G	Q	K
L	P	R	E	O	L	B	L	T	S	O	O	B	L	T
W	E	J	D	G	T	L	H	Y	F	Q	G	Y	R	E
P	P	H	A	E	E	C	W	M	I	O	L	I	D	G
L	T	Y	R	N	F	A	A	C	X	J	I	R	B	U
V	G	R	I	A	W	B	I	R	I	P	N	Z	G	Q
R	A	V	P	M	X	S	V	A	I	K	I	L	C	N
A	L	R	S	A	N	P	I	N	C	D	D	J	D	W
A	L	I	O	G	P	U	A	R	W	Y	A	E	Q	S
J	J	F	T	N	G	W	G	S	A	C	E	E	V	G
J	K	T	L	I	A	T	E	A	H	C	Y	L	O	P
C	V	I	E	F	Q	Y	W	N	R	O	I	X	F	T
F	O	A	P	I	R	H	E	J	M	L	L	M	P	Y
X	N	A	R	C	X	J	B	I	V	A	L	V	I	A
H	W	M	L	A	D	K	X	I	C	S	P	L	J	R

Namen	Art, Gattung, Familie oder Klasse			
Alvinellidae	A	G	F	K
Calyptogenia magnifica	A	G	F	K
Polychaeta	A	G	F	K
Peltochorda delicata	A	G	F	K
Riftia	A	G	F	K
Rimicaris	A	G	F	K

Bivalvia	A	G	F	K
Siboglinidae	A	G	F	K
Mytilidae	A	G	F	K
Caridae	A	G	F	K

Um Organismen in der Biologie genauer beschreiben zu können werden sie je nach Verwandtschaftsgrad zueinander in verschiedenste Gruppen gegliedert. Das System der binären Nomenklatur wurde von Linné 1735 erstmals in seinem Buch „Systema naturae“ erwähnt und wird bis heute angewendet. Es gilt ein zweiteiliger Name für jede Art. Der erste Teil des Namens bezeichnet hierbei die Gattung zu welcher die Art gehört, während der zweite Teil des Namens der Artnamen ist und für die Art selbst steht. Durch die Verwendung von wissenschaftlichen Namen ist es den Wissenschaftler in vielen Ländern möglich von ein und demselben Organismus zu sprechen ohne die Sprachen übersetzen zu müssen [1]. So gehört die Garnele *Rimicaris exoculata* zur Gattung *Rimicaris*. Der Artnamen *exoculata* bezeichnet eine bestimmte augenlose Art. Somit werden verwandte Arten in einem Doppelnamen zu Gattungen zusammengefasst.

Ein zweites Prinzip der binären Nomenklatur Linné's ist die hierarchische Klassifikation der Organismen in immer umfangreichere Organismengruppen [1].

Es werden die Verwandtschaftsgrade der Arten und der Gattungen zueinander in einen Stammbaum gegliedert. Über diese Zuordnungen gibt es keine einheitliche Meinung und viele verschiedene Stammbäume sind publiziert. Seit einiger Zeit werden die bekannten höheren Kategorien auch oft gar nicht mehr verwendet. Zum leichteren Verständnis der hierarchischen Struktur aber hier angeführt: Gattungen werden verschiedenen Familien zugeordnet. Familiengruppen werden in Ordnungen, Ordnungen in Klassen und Klassen in Stämme, Reiche und Domänen zusammengeführt [1].

Für die Muschel *Calyptogena magnifica* bedeutet dies einen Stammbaum wie folgt (mehrere andere Stammbäume, die von diesem hier abweichen sind aber auch publiziert):

Domäne: Eukaryota (Eukarya) (Organismen mit Zellkern)

Reich: Animalia (Tiere)

Stamm: Mollusca (Weichtiere)

Klasse: Bivalvia (Muscheln)

Ordnung: Pteriomorphia (Muscheln mit besonderer Kiemenform)

Familie: Vesicomidae

Gattung: *Calyptogena*

Art: *Calyptogena magnifica*

Calyptogena magnifica und *Bathymodiolus thermophilus* unterscheiden sich voneinander in ihren Familien, Gattungen und im Artnamen. *Bathymodiolus* gehören der Familie Mytilidae, (Unterfamilie Bathymodilinae), der Gattung *Bathymodiolus* and und werden im Artnamen als *Bathymodiolus thermophilus* bezeichnet.

2) Nahrungsnetz der Hydrothermalquellen

Ruf dir die Struktur des Nahrungsnetzes an Land wieder in Erinnerung!

Die Pflanzen als Produzenten bauen in der Photosynthese organischen Kohlenstoff auf, den sie selbst zum Überleben benötigen. Andere Organismen, die das nicht können, müssen auf Nahrung aufnehmen (Produzenten). Wenn sie sich von Produzenten ernähren (konsumieren) werden sie als Primärkonsumenten bezeichnet. Wenn sie sich von Primärkonsumenten ernähren, werden sie als Sekundärkonsumenten bezeichnet. Diese Sekundärkonsumenten sind Räuber, die sich von anderen Tieren ernähren, oder Allesfresser. Beispiel: Eichelhäher

(Primärkonsument) ernährt sich von Eicheln der Eiche (Primärproduzent)- Adler (Sekundärkonsument) ernährt sich von Eichelhäher
Schneide nun die Karten aus dem Arbeitsblatt „ Fauna der Hydrothermalquellen“ aus und baue mit diesen Organismen ein Nahrungsnetz nach!

3) Gruppenarbeit

Bis jetzt wurden von den Forscher/innen sechs verschiedene biogeographische Regionen mit Hydrothermalfeldern genauer erforscht und beschrieben. Die Klasse wird in Arbeitsgruppen eingeteilt. Jeder Gruppe wird eine andere Region zugeschrieben. Versucht an Hand von verschiedenen Medien Informationen über eure Region zu finden. Verwendet das Internet, Bücher und wissenschaftliche Artikel. Nachdem ihr verschiedenste Informationen über die Fauna im Hydrothermalfeld eurer geographischen Region gefunden habt, versucht gemeinsam ein Poster mit den wichtigsten Details zu gestalten.

Sobald alle Gruppen fertig sind, sollen diese Poster den anderen Gruppen vorgestellt werden. Es gilt dabei herauszufinden ob ähnliche, dieselben oder andere Arten in den Hydrothermalfeldern mit unterschiedlicher geographischer Lage leben.

Als Einstiegshilfe kann dieser link verwendet werden:

- http://www.tos.org/oceanography/issues/issue_archive/issue_pdfs/20_1/20.1_ramirez_et_al.pdf (07.02.2011)

Kurzzusammenfassung zur Gruppenarbeit

Tabelle 1: Biogeographie von dominierenden Arten in verschiedenen Schlotfeldern [2]

Dominierende Tiergruppen Art (Stamm/Klasse oder Ordnung/Familie)	Name der biogeographischen Region	Lage an Hand der Plattengrenzen
Bivalvia, Gastropoda, Polychaeta <i>Ridgea piscesae</i> (Annelida/ Polychaeta/ Siboglinidae/ Vestimentifera) <i>Calypptogena sp.</i> (Mollusca/ Bivalvia/ Vesicomyidae)	Juan de Fuca Rücken	Nordost Pazifik, Grenze zwischen Nordamerikanischer- und Pazifischer Platte
<i>Riftia pachyptila</i> (Annelida/ Polychaeta/ Siboglinidae/ Vestimentifera), <i>Alvinella pompejana</i> (Annelida/ Polychaeta/ Alvinellidae) <i>Bathymodiolus thermophilus</i> (Mollusca/ Bivalvia/ Mytilidae) <i>Calypptogena magnifica</i> (Mollusca/ Bivalvia/ Vesicomyidae)	Ostpazifischer Rücken, Galapagos spreading centre	Ost-Pazifik, Grenze zwischen Nordamerikanischer- und Pazifischer-, zwischen Pazifischer- und Cocos- , zwischen Cocos- und Nazca- und zwischen Nazca- und Pazifischer Platte

<i>Rimicaris exoculata</i> (Arthropoda/ Crustacea/ Alvinocaridae) <i>Bathymodiolus puteoserpentis</i> (Mollusca/ Bivalvia/ Mytilidae)	Mittelatlantischer Rücken	Atlantik, Grenze zwischen Eurasischer und Nordamerikanischer und Eurasischer und Afrikanischer Platte bzw. Eurasischer und Südamerikanischer Platte
<i>Rimicaris kairei</i> (Arthropoda/ Crustacea/ Alvinocaridae) <i>Bathymodiolus marisindicus</i> (Mollusca/ Bivalvia/ Mytilidae) scaly foot gastropod (Mollusca/ Gastropoda, Peltospiridae)	Zentralindischer Rücken	Indischer Ozean, Grenze zwischen Indischer und Afrikanischer Platte
<i>Alviniconcha hessleri</i> (Mollusca/ Gastropoda/ Provannidae) <i>Peltospira delicata</i> (Mollusca/ Gastropoda/ Peltospiridae) <i>Ifremeria nautili</i> (Mollusca /Gastropoda/ Provannidae) <i>Vulcanolepas osheai</i> (Arthropoda/ Crustacea/ Cirripedia)	Westpazifik	West Pazifik, Grenze zwischen Pazifischer und Australischer und Pazifischer und Eurasischer Platte

Um die unterschiedliche Verbreitung der Organismen zu erklären sind für die Wissenschaft mehrere Hypothesen vorstellbar. Möglich wäre die geographische Abtrennung von Gebieten durch Vulkaneruptionen oder Gebirgsbildungen unter Wasser. Gemeinsame Verbreitung einer Art in verschiedenen Regionen könnte damit erklärt werden, dass die Larven der Organismen über Tiefenwasserströmungen in andere Regionen verbreitet werden. In den südlichen Meeren könnten beispielsweise der Südostpazifischen Rücken, der Ost Scotia Rücken in der Nähe der Antarktis, der südliche Mittelatlantische Rücken und der südwestliche Indische Rücken durch eine Meeresströmung miteinander verbunden sein [2].

Es ist anzunehmen, dass die biogeographische Verbreitung der einzelnen Arten vom Zusammenspiel der verschiedensten Faktoren abhängt. Diese reichen vom Lebenszyklus der Spezies über physikalische und chemische, sowie geologische Umweltfaktoren und der Toleranzgrenzen der einzelnen Arten von Temperatur, Sauerstoff oder Schwefelwasserstoff, der Spreizungsgeschwindigkeit des Mittelozeanischen Rücken bis zu Tiefenströmungen und Kolonisationsverhalten von Arten [2].

Quellen:

- [1] Campbell Neil A., Reece Jane B; *Biologie*; 2006; Pearson Studium; München;
- [2] Ramirez- Llordra Eva, Shank Timothy M., German Christopher; *Biodiversity and Biogeography of Hydrothermal Vent Species- Thirty years of discovery and investigations*; 2007; Oceanography: Vol. 20, No.1, March 2007; The Oceanography Society; Rockville; USA; from http://www.tos.org/oceanography/issues/issue_archive/issue_pdfs/20_1/20.1_ramirez_et_al.pdf (07.02.2011)
- [3] Van Dover, Cindy; *The Ecology of Deep Sea Hydrothermal Vents*; 2000; Princeton University Press; New Jersey;

Teil C) Arbeitsblatt für SchülerInnen – Fauna der Hydrothermalquellen

Animal search

Finde die versteckten Organismen im Rätsel. Ordne die gefundenen Namen der Spalte Art (A), Gattung (G) oder Familie (F) oder Klasse (K) zu indem du den zutreffenden Buchstaben ankreuzt.

```

N U D A C T L K E N G E P S R
H M Q T A D C N A I W X M V Q
C O T A L R W Y D W T E T M Z
J U O C Y E Q U I M A S A U T
R H K I P S R A L D S I T T H
G F N L T A N G I Y H B G Q K
L P R E O L B L T S O O B L T
W E J D G T L H Y F Q G Y R E
P P H A E E C W M I O L I D G
L T Y R N F A A C X J I R B U
V G R I A W B I R I P N Z G Q
R A V P M X S V A I K I L C N
A L R S A N P I N C D D J D W
A L I O G P U A R W Y A E Q S
J J F T N G W G S A C E E V G
J K T L I A T E A H C Y L O P
C V I E F Q Y W N R O I X F T
F O A P I R H E J M L L M P Y
X N A R C X J B I V A L V I A
H W M L A D K X I C S P L J R
  
```

Namen	Art, Gattung, Familie oder Klasse			
	A	G	F	K
	A	G	F	K
	A	G	F	K
	A	G	F	K
	A	G	F	K
	A	G	F	K
	A	G	F	K
	A	G	F	K
	A	G	F	K
	A	G	F	K

Nahrungsnetz der Hydrothermalquellen

Ruf dir die Struktur des Nahrungsnetzes an Land wieder in Erinnerung!

Die Pflanzen als Produzenten bauen in der Photosynthese organischen Kohlenstoff auf, der von anderen Organismen für deren Überleben benötigt wird. Sie ernähren (Konsumieren) sich von den Produzenten und werden somit als Primärkonsumenten bezeichnet.

Primärkonsumenten werden nun von Sekundärkonsumenten verspeist. Diese Sekundärkonsumenten ernähren sich entweder wiederum von Pflanzen oder sind Räuber, die sich von anderen Tieren ernähren. Die Überreste eines verspeisten Organismus werden von Destruenten abgebaut und wieder in ihre elementaren Bestandteile zerlegt. Diese Mineralien und Nährstoffe werden wieder von den Produzenten verwendet.

Beispiel: Eiche- Eichelhäher ernährt sich von Eicheln- Adler ernährt sich von Eichelhäher
Schneide nun die Karten aus dem Arbeitsblatt „ Fauna der Hydrothermalquellen“ aus und baue mit diesen Organismen ein Nahrungsnetz nach!

Gruppenarbeit

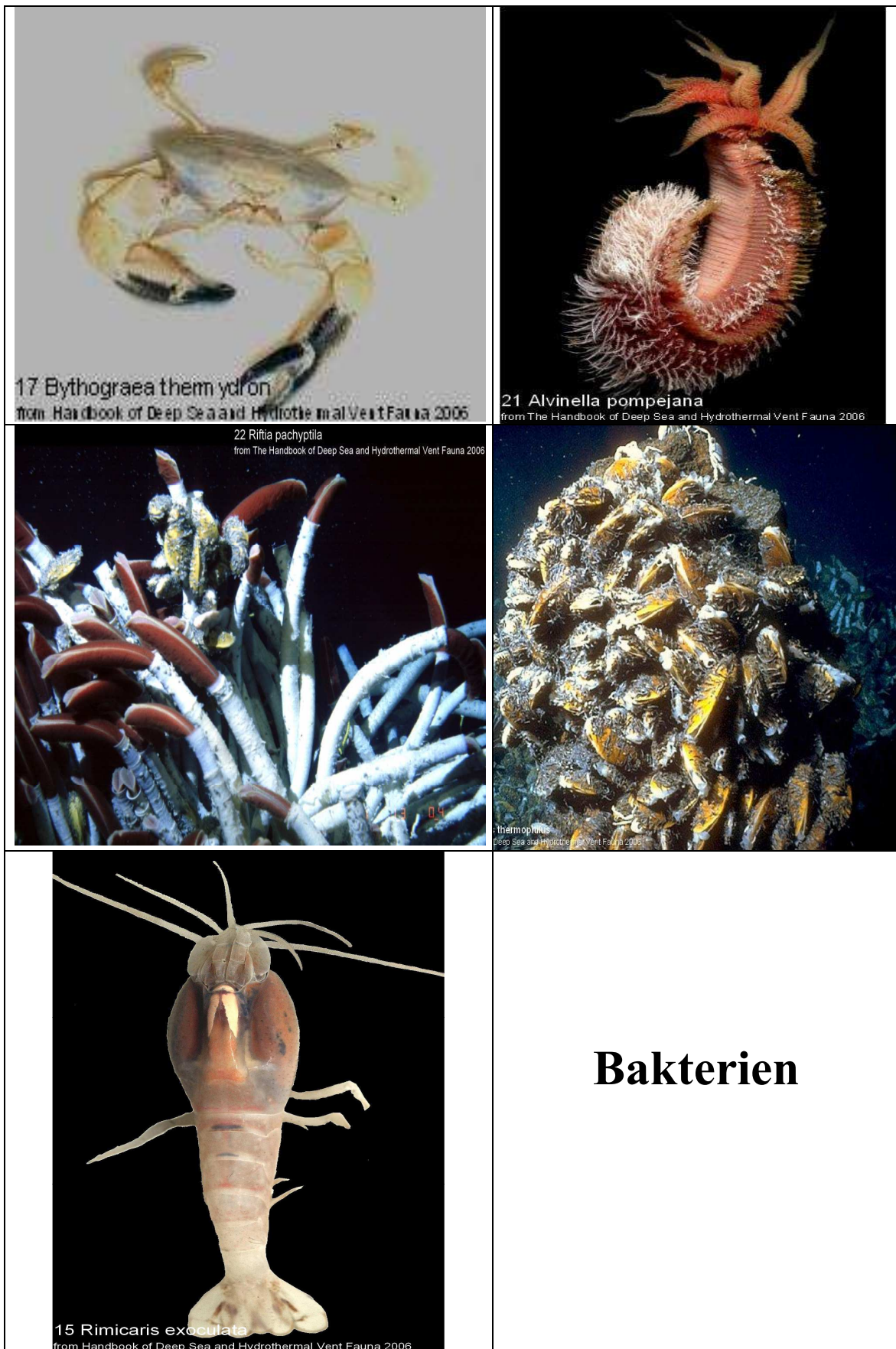
Bis jetzt wurden von den Forscher/innen sechs verschiedene Hydrothermalfelder genauer erforscht und beschrieben. Die Klasse wird in Arbeitsgruppen eingeteilt. Jeder Gruppe wird ein anderes Hydrothermalfeld zugeschrieben. Versucht an Hand von verschiedenen Medien Informationen über euer Hydrothermalfeld zu finden. Verwendet das Internet, Bücher und wissenschaftliche Artikel. Nachdem ihr verschiedenste Informationen über die Fauna im Hydrothermalfeld eurer geographischen Region gefunden habt, versucht gemeinsam ein Poster mit den wichtigsten Details zu gestalten.

Sobald alle Gruppen fertig sind, sollen diese Poster den anderen Gruppen vorgestellt werden. Es gilt dabei herauszufinden ob ähnliche, dieselben oder andere Arten in den Hydrothermalfeldern mit unterschiedlicher geographischer Lage leben.

Als Einstiegshilfe kann dieser link verwendet werden:

- http://www.tos.org/oceanography/issues/issue_archive/issue_pdfs/20_1/20.1_ramirez_et_al.pdf (07.02.2011)

Nahrungsnetz der Hydrothermalquellen



Teil C) Erklärungen zum Arbeitsblatt für SchülerInnen - Fauna der Hydrothermalquellen

Animal search

Finde die versteckten Organismen im Rätsel. Ordne die gefundenen Namen der Spalte Art (A), Gattung (G) oder Familie (F) oder Klasse (K) zu indem du den zutreffenden Buchstaben ankreuzt.

N	U	D	A	C	T	L	K	E	N	G	E	P	S	R
H	M	Q	T	A	D	C	N	A	I	W	X	M	V	Q
C	O	T	A	L	R	W	Y	D	W	T	E	T	M	Z
J	U	O	C	Y	E	Q	U	I	M	A	S	A	U	T
R	H	K	I	P	S	R	A	L	D	S	I	T	T	H
G	F	N	L	T	A	N	G	I	Y	H	B	G	Q	K
L	P	R	E	O	L	B	L	T	S	O	O	B	L	T
W	E	J	D	G	T	L	H	Y	F	Q	G	Y	R	E
P	P	H	A	E	E	C	W	M	I	O	L	I	D	G
L	T	Y	R	N	F	A	A	C	X	J	I	R	B	U
V	G	R	I	A	W	B	I	R	I	P	N	Z	G	Q
R	A	V	P	M	X	S	V	A	I	K	I	L	C	N
A	L	R	S	A	N	P	I	N	C	D	D	J	D	W
A	L	I	O	G	P	U	A	R	W	Y	A	E	Q	S
J	J	F	T	N	G	W	G	S	A	C	E	E	V	G
J	K	T	L	I	A	T	E	A	H	C	Y	L	O	P
C	V	I	E	F	Q	Y	W	N	R	O	I	X	F	T
F	O	A	P	I	R	H	E	J	M	L	L	M	P	Y
X	N	A	R	C	X	J	B	I	V	A	L	V	I	A
H	W	M	L	A	D	K	X	I	C	S	P	L	J	R

Namen	Art, Gattung, Familie oder Klasse			
Alvinellidae	A	G	F	K
Calyptogenia magnifica	A	G	F	K
Polychaeta	A	G	F	K
Peltochorda delicata	A	G	F	K
Riftia	A	G	F	K
Rimicaris	A	G	F	K
Bivalvia	A	G	F	K
Siboglinidae	A	G	F	K
Mytilidae	A	G	F	K
Caridae	A	G	F	K

Um Organismen in der Biologie genauer beschreiben zu können werden sie je nach Verwandtschaftsgrad zueinander in verschiedenste Gruppen gegliedert. Das System der binären Nomenklatur wurde von Linné 1735 erstmals in seinem Buch „Systema naturae“

erwähnt und wird bis heute angewendet. Es gilt ein zweiteiliger Name für jede Art. Der erste Teil des Namens bezeichnet hierbei die Gattung zu welcher die Art gehört, während der zweite Teil des Namens der Artnamen ist und für die Art selbst steht. Durch die Verwendung von wissenschaftlichen Namen ist es den Wissenschaftler in vielen Ländern möglich von ein und demselben Organismus zu sprechen ohne die Sprachen übersetzen zu müssen [1]. So gehört die Garnele *Rimicaris exoculata* zur Gattung *Rimicaris*. Der Artnamen *exoculata* bezeichnet eine bestimmte augenlose Art. Somit werden verwandte Arten in einem Doppelnamen zu Gattungen zusammengefasst.

Ein zweites Prinzip der binären Nomenklatur Linné's ist die hierarchische Klassifikation der Organismen in immer umfangreichere Organismengruppen [1].

Es werden die Verwandtschaftsgrade der Arten und der Gattungen zueinander in einen Stammbaum gegliedert. Über diese Zuordnungen gibt es keine einheitliche Meinung und viele verschiedene Stammbäume sind publiziert. Seit einiger Zeit werden die bekannten höheren Kategorien auch oft gar nicht mehr verwendet. Zum leichteren Verständnis der hierarchischen Struktur aber hier angeführt: Gattungen werden verschiedenen Familien zugeordnet. Familiengruppen werden in Ordnungen, Ordnungen in Klassen und Klassen in Stämme, Reiche und Domänen zusammengeführt [1].

Für die Muschel *Calyptogena magnifica* bedeutet dies einen Stammbaum wie folgt (mehrere andere Stammbäume, die von diesem hier abweichen sind aber auch publiziert):

Domäne: Eukaryota (Eukarya) (Organismen mit Zellkern)

Reich: Animalia (Tiere)

Stamm: Molluska (Weichtiere)

Klasse: Bivalvia (Muscheln)

Ordnung: Pteriomorpha (Muscheln mit besonderer Kiemenform)

Familie: Vesicomyidae

Gattung: *Calyptogena*

Art: *Calyptogena magnifica*

Calyptogena magnifica und *Bathymodiolus thermophilus* unterscheiden sich voneinander in ihren Familien, Gattungen und im Artnamen. *Bathymodiolus* gehören der Familie Mytilidae, (Unterfamilie Bathymodilinae), der Gattung *Bathymodiolus* an und werden im Artnamen als *Bathymodiolus thermophilus* bezeichnet.

Nahrungsnetz an Hydrothermalquellen

Mikroorganismen finden sich um hydrothermale Quellen in Form von Chemosynthese betreibenden Bakterien und Archea. Diese bezeichnet man als Produzenten. Sie bevölkern die Flanken der Schlote, sowie die Felsen rund um eine warme Quelle und leben auch in der Wassersäule rund um die Quellen.

Diese Bakterien ernähren sich autotroph. Unter Autotrophie versteht man den selbstständigen Aufbau von organischem, für den Organismus brauchbarem, Kohlenstoff aus anorganischem Kohlenstoff (→ Chemosynthese, Hydrothermalismus). Somit stellen diese Bakterien die Produzenten des Nahrungsnetzes am hydrothermalen Schlot und in der Umgebung der warmen Quellen dar [4].

Neben den Produzenten gibt es verschiedene Konsumententypen um Hydrothermalquellen. Primäre Konsumenten sind viele heterotrophe Bakterien und Archea. Diese leben von organischem Material, welches von anderen Bakterien produziert wird. Suspensionsfresser filtern organisches Material aus dem Wasser [2]. Zu diesen Strudlern gehören manche festsitzende Polychaeten, die mit ihrem Tentakelapparat Nahrung aus der Wassersäule filtrieren. Weidegänger, hingegen, grasen die mikrobielle Gemeinschaft vom Felsen ab. Zu dieser Gruppe der Primärkonsumenten zählen viele Schnecken und Krebse, die sich vom Abgrasen der Bakterienmatten ernähren. Auch kleine Tiere (Meiofauna) zählen zu dieser Gruppe der Primärkonsumenten und weiden den Bakterienfilm von Oberflächen ab. Im

Gegensatz zu Meiofauna in Sanden von Seichtwassergebieten, wurden bis heute keine Räuber in dieser Größenklasse von Tieren an Hydrothermalquellen gefunden [4].

Sekundäre Konsumenten machen Jagd auf andere Tiere (die wiederum primäre Konsumenten sind), wie z.B. manche Fische und Tintenfische [4].

Neben diesem oben beschriebenen ‚klassischem‘ Nahrungsnetz – Primärkonsumenten (chemosynthetische Bakterien) – Primärkonsumenten (Strudler, Weidegänger) – Sekundärkonsumenten (Räuber) ist an Hydrothermalquellen noch ein zweites Nahrungsnetz vorhanden. An deren Basis stehen Symbiosen von Tieren mit chemoautotrophen Bakterien. Durch diese Symbiosen werden diese Tiere ‚autotroph‘ und ihre Nahrung wird direkt von ihren symbiontischen Bakterien erzeugt. Diese Röhrenwürmer, Miesmuscheln, Jakobsmuscheln und Venusmuscheln stehen neben den Bakterien am Beginn des Nahrungsnetzes. Einige Miesmuscheln und Venusmuscheln sind neben ihrer Versorgung durch Endosymbionten Suspensionsfresser und stehen somit bereits über den reinen Produzenten [4].

Kurzzusammenfassung zur Gruppenarbeit

Tabelle 1: Biogeographie von dominierenden Arten in verschiedenen Schlotfeldern [3]

Dominierende Tiergruppen	Name der biogeographischen Region	Lage an Hand der Plattengrenzen
Bivalvia, Gastropoda, Polychaeta <i>Ridgea piscesae</i> (Annelida/ Polychaeta = Vielborster/ Vestimentifera) <i>Calypptogena sp.</i> (Gastropoda/ Bivalvia = Muscheln mit zweiklappiger Schale)	Juan de Fuca Rücken	Nordost Pazifik, Grenze zwischen Nordamerikanischer- und Pazifischer Platte
<i>Riftia pachyptila</i> (Annelida/ Polychaeta/ Vestimentifera), <i>Alvinella pompejana</i> (Annelida/ Polychaeta/ Alvinellidae) <i>Bathymodiolus thermophilus</i> (Mollusca/ Bivalvia/ Bathymodiolidae) <i>Calypptogena magnifica</i> (Mollusca/ Bivalvia/ Calypptogenidae)	Ostpazifischer Rücken, Galapagos spreading centre	Ost-Pazifik, Grenze zwischen Nordamerikanischer- und Pazifischer-, zwischen Pazifischer- und Cocos- , zwischen Cocos- und Nazca- und zwischen Nazca- und Pazifischer Platte
<i>Rimicaris exoculata</i> (Arthropoda/ Crustacea/ Decapoda) <i>Bathymodiolus puteoserpentis</i> (Mollusca/ Bivalvia/ Bathymodiolidae)	Mittelatlantischer Rücken	Atlantik, Grenze zwischen Eurasischer und Nordamerikanischer und Eurasischer und Afrikanischer Platte bzw. Eurasischer und Südamerikanischer Platte
<i>Rimicaris kairei</i> (Arthropoda/ Crustacea/	Zentralindischer Rücken	Indischer Ozean, Grenze zwischen Indischer und

Decapoda) <i>Bathymodiolus marisindicus</i> (Mollusca/ Bivalvia/ Bathymodiolidae) <i>Crysmallon squamiferum</i> (Mollusca/ Gastropoda Peltospiridae)		Afrikanischer Platte
<i>Alviniconcha hessleri</i> (Mollusca/ Gastropoda/ Provannidae) <i>Peltochorda delicata</i> (Mollusca/ Gastropoda/ Peltospiridae) <i>Ifremeria nautilei</i> (Mollusca /Gastropoda/ Provannidae) <i>Vulcanolepas osheai</i> (Arthropoda/ Crustacea/ Cirripedia)	Tonga Graben, Marianen Graben und Ryukyu Graben	West Pazifik, Grenze zwischen Pazifischer und Australischer und Pazifischer und Eurasischer Platte

Um die unterschiedliche Verbreitung der Organismen zu erklären sind für die Wissenschaft mehrere Hypothesen vorstellbar. Möglich wäre die geographische Abtrennung von Gebieten durch Vulkaneruptionen oder Gebirgsbildungen unter Wasser. Gemeinsame Verbreitung einer Art in verschiedenen Regionen könnte damit erklärt werden, dass die Larven der Organismen über Tiefenwasserströmungen in andere Regionen verbreitet werden. In den südlichen Meeren könnten beispielsweise der Südostpazifischen Rücken, der Ost Scotia Rücken in der Nähe der Antarktis, der südliche Mittelatlantische Rücken und der südwestliche Indische Rücken durch eine Meeresströmung miteinander verbunden sein [3].

Es ist anzunehmen, dass die biogeographische Verbreitung der einzelnen Arten vom Zusammenspiel der verschiedensten Faktoren abhängt. Diese reichen vom Lebenszyklus der Spezies über physikalische und chemische, sowie geologische Umweltfaktoren und der Toleranzgrenzen der einzelnen Arten von Temperatur, Sauerstoff oder Schwefelwasserstoff, der Spreizungsgeschwindigkeit des Mittelozeanischen Rücken bis zu Tiefenströmungen und Kolonisationsverhalten von Arten [3].

Quellen:

- [1] Campbell Neil A., Reece Jane B; *Biologie*; 2006; Pearson Studium; München;
- [2] Nybakken, James W.; *Marine Biology- An ecological approach*; 1997, 4th edition; Addison Wesley Longman Inc.; New York ;
- [3] Ramirez- Llorda Eva, Shank Timothy M., German Christopher; *Biodiversity and Biogeography of Hydrothermal Vent Species- Thirty years of discovery and investigations*; 2007; Oceanography: Vol. 20, No.1, March 2007; The Oceanography Society; Rockville; USA; from http://www.tos.org/oceanography/issues/issue_archive/issue_pdfs/20_1/20.1_ramirez_et_al.pdf (07.02.2011)
- [4] Van Dover, Cindy; *The Ecology of Deep Sea Hydrothermal Vents*; 2000; Princeton University Press; New Jersey;

Weiterführende Links:

Chess- Interaktive Webpage (Englisch)

- http://www.noc.soton.ac.uk/chess/education/edu_htv.php (04.02.2011)

Deep sea fotography- vent animals (Englisch)

- http://www.deepseaphotography.com/vent_animals.html (30.12.2010)

Fauna der Hydrothermalfelder (Englisch)

- <http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/05lostcity/background/macrobfauna/macrobfauna.html> (03.02.2011)

Leben in der Tiefsee (Englisch)

- http://www.deepwave.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=29&Itemid=245&lang=de (30.12.2010)

Videos:

Schlotkrabbe und Röhrenwurm (Englisch):

- <http://www.youtube.com/watch?v=AlHJqA8YkoI&playnext=1&list=PLBFCA2611B091B96D> (07.02.2011)

Bioluminiszenz (Englisch)

- <http://www.youtube.com/watch?v=981W0wyuMbc> (07.02.2011)

Tiefseeorganismen (Englisch)

- <http://www.youtube.com/watch?v=Efkq8AZg-I> (07.02.2011)

Teil D- Evaluation der Materialtauglichkeit für den Unterricht in einer AHS

1. Einführung

Zur Evaluation der Unterrichtsmaterialien wurden drei Varianten von Datensätzen erhoben und danach qualitativ inhaltsanalytisch betrachtet. Für die Korrelation der Daten kam das Instrument der Triangulation zu tragen, bei der variable Datenquellen auf unterschiedlichen Ebenen zur bestmöglichen Analyse der Ausgangsdaten verwendet werden. „Triangulation meint immer, daß [sic] man versucht, für die Fragestellung unterschiedliche Lösungswege zu entwerfen und die Ergebnisse zu vergleichen. Ziel der Triangulation ist dabei nie, eine völlige Übereinstimmung zu erreichen [...]“ (Mayring 1999: 121). Diese Methode dient eher dazu eventuelle Stärken und Schwächen von Analysewegen auszugleichen.

Zur besseren Darstellung der Vorgehensweise stellt Abbildung 1 die Arbeitsschritte genauer dar.

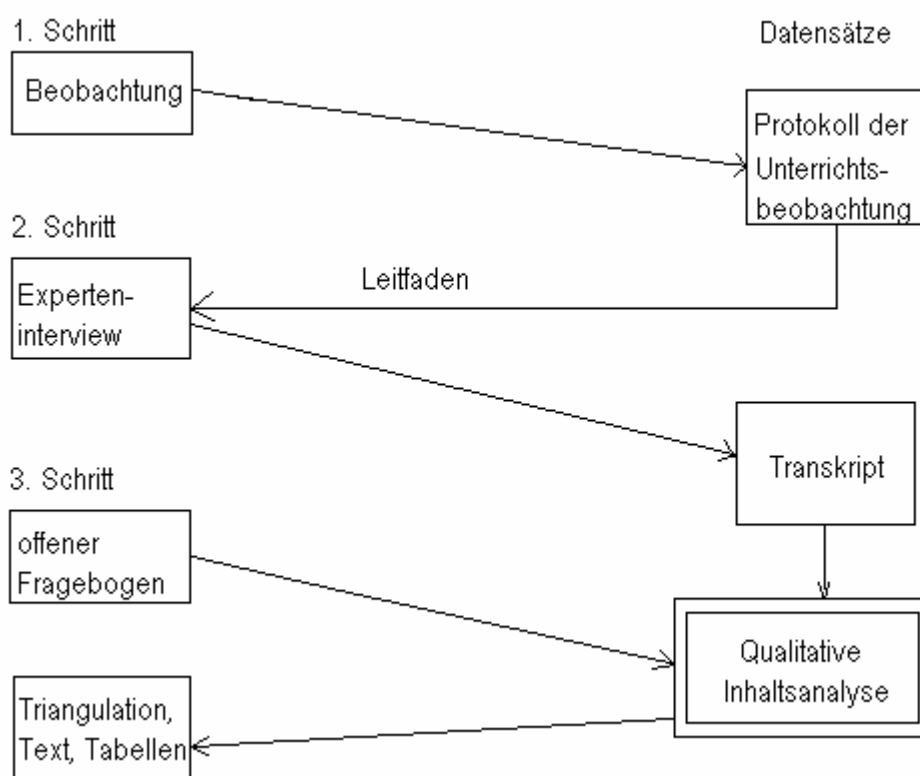


Abbildung 1: Beschreibung der Vorgehensweise bei der Datengewinnung und Datenverarbeitung

Im Rahmen eines Nachmittagsmoduls des BRG 19, Krottenbachstraße, wurden die zuvor entworfenen Unterrichtsmaterialien (Teil A- C der Arbeit) von Mag. Klemens Wernisch und seinen 15 und 16 jährigen SchülerInnen getestet und somit auf ihre Tauglichkeit für den Biologie und Umweltkunde Unterricht in der Schule geprüft.

Darüber hinaus eigneten sich diese Stunden optimal zur Vorbereitung und Einstimmung der Klasse auf das Folgeprojekt Kids Participation in Educational Research 2, welches den SchülerInnen ermöglichte mit Frau Dr. Monika Bright im Feld der Marinbiologie ein Forschungsprojekt durchzuführen. Da die SchülerInnen das Modul „Naturwissenschaftliches

Arbeiten“ in der Schule selbst auswählen und sich der Lehrer der Klasse für das KiP2 Projekt anmeldete, stellte er sich auch dafür zur Verfügung die Unterrichtsmaterialien in seinem Unterricht zu verwenden.

Die erste Unterrichtseinheit fand am Mittwoch, 02.03.2011 von 14.40 bis 15.30 zum Thema „Plattentektonik“ statt. An den darauf folgenden Terminen, dem 09. und 16. März wurden jeweils zwei Stunden von 14.40 bis 16.20 an den Themengebieten „Mariner Vulkanismus, Hydrothermalquellen und Chemosynthese“ sowie „Fauna an Hydrothermalquellen“ gearbeitet.

2. Methodik

Im Folgenden wird die verwendete Methodik zur Erhebung der drei unterschiedlichen Datensätze separat voneinander erläutert:

- Teilnehmende Beobachtung am Unterricht
- Leitfadeninterview
- offener Fragebogen

Zur Auswertung des Interviews und des SchülerInnenfragebogens wurde sich der Methode der „qualitativen Inhaltsanalyse“ bedient, die laut Mayring (1999) sprachliches Material und Texte systematisch durch Zergliederung und schrittweise Bearbeitung analysiert. Hierbei wurde theoriegeleitet ein Kategoriensystem aus dem Material abgeleitet und diese Kategorien danach zusammengefasst und erklärt.

Für einzelne Kategorien sei es nun möglich zusätzliche Informationsbeschaffung zu betreiben, um diese Kategorie so gut als möglich vertiefend zu analysieren (Mayring 1999: 91 ff.). Diese Variante soll bei der Frage nach dem erlernten Wissen der SchülerInnen angestrebt werden, wobei nicht nur der Lehrer bei dieser Frage zu Wort kam, sondern auch das Wissen der SchülerInnen, wenn auch sehr grob, nach den Schulstunden erhoben wurde. Mehr Informationen dazu befinden sich im Diskussionsteil der Arbeit.

2.1. Datenaufnahme des Interviewleitfadens

Bevor ein Interview auf der Basis eines Leitfadens durchgeführt werden konnte, kam es zu drei Nachmittagen von teilnehmenden Beobachtungen, in welchen Impulse für das Interview gesammelt wurden (Notizen dazu: siehe Appendix A). Auf der Basis dieser teilnehmenden Beobachtungen wurden die Hauptfragen für den Interviewleitfaden zusammengestellt.

Hierbei galt es den Unterricht zu beobachten und an dem Geschehen in der Schule (Krottenbachstraße) teilzunehmen. Durch eine einführende Vorstellungsrunde bei den SchülerInnen und dem Lehrer Mag. Klemens Wernisch war es mir möglich eine gewisse persönliche Beziehung zu den Beteiligten, und gleichzeitig meinen zu Befragenden aufzubauen, was somit erleichterte mich in die bestimmte Lebenssituation der Beteiligten einzufühlen.

Da bei einer Unterrichtsbeobachtung sehr viele verschiedene Aspekte zu beobachten wären, wurde bereits zu Beginn eine halboffene Methode festgelegt. Hierbei handelt es sich laut Lamnek um eine teilweise durch bestimmte Beobachtungsziele vorstrukturierte, Unterrichtsbeobachtungsmethode, welche nicht zur Gänze vorgegebene Beobachtungskriterien beinhaltet (Lamnek, 2005). Dies erleichterte die Strukturierung der Unterrichtsbeobachtung. Hierbei wurde allerdings kein standardisierter Beobachtungsbogen verwendet, wie häufig in der Literatur erwähnt wird. Vielmehr beziehen sich die Beobachtungen auf die Fragen: „Welche Übung und welche Inhalte bringt der Lehrer wann, wie und in welchem Ausmaß und was ist die Reaktion der SchülerInnen dazu?“.

2.2. Methodik zur Interviewdurchführung

An Hand eines Leitfadeninterviews mit dem Klassenlehrer Mag. Klemens Wernisch, wurden Informationen zur Verbesserung der Unterrichtsmaterialien erfragt und auf die Gründe zur Aufgabenauswahl aus dem Materialangebot weiter eingegangen. Dementsprechend, wurde dieses Interview aus informatorischen und analytischen Zwecken durchgeführt (Lamnek, 2005). Zu hinterfragen galt es warum der Lehrer gewisse Aufgaben für seinen Unterricht auswählte und weshalb er andere ablehnte. Durch die Wiederaufarbeitung des Schulgeschehens durch die Verwendung eines nachfolgenden Experteninterviews wird somit der Interviewtypus deutlicher. Es kann der Sparte eines fokussierten Experteninterviews zugeordnet werden, da es auf die Reflexion und die Deutung von vergangenen Ereignissen aus dem Unterricht abzielt (Altrichter, Posch; 2007).

Beim vorliegenden und durchgeführten Experteninterview handelt es sich um ein halbstrukturiertes, offenes Interview, welches an Hand des vorliegenden Interviewleitfadens durchgeführt wurde. Dieser Leitfaden stellt den roten Faden im Interview dar. Die Fragen können vom Befragten allerdings sehr frei beantwortet werden. Der Interviewer kommt lediglich auf unklare Aussagen so oft zurück, bis seiner Meinung nach die Beantwortung der ursprünglichen Frage erfolgt ist. Dies verleiht dem Interview den Charakter eines problemzentrierten Gespräches (Mayring, 1999).

Die Grundgedanken eines offenen Interviews in dieser zentralen Problematik wurden von Mayring (1999) zusammengefasst. Er meint, dass das problemzentrierte Interview einen sprachlichen Zugang wählt, um „[...] seine Fragestellung auf dem Hintergrund subjektiver Bedeutungen, vom Subjekt selbst formuliert, zu eruieren.“ (Mayring 1999: 51).

Hierbei sei es wichtig eine Vertrauenssituation zwischen Interviewer und Befragten zu schaffen, was in diesem Fall durch eine gute Zusammenarbeit, bereits vor dem Interview bestens gegeben war. Bevor mit dem Interview begonnen wurde, wurde die Lehrkraft genau in die Art und Weise der Befragung und somit in die grobe Gliederung des Interviewleitfadens eingeführt. Dies war nicht nur für die Orientierung und das Verständnis der Lehrkraft wichtig, sondern diente vor allem dazu eine gute Gesprächsbasis für das Interview zu erreichen.

Darüber hinaus musste die Lehrkraft darüber informiert werden, was mit den Aufzeichnungen (Audioaufzeichnung) im Folgenden passiert und wofür diese Aufzeichnungen verwendet werden. Diesbezüglich wurde das Einverständnis des Interviewpartners über die weitere Verwendung, die Transkription und die Analyse des Interviewmaterials eingeholt (Altrichter, Posch; 2007).

Durch dieses vorhergehende Zusammenarbeiten können Problemstellungen bereits zuvor mehr oder weniger objektiv analysiert und in den Interviewleitfaden inkludiert werden. „Die Interviewten werden zwar durch den Interviewleitfaden auf bestimmte Fragestellungen hingelenkt, sollen aber offen, ohne Antwortvorgaben, darauf reagieren.“ (Mayring 1999: 51).

2.2.1. Gliederung des Interviewleitfadens

Der im Appendix unter B zu findende Interviewleitfaden, beinhaltet jene Fragen, die der Lehrperson nach der Durchführung von den drei bereits erwähnten Unterrichtsstunden anhand des vorgegebenen Materials für Schüler/Innen und Lehrer/Innen, gestellt wurden.

Nach Mayring (1999) soll der Interviewleitfaden beginnen sich mit Sondierungsfragen an die Thematik heranzutasten. Des Weiteren folgen Leitfadenfragen, welche darauf abzielen der Thematik genauer auf den Grund zu gehen. Während des Interviews ist es häufig möglich, dass sich ad-hoc Fragen stellen, die spontan in den Leitfaden inkludiert werden (Mayring: 1999). Demnach wurde der Leitfaden in drei Teile gegliedert, welche ihrerseits in Subkategorien zu verschiedenen Themengebiete im Unterrichtsverlauf aufgeteilt sind.

Fragen aus der Rubrik A des Interviewleitfadens beschäftigen sich mit der allgemeinen Grundstimmung der Lehrkraft im Bezug auf die vorgefertigten Materialien. Durch dieses langsame Heranführen an das Thema sollen sowohl die zu Grunde liegende Intention des Interviewers für den Interviewten ersichtlich werden, als auch die Einstimmung der beiden Interviewpartner auf ein offenes Gespräch ermöglicht werden (Altrichter, Posch; 2007).

In der Rubrik B befinden sich spezifische Fragen zu den jeweiligen Stunden. Da die von Mag. Klemens Wernisch durchgeführten Unterrichtseinheiten von der Interviewerin beobachtet wurden beziehen sie sich teilweise direkt auf die Art und Weise der Verwendung der Materialien im Unterricht. Der Interviewte ist sich seiner vergangenen Handlungen im Unterricht eventuell nicht zur Gänze bewusst (Altrichter, Posch; 2007). Somit sollen die Beobachtungen der Interviewerin den Anstoß zu tief gehenden Reflexionen bieten.

Die Rubrik C setzt sich aus Fragen zusammen, die die Lehrkraft zu offener und konstruktiver Kritik ermutigen und sie um ihre Meinung und somit Hilfe bei der Erweiterung und Verbesserung der Materialien bitten. Des Weiteren werden hier Fragen gestellt, die sich auf genaue Ereignisse und Verhaltensmuster beziehen, die in allen drei Schulstunden auffällig waren. Zusätzlich dazu wird die von Lehrerseite erlebte Reaktion der SchülerInnen und die Tauglichkeit des Materials für den Unterricht genauer hinterfragt.

2.2.2. Analysemethodik des Interviews

Durch die Problemzentrierung des Interviews soll an einer für die Untersuchung relevanten, häufig gesellschaftlichen, Problematik angesetzt werden. In einer objektiven Phase wurde der dafür benötigte Fragebogen im Vorhinein ausgearbeitet. Zusätzlich zur Problemzentrierung ist das Interview gegenstandsorientiert, was wiederum die Verwendung eines zuvor ausgearbeiteten Interviewleitfadens bestärkt, um ein Übernehmen von zuvor bereits bestehenden Instrumenten und eine zu allgemeine Methode, zu vermeiden.

Ein dritter Punkt ist die Prozessorientierung, bei der schrittweise Daten gewonnen und analysiert werden können, in dem man sie einem ständigen Vergleich unterziehen kann. Jene drei Eigenschaften der Problemzentrierung, Gegenstandsorientierung und Prozessorientierung sind wichtige Merkmale des qualitativen Arbeitens und spiegeln die bestmöglichen Voraussetzungen einer qualitativen Inhaltsanalyse wieder (Mayring, 1999).

Eine wörtliche, teilweise kommentierende Form der Transkription ist in dieser Arbeit nötig (Transkript siehe Appendix C), um eine „[...] Basis für eine ausführliche interpretative Auswertung [...] zu schaffen“ (Mayring, 1999: 69). Im Wesentlichen wurde die Transkription ins normale Schriftdeutsch übersetzt, wobei Satzbaufehler nicht zur Gänze behoben wurden, jedoch auf gute Leserlichkeit und Verständlichkeit geachtet wurde (Mayring 1999).

2.3. Datenaufnahme des reproduzierten SchülerInnenwissens

Die Methodik zur Belegung des SchülerInnenwissens setzt sich hierbei aus zwei Teilen zusammen, die im Diskussionsteil der Arbeit vernetzt werden.

2.3.1. Teilnehmende Beobachtung am KiP 2

Die Teilnehmende Beobachtung des KiP2 erfolgte an den ersten zwei Treffen der SchülerInnen mit der Wissenschaftlerin Monika Bright. Ziel des KiP2 ist es nach dem Vorbild von KiP1 Klassen aus umliegenden Schulen die Möglichkeit zu geben mit WissenschaftlerInnen und „realen“ Proben eine Forschungsarbeit zu planen, diese durchzuführen und im letzten Schritt zu präsentieren. Ziel der beobachteten ersten Treffen an der Universität war es, den SchülerInnen zu vermitteln, mit welchem Aufwand die vorliegende Probe, aus der Tiefsee geholt wurde. Hierbei stellte Frau Dr. Bright den SchülerInnen die verschiedensten Möglichkeiten zur Probengewinnung mittels Unterwasserfahrzeugen und Techniken vor und befragte die SchülerInnen in einem Lehrer-

SchülerInnen Gespräch teilweise indirekt zu verschiedensten Prozessen. Die Antworten der SchülerInnen wurden dokumentiert.

2.3.2. Offener Fragebogen

„Forschungsstrategisch sind offene Fragen vor allem geeignet das Problemfeld zu explorieren [...], da [sie] vom Befragten verlangen sich an etwas zu erinnern.“ (Raithel, 2008: 69 ff.). Diesbezüglich wurden die SchülerInnen nach dem Unterricht zum Thema Hydrothermalquellen mit Hilfe eines offenen schriftlichen Fragebogens befragt. Wichtig war hierbei, das Wissen im Bezug auf die Unterrichtsstunden zu eruieren. Die Fragen wurden so wenig spezifisch wie möglich formuliert, um ein breites Wissensspektrum der SchülerInnen abzufragen und somit eine genauere Vorstellung von deren Gedankenprozessen zu erhalten. Bei der Auswertung des Fragebogens wurde deduktiv quantitativ gearbeitet.

3. Ergebnisse

Die Darstellung meiner Daten, sowie deren Analyse zusätzlich zum Transkript von Audiodaten sind vor allem tabellen- als auch textgestützt. Das Ziel der Analyse ist es der Frage „Welche Erfahrungen machte der Lehrer und welche Erfahrungen machten die SchülerInnen mit dem Unterrichtsmaterial?“ auf den Grund zu gehen.

3.1. Ergebnisse: Interviewanalyse (Evaluation des Unterrichtsmaterials)

Die Auswertung des Interviews wird im Folgenden in einzelne Auswertungskategorien gegliedert, welche sich aus den Themen des Interviews ergeben (Flick et. al, 2000). Bei der Analyse des Interviews wird eine „vertiefende Fallinterpretation“ (Flick et. al, S. 455) angestrebt, wobei es vor allem gilt theoretische Überlegungen anzustellen um das Interview genauer zu analysieren (Flick et. Al, 2000). Des Weiteren werden die Ergebnisse des Interviews (Appendix C) in der Diskussion der Arbeit unter 4., mit den Ergebnissen der SchülerInnenfragebogen (Appendix D) in Verbindung gebracht und korreliert.

Um eine Beeinflussung des Lehrers durch Präkonzepte der Interviewerin zu vermeiden wurde versucht in den Worten des Befragten weitere Fragen zu stellen und dahingehend um weitere Ausführung der Gedanken zu bitten (Lamnek, 2005).

Die nachstehende Analyse und daraus resultierende Schlüsse zur Verwendung der Materialien müssen teilweise im Kontext der in einem AHS/BHS Schulen in Österreich betrachtet werden. Die Analyse des Interviews schließt nicht nur auf das Material bezogene Fragen beziehungsweise Aussagen des Lehrers ein, sondern beschäftigt sich in diesem Rahmen auch mit der Tauglichkeit der Materialien zur Vorbereitung der SchülerInnen auf das Nachfolgeprojekt KiP2 an der Universität Wien.

Grundsätzlich ist dies jedoch für die Aussagen zur Qualität und Verwendbarkeit der Materialien im Biologieunterricht nicht von Belang.

Kategorien für die induktive Analyse

Im Folgenden werden die aus dem Interview herausgefilterten Kategorien angeführt, die im Nachstehenden im Detail erläutert werden.

- Positive Erfahrungen des Lehrers mit dem Unterrichtsmaterial
- Negative Erfahrungen des Lehrers mit dem Unterrichtsmaterial
- Arbeiten mit dem Internet
- Bearbeitung der Experimente im Unterricht
- Verbesserungen der Experimente im Unterrichtsmaterial
- Tauglichkeit der Experimente für die Schule
- Zusätzliche mögliche Unterrichtsmaterialien

- Englischsprachige Materialien im Biologieunterricht
- Kreuzworträtsel im Unterrichtsmaterial
- Wissenschaftliche Texte im Biologieunterricht
- Verschiedene Medien im Unterricht
- Nicht- Verwendung von Materialien
- Sachinformation für LehrerInnen und SchülerInnen
- Organisation der Schulstunden
- Vorteile für SchülerInnen durch das Unterrichtsmaterial
- Gefallen der SchülerInnen am Unterrichtsmaterial
- Eignung der Materialien zur Vorbereitung auf KiP 2
- Eignung der Materialien als Einzelsequenzen
- Eignung der Materialien für LehrerInnen ohne Vorwissen
- Tauglichkeit des Materials für große Klassen

- Positive Erfahrungen des Lehrers mit dem Unterrichtsmaterial

Die erste Frage stellte sich nach den positiven Erlebnissen mit einem vorgegeben Unterrichtsmaterial, worauf hin relativ schnell das Arbeiten mit weblinks und Internet ins Gespräch kam. Dies sei „bei den Schülern auch recht gut angekommen, dass sie da selbsttätig arbeiten können und sich das rausfischen was sie brauchen...“ (Wernisch, 2011. 102:46 ff.). Des Weiteren wurde vom Lehrer erwähnt, dass es für ihn nicht möglich gewesen wäre eine derartige Fülle an Informationen in seiner Stundenvorbereitungszeit zu gewinnen und danach der Klasse zu präsentieren. Auch für ihn selbst wäre es eine Spezialisierung und Vertiefung in das Feld der Hydrothermalquellen und deren Fauna gewesen.

Das Unterrichtsmaterial sei sehr gut strukturiert und methodisch vielfältig, was nicht nur für die LehrerInnen eine gute Auswahl biete, sondern auch für die SchülerInnen durch eine weite Streuung der Methoden eine Vielfalt von Unterrichtsmethoden ermögliche, die oft von LehrerInnen aus Zeitgründen nicht zu bewerkstelligen sei (Wernisch, 2011).

Darüber hinaus wurde vom Lehrer betont, dass er die drei Einzelstunden nicht unbedingt in einer Sequenz im Unterricht sehe. Es wäre für ihn durchaus denkbar die Stunden sowohl einzeln als auch hintereinander durchzuführen. Er hätte, wie er erzählte in der siebten Klasse bereits ein weiteres Mal Teile aus dem Unterrichtsmaterial zu „Mariner Vulkanismus, Hydrothermalquellen und Chemosynthese“ verwendet.

Des Weiteren sei der Lehrer der Meinung, dass die Experimente sehr schultauglich wären, da vom Material die Vorgabe von Haushaltsmaterialien als Experimentmaterialien vorgeschlagen werde. Diese wären sehr einfach und vor allem kostengünstig anzuschaffen und deshalb wären die Aufgaben leicht nachzustellen (Wernisch, 2011).

- Negative Erfahrungen des Lehrers mit dem Unterrichtsmaterial

Die Experimente hätten nicht besonders gut funktioniert, was der Interviewte vor allem auf seine eigene Vorbereitung auf die Versuche, sowie auf die verwendeten Materialien zurückführt, wie im folgenden Satz deutlich wird: „[...] da hab ich wahrscheinlich zu wenig Erfahrung mit dem.[...]es ist vielleicht auch das Material teilweise gewesen, weil wie gesagt damit hab ich eigentlich Erfahrung gehabt, aber [...]“ es sei eben auch Übungssache die Versuche sofort und korrekt durchzuführen (Wernisch, 2011.103: 19ff.).

- Arbeiten mit dem Internet

Das Arbeiten mit den Internetadressen sehe er als besonders gelungen an. Vor allem für die SchülerInnen wäre es eine Hilfe, sich gewisse Informationen aus dem Internet holen zu können und auch selbst entscheiden zu können, was wichtig sei. Vor allem Videos würden es erleichtern sich die Welt der Hydrothermalquellen leichter vorstellen zu können, da Bilder in diesem Fall, so der Lehrer, weniger eindrucksvoll wären.

Schade sei allerdings, dass bereits einige weblinks wieder abgelaufen wären, was beim Internet aber natürlich unvermeidbar wäre (Wernisch, 2011).

- Bearbeitung der Experimente im Unterricht

Das Arbeiten an den Experimenten hätte nicht so gut funktioniert. Einerseits wäre es Übungssache diese Experimente korrekt auszuführen, andererseits könne sich der Lehrer vorstellen, dass die Materialien nicht adäquat waren. Des Weiteren hätten sich die SchülerInnen etwas unterfordert von den Aufgabenstellungen gefühlt (Wernisch, 2011).

- Verbesserungen der Experimente im Unterrichtsmaterial

Beim Versuch zur Plattentektonik und den Lithosphärenplatten von Afrika und Südamerika wäre es nach dem Test im Unterricht sehr hilfreich Styroporplatten zu verwenden, da Karton schnell nass wird und untergeht. Dieses Ausschneiden wäre eine einmalige Investition und die Materialien danach ohnedies öfter zu verwenden (Wernisch, 2011).

- Tauglichkeit der Experimente für die Schule

Trotz einiger Komplikationen wären die Experimente für die Schule sehr gut geeignet. Es bedürfe lediglich etwas besserer Vorbereitung der LehrerInnen (Wernisch, 2011).

- Zusätzliche mögliche Unterrichtsmaterialien

Zusätzlich dazu, dass der Lehrer klar machte, dass es sinnvoll wäre weitere Unterrichtsstunden zusätzlich zu den drei bereits entstandenen zu entwickeln, meinte er, dass eine zusätzliche Abbildung beim Thema „Plattentektonik“ sicherlich eine Verbesserung wäre. Er selbst hätte die Abbildung mit den Lithosphärenplatten und jene der Kontinente mit Hilfe von power point übereinander gelegt. Eine derartig zusammengestellte Graphik, wäre aber sicherlich eine positive Erweiterung (Wernisch 2001.104:10 ff.).

Darüber hinaus fühlten sich die SchülerInnen nach der Einschätzung des Lehrers eher unterfordert von den Experimentvorschlägen und es wäre somit zu überlegen, ob man eventuell weitere oder etwas anspruchsvollere Versuche zum bereits bestehenden Material hinzufügen solle (Wernisch, 2011).

- Englischsprachige Materialien im Biologieunterricht

Das Arbeiten mit englischem Material im Biologieunterricht beantwortete Klemens Wernisch mit: „Ich glaub, dass es irre wichtig ist, dass wenn man...eben wenn man schon davon spricht, dass man mit ... der Wissenschaft und an der Wissenschaft arbeitet, dass... den Schülern wirklich klar werden muss, dass Englisch auch die Wissenschaftssprache des 21. Jahrhunderts ist und dass sie darum nicht herum kommen. Also...eh...ja, also da würd ich nie davor zurückschrecken [Englisch sprachige Materialien zu verwenden].“ Darüber hinaus macht er klar, dass es wichtig wäre SchülerInnen nicht bereits in der Unterstufe mit Englisch zu überfordern, dass es aber ab der Oberstufe kein Problem wäre für SchülerInnen aktiv mit Englischem Material zu arbeiten. Zusätzlich dazu seien die im Material verwendeten weblinks und homepages auf einem Niveau, welches SchülerInnen der Oberstufe sicherlich nicht überfordern würde und es diesbezüglich leicht möglich wäre diese im Biologieunterricht zu verwenden (Wernisch 2011. 104: 34 ff.).

- Kreuzworträtsel im Unterrichtsmaterial

Auch die Kreuzworträtsel, die wohl als sehr umstrittene Methode bei LehrerInnen gelten, werden von Klemens Wernisch in seinem Unterricht verwendet, obwohl sie in den Stunden zu Hydrothermalquellen gemieden wurden. Auf die Frage, warum diese ausgelassen wurden, wurde mir erklärt, dass diese Begriffe enthalten hätten, die im durchgeführten Unterricht nicht gefallen waren und deshalb das Kreuzworträtsel nicht verwendbar gewesen wäre, dass der Lehrer „[...] prinzipiell aber keine negativen Einstellungen gegenüber [...]“ Kreuzworträtseln

habe (Wernisch, 2011. 105:10).

- Wissenschaftliche Texte im Biologieunterricht

Auf die Frage wie denn die SchülerInnen mit einem wissenschaftlichen englischen Artikel zurechtgekommen seien und ob sie wissenschaftliches Englisch abschrecke erklärte der Lehrer, dass er bei den Partnerarbeiten der SchülerInnen bemerkt habe, dass etwa die Hälfte diesen Artikel für ihre Recherchen verwendeten und sich Informationen über ihre Organismen suchten. Sie seien deshalb sicher nicht von diesem Material abgeschreckt gewesen (Wernisch, 2011).

- Verschiedene Medien im Unterricht

Der Lehrer sei der Meinung, dass das gegebene Unterrichtsmaterial eine Vielzahl an verschiedensten Medien im Biologieunterricht ermögliche. Es sei umfangreich genug, um diverse Unterrichtsvarianten im Bezug auf den Mediengebrauch anzuwenden. Es wäre den LehrerInnen heutzutage auch einfach möglich sich eines Computers oder Beamers zu bedienen und der Klasse Zugang zum Internet zu ermöglichen. Auch USB Sticks oder DVD Player wären in vielen Schulen vorhanden und würden somit das Arbeiten mit „neuen“ Medien nicht gefährden (Wernisch, 2011).

- Nicht- Verwendung von Materialien

Die SchülerInnentheorie wurde von Klemens Wernisch für seinen Unterricht nicht verwendet. Die Schülermaterialien seien dennoch, als sehr sinnvoll anzusehen. Der Lehrer meinte, er hätte sie für seine eigene Vorbereitung zum Unterricht durchaus benötigt, es wären ihm aber die Kosten für die Kopien der SchülerInnen letztendlich zu hoch erschienen und er habe sie aus diesem Grund nicht für die SchülerInnen in den Unterricht einbauen wollen (Wernisch, 2011).

- Sachinformation für LehrerInnen und SchülerInnen

Es seien sicherlich Begriffe in der Theorieeinführung für LehrerInnen, die für SchülerInnen schwerer verständlich wären. Dass eine Schülerin allerdings einen Fehler in den Informationen gefunden hätte, beweise auch, dass sie damit sehr gut umgehen könne. Auch die SchülerInnen hätten den Wunsch gehabt die gesamten Materialien zu erhalten, um in den Informationen auch noch danach nachschlagen zu können (Wernisch, 2011).

- Organisation der Schulstunden

Der Lehrer berichtete, dass es ihm lieber gewesen wäre, das Material zu allen drei Stunden am selben Tag zu erhalten. Es wäre ihm klar, dass dies aus Zeitgründen und Fristen bei der Materialentwicklung nicht möglich gewesen wäre, es würde aber die Vorbereitung der LehrerInnen erleichtern, die dieses Material zukünftig verwenden würden. Es wäre in diesem Zusammenhang für die LehrerInnen leichter genauer unter die Lupe zu nehmen, welches Kapitel in den Unterricht zu inkludieren wäre und welche Unterthemen für die spezifischen Stunden sowohl mehr, als auch weniger relevant wären (Wernisch, 2011).

- Vorteile für SchülerInnen durch das Unterrichtsmaterial

Eine Vielfalt an Methoden, die den SchülerInnen in einem Biologieunterricht aus Recherchegründen selten geboten würde, erleichtere den Lernerfolg der Klasse. Des Weiteren hätten die SchülerInnen im Vergleich zu den damaligen KiP 1 SchülerInnen die Möglichkeit erhalten auf das KiP 2 Projekt gut vorbereitet zu werden. Dadurch wären sie auf Diskussionen mit der Wissenschaftlerin besser vorbereitet, wenngleich diese die SchülerInnen mit ihrem Wissen natürlich in deren Schranken verweise (Wernisch, 2011).

- Gefallen der SchülerInnen am Unterrichtsmaterial

Gefallen hätte den SchülerInnen am Unterrichtsmaterial die unbekannte Thematik der Chemosynthese, der abiotischen Faktoren und der evolutiven Zusammenhänge der Hydrothermalquellen mit den Seichtwasser- Lebensräumen.

Der Lehrer glaube, dass die SchülerInnen durch ein breites Einsteigen in die Thematik bei der Plattentektonik, eher unterfordert gewesen wären (Wernisch, 2011).

- Eignung der Materialien zur Vorbereitung auf KiP 2

Zur Frage inwiefern sich die Unterrichtsmaterialien für die Vorbereitung der SchülerInnen auf die Zusammenarbeit mit der Wissenschaftlerin Dr. Monika Bright eignen, wird klar, dass sich der Lehrer sehr stark für eine Vorbereitung der SchülerInnen ausspricht. Diese Vorbereitung müsse in der Schule passieren und vor allem „in einem Rahmen, wo der Wissenschaftler noch nicht dabei ist“ (Wernisch, 2011.109:45 ff.). Dies ermögliche den SchülerInnen das hemmungsfreie Anpacken der Thematik und ihrer Fragen an die Forscherin an der Universität. Der Lehrer bemerke hierbei einen Unterschied der Klasse zu jenen der vorangegangenen Jahre, welche nicht durch derartige Stunden auf die Projektarbeit an der Universität vorbereitet wurden. Diese Klasse hätte nun selbst die Möglichkeit zu sagen was sie interessiere und weshalb, was auf jeden Fall der Einführungsphase zuzuschreiben wäre.

In diesem Sinne, würden die erstellten und getesteten Unterrichtsmaterialien eine gute Möglichkeit bieten die SchülerInnen auf ein Nachfolgeprojekt vorzubereiten (Wernisch, 2011).

- Eignung der Materialien als Einzelsequenzen

Klemens Wernisch meinte, dass die Unterrichtsmaterialien durchaus als Einzelsequenz und auch in anderen Schulstunden zu verwenden wären. Man könne beispielsweise für den Geographieunterricht lediglich das Material zur Plattentektonik in eine Stunde inkludieren. Auch er selbst hätte in einer siebten Klasse bereits nur das Unterrichtsmaterial zu den Hydrothermalschloten in den Unterricht eingebaut (Wernisch, 2011).

- Eignung der Materialien für LehrerInnen ohne Vorwissen

Der Lehrer konnte bereits im Vorjahr bei einem Projekt zu Hydrothermalschloten arbeiten, er meinte jedoch, dass auch KollegInnen ohne bestimmtes Vorwissen zur vorhandenen Thematik gut mit dem Unterrichtsmaterial umgehen können würden. Zudem sei die Thematik der Hydrothermalschlote längst keine unbekannte mehr und auch Biologiebücher würden dieses Thema bereits in bestimmtem Ausmaß behandeln (Wernisch, 2011).

- Tauglichkeit des Materials für große Klassen

Klemens Wernisch sprach sich deutlich darüber aus, dass das Material trotz Durchführung mit einer vergleichsweise kleinen Gruppe an SchülerInnen (8) ebenfalls bei größeren SchülerInnenzahlen gut zu verwenden sei. Sowohl die Experimente, als auch die Theorie ließe sich gut auch bei größeren Klassen durchführen (Wernisch, 2011).

3.2. Ergebnisse teilnehmende Beobachtung

Folgende Fachthemen aus dem Einführungsvortrag wurden von den SchülerInnen erfolgreich reproduziert

- Photosynthese bis 200m Meerestiefe möglich
- White smoker weniger heiß als black smoker
- Riesenröhrenwurm
- Wurm betreibt Symbiose mit Bakterien
- Mittelozeanische Rücken → Plattengrenzen
- Island nur wegen Mittelatlantischem Rücken entstanden

- Bakterien als Primärproduzenten am Hydrothermalschlote
- Orientierung der Fauna durch Photo-/ und Chemorezeptoren (S: *Tiere nehmen die Strahlung von den smokern auf und orientieren sich dadurch.*)
- Chemosynthese (entweder Lebewesen ernähren sich von Bakterien oder leben in Symbiose mit Bakterien)

3.3. Ergebnisse offener Fragebogen

Tabelle 1: SchülerInnenantworten zur Frage „Wie entstehen Mittelozeanische Rücken?“

SchülerInnen	Antworten
S1	Plattentektonik, Platten gehen auseinander→ Lava tritt aus→ erstarrt→ Mittelozeanische Rücken
S2	Durch die Plattentektonik, Platten schieben sich gegen einander→ Lava kommt hervor welches dann erstarrt → Mittelozeanische Rücken
S3	Berge- tief geformte Landschaften in ca. 3000 m Tiefe. Durch vulkanische Aktivitäten (Vulkangestein)
S4	Durch Plattentektonik
S5	Durch Plattentektonik. 2 Platten gehen auseinander und es entsteht eine Art Schlitz aus der Lava aus dem Mantel austritt so können auch Inseln entstehen (Island)
S6	Durch die Plattentektonik. Indem Magma an den Plattengrenzen unter Wasser (wo sich diese auseinander schieben) austritt und erstarrt.
S7	→ Lava was in Ozean ausrinnt→ wir starr→ =Rücken
S8	Ozeanboden durch kontinentalen Drift, Kontinentalplatten gehen auseinander, da Konvektionsströme im Erdinneren (Lava)→ Platten→ auseinander schieben Lava tritt aus, formt

Tabelle 2: SchülerInnantworten zur Frage „Was versteht man unter Hydrothermalquellen?“

SchülerInnen	Antworten
S1	Black smokers, white smokers, warmes Wasser tritt aus, enthält Schwermetalle, Konvektion
S2	Sind vents bei Miteelozeanischen Rücken aus denen heißes Wasser herausströmt; es gibt black smoker (bis 400° und in ihm werden Schwermetalle gelöst) u. white smokers (30°)
S3	Quellen, die man in Mittelozeanischen Rücken findet. (3000-6000 Tiefe) können sehr hoch aus dem Boden ragen. An der Spitze smoker (white & black), aus denen schwarze/weiße Flüssigkeiten hinausströmen. Hohe Temperaturen- vulkanische Aktivitäten
S4	Heiße Gase steigen unter Wasser aus dem Erdmantel auf und erhitzen das Wasser → heiße Quelle
S5	Wasser wird in den Boden eingesogen und kommt durch die Konvektion aus einer Art Mini-Vulkan wieder herauß, währenddessen nimmt es verschiedene Stoffe auf, die dann als black oder white smoke heraußkommen
S6	Schlote an den Mittelozeanischen Rücken aus denen heißes Wasser mit verschiedenen Zusatzstoffen wie Sulfiden heraußkommt.
S7	Warme Quellen unter Wasser wo viele Organismen sind
S8	Ökosystem am Mittelozeanischen Rücken, entstehen da Gasbläschen

	aufsteigen aus
--	----------------

Tabelle 3: SchülerInnenantworten zur Frage „Welche Organismen stellen aus welchem Grund die Primärproduzenten in der Nahrungskette im Hydrothermalfeld dar?“

SchülerInnen	Antworten
S1	Bakterien→ Chemosynthese, Symbiose
S2	Bakterien→ Chemosynthese
S3	Bakterien→ Chemosynthese als Ersatz für Fotosynthese (kein Licht 3000m Tiefe)
S4	Bakterien: können durch Chemosynthese leben
S5	Bakterien, sie können mit Hilfe der Chemosynthese aus den Stoffen im Blacksmoker Nährstoffe herstellen und andere gehen mit ihnen eine Symbiose ein oder essen sie
S6	Bakterien. Da die Bakterien sich durch Chemosynthese ernähren, da kein Licht vorhanden ist für Photosynthese.
S7	Bakterien mit Chemosynthese→ gibt kein Sauerstoff
S8	Bakterien, Chemosynthese, da kein Licht vorhanden, Bakterien können selber Energie produzieren, in der Nahrungskette höher geordnete Organismen leben von Bakterien

4. Diskussion

Die Diskussion der Ergebnisse soll im Zeichen der Fragen stehen: „Welche Erfahrungen machte der Lehrer und welche Erfahrungen machten die SchülerInnen mit dem Unterrichtsmaterial“.

4.1. Erhebung der SchülerInnenreproduktion des Fachwissens

Ziel des offenen Fragebogens war es herauszufinden, über welche Fachinhalte die SchülerInnen des Gymnasiums nach den Schulstunden berichten können. Sie würden es vor allem zu schätzen wissen im Feld der Hydrothermalquellen, durch die Unterrichtsstunden, „Expertenwissen“ erlangt zu haben, so der Lehrer zuvor im Interview.

Besonderen Eindruck habe auf sie die Thematik der Chemosynthese, der abiotischen und evolutionären Zusammenhänge und Entwicklungen im Bereich der Fauna der Hydrothermalquellen gemacht. Auch der Fragebogen an die SchülerInnen (Ergebnisse im Appendix D) bestätigt das Schülerwissen in diesem Bereich.

Nicht nur die Frage nach der Fauna an Hydrothermalquellen (Frage 3) wurde den SchülerInnen gestellt. Weiters wollte ich wissen, was man unter Mittelozeanischen Rücken verstehe (Frage 1). Hierbei wurde von sechs aus acht SchülerInnen erwähnt, dass bei Plattendrift Lava aus dem Untergrund austrete. Den Begriff der Plattentektonik verwendeten fünf aus acht SchülerInnen, während jeweils vier aus acht ein Auseinanderdriften der Platten beschrieben und auf das Erstarren der Lava hinwiesen.

An der Universität wurde deutlich, dass die SchülerInnen verstanden hatten, dass die Bildung der Mittelozeanischen Rücken eng mit den Prozessen an den Plattengrenzen verbunden wären. Eine Schülerin erwähnte, dass eben deshalb auch Island auf Grund des Mittelatlantischen Rückens entstanden war.

Auf die Frage „Welche Organismen stellen aus welchem Grund die Primärproduzenten in der Nahrungskette im Hydrothermalfeld dar?“ wurden von allen acht SchülerInnen die Begriffe Chemosynthese und Bakterien bei der Beantwortung der Frage erwähnt. Weitere drei SchülerInnen behandelten den abiotischen Faktor Licht, der in der Tiefsee nicht vorhanden wäre und deshalb Chemosynthese von den Primärproduzenten betrieben werden müsse. Jeweils zwei von acht SchülerInnen brachten des Weiteren die Begriffe Symbiose und Photosynthese in deren Antworten ein.

Auch beim ersten Treffen an der Universität wurde seitens der SchülerInnen schnell erwähnt, dass Photosynthese nur bis etwa 200m Meerestiefe möglich sei und deshalb Chemosynthese von den Organismen betrieben werden müsse beziehungsweise der „Riesenröhrenwurm Symbiose mit Bakterien betreibt“. Am 30.03.2011 wurde dieser Punkt um das Wissen der SchülerInnen erweitert, dass sich entweder Lebewesen von chemosynthetisch aktiven Bakterien ernähren oder mit diesen in Symbiose zusammenleben.

Von einer SchülerIn wurden ebenfalls Photo- und Chemorezeptoren mancher Organismen erwähnt und genau erklärt,„[...] die Tiere nehmen die Strahlung von den smokern auf und orientieren sich dadurch.“

Auf die zweite Frage „Was versteht man unter Hydrothermalquellen?“ wurden von vier aus acht SchülerInnen die Begriffe black und white smoker erwähnt. Sechs aus acht SchülerInnen beschrieben, dass hierbei heißes beziehungsweise warmes Wasser aus dem Meeresboden austrete, während vier von acht ebenfalls „Zusatzstoffe“ wie „Schwermetalle“ oder „Sulfide“ erwähnten, die mit dem Wasser an die Oberfläche gebracht würden. Jeweils zwei aus acht SchülerInnen nahmen überdies Bezug auf ein spezielles Ökosystem und dessen Organismen, sowie Konvektion, welche für die Wasserzirkulation eine Rolle spiele.

Am 23.03.2011 wurde in einem Gespräch an der Universität ebenfalls klar, dass die SchülerInnen einen Unterschied zwischen black und white smokern machen konnten. Sie wussten, dass das austretende Wasser eines white smokers geringere Hitze aufweist als jenes eines black smokers.

4.2. Erfahrungen des Lehrers mit dem Unterrichtsmaterial

Es wurde angesprochen, dass der Lehrer bereits in einem Projekt im Vorjahr zur Thematik der Hydrothermalquellen unterrichtet hatte und somit bereits persönliches Vorwissen in die gehaltenen Stunden mitbrachte. Dieses Vorwissen würde sich auf das Verständnis und den Umgang mit dem Unterrichtsmaterial auswirken. Somit wurde erfragt wie das Material von „Neulingen“ zu verwenden wäre.

Die Antwort des Befragten darauf, wurde relativ schnell mit einer positiven Rückmeldung gegeben. Natürlich können auch LehrerInnen ohne besondere Vertiefung in dieses Feld mit dem Material umgehen und damit sehr leicht einen Unterricht für ihre Klassen gestalten. Zur Gänze unbekannt wäre dieses Thema in der Schule ohnedies nicht mehr und dadurch würde sich ein jeder „Durchschnittslehrer“ trauen das Unterrichtsmaterial zu verwenden und auch dem Umgang mit diesem durchaus gewachsen sein.

Die SchülerInnen waren bei den Stunden in der Schule den verschiedensten Medien ausgesetzt. Während die Lehrkraft vorwiegend power point Präsentationen für theoretische Einführungen verwendete, wurden den SchülerInnen Arbeitsblätter zur Experimentierklärung sowie Arbeitsblätter mit Internetadressen ausgeteilt. Zusätzlich dazu bearbeiteten sie Aufgaben und Quizfragen auf interaktiven webpages und sahen sich kurze Filmsequenzen im Internet an. Als theoretische Grundlage standen für sie die Lehrereinführungen aus den drei Unterrichtssequenzen, sowie weiterführende links und Buchtipps zur Verfügung. Auf die Frage hin, in wie weit es für eine Lehrkraft möglich wäre die SchülerInnen mit allen vorgesehenen Medien in den diversen Schulen zu versorgen antwortete der Lehrer, dass natürlich nicht in allen Schulen jegliche Medien (wie zum Beispiel Internetanbindung für alle

SchülerInnen oder Beamer) vorhanden seien, aber doch durch die Möglichkeit Videos aus dem Internet herunter zu laden und diese über DVD player abzuspielen keine Problematik für den Unterricht gegeben wäre. Sollte es manchem LehrerInnen nicht möglich sein in bestimmten Klassen mit Beamer zu arbeiten, wäre der Overhead Projektor ebenfalls eine gute Methode den Klassen Bilder und Graphiken zu präsentieren.

Es wäre auf alle Fälle zu überlegen zusätzliche Stundenbilder und Materialien zu entwerfen, da das Thema der Hydrothermalquellen ein unerschöpfliches wäre und auch auf andere Bereiche der Biologie leicht auszudehnen wäre.

Darüber hinaus wäre zu überlegen weitere und teilweise anspruchsvollere Experimente zu Teil A Plattentektonik hinzuzufügen. Der Lehrer gab an, die SchülerInnen hätten sich von den Aufgaben teilweise unterfordert gefühlt. Bei der Unterrichtsbeobachtung hatte man aber auch den Eindruck, dass die SchülerInnen keine Lust hatten die Experimente durchzuführen. Es wäre zu überlegen ob mangelndes Interesse an den Experimenten auch ein Grund wäre, wieso diese nicht besonders gut funktionierten, da laut Lehrer die Experimentanleitung deutlich formuliert waren und die Versuche zuvor an der Universität erfolgreich durchgeführt wurden.

4.3. Fazit zur Verbesserung der Materialien

Grundsätzlich konnten von dem Lehrer keine direkten Verbesserungsvorschläge genannt werden, was eine Wiederbearbeitung nach dem Testlauf in der Schule obsolet macht.

Dennoch ist es von Nöten sich als Erstellerin der Unterrichtsmaterialien mit der Tauglichkeit dieser und eventuellen Erweiterungsmöglichkeiten auseinanderzusetzen.

Zu guter letzt stellen sich demnach die Fragen nach Ausbaumöglichkeiten und Verbesserungsvorschlägen im Bezug auf das Material nach dem durchgeführten Projekt.

Hierbei lässt sich eine Aussage von Klemens Wernisch bestärken, in der er meint es gäbe immer die Möglichkeit das Material auszuweiten. Auch für die Schule ist es plausibel noch tiefer greifende und diversere Informationen zum Thema des Lebensraumes der Hydrothermalquellen in Unterrichtsmaterialien zu bearbeiten und diese Unterrichtsmaterialien ebenso zu gestalten und zu kreieren.

Es wäre Beispielsweise denkbar sich mit dem Nahrungsnetz an Hydrothermalquellen weitaus detaillierter auseinanderzusetzen. Ein weiteres Thema für Unterrichtsmaterialien ist jenes der Biodiversität, welches im bestehenden Material ebenfalls nur angeschnitten wird.

Darüber hinaus gäbe es die Möglichkeit nach einem klassischen science Unterricht (Chemie, Physik, Biologie und Geographie fächerübergreifend) die Thematik der Tiefseerforschung im Zusammenhang mit technischen Errungenschaften, den Gesteinsaufbau an Hydrothermalschloten, die genaue chemische Zusammensetzung der Hydrothermalfluide, sowie physikalische Faktoren, die auf Lebewesen weit unter dem Meeresspiegel einwirken genauer zu erläutern und in Unterrichtsmaterialien zu bearbeiten.

Zur Thematik der sehr schnell nicht mehr funktionierenden Links zu Videos aus dem Internet ist es allen LehrerInnen zu empfehlen die wichtigen Videos sehr rasch vom Internet zu laden. Wie vom Lehrer angesprochen ist es möglich diese auf einer CD oder DVD zu verewigen, oder sie sogar von einem Computer aus im Klassenraum abzuspielen.

Zu unzulänglich funktionierenden Experimenten bleibt zu sagen, dass diese bei Versuchen an der Universität mit dem empfohlenen Material äußerst gut durchgeführt werden konnten. Eine reibungslose Durchführung ist aber selbstverständlich nur gewährleistet, wenn sich die LehrerInnen zuvor mit dem zu verwendenden Material auseinandersetzen. Hierbei empfiehlt sich die Experimente selbst zuvor durchzuführen, um eventuelle Schwierigkeiten für die verschiedenen SchülerInnen in den Klassen selbst einschätzen zu können. Darüber hinaus ist

zu erwähnen, dass die bestehenden Experimente lediglich eine Auswahl aus hunderten und sehr gut in der Schule zu verwendenden Experimenten darstellen. Natürlich wäre es hierbei wünschenswert ganze Datenbanken an möglichen Schulversuchen zu sammeln. Diese Datenbanken könnten sowohl nach Schwierigkeitsgrad als auch nach einzuberechnender Zeit, welche im Unterricht für das Experiment erforderlich wäre, kategorisieren.

Generell ist im Nachhinein zu sagen, dass die Durchführung eines Unterrichtes zu einem gänzlich unbekannten Thema sicherlich nicht sehr einfach für die LehrerInnen ist, dass aber das vorliegende Material einen Einstieg in das eher unbekannte Thema der Hydrothermalquellen für LehrerInnen erleichtern soll.

Zuletzt bleibt noch zu erwähnen, dass das Material wird zukünftig auf der Homepage von der Wissenschaftlerin für die LehrerInnen zur Verfügung stehen. Dort können alle Materialien zeitgleich vom Internet downgeloaded werden und somit auch von den LehrerInnen bereits vor Antritt der Unterrichtsstunden über den genauen Ablauf dieser entschieden werden. Wie vom Lehrer vorgeschlagen, werden Graphiken und Internetadressen dort auch separat zu öffnen sein, um ein andauerndes Suchen in den Dokumenten zu vermeiden.

Quellen:

- Flick Uwe, von Kardoff Ernst,Steinke Ines; *Qualitative Forschung- Ein Handbuch*; 2000; Rohwolt Taschenbuch Verlag; Reinbeck, Hamburg;
- Altrichter Herbert, Posch Peter; *Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht*; 2007; 4. Auflage; Klinkhardt; Regensburg;
- Lamnek Siegfried; *Qualitative Sozialforschung*; 2005; 4. Auflage; Beltz Verlag; Weinheim, Basel;
- Raithel Jürgen; *Quantitative Forschung- Ein Praxiskurs*; 2. Edition 2008; Verlag für Sozialwissenschaften; Wiesbaden;

APPENDIX

• Unterrichtsbeobachtungen	97
• Interviewleitfaden	100
• Interview mit Klemens Wernisch	102
• Zusammenfassung und Abstract	114
• Danksagung	115
• Curriculum Vitae	116

Kürzelerklärung

Originalzitate des Lehrers

Abbildungen

Lehrer

Schüler oder Schülerin

SchülerInnen

Susanne Pramendorfer

Klemens Wernisch

Kursiv gedruckt

Abb.

L

S

SS

SP

KW

A) Unterrichtsbeobachtung und Fragen an die Lehrperson der Pilotstunden
„Plattentektonik“, „Mariner Vulkanismus, Hydrothermalquellen und
Chemosynthese“ und „Fauna der Hydrothermalquellen“

Stunde 1 „Plattentektonik“

Unterrichtsbeobachtungen - 02.03.11 - 14.40- 15.30h – Krottenbachstraße –19. Bezirk

Schulstundendauer: 50 min.

Lehrer: Klemens Wernisch

Schüler/Innen: 6/2

1. L teilt SS Aufgabezettel aus
2. L verwendet Abbildungen auf Power Point für Lehrer- Schüler Gespräch bzw. Frontalunterricht (Betonung liegt auf Wiederholung des Stoffs)
3. Abbildung 1: Aufbau der Erde wird besprochen (10,5 min)
4. Abbildung 3: Lithosphäreplatten (ozeanische vs. kontinentale Platten, Subduktion da höhere Dichte)
5. Abbildung 3 und 4 Lithosphäreplatten und Kontinente übereinander gelegt, MOR in Atlantik, Pazifik und Indik von L genau eingezeichnet (5,5 min)
6. Abbildung 5 Plattentektonische Prozesse mit Konvergenz (Subduktion), Transformation und Divergenz von L an Beispielen wie San Francisco Erdbeben, Neuseeland Erdbeben, Alpenauffaltung erwähnt und erklärt (4, 40 min.)
7. Abbildung 6 Kontinentalverschiebung der Kontinente genauer beschrieben; jedes der vier Bilder einzeln eingeblendet und mit SS besprochen (5 min.)

Nach ca. 25 min. Ende des Theorieteils

L teilt SS in Zweiergruppen ein, jedes Zweierteam bekommt eine Aufgabe von Experimenten
Zum Schluss sollen alle den anderen ihr Experiment vorstellen

- Experiment Gebirgsauffaltung: SS schneiden Materialien zu, füllen auf, sehen keine Auffaltung (Fotos der Experimente Abb. 9 nicht verwendet)
- Experiment Kontinentalverschiebung: Karton glatt → sinkt, besser Wellpappe, Prozess zu erkennen
- Rechnung der Kontinentaldrift: SS sehr schnell fertig (→ nicht als Einzelaufgabe für Station im Stationenbetrieb geeignet)
- Lithosphäreplatten: SS haben keine Lust auszuschneiden, L lässt übereinander gelegte Abb.3 und 4 über Beamer aufleuchten → SS schauen ab; benennen nicht

FRAGEN:

- 5.-6. Klasse zu wenig herausgefordert durch diese Experimente? Uhrzeit der Stunde?
- Keine Verwendung der SS Erklärung zu den Experimenten? (Experimente nicht so gut funktioniert, trotzdem keine Erklärung)
- Verwendung von Arbeitsblatt für SS → Aufgabenstellung deutlich genug erklärt? (Experimente nicht so gut funktioniert)
- Abbildung mit übereinander gelegten Platten (Abb. 3 und 4 zusammen) notwendig für Lehrmaterial?

Stunde 2 „Mariner Vulkanismus, Hydrothermalquellen und Chemosynthese“

Unterrichtsbeobachtungen - 09.03.11 - 14.40- 16.20h – Krottenbachstraße –19. Bezirk

Schulstundendauer: 100 min.
Lehrer: Klemens Wernisch
Schüler/Innen: 5/2

- Erklärung des Titels durch L (Was heißt thermal? Was könnte uns die Silbe Hydro verraten?)
- Verwendung Abbildung 10 (Lavasee); Bilder werden von L einzeln eingeblendet und erklärt
- Lehrer- Schüler Gespräch (*Um welche Kruste handelt es sich wenns basaltisch ist? Das sind wirklich Originaldaten was da passiert ist am Ostpazifischen Rücken. Da gibt es dann eine magmatische und eine tektonische Phase.*)
- Abbildung 11 Sedimentation (Was ist Sedimentation= *An der Plattendivergenz kommt neue Lava rauf, erstarrt und wird sedimentiert und immer weiter weg geschoben. Durch die Sedimentation ist berechenbar wie alt die Lava ist.*)
- 14.55h Abbildung 12 Wasserzirkulation (*Woher könnte das Wasser die Metalle haben? Das ist eine Fällungsreaktion. Was ist ein black-smoker? Wie muss das Gestein sein dazwischen damit es funktioniert- porös, Was könnte da jetzt die warme Quelle sein?*)
- 14.59h Verwendung von Tabelle Daten Ozean im Vergleich Thermalquelle Bad Gleichenberg, Erwähnt Thermalquellen in Bad Gastein und auch im Flachwasser der Ägäis (*Kennt das jemand? Schwefelwasserstoff. Ist sehr giftig. Es gibt im Thermalwasser keinen Sauerstoff und Schwefelwasserstoff ist viel da, pH Wert zwischen 2 und 3. Sehr lebensfeindliche Bedingungen.*)
- Verwendung der Abbildungen 13a/b und 14 zur Erklärung was heiße und warme Quellen sind
- 15.02h Chemosynthese (*Wovon könnten die Lebewesen in der Tiefe leben? Wer bildet die organische Masse. H₂S der für uns eigentlich giftig ist wird von den Organismen benutzt. Woher könnte der Sauerstoff kommen?*)
- 15.08 Ende von Theorie
- L erklärt weiteren Ablauf: Computer, Verwendung eines Arbeitszettels (von L selber zusammengestellt → Schau dir die folgenden Videos an: <http://www.youtube.com/watch?v=4LoiInUoRMQ>, <http://www.youtube.com/watch?v=XotF9fzo4Vo> und bearbeite Punkt 1-4 von <http://www.divediscover.who.edu/vents/index.html>)
- L bringt SS in Bibliothek zu Computer (15.15 h)
- 15.20h L erklärt noch einmal Ablauf (Erklärt, dass SS die wichtigsten Begriffe wie black und white smoker kennen müssen)
- SS sehen sich Videos an, <http://www.youtube.com/watch?v=4LoiInUoRMQ>
- 15.54 SS beginnen mit Quiz auf [divediscover.who.edu](http://www.divediscover.who.edu)
- 16.05 L geht mit SS zurück in Klasse und führt Experiment zur Konvektion durch → funktioniert, SS scheinen interessiert

FRAGEN:

- Keine Verwendung von Schüleraufgaben? (eigens zusammengestelltes Arbeitsblatt?, bewusstes Weglassen von Kreuzworträtsel)
- Verwendung von links?
- Bild von white smoker notwendig?
- Arbeit der SS mit englischen Materialien?

Stunde 3 „Fauna der Hydrothermalquellen“

Unterrichtsbeobachtungen – 16.03.11 – 14.40- 16.20h – Krottenbachstraße –19. Bezirk

Schulstundendauer: 100 min.

Lehrer: Klemens Wernisch

Schüler/Innen: 5/2

- Beginn mit Power Point
- Abiotische Faktoren gelistet (Temperatur: Quellen- vs. Seewasser, Sauerstoffgehalt: Schlot- vs. Seewasser, Schwefelgehalt → Chemosynthese, Druck, Licht bis etwa 200m Tiefe)
- Verwendung von Abb. Tiere (Riftia, Alviniconcha, Rimicaris) → Vorstellen von Organismengruppen
- Erklärung Biogeographie: Larvenverbreitung, Eier wandern, Larven in freier Wassersäule, Verwendung von Abb. „Plattentektonik“ 3 und 4 Kontinente, Plattengrenzen
- Abb. von Nahrungsnetz (eigene Graphik)
- Kurzerklärung Symbiose: Ekto- und Endosymbionten (eigene Bilder v.a aus The Handbook of Deep Sea and Hydrothermal Vent Fauna)
- 15.12 Ende Theorie
- Erteilt Aufgabe an SS: Jede/r biogeographische Zone und jede/r andere Tiergruppe (pro Zweiergruppe Arthropoden oder Mollusken oder Pesces usw.)
- Teilt Arbeitsblatt aus mit links zu Videos
- Nach 40 min. in Schulbibliothek,
(<http://www.youtube.com/watch?v=AlHJqA8YkoI&playnext=1&list=PLBFCA2611B091B96D> und http://www.youtube.com/watch?v=Efkg8AZg-_I)
- Danach suchen sie mit Hilfe von LehrerInnen Theorie F1 und wissenschaftl. paper Ramirez et al. nach Info
- Zu wenig Zeit, keine Referate mehr möglich; wird nachgeholt

FRAGEN:

Können auch SchülerInnen mit meiner F1, Lehrertheorie, arbeiten?

ALLGEMEINE FRAGEN ZUM UNTERRICHT:

- Tendenzielle Verwendung von Graphiken (andere Gestaltung der Graphiken eventuell besser?)
- Lehrererklärungen ausreichend?
- Schülererklärungen unzulänglich, da keine Verwendung des Materials?
- Fördert Material Interesse der Schüler/innen an Thematik?

B) Interviewleitfaden

Einführung

Liebe/r LehrerIn!

Ich danke Ihnen sehr, dass Sie sich für dieses Interview Zeit genommen haben. Ich hoffe, Sie haben nichts dagegen, wenn dieses Interview auf Tonband aufgezeichnet wird. Die Aufzeichnung soll mir eine Auswertung des Interviews im Nachhinein erleichtern, sowie mir helfen mich voll und ganz auf das Gespräch mit Ihnen zu konzentrieren, ohne vom Notizmachen abgelenkt zu werden.

Ich werde im Folgenden das Interview transkribieren und würde gerne Textpassagen davon in meiner Diplomarbeit zitieren, sofern Sie damit einverstanden sind.

Grundsätzlich geht es in meiner Diplomarbeit darin zu evaluieren, wie Sie das von mir verfasste Material zur Tiefseebiologie in Ihrem Unterricht verwendet haben. Ziel dieses Gespräches ist es meine Materialien für SchülerInnen und LehrerInnen mit Ihrer Hilfe zu verbessern und zu evaluieren.

Meine Fragen beziehen sich demnach auf die allgemeine Verwendung und wie es Ihnen dabei ergangen ist, sowie auf konkrete Beispiele aus dem Unterricht, den ich im Vorfeld beobachten durfte.

RUBRIK A- Allgemeine Fragen

1. Was hat Ihnen an der Verwendung des Materials zu Unterrichtseinheiten in der Meeresbiologie gefallen/ nicht gefallen?
2. Was ist bei der Durchführung der Einheiten besonders gut gelaufen? Was nicht?
3. Wie war es für Sie mit komplett vorgegebenem Material zu arbeiten?/Nachfragen: Was war daran für Sie einfach?/Was war daran schwierig für Sie?

RUBRIK B- Stundenspezifische Fragen

FRAGEN zur 1. Stunde „Plattentektonik“:

4. Mir ist aufgefallen, dass die praktischen Experimente (abgesehen von Rechnung und Ausschneiden) nicht so gut funktioniert haben. Woran lag das Ihrer Meinung nach? Glauben Sie, dass SchülerInnen der 5.-6. Klasse zu wenig durch diese Experimente herausgefordert werden? (oder Uhrzeit der Stunde? Tagesverfassung der SchülerInnen)
5. Was könnte bei der Durchführung der Experimente schief gelaufen sein? ODER: Wie müsste das Experiment verbessert werden, damit eine Durchführung klappt?

FRAGEN zur 2. Stunde „Mariner Vulkanismus, Hydrothermalquellen und Chemosynthese“:

6. Mir ist aufgefallen, dass Sie sowohl eine englischsprachige Interaktive Webpage, als auch zwei englischsprachige Videos zur Bearbeitung durch die SchülerInnen aus dem Material ausgewählt haben. Wie stehen Sie grundsätzlich zur Verwendung englischer Materialien bzw. zur Anwendung von Internet und weblinks?
7. Sie haben das Kreuzworträtsel nicht in ihre Stunde eingebaut. Welchen Grund hat das und wie stehen Sie persönlich zur Verwendung von Kreuzwort-Rätseln im Unterricht?

FRAGEN zur 3. Stunde „Fauna der Hydrothermalquellen“:

8. Welchen Eindruck haben die SchülerInnen auf Sie bei der Vorbereitung der Projektarbeit (Biogeographie und Tiergruppe) gemacht?
9. Wie ist stehen Sie zu den zur Verwendung empfohlenen Videos im Unterricht?

Stundenübergreifende Fragen zur konkreten Umsetzung:

10. Sie haben die Erklärungen der Experimente für SchülerInnen in keiner der drei Stunden verwendet. Welchen Grund gibt es dafür?
11. Sie haben in der dritten Stunde den SchülerInnen die LehrerInnentheorie F3 als Hilfestellung zur Recherche angeboten. Halten Sie die LehrerInnentheorie grundsätzlich für SchülerInnengeeignet?
12. Gibt es im Nachhinein Punkte die Sie doch verwenden hätten sollen, oder Informationen und Schüleraufgaben, die sie im Unterricht weglassen würden?

RUBRIK C

Zur Auswirkung auf SchülerInnen-Seite:

13. Welchen Nutzen haben die Unterrichtseinheiten zur Meeresbiologie Ihrer Einschätzung nach für die SchülerInnen Ihrer Klasse gebracht? Was haben Sie gelernt? Wurde das Interesse der SchülerInnen zum Thema „Hydrothermale Quellen“ Ihrer Meinung nach gefördert?
14. Was hat den SchülerInnen an den drei Unterrichtseinheiten gefallen/weniger gefallen?
15. Wie wirkt sich Ihrer Meinung nach diese thematische Einführung in die Meeresbiologie auf die anschließende Arbeit der SchülerInnen mit der Wissenschaftlerin Monika Bright im Projekt KiP2 aus?

Zu den Unterrichtsmaterialien:

16. Können Sie sich vorstellen, dass diese Unterrichtsmaterialien auch als Einzelsequenzen in Biologie- oder Geographiestunden (im Fall der Plattentektonik) einsetzbar sind? Ist es Ihrer Meinung nach wichtig alle drei Stunden hintereinander durchzuführen?
17. Würden Sie das selbstständige Durchführen der Unterrichtseinheiten zur Meeresbiologie auch KollegInnen von Ihnen zutrauen, die nicht so viel Vorwissen zur Meeresbiologie haben wie Sie? Welche Unterstützung bräuchten diese KollegInnen ihrer Meinung nach dazu?
18. Was soll bei den Unterrichtsmaterialien beibehalten werden?
19. Was sollte man ändern, was könnte man anders machen?
20. In wie weit ist das Material für SchülerInnen sowie jenes für LehrerInnen zu verbessern? Haben Sie Vorschläge?
21. Ist die Theorieerklärung für die LehrerInnen ausreichend, um die Schulstunden halten zu können?
22. Würden Sie die beschriebenen Experimente als schultauglich einstufen?
23. Werden Sie Teile dieser Materialien in Zukunft wieder verwenden? Welche?
24. In wie weit hat das Material zum Thema des Moduls „Wissenschaftliches Arbeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht“ gepasst?

Abschluss:

25. Möchten Sie sonst noch gerne etwas ansprechen, was bisher noch nicht Thema war?

Ich danke Ihnen sehr herzlich für das Gespräch!

C) Interview mit Klemens Wernisch zu den gehaltenen Unterrichtsstunden und der Qualität des Lehrmaterials
- 30.März 2011 etwa 16.00- 17.40 h

Im nachfolgenden Interview ist zu beachten, dass die Ausdrücke „Schüler“ und „Lehrer“ sowie „Kollegen“ sowohl für männliche als auch weibliche SchülerInnen, LehrerInnen und KollegInnen gelten.

Das Interview wurde zwei Wochen nach der zuletzt gehaltenen Stunde geführt. Die letzte Stunde fand am Mittwoch den 16. März im BRG 19 Krottenbachstraße von 14.40-16.20h statt. Das Interview folgte demnach am 30. März 2011, an der Universität Wien, Althanstraße 14 zwischen 16 und 17Uhr.

Die Lehrperson und die Interviewerin kannten sich bereits vor Durchführung des Interviews und sprachen sich deshalb beim Interview per „du“ an. Darüber hinaus war es nicht mehr nötig den Lehrer genau auf die Verwendung des Interviewmaterials hinzuweisen, da er im Vorfeld bereits aufgeklärt wurde und sich über die Aufzeichnungen durch Tonband bereits zuvor bewusst war und sich nicht dadurch gestört fühlte.

- SP: Ich möchte im Prinzip eh nur darauf eingehen... teilweise allgemeine Fragen stellen zu dem Konzept...dem ganzen als Gesamtes und dann halt auch teilweise noch... vielleicht...ein bisserl einzeln auf das das mir halt aufgefallen ist beziehungsweise wieso gewisse Sachen verwendet worden sind, wieso gewisse Sachen nicht verwendet worden sind...das hab ich eh schon einmal anklingen lassen.
- 5 Ahm... dann fang ich halt einfach einmal an die erste Frage zu stellen,... das sind so diese allgemeinen Geschichten um die es da gegangen ist.
- Und zwar,... ah... was hat dir besonders gefallen an dieser Verwendung des Unterrichtsmaterials und was fällt dir spontan dazu ein ...das dir gar nicht gefallen hat.
- 10 KW: Mh...
- SP: Mit dem Material sozusagen.**
- KW: Wenn ich es ganz allgemein betrachten will... ehm... es ist einfach gut, dass glaub ich die Schüler vorher einen theoretischen Input kriegen, damit sie eben... wirklich im Thema drinnen sind bevor sie sich mit der Wissenschaftlerin treffen. Andererseits ist es halt so dass...dass man halt Zeit investiert,... diese sechs, diese drei Doppelstunden, diese sechs
- 15 Stunden... ehm... wo es halt die Frage ist ob es nicht teilweise gescheiter ist das zu kürzen und dann immer dann Information zu geben, wenn es wirklich grade aktuell notwendig ist. [... SP: wenns notwendig ist des einzubauen...]
- Und das ist halt so der Spagat der... der irgendwie... fragwürdig ist oder für mich wichtig wäre, und da bin ich mir aber ich selber noch nicht sicher was wirklich jetzt gescheiter ist oder ist auch glaub ich jetzt schwierig zu
- 20 sagen was das einzig Richtige jetzt halt ist. Aber es gibt halt gewisse Teile wo ich mir denk... jetzt hinterher betrachtet, die... da hätte ich mir die Zeit lieber gespart und es wo anders investiert...und es gibt Sachen... und den Großteil...denk ich mir... die prinzipielle Idee, find ich gut, dass man den Schülern wie gesagt zuerst gleich mal Informationen und Inputs bietet
- 25 und das kann ich mit den Unterlagen recht gut.
- SP: Das heißt das sind ...ehm also... jetzt... hast du quasi allgemein darüber gesprochen wie das ehm...was es für Vorteile birgt, dass man den Schülern grundsätzlich eine Einführung gibt, aber ich...ehm würd mich jetzt gerne auf das Material per se beziehen...sozusagen...was sozusagen an dem grob, ... du brauchst keine Rücksicht darauf nehmen, dass ich es das gemacht habe, [K: Jaja klar] was an dem sozusagen grob sehr sinnvoll war und grob gesehen eigentlich total unsinnig war oder weiß ich nicht wie du das gesehen hast...**
- KW: Ok, nachdem das ein Vertiefungsmodul ist, wo die Schüler ja wirklich tiefer reingehen finde ich, dass vor allem die zweite und dir dritte Einheit mehr gebracht haben als die erste
- 35 Einheit weil die erste Einheit etwas ist was ich ja klassisch im Unterricht mache, also sehr viel mit Plattentektonik und so weiter... ich mein Auffrischung sicher auch nicht schlecht aber das würd ich als erstes zusammenkürzen, wenn ich was zusammenkürzen müsste...sagen wirs mal so.
- SP: Mhm. Ok...gut... dann ... ehm... Was war bei der Durchführung der drei Einheiten besonders gelungen und was hat überhaupt nicht funktioniert, deiner Meinung nach?... Oder gibt es was das besonders gelungen war oder besonders ungelungen?**
- KW: Was sehr gelungen ist, ist das Arbeiten mit diesen links ... die in den Unterlagen waren... vor allem das was ich in der zweiten Einheit bewusst einsetzen wollte, da waren
- 45 einige wenige links die schon abgelaufen sind ... aber ich...das glaub ich kann man eh nie verhindern ... das geht eh nicht und glaub das ist bei den Schülern auch recht gut angekommen, dass sie da selbsttätig arbeiten können und sich das rausfischen was sie brauchen ...
- SP: Mhm.**
- KW: Ahm... noch besonders gut... ja besonders gut hat mir einfach prinzipiell gefallen dass es einfach viele Informationen dann ah drinnen waren die ich selber... einfach für mich neu hab aufnehmen können ... das ist nie schlecht. Weil das bereichert einfach das ganze, also

echt eine Spezialisierung gewesen ist... besonders...was war noch... besonders nicht gelungen oder...

SP: ...oder nicht gelungen je nachdem

5 KW: Ja es waren die ersten Experimente,... bei der ersten Einheit, wo ich...das hab ich damals auf der Uni schon einmal so ähnlich gemacht und da hats auch nicht so funktioniert wie ich mir das vorgestellt hab oder wie es damals der Professor vorgestellt ... **[SP: lacht Ja..]**hat und... ja und das war vielleicht... dass ich mir denk... da investiert man halt auch Zeit...wo ich mir denk... das wär nicht notwendig glaub ich.

10 **SP: Wie ist es für dich gewesen...grundsätzlich mit einem vorgegebenen Material zu arbeiten?**

KW: Es war so füllig, dass es auch überhaupt kein Problem war....ich hab mir ja sowieso nur einen Teil rausnehmen können und...das hat mir super viel gebracht... und auch die Strukturierung hab ich größtenteils so übernehmen können, weils ja auch super strukturiert war.

15 **SP: Ok...ahm...gut dann hab ich zur ersten Stunde einmal einfach so stundenspezifisch einmal ein paar Fragen...[KW: ja] und zwar ist mir aufgefallen, dass diese praktischen Experimente eben nicht so gut funktioniert haben...ehm...and welcher...welchen Grund könnte das deiner Meinung nach haben?**

20 KW: Ah... einerseits bei dem Experiment mit dem ah... wie heißt des... Wattestäbchenbox... da hab ich wahrscheinlich zu wenig Erfahrung mit dem. Ich hab schon durchgelesen... mit den Unterlagen... und auch gesehen was rauskommen soll, aber das hab ich dann ad hoc auch irgendwie nicht richtig nachvollziehen können was ich da jetzt falsch... oder was die Schüler da jetzt falsch gemacht haben **[SP: Mhm]** ...weil sie habens ja eigentlich eh nach der Anleitung gemacht. Aber da ist vielleicht ein bisschen Erfahrung... beim Anderen...es ist vielleicht auch das Material teilweise gewesen, weil wie gesagt damit hab ich eigentlich
25 Erfahrung gehabt, aber wie gesagt da war die Erfahrung jetzt auch nicht so von...

SP: Also du redest jetzt quasi von....

KW:... von dem Plattentektonik mit der Konvektion, drunter, ja genau und das dritte Experiment....nein des war schon bei der zweiten Einheit...

SP: ...es war eine Rechnung und ein Auseinanderschneiden sozusagen...

30 KW:...ja genau....

SP: Ahm...hast du das Gefühl gehabt dass sich die Schüler teilweise unter- oder überfordert gefühlt haben bei diesen Experimenten spezifisch einfach nur... also bei dieser Auswahl der Experimente?

KW: Ja glaub ich doch, das war insgesamt eher unterfordert, ja.

35 **SP: Ok, mhm...ahm wie könnte das Experiment teilweise verbessert werden, damit das besser klappt...hast du da eine Idee? Ich weiß eh dass das jetzt so...**

40 KW: Ja ich glaub, dass das mit dem Styropor... ich weiß eh wir haben da verschiedene Kartone gehabt und es war auch gut, dass die Schüler verschiedene mitgebracht haben, dass mehrere was mitgebracht haben...ahm... da glaub ich halt, dass vielleicht mit einem anderen Karton, oder vielleicht mit Styropor, das vielleicht wirklich besser funktioniert, ja. Und dann hat man das ja auch langfristig also das ist ja nicht nur eine Investition, jetzt, also das hat man ja länger. Dann bei dem mit dem Wattestäbchen..., ich mein das ist prinzipiell eh super, wenn man halt wirklich Haushaltsmaterialien, die billig und einfach und schnell zu holen sind... ja das ist glaub ich vielleicht mehr Übungssache, dass einfach klarer wird was wichtig ist...

45 Die Rechnung ist eh klar gewesen....

SP: ja

KW: und was war noch?

SP: die Platten ausschneiden [KW: ja] ja gut das kann man dann...

KW: ja ok...

50 **SP: gut...**

KW: Bei dem Plattenausschneiden vielleicht... das hab ich ja auch in der Power Point verwendet... da hab ichs fast anschaulicher gefunden, als direkt... das was die Schüler da direkt bearbeitet haben

5 **SP: Ja ich mein ich muss dazu sagen als Erklärung vielleicht zudem. Mein Hintergedanke war das..., wenn man die Platten nicht so genau erklärt kann man es den Schülern quasi selbst probieren lassen [KW: ja] ohne, dass man das übereinander legt. Du hast das geschickt gemacht. [KW: ja] Du hast es einfach übereinander gelegt [KW:ja], was ich ja grundsätzlich in meinem Material gar nicht gemacht hab, ne, also würdest du ja vielleicht einen Sinn macht eine solche Abbildung einfach noch... noch zu offerieren. Den Lehrern sozusagen, wo man das übereinander legt?**

10 KW: Ja, glaub schon... ja... oder ich habs mir zuerst überlegt ob ichs mit Overhead Folien mach, aber dann hab ich mir gedacht... ich hab eh power point Präsentation und dann mach ichs gleich mit der. Ja natürlich ist das klar... nicht jeder Lehrer hat jetzt einen... in einer jeden Unterrichtsstunde immer Power Point zur Verfügung...ja also **[SP:ja]**, aber mit
15 overhead – Folien zum Beispiel, die als Ausdruck einfach da liegen ... Dann hats ja... ich mein ein overhead projektor ist ja fast in jeder Klasse drin...ne **[SP: das stimmt, ja]**... ich mein dadurch ist das dann wirklich extrem brauchbar.

SP: Mhm... ja ich mein weil ich mir dann nämlich gedacht habe: Ja das ist geschickt, das könnte man eigentlich so noch anbieten [KW: ja],... so direkt.

20 KW: Ja genau,... eben das wär wirklich ein gutes Angebot, ja.

SP: Ahm, gut...dann zu... hast du noch was zur ersten Stunde jetzt primär zu sagen, was dir jetzt noch einfällt?

KW: Nein ich glaub das war eh das wichtigste, jetzt zu sagen...eh...

S: Ok, vielleicht kommen wir ja dann nachher noch einmal...

25 K: Ja

SP: Dann zur zweiten Stunde, wie gesagt. Mir ist aufgefallen, dass sozusagen diese englischsprachigen...ah... interaktiven webpages von dir verwendet worden sind [KW: ja] und auch diese zwei-... oder englischsprachigen Videos und wie würdest du sagen hat das mit den Schülern funktioniert... ich mein abgesehen davon, dass ich mittlerweile mitbekommen habe, dass diese Schüler teilweise in bilingualen Klassen sind, oder so...[KW: ja genau]

Würdest du das auch in einer anderen Klasse verwenden wo sozusagen keine bilingualen Schüler sind?

35 KW: Ich glaub, dass es irre wichtig ist, dass wenn man...eben wenn man schon davon spricht, dass man mit...der Wissenschaft und an der Wissenschaft arbeiten, dass ... den Schülern wirklich klar werden muss, dass Englisch auch die Wissenschaftssprache des 21. Jahrhunderts ist und dass sie darum nicht herum kommen. Also ... eh.. ja, also da würd ich davon nie zurückschrecken.

SP: Und ab welcher Klasse würdest du das irgendwie... oder kann ...

40 KW:... Also ab der Oberstufe kann mans auf jeden Fall... **[SP: Ok...]** ... einfließen lassen, ja...Ich mein in der Unterstufe darf man sie nicht zuviel verschrecken. Es war ja... ich mein wenn man wirkliche...ah... naturwissenschaftliche Literatur Englisch her nimmt, dann ist das natürlich eine Katastrophe, wenn dann die ganzen Fachbegriffe auch noch reinkommen. Aber so also das war, find ich, in einer Intensität und auf einem Level, das einem
45 Oberstufenschüler... en...ersten zumutbar ist... und zweitens soweit zumutbar, dass er dadurch nicht verschreckt wird, **[SP: Mhm]** sodass er trotzdem... das war ja David Attenborough zum Beispiel, eine DVD... das ist wirklich etwas das machbar sein sollte...ja.

**SP: Ahm..., was mir noch aufgefallen ist, ist dass du die Kreuzworträtsel grundsätzlich umgangen bist [SP: grinst] in den Materialien ...[KW: grinst, ja], ahm... und ich wollte einfach fragen, ob du grundsätzlich zu Kreuzworträtseln im Unterricht überhaupt nicht
50 [KW: nein]... oder wie ist denn das?**

- KW: Doch.... Schon... nur, ahm...das Problem war einfach, dass einfach Begriffe drinnen sind, die ich irgendwie in meiner Präsentation und so weiter und inhaltlich nicht untergebracht habe... und dann die Alternative... oder der Schritt der dann notwendig ist, dass man halt dann im Kreuzworträtsel... ein... ein neues Kreuzworträtsel zusammen stellt. Das tu ich auch.
- 5 Ich hab auch das puzzlemaker und so weiter, da du... **[SP: Mhm]** angegeben gehabt hast... das kenn ich alles ... und verwend ich auch, nur dann hätt ich halt alles neu machen müssen und dann... ist es ja auch nicht das Material, das du mir gegeben hast... und **[SP:mhm]** das ist dann ja glaub ich auch nicht so **[SP: nein... eh...]**...
- SP: Es war ja nur grundsätzlich** [K: ja genau]...
- 10 KW: Nein, aber prinzipiell hab ich keine negative Einstellung gegenüber dem
- SP: Ok, einfach nur...ah... wie soll ich sagen, dass man das halt dem Lehrer dann sozusagen sagt** [KW: ja], wenn man das schon anbietet... breiter, dass man dann da vielleicht [KW: ja] eine kurze Bemerkung fallen lässt, zwecks [KW: ja] Kreuzworträtsel oder so...[KW: genau, ja]...oder auch nicht
- 15 Ahm... gut, dann hätt ich die dritte Stunde: Welchen Eindruck haben auf dich die Schüler ahm...bei der Vorbereitung der Projektarbeit gemacht? Also im Prinzip... war es ja so, dass sie relativ viel Eigenarbeit [KW: ja] am Computer ahm...gemacht worden ist und da ist ja auch dann der link verwendet worden zu diesem paper, das ich sozusagen gegeben hab, das man dann als Anstoß nehmen kann ... mit dieser
- 20 Abbildung, nicht? Ich weiß nicht, ob dich du ...
- KW: das Buch oder...?
- SP: Ja genau... du hast ja das Buch, glaub ich ahm** [KW: ja]...gegeben und hast du nicht den zweiten link auch hergegeben zur Biogeographie, von den verschiedenen [KW: ah...ja genau, ja... das war im Arbeitsblatt drinnen], genau...ahm. Wie hast du das, ... wie
- 25 sozusagen den link, weil das ist ja auch ein wissenschaftliches paper in dem Sinn, nicht [KW: ja], also das ist wirklich ein rein wissenschaftliches... leicht geschrieben... unter Anführungszeichen...[KW: ja]...Aber wie hast du da gefunden dass die Schüler das aufgenommen haben?
- KW: Also ich bin beim Rundherumgehen ... hab ich gesehen, dass... dass viele nicht nur das
- 30 aufgeschlagen haben, sondern damit auch wirklich gearbeitet haben. Vor allem die Mädels... hab ichs bewusst beobachtet und auch beim... wer war das noch... beim Gernot und Max zum Beispiel, das heißt... gut die Hälfte hab ich bewusst mitgekriegt, dass sie, dass sie da nicht nur angeschaut haben und... aha, da ist das und das hab ich eh im Vortrag schon gehört und damit abgehakt ,... sondern wirklich den extra verwendet haben **[SP:ok]** ... also wirklich
- 35 den gelesen haben **[SP: mhm]**. Und auch in dem Informationen auch herausgenommen haben. Die Vorträge selbst waren ja noch nicht, deswegen... **[SP: jaja]** ...kann ich da nicht...**[SP: das stimmt schon ja]**... also ich ...**[SP: das kommt dann noch]**...das Produkt kommt noch, das kann ich da jetzt nicht beurteilen, aber zumindest das Bearbeiten **[SP: ok]** ...soweit.
- 40 **SP: Also das heißt sie sind sozusagen nicht davor zurück geschreckt auf einen wissenschaftlichen Artikel zurückzugreifen** [K: glaub ich nicht, nein]...
- Mhm... Die Videos, die... sozusagen angeboten waren, und ich nehm an du hast dich da ein bisserl durchgeklickt** [KW: mhm], weil du ja auch gesagt hast...links sind leider schon wieder [KW: ja] ... vielleicht kannst du mir das dann auch sagen [KW: ja] ...was
- 45 da sozusagen [KW: ja] ...schon wieder ahm... oder ich schau mir selber noch einmal an natürlich...Ahm...Würdest du diese Videos für den Unterricht allgemein empfehlen ... für den Biologieunterricht? Also ich sag jetzt einmal grob, pauschal gesagt?
- KW: Ja. Also ich find, grade bei der Tiefsee...Tiefsee ist halt etwas wo es eine Abbildung alleine oft ganz anders auf einen Schüler oder auch auf mich wirkt, als es dann in Wirklichkeit aussieht. Also...ein black-smoker in einer Schemazeichnung wie
- 50 der...Hydrothermalflüssigkeit... wie die entsteht und so weiter ... da stell ichs mir gleich ganz anders vor, als wenn ich das dann wirklich live sehe. Und deswegen glaub ich schon...

- und vor allem die Videos waren ja nicht so, dass da jetzt eins...stundenlang dauern, sondern die geben kurze inputs und vermitteln den Lebensraum glaub ich schon sehr Eindrucksvoll. Vor allem weils ein Lebensraum ist den man glaub ich überhaupt nicht kennt... **[SP: ja]** ...und deswegen find ichs schon sehr brauchbar, auch für den allgemeinen Unterricht, ja...
- 5 **[SP: mhm]** ... und ich hab übrigens das von der dritten Einheit, ja Hydrothermalismus, schon in einem anderen Unterricht verwendet, mittlerweile. Also, es zählt sich schon aus..., ja auf jeden Fall.
- SP: Ja ok. Wie würdest du das dann beurteilen, in wie weit das sozusagen machbar ist, das... von der Infrastruktur her...wie weit haben die Lehrer die Möglichkeit, dass sie**
- 10 **das schnell mal ansehen, sozusagen,...diese Videos?**
- KW: Für sich selber anzuschauen?
- SP: Ahm... nein für sich selbst, eher leichter, aber ich mein in der Klasse...der Klasse zu zeigen, sozusagen.**
- KW: Ja das kommt... natürlich auf die Ausstattung an **[SP: ja]** ... Dadurch, dass in
- 15 Lehrerzimmern...glaub ich zumindest...sind ja PCs vorhanden und... ich mein wenn...selbst wenn man sie brennt, also... DVD Abspielgeräte gibt's eh in jeder Klasse mittlerweile schon relativ häufig, also...selbst wenn man keinen Beamer hat und so weiter...wir sind im Biosaal in dem Fall,... da haben wir einen Beamer, weil wir im Biosaal sind...aber selbst... wenn mans wirklich zeigen will ist es schon mit einem Brenner und so weiter relativ einfach jetzt
- 20 mit....Oder sogar mit USB Stick eigentlich... **[SP: ja]** ...weil die Größe ist ja wirklich schon mittlerweile vertretbar **[SP: ok]** ... was jetzt die Verfügbarkeit ... ist glaub ich schon da. Ich mein USB Stick ist wieder die Frage ob du einen DVD Spieler hast, der das kann, aber... zumindest mit gebrannt und dann direkt abspielen geht ja, mittlerweile.
- SP: Genau, ok... Dann hab ich noch ein paar stundenübergreifende Fragen, sozusagen.**
- 25 **Ahm... Du hast,...ahm... was mir aufgefallen ist die Erklärungen der Experimente für die Schüler nicht verwendet. Also ich hab ja sozusagen mein Material...[KW: Ich hab den Schülern,...genau das ohne Erklärung ausgeteilt, genau...].**... genau. **Und...ahm... hast du da einen gewissen Grund dahinter gesehen, oder war das einfach nur... keine Ahnung... weil du halt einfach nicht verwendet hast... oder so ...oder gibt's da**
- 30 **irgendwie einen bestimmten Grund dafür...**
- KW: Naja, es war irgendwie die Frage, was von den zweien soll ich ausdrucken, weil beides... des ist irgendwie dann...das ist mir zuviel Papierverschwendung... **[S: ja]** und...da hab ich mir gedacht es ist schon die Arbeitsaufforderung an die Schüler mehr impliziert, wenn ichs offen lass und auch dass ich einfach sehe, wie viel kommt da noch zurück, als wenn ich
- 35 ihnen schon das Ergebnis mitliefere. Mach ich auch gelegentlich aber in dem Fall hab ichs einfach als besser empfunden...das eben damit auch impliziert wird, dass... dass die Schüler was tun sollen.
- SP: Und in welchem...Würdest du in irgendeinem Fall sozusagen das verwenden? Das Material, also diese Erklärungen für die Schüler oder würdest du das für deinen Unterricht**
- 40 **eher nicht verwenden?**
- KW: Ja verwenden... für mich würd ich sagen ist das sehr wichtig, dass die Erklärungen dabei sind nur dass ich es direkt den Schülern in die Hand drück... würd ich nicht machen, ...würd ich in dem Fall nicht machen. Aber es ist natürlich wichtig, dass das dabei ist...**[SP: Mhm...]**...jaja das schon ... für den Lehrer find ich es auf jeden Fall sinnvoll **[SP: Ja]**, weil
- 45 der sollt immer ein viel breiteres Bild bekommen können, als den Schüler da zu...ja das auf jeden Fall **[SP: ok]**...ich hab das jetzt zuerst eher gemeint ob ichs den Schülern direkt in dir Hand drück....
- SP: Nein, nein... also ich... meine Frage ist eigentlich eher die: Es gibt ja für Lehrer eine Erklärungsseite [KW :mhm genau]... und für die Schüler extra, also da sind ja**
- 50 **teilweise auch die Erklärungen nicht komplett deckend, nicht [K: Ja genau].Und da ist jetzt eben die Frage ob das sozusagen Sinn macht ...ahm...das dann auch dem Lehrer auszuhändigen?**

KW: Ja das find ich auf jeden Fall.

SP: Ja...nachdem du das eben nicht verwendet hast, ob es sozusagen....einen Grund...

KW: Ja nicht verwendet,...hab ich... ich mein direkt eingebaut....in den Unterricht hab ich es nicht aber verwendet in so fern, dass ich es mir natürlich durchgelesen hab.

5 **SP: Jaja, das weiß ich schon, ...aber ich mein einfach, dass du es den Schülern nicht direkt gegeben hast... [KW: ja, nein das hab ich nicht]... nach dem Experiment, oder wie auch immer...[KW: ok].**

SP: OK,... du hast bei der Lehrertheorie, was mir aufgefallen ist,...nein bei der dritten Stunde hast du die Lehrertheorie den Schülern angeboten, als Hilfe zum nachschauen, nicht?

10 KW: Was heißt Lehrertheorie?...Aso....Ja.

SP: Diese...ahm..., sozusagen, das das ich geschrieben habe zur Fauna, nicht? [KW: ja genau, das]...was eigentlich für die Lehrer gedacht ist hast du den Schülern angeboten [KW: ja]. Wie siehst du das ...Wie sind sie damit zurecht gekommen? War das zu kompliziert geschrieben für die Schüler, oder haben sie das auch genauso aufnehmen können? Gut? Oder können damit arbeiten, weil ich bin ja jetzt mittlerweile drauf gekommen, dass du ihnen alles auf die homepage geladen hast [K: ja hinterher, ja mhm], dass sie nachschauen können und so...Glaubst du, dass die Schüler damit selbst auch was anfangen können und nicht nur die Lehrer?

20 KW: Ja das glaub ich auf jeden Fall. Ja also... ich mein es war einfach auch...weil wir haben ja die Tiergruppen verteilt...und da ist es nicht nur darum gegangen, weil es ja eine gewisse Fokussierung sein soll...es soll ja nicht dann bei den Mollusken die Weinbergschnecken **[SP: ja genau]**...so was man im Internet halt als erstes findet, wenn man Mollusken eingibt und... ich mein das war mal erstens die Fokussierung, dass sie halt wirklich dann in der Tiefsee
25 bleiben und bei den... ich mein da war ja auch eine Tabelle, die hab ich ja extra noch hinten noch reinkopiert **[SP: ja]**...zusätzlich zu dem Skript, dass sie wirklich möglichst dabei bleiben und da find ich, dass der Text auf jeden Fall für die Schüler verwendbar ist.

SP: Und würdest du sagen, dass außerhalb ...ahm... dieser Arbeitsaufgabe der Text für die Schüler auch verwendbar ist? Du hast ja alle drei Texte gelesen, sag ich jetzt einmal [KW: ja:]...glaubst du kann man da mit Schülern mit diesem Text auch arbeiten, weil grundsätzlich ist er ja für Lehrer gedacht [KW: ja] und die Frage ist jetzt: Glaubst du, dass die Schüler damit auch zurecht kommen würden?

30 KW: Ja es sind natürlich viele Begriffe drin, aber wenn ich allein schon schau, dass eine Schülerin eben, ...warst e dabei...sogar einen Fehler drinnen findet, also da merkt man schon
35 dass Schüler...ja dass sie schon damit arbeiten können. Ja... ich mein natürlich gibt es unterschiedliche Schüler und so weiter **[SP: na eh....]**...aber prinzipiell schon, ja. **[SP: OK.]** Und ich finds halt wichtig, dass sie...dass sie da halt jederzeit auch wieder nachschauen können, deswegen hab ichs dann auch hinterher raufgeladen, weil es ist auch einige male von den Schülern gekommen, kriegen wir das eh und...**[SP: ah...ok]**...und wie schaut das aus
40 und so weiter...und...natürlich kann ich ihnen das was ich im power point verarbeitet hab ...ich hab ihnen halt beides zur Verfügung gestellt, dass sie auch das Rohprodukt...praktisch...**[SP: ja...das ist eh grundsätzlich ...total in Ordnung, aber wie gesagt ich mein es ist halt nur der Hintergrund der,...dass man sagt ok, man macht als Entwickler, sozusagen, [KW: ok] was für Lehrer und was für Schüler [KW: mhm] und**
45 **dann ist die Frage: Muss ich das überhaupt trennen oder nicht, ja...[KW: Ok verstehe]...in dem Fall. Um das ist es mir dann gegangen, dann,...wie ich gesehen hab, dass die eh mit dem gut umgehen können,...halt...**

KW: Ja ok.

50 **SP: Ja gibt's im Nachhinein irgendwelche Punkte, die du jetzt sagst hättest noch verwenden sollen, oder hättest noch Informationen an die Schüler geben sollen, oder hättest weglassen können? Du hast vorher eh schon angesprochen...hin und wieder denkst du dir, da hättest du was weglassen können? Aber...weiß ich nicht,...was**

spezifisch, würdest du da sagen, geht da zu sehr in die Tiefe, oder zu wenig, vielleicht sogar...beim Material selbst?

KW: Dazu hab ich eigentlich nur einen Punkt, das ist...es ist ja wenn andere Lehrer das zur Verfügung gestellt bekommen, dann würden sie ja auf irgendeine homepage gehen mit dem link und hätten dann alle Informationen praktisch auf einmal,...sag ich... **[SP: Mhm]**...und ich glaub ich hätt's insgesamt noch anders gemacht, wenn ich eben auch... ich mein das ist halt entwicklungstechnisch...e...Gründe, dass ich es nacheinander gekriegt hab, aber ich glaub wenn man das ganze Paket auf einmal hat oder ich gehabt hätte, dann hätt ichs wahrscheinlich anders verteilt. Dann hätt ich insgesamt eben... dann hätt ich gesehen aha, da kürz ich das erste zusammen, weil ich hinten seh, da brauch ich mehr Zeit **[SP: Mhm]**. Weil eben dann auch bei den Präsentationen zu wenig Zeit dann eben war ... **[SP: ja das war jetzt in dem Fall...**]...weil eigentlich wars ja als Vorbereitung unter uns gedacht und nicht, dass sie es da dann der Monika präsentieren, was vielleicht...vielleicht noch eingebaut wird. Aber... das war ja dann praktisch der Umschwenker **[SP: ja]**, weil das hab ich einfach gesehen, dass es zeitlich nicht...machbar ist.

SP: Ja das war sozusagen, vom Zeit...von der Zeitplanung her [KW: ja]...das...

KW: Ja, ja genau. Aber das ginge, weil in Zukunft ist es ja so, dass ein Lehrer da hingehet und sieht ok, eins, zwei, drei und dann... glaub ich... ist es noch einmal ein Qualitätssprung,...wenn man das dann hat, ja.

SP: OK, dann würd ich noch gern zur Auswirkung was die SchülerInnen betrifft, oder... was die Auswirkungen dieses Materials auf die SchülerInnen... betrifft ein paar Fragen stellen. Und zwar...ahm...was glaubst du hat das Material sozusagen für dieses Projekt jetzt gebracht...bei den Schülern und wie...was glaubst du haben sie da besonders gelernt...oder wie...wie weit hat das Material sozusagen diesen Lernprozess..., der ja offensichtlich erfolgt ist, wie ich schon letztes mal gesehen hab,...ahm unterstützt?

KW: Ja es waren einfach viele Dinge. Ich mein, das erste ist einmal, dass natürlich eine wahnsinnige Recherchearbeit, die dahinter steckt, die ich mir sonst einfach zeitlich nicht angetan hätte...das ist mal ein wichtiger Punkt **[SP:ja]**...das nächste ist...dadurch, dass einfach viele verschiedene Methoden...nicht jetzt direkt impliziert waren...sondern dadurch, dass einfach viele verschiedene Methoden ermöglicht worden sind...dadurch...also vom experimentellen, bis halt...den links...Information und so weiter...ist es einfach sehr weit gestreut gewesen und damit hab ich einfach eine gute Palette zur Hand gehabt. Und damit haben die Schüler natürlich auch eine Vielfalt gekriegt, die sonst halt oft im Unterricht halt nicht möglich ist. Und dann...das bewirkt halt natürlich beim Lernerfolg auch sehr sehr viel. Und...was war noch...für den Lernerfolg der Schüler...**[SP: Oder für die Motivation prinzipiell der Schüler. Was kannst du dir da vorstellen?...abgesehen vom Thema jetzt,...weil das ist halt spannen....sag ich jetzt mal]**....Mhm...ja...ja dass es wie gesagt sehr detailliert gewesen ist und dass es wie gesagt...sehr viele Sachen...eh die die ich selber auch nicht parat gehabt ...alleine das...ich mein das ist ja notwendig, das ist ja der Rohstoff, damit es bei den Schülern auch dann gut ankommen kann. Und das ist glaub ich der aller wichtigste Punkt dann. Und das war auf einem Level, der für einen Lehrer schon sehr gut ist und für Schüler eben auch recht gut machbar ist, glaub ich.

SP: Was glaubst du hat den Schülern an den drei Unterrichtseinheiten am besten oder...am wenigsten gefallen, sag ich jetzt mal? Rein vom Gefühl her...

KW: Ja...Also wenn ich mir da die...ich mein ich war letzte Woche jetzt nicht da...aber allein jetzt da die Wortmeldungen...das mit Chemosynthese ist offensichtlich ziemlich hängen geblieben...das scheint einen Eindruck gemacht zu haben. Dann auch teilweise diese abiotischen Faktoren. Was ich überrascht bin, was heute so oft war...die mit...die evolutionären Fragestellungen und so weiter, weil des war im Ding...ja eigentlich kaum drinnen ...das war wieder umgekehrt überraschend. Oder etwas wo offensichtlich die Schüler auch Interesse daran haben... ob...wie hängt das... weil heute auch die Frage war „Sind die

jetzt im Seichtwasser oder im Tiefwasser entstanden?“...das offensichtlich ein Bedarf da von den Schülern...den ich jetzt ad hoc auch nicht decken könnte...wo ich mir denk eben...super du und jetzt da mit einer Wissenschaftlerin zusammen,...da habts natürlich eine super Möglichkeit so was auch zu präsentieren und... warte noch mal die Frage?

5 **SP: Was den Schülern an den Unterrichtseinheiten gefallen...**

KW:...Genau....genau...das waren einmal die Sachen, die glaub ich wirklich stark da waren... und dann noch darüber hinaus... und eben, was ihnen eher nicht gefallen hat... oder ...

10 **SP: Mhm...oder wo du was mitbekommen hast wo sie eben gesagt haben,...sozusagen...das war jetzt nicht notwendig oder wie auch immer ...ich mein abgesehen davon, dass die Experimente [KW:jaja] nicht besonders gut funktioniert haben, aber...**

15 KW: Ich glaub, dass vielleicht, ja, dass... der Bogen am Anfang vielleicht...ich mein es ist nie schlecht breit einzusteigen...aber das ...der Schalenbau und so weiter...war für die Schüler glaub ich zu weit weg vom...vom aktuellen Thema....**[SP: ja]**...Das vielleicht. Und sonst?...Überlegen....Ja sonst...wie gesagt...kann ich jetzt schwer....was....sagen...

SP: Na ich weiß eh...aber vielleicht...hätt ja was sein können.

KW: Na glaub ich...na sonst fällt mir jetzt ad hoc eigentlich nix ein, nein **[SP: mhm]**

20 **SP: Ahm....das AECC hat mich gebeten diese Frage zu stellen, sie interessiert mich aber grundsätzlich auch und zwar: Wie glaubst du wirkt sich diese thematische Einführung sozusagen dann auf das Folgeprojekt in KIP2 jetzt aus...also was für einen Sinn macht das jetzt grob...mich da sozusagen zuerst mich da sozusagen mit so einer Materialaufgabe zu betreuen und dann nachher sozusagen...der Lehrer der das dann macht...und dann erst mit diesem Vorwissen in die Schule...ah....auf die Uni zu kommen?**

25 KW: Ich glaub das ist vor allem bei den Schülern sehr stark auch als Vorbereitung angekommen...ist. Dass sie wirklich da dann sitzen und ...durchargumentieren können...und dann eben stärker in der Materie drin sind **[SP: Du meinst sie sind...sich dessen bewusst]**...und eben dabei darüber noch...ja glaub ich schon, ja. Dass sie sich da sehr bewusst sind, dass jeder glaub ich auch Expertenwissen gekriegt haben und da auch mit einer Wissenschaftlerin auf der Uni...jetzt nicht auf Augenhöhe...aber... in einer...also...mitreden können, oder mit ihr reden können. Weil das war beim KIP1, wenn ich das jetzt mit dem 2er Vergleich ...wie die da jetzt einsteigen...das ist schon. Ich mein natürlich sind es andere Schüler und es ist eine kleine Gruppe, das ist schwer zu vergleichen, aber...das kommt mir schon vor, dass die da schon, jetzt einfach....ich will jetzt nicht sagen...Hemmung oder dergleichen... weniger haben, aber einfach...ja...einfach das leichter anpacken können jetzt. Obwohl es ihnen auch extrem viel Wissen... und die Monika zeigt ihnen auch wo sie das Wissen nicht haben... aber trotzdem ist da diese....dass sie einen gewissen...wie soll ich sagen...Kopf selber haben und sagen: Ja aber das interessiert mich...das weiß ich und deswegen interessiert mich das und ja... **[SP: Mhm]** und das hat glaub ich die Einführungsphase schon gebracht.

SP: Ok. Das heißt du würdest es grundsätzlich eigentlich...abgesehen von diesem Zeitfaktor, den wir vorher besprochen haben, dass es natürlich Zeit wegnimmt, aber du würdest es grundsätzlich eventuell empfehlen, dass man das...

45 KW: Ja. Ich glaub, dass diese Input schon wichtig ist und auch ein Input in einem Rahmen wo der Wissenschaftler noch nicht dabei ist....ja glaub ich schon...weil die Schüler sicher doch... ich mein man ist...ja trotzdem auch eine Bezugsperson, das hat man ja heute auch gemerkt, dass sie dann doch immer wieder...an den Lehrer auch wenden. Obwohl es heute darum geht, dass die Wissenschaftlerin mit ihnen redet...aber das...glaub ich, das erleichtert es den Schülern schon...den Einstieg.

50 **SP: Ok,...**

- KW: Und eben...und letztes Mal war das eben nicht und deshalb hab ich den Vergleich eben...und da sag ich schon, dass das einen Unterschied jetzt macht [SP: Mhm]
- SP:.... Gut. Dann zu den Unterrichtsmaterialien noch einmal detaillierter vielleicht...hm...Kannst du dir vorstellen, dass du diese Unterrichtsmaterialien eben als
- 5 Einzelsequenzen dann eben in Biologiestunden einsetzt beziehungsweise man könnte sich ja jetzt in den Geographielehrer hinein versetzen, der das auch in Geographie eben teilweise verwenden würde...die Einzelmaterialeien, weil gedacht ist es so, dass man sie verwenden kann als Einzelmaterialeien aber auch in der Sequenz sozusagen [KW:Mhm.] Wie würdest du das da sehen, sozusagen?
- 10 KW: Das seh ich eigentlich relativ unabhängig,...also wie gesagt ich hab ja eben den Teil zwei, der mit dem Dreier und auch mit dem Einser zusammenhängt hab ich im....relativ...Ich mein...jetzt nicht...isoliert. Ich habs im...im Kapitel Geologie in der siebten Klasse eingebaut. Das heißt da hab ich schon vorher auch Plattentektonik und so weiter gemacht, aber dann eben Hydrothermalismus...mit der Spezialinformation... mit der Ding was ich
- 15 daraus gemacht hab und so weiter ...hab ich bereits verwendet und da glaub ich auf jeden Fall, dass man da einzelne Teile rausschälen könnte. Ja...
- SP: Das heißt es ist nicht unbedingt wichtig das sozusagen in Sequenz...
- KW: Nein das ist nicht zwingend in der Sequenz...find ich überhaupt nicht, nein
- SP: Ahm...würdest du auch Kollegen und Kolleginnen zutrauen sozusagen diese
- 20 Materialien zu verwenden, ohne das man sagen kann....sie haben ja nicht so wie du letztes Jahr schon diese Projekteinführung sozusagen gehabt...würdest du dieses Material geeignet sehen sozusagen für einen x-beliebigen Kollegen, der das hernimmt und damit einen Unterricht gestaltet?
- KW: Ja würd ich schon sagen. Also praktisch...das er das nackt bekommt und damit arbeiten muss? [SP: Genau...ohne jemals zuvor über Hydrothermalismus gehört zu haben...]
- 25 Genau...ja glaub ich schon. [SP: ok] Zumal das ja mittlerweile, also...ganz unbekannt ist es bei Lehrern ja mittlerweile nicht mehr. Es ist selbst im Oberstufenschulbuch...ich mein ich hab jetzt nur das eine bewusst vor Augen, das wir halt verwenden, aber da ist es auch schon als...als eine ganze Seite drinnen. Also weit nicht in dem detailliert...aber es ist zumindest
- 30 ein Begriff...also black smoker und so weiter [SP: ja]... ist glaub ich mittlerweile schon so weit, dass es sich auch ...ein Durchschnittslehrer glaub ich traut das herzunehmen,...das Material und damit umgehen kann. Ja.
- SP: Was würdest du bei den Unterrichtsmaterialien...wenn man jetzt sagt man würde was verändern wollen, was soll unbedingt beibehalten werden?
- 35 KW: Ja das halt eine Palette an Möglichkeiten daraus möglich sind,...eben verschiedenster Unterricht daraus zu machen ist und dass da...eine irrsinnige Vielfalt die einfach da notwendig ist. Aber jetzt einzelne Teile...
- SP: Nein grob. Wenn man jetzt beispielsweise sagt man macht eine weitere Stunde, die auch sozusagen mit Hydrothermalismus...oder im weitesten Sinn...weil die Monika eben überlegt hat ob sie dann sozusagen einen Nachfolger für mich findet und da wieder eine Diplomarbeit anbietet und so...deswegen hab ich gesagt ich nehm das hinein,...sozusagen....dich zu fragen, was da unbedingt ganz wichtig ist, bei solchen Stunden und was man eventuell weglassen kann...wo man nicht so viel Augenmerk drauf legen muss...einfach nur methodisch jetzt...
- 40 KW: Mhm...ja...jaja...[SP: und ob dir da was einfallt dazu sozusagen]...ja ich überleg grad...sehr oft...ist es natürlich auch verlockend...ja gut das war eigentlich eh auch...ich überleg grad...ich mein ausbauen kann man es immer. Das ist e klar, aber was jetzt dann ...mhm...das ist natürlich auch sehr viel Geschmackssache und in welchem Zusammenhang das ganze natürlich steht. Das heißt ich kann jetzt auch nicht sagen der erste Teil ist wichtiger gewesen als der zweite oder der dritte also....es ist halt schon schwierig, weil man es immer
- 50 in der Situation überlegen muss. Wenn ich Ökologie unterrichte ist mir natürlich in dem Fall der dritte Teil oder der zweite Teil wichtiger als der erste...wenn ich Geologie unterrichte ist

der erste und der zweite wichtiger. Das ist ...also das glaub ich ist einfach aus dem Gesichtspunkt des einzelnen Lehrenden eben dann,...der sich dann das halt hernimmt oder hernehmen würde wichtig...

SP: Ja...das heißt...

5 KW: Also da würd ich jetzt nicht sagen das könnte man bewusst weglassen oder...Ich mein erweitern kann man es glaub ich immer, das ist eh klar ...**[SP: das ist ja alles eine Fassung in Probe im Prinzip...]**...eben....aber sonst kann ich dazu jetzt schwer was sagen.

SP: OK, ja....das heißt Verbesserungsvorschläge großteils, wo du sagen kannst Material für Schüler brauchen in der Hinsicht eine Verbesserung, oder Material für
10 **LehrerInnen, abgesehen davon dass man das erweitern kann...Vielleicht fällt dir da noch dazu was ein wo du sagst ok da sind wirklich noch Mängel zu finden, sozusagen?**

KW: Da muss ich überlegen.... Ah schau...ja man könnt es wirklich methodisch noch einmal....weil dann sind ja die Pakete fertig praktisch...Das man irgendwie noch so zusammenfassend nach Methoden noch einmal..., weil dann ist ja das alles da...,dass mans einfach zamkopiert noch einmal..., weiß ich...da sind noch einmal die Videolinks, das wären
15 noch einmal die ganzen Abbildungen, die man sich ausdrucken kann...und....weil Vorlagen sind nie schlecht ...aus denen man direkt schöpfen kann...

SP: Ja...du meinst jetzt einen Ordner dann [KW: genau] wo sozusagen die ganzen Abbildungen drinnen sind, die ganzen...

20 KW: Genau...weiß ich die Abbildungen als pdf immer auf A4 und so weiter **[SP: ok,ja]**, dass man sich das dann direkt ausdrucken kann. Oder...weiß ich im Word, dass man es selber weiterverwenden kann, weil das kenn ich zum Beispiel auch, dass es so CD Roms zu verkaufen gibt, für Lehrer wo man auch direkt die Abbildungen sogar noch weiter bearbeiten kann...und so weiter...für sich selber...so was...das...das macht vielleicht noch Sinn **[SP:**
25 **Mhm]**...das man....weil das ist ja schon da...man bräuchts ja nur noch...

S: Ja es war eh geplant [K:...nur noch zamfassen] ... dann auf der Homepage wird das so funktionieren, sozusagen.

KW: Ja das wär vielleicht noch super, ja genau. **[SP: Ok, also das macht schon Sinn dann...]** Das wär ein Verbesserungsvorschlag, ja genau.

30 **SP: Ok, dass man einfach nur ein Dokument mit den ganzen links und ein Dokument mit den ganzen Bildern...[KW:ja genau]...und so...**

KW:...ja genau...weil dann braucht man sich nicht jedes Mal, weil das war ein paar Mal für mich...genau...da hab ich das Arbeitsblatt...angefangen zu arbeiten...und hab mir links rüber kopiert, oder gedacht: Die wird ich zusammen nehmen und die waren aber teilweise bei den
35 Erklärungen von den Experimenten noch ...so drinnen...Arbeitsblatt... **[SP: Genau,ja]**...teilweise bei der Literatur zum Schluss. Da muss man halt jedes Mal aufmachen und so weiter. Ja, das ist halt eine Zeitfrage,...Zeitmanagement und wenn ich mir denk, dass ich das alles auf einmal....dann und weiß ich...wenn dann bei den Filmen halt steht,...eine kurz der Name und kurze Inhaltsangabe, vielleicht auch die Zeitangabe dabei, dann ist das
40 etwas wo ich in einer Liste gleich direkt wählen kann....das ist einfach super praktisch. Das wär eigentlich der einzige Verbesserungsvorschlag von mir....jetzt...einfallt....ja wie gesagt...das ist ja alles schon da, man bräuchts nur....zusammenlegen...

SP: Genau. Mhm...die Theorieerklärung,...da hast du jetzt nicht recht viel dazu gesagt, aber du findest es für Lehrer grundsätzlich ausreichend um eine Schulstunde da...zu
45 **halten?**

KW: Ja genau.

SP: Eh...wie siehst du das mit den Experimente,...also grob...weil im gesamten sind diese Experimente deiner Meinung nach tauglich für die Schule?

50 KW: Also prinzipiell von der Umsetzung auf jeden Fall, weil wie gesagt, das sind Materialien drin und so weiter, das war alles ...also es war schnell machbar und auch die Schüler haben mitbringen...Sachen mitbringen können, was auch immer wichtig ist, dass die Schüler auch selber ein bisserl was beitragen müssen...dass es nicht ihnen vorgeführt wird. Und...ja wie

- gesagt, Erfahrungswerte braucht man halt glaub ich...bei den Experimenten...aber wie gesagt gut...[SP: **das heißt**]...es geht aber auch glaub ich leichter, wenn man eben schon länger vorher die Informationen oder die Materialien eben schon hat, dann kann man sich natürlich auch länger darauf einstellen. Und es ist einfach nicht so kurzfristig und es steht...man nicht
- 5 zwischen Tür und Angel. [SP: **Mhm**] Aber sonst... insgesamt sind sie jetzt auf jeden Fall machbar und gut einsetzbar [SP: **ok**]. Ja.
- SP: Ahm...die Materialien wirst du teilweise in Zukunft wieder verwenden,...kann ich jetzt aus dem schließen [KW:ja.]...was du gesagt hast...teilweise?** [KW: ja das kann man so sagen] **Mhm.**
- 10 **In wie weit hat das Material jetzt selbst von dem her zu wissenschaftlichem Arbeiten bei den Schülern beigetragen? Es ist ja sozusagen...“Naturwissenschaftliches Arbeiten“ ist ja das Thema des Moduls, nicht?** [K: ja genau]...In wie weit bringt das was, dass man zum Beispiel einem Schüler...so wie ich das gemacht hab...eh....dass ich den Schülern in ihrem Erklärungsteil...hab ich teilweise. ..eh...die Zitierregeln verwendet,
- 15 **sozusagen...in wie weit brings das explizit...oder implizit die Schüler dann bei solchen Dingen auf solche Sachen hinzuweisen oder in wie weit hat das dann sozusagen einen Zusammenhang mit diesem Unterricht...gehabt, mit diesem naturwissenschaftlichen Arbeiten...das Material per se jetzt, also nicht das dann nachher...das Nachfolgeprojekt, das dann...** [KW: mhm...klar].
- 20 KW: Boah...das ist schwer zu beantworten. Also ich glaub, dass es mehr inhaltlicher als ah...als ein inhaltlicher Input war, der halt wichtig ist, als dass es jetzt für...eben das Material per se, so wie du das jetzt sagst, dass es direkt zum wissenschaftlichen Arbeiten führt. [S: Mhm...genau] Das würd ich jetzt eben nicht wirklich behaupten...weil auch nicht so ...irgendwie...es gibt ja Unterlagen oder Materialien, wo zum Beispiel ahm...Entstehung von
- 25 Theorien und so weiter...drinnen sind und so weiter. Und da ist es ja mehr gewesen, dass man das,...das man das momentan Bekannte praktisch präsentiert...so hab ichs auch mehr verstanden [SP: **Ja.**] und ich glaub auch, dass es den Schülern so rüber gekommen ist.
- SP: Nein ich hab mir nur gedacht, weil ja grundsätzlich das Modul so war [KW:ja] und in wie weit das sozusagen hineingepasst hat, abgesehen davon, dass es die Vorbereitung war. Aber das sehr ihr im Prinzip als Vorbereitung, oder?**
- 30 KW: Ja genau. Also vor allem inhaltlich [SP: **genau**] und nicht eben methodisch, dass ich praktisch in den Weg des wissenschaftlichen Arbeitens oder so [SP: **Nein nein**] das glaub ich eben nicht.... [SP: **ok**]
- SP: Ah... gut dann abschließend noch...eh... gibt es jetzt noch vielleicht irgendwas, das bis jetzt nicht Thema war und was du noch gerne anbringen wollen würdest, dann....gern?**
- 35 KW: ... vielleicht, dass das eine kleine Gruppe ist, aber dass dieses Material auch für größere Gruppen...Klassenstärke und so weiter...weil für das wird's ja im Endeffekt auch zugänglich. Oder die meisten Lehrer haben ja damit zu tun und ich glaub das ist da genau so gut möglich ist [SP: **Mhm**]. Sowohl bei den praktischen Teilen, als auch bei den theoretischen Teilen und so weiter...ja...das vielleicht. Weil ja doch ein großer Unterschied ist und das ja ein Prototyp sein soll...ich glaub dass das auf jeden Fall ausdehnbar ist,...auf eine größere Klasse... [SP: **Mhm**]...Sonst noch?...Noch nicht angesprochen?...Vielleicht noch...genau....wart einmal...die Abbildungen, weil wir vorher bei Zitierregeln und so weiter gewesen sind....
- 45 **[SP: **Mhm**]** Da ist ja... ich glaub die Abbildungen waren nicht direkt beschriftet, oder? Jedes Mal...Doch?...Ok, dann war das eh drinnen...ja dann passt....dann fällt mir eigentlich nichts mehr ein.
- SP: Passt....ja dann danke auf jeden Fall.**

Zusammenfassung

Die folgende Arbeit beinhaltet das Verfassen von Unterrichtsmaterialien für LehrerInnen und SchülerInnen zum Thema der Hydrothermalquellen in der Tiefsee. Nach der Erarbeitung und Erstellung des Unterrichtsmaterials wurde dieses in einem Pilotversuch in dem Bundesgymnasium Wien 19 (Krottenbachstraße) von einem kooperierenden Biologielehrer mit einer Gruppe von acht 15.- 16 jährigen SchülerInnen getestet. Diese Unterrichtsstunden wurden beobachtet. Diese Unterrichtsbeobachtungen dienten der weiteren Bearbeitung der Daten. Der Lehrer wurde mittels Leitfadeninterview zu den Schulstunden befragt, während die SchülerInnen gebeten wurden einen offenen Fragebogen auszufüllen. An Hand der Methodik der Datentriangulation wurde somit das Unterrichtsmaterial auf seine Tauglichkeit für den Schulunterricht in einer AHS evaluiert.

Zusammenfassend konnte der Lehrer keine schwerwiegenden Nachteile des Materials bei der Verwendung in der Klasse feststellen und meinte darüber hinaus, dass die SchülerInnen stark von der Verwendung des Materials profitierten. Dies war auch durch die Antworten der SchülerInnen im danach bearbeiteten Fragebogen ersichtlich.

Abstract

The following thesis comprises the construction of teaching material for students and their teachers concerning the topic of hydrothermal vents in the deep sea. After the construction and creation of the teaching material it was tested in a pilot study in a Viennese Grammar school (Krottenbachstraße) in the 19th district by a cooperating teacher and his group of eight fifteen- to sixteen year-old students.

These lessons were observed. The lesson observation functioned as a basis for further research. The teacher was interviewed by the help of a guideline based interview, while the students were asked to complete an open questionnaire. Using the approach of data triangulation, the material's adequacy for a school context was evaluated.

Concluding, the teacher could not experience any severe disadvantage in using the material for his lessons and was therefore of the opinion, that the students' benefit was considerably visible after the lessons. The latter could be confirmed by the help of the students' questionnaire.

Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei meinen Diplomarbeitsbetreuern Frau Ao. Univ. Dr. Monika Bright und Mag. Dr. Franz Radits bedanken, die sowohl die fachwissenschaftliche als auch pädagogische Validierung dieser Arbeit vornahmen und mir mit Rat und Tat zur Seite standen.

Ebenfalls gilt mein Dank Mag. Klemens Wernisch, welcher sich bereit erklärte mit seiner Biologiekasse die Unterrichtsmaterialien auszuprobieren und auch danach für die Datenerhebung mit seiner Klasse zur Verfügung stand.

Darüber hinaus bedanke ich mich bei meiner Studienkollegin Ulrike Derks, die mich beim Verfassen des Lehrermaterials mit ihrem Rat unterstützte.

Nicht zuletzt seien meine Eltern erwähnt, die es mir ermöglichten mein Studium zu absolvieren.

Curriculum Vitae

Susanne Christine Pramendorfer

PERSONAL DETAILS

Date of birth	15 December 1987
Place of birth	Wels, Austria
Citizenship	Austria
Address	Am Hochfeld 42 4052 Ansfelden

EDUCATION

10/2010 – 06/2011	Diploma thesis at the Department of Marine Biology, University of Vienna, Thesis title: “Hydrothermale Quellen im Schulalltag- Entwicklung und Evaluation von Unterrichtsmaterialien für Biologie und Umweltkunde”
10/2006 – 06/2011	Studies in Biology and English (Teacher Training Programme) at the University of Vienna
09/1998 – 06/2006	BRG Traun (Grammar school specializing in languages)
09/1994 – 06/1998	Elementary School Ansfelden (Volksschule)

FIELD COURSES

2010	Marine biological field course on the Mediterranean fauna and flora, Centre for Marine Research, Croatia;
-------------	--