Lasse Keim

Die marine Fauna des Miozäns von Zypern

Fossile Muscheln am Cap Greco

Eine Arbeit für den Landeswettbewerb Hamburg – Jugend forscht 2015
Abgabetermin: 28. Februar 2015

Personendaten

Lasse Keim
Sonnenwende 1, 22417 Hamburg
Telefon: 040 520 77 11
Geb.-Datum: 31.10.1999
E-Mail: keim@hamburg-sonnenwen.de
Klasse: 10a (Gymnasium Heidberg)
Frühere Teilnahmen: SchüEx2013, Bereich Technik,
SchüEX2014, Bereich Geo- und Raumwissenschaften

Kurzfassung

Bei der Vorbereitung auf eine Zypern-Forschungsreise unserer Schule habe ich in der Literatur erfahren, dass es im Südosten der Insel am Cap Greco ein Areal gibt, das vor Fossilien nur so überquellen soll. Einen Tag lang hatte ich Gelegenheit, dieses Gebiet zu erkunden. Beladen mit einem Rucksack voller Probenmaterial bin ich nach Hamburg zurückgekehrt und habe mich an die Bestimmung gemacht. Elektronenmikroskopische Untersuchungen haben mir faszinierende Einblicke in die Vielfalt des Lebens im ehemaligen Tethys-Ozean gegeben.

Inhaltsverzeichnis

Personendaten 2
Kurzfassung 2
2 Theorie 4
2.1 Geologie Zyperns 4
2.2 Die Tethys 5
2.3 Was ist Paläontologie, was sind Fossilien? 6
2.4 Fossilisation 6
2.4.1 Nekrotische Vorgänge 7
2.4.2 Biostratonomie 7
2.4.3 Fossildiagenese 7
2.5 Leitfossilien 8
3 Methodisches Vorgehen 9
3.1 Geländearbeit 9
3.2 Präparation 10
3.3 Laborarbeit 10
4 Ergebnisdarstellung 11
5 Interpretation 15
6 Fazit 16
Quellenverzeichnis 18
Danksagung 19

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Geologische Erdzeitalter 6
Tabelle 2: Ergebnisdarstellung für die Schnecke *Littorina sp.*, eigene Fotos und Analyseergebnisse .. 12
Tabelle 3: Ergebnisdarstellung der Schnecken, eigene Fotos 13
Tabelle 4: Ergebnisdarstellung der Muscheln, eigene Fotos 14
Tabelle 5: Ergebnisdarstellung des Handstücks und REM-Aufnahme des Handstücks, eigene Fotos .. 14

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Geologische Karte Zyperns 5
Abbildung 2: Stratigraphie eines Aufschlusses am Cap Greco, eigene Grafik, eigenes Foto 9
Abbildung 3: Probentische, eigenes Foto 10
Abbildung 4: Konkretion, eigenes Foto 15

1 Einleitung und Zielsetzung

Mit sechs anderen Schülerinnen und Schülern des Gymnasiums Heidberg, der Lehramtsstudentin Neli Heidari und unserem Betreuungslehrer Herrn Wolfgang Fraedrich war ich im April 2014 zum ersten Mal auf Zypern. Zypern ist die drittgrößte Insel des Mittelmeeres und hat eine interessante geologische Entwicklung aufzuweisen. Aus der Literatur habe ich erfahren, dass neben vulkanischem Gestein auch in bestimmten Gegenden der Insel meterdicke Sedimentschichten zu finden sind, in denen man viele Fossilien – vor allem Muscheln und Schnecken – finden kann. Ich habe bereits eine größere Muschelsammlung zu Hause und einige versteinerte Seeigel und Donnerkeile, die ich an den Stränden Dänemarks gefunden habe. Es reizte mich sehr, auf Zypern nach Fossilien zu suchen und diese zu bestimmen. Mit meiner vorliegenden Arbeit wollte ich herausfinden, welche Meeresbewohner vor ungefähr 20 Millionen Jahren dort lebten und welche „Lebensumstände" in den Meeren vor Zypern herrschten.

Während ich diese Arbeit geschrieben habe, ist mir klar geworden, wie viele Aspekte beim Sammeln und Auswerten fossiler Funde berücksichtigt werden können, wie komplex die paläontologische Theorie ist. Eine weitere Zielsetzung ergab sich hieraus: Erarbeitung der paläontologischen Grundlagen. Auch wenn ich anhand meiner Fundstücke keine oder nur eingeschränkt Aussagen zu vielen der genannten Aspekten machen kann, ist es doch wichtig, sich die Zusammenhänge zu verdeutlichen, um diese bei erneuter Fossiliensuche zu berücksichtigen.

2 Theorie

2.1 Geologie Zyperns

Zypern ist die drittgrößte Insel im Mittelmeer. Die lange Entstehung Zyperns begann vor ca. 230 Millionen Jahren an der Grenze von Perm und Trias. Beteiligt waren die Afrikanische Platte, die gegen die Eurasische Platte drückte, und die Arabische Platte, die zwischen den beiden großen Platten steckte. Zypern wird in der Literatur als ein Stück ozeanischer Kruste und Teil eines mittelozeanischen Rückensystems im damaligen Tethys-Ozean beschrieben, welches sich bei späteren Überschiebungsvorgängen gelöst hat. In der Kreidezeit, vor 95-80 Mio. Jahren, wurde der Ophiolith-Komplex des Tróodos-Gebirges gebildet, der das Fundament der Insel bildet. Zu einem späteren Zeitpunkt wurde Zypern um 10 bis 15 Breitengrade nach Norden verschoben und ca. 90° Grad im Uhrzeigersinn gedreht. Diese Prozesse waren mit einer stetigen Hebung verbunden. Vom Mesozoikum bis heute wurden mit Unterbrechungen bis mehrere Kilometer dicke Kalk- und Tonschichten im Ozean abgelagert. Die holozänen und pleistozänen , zum Te8l sogar noch die jungtertiären Schichten wurden dann im Zuge der anhaltenden Hebung über das Meeresniveau hinausgehoben. Bei der Beschreibung der Entstehung Zyperns ist zu beachten, dass diese im Detail sehr kompliziert und auch nicht unstrittig ist.[1]

Geologisch lässt sich Zypern grob in vier Bereiche einteilen. Im Norden befinden sich die Keryneia-Berge. Sie bestehen überwiegend aus Sedimentationssequenzen mit Teilen metamorphen Gesteins und Ergussgesteins. Um das Tróodos-Gebirge herum erstreckt sich die Mesaoria Ebene, ein großes Sedimentationsgebiet. Sie ist gekennzeichnet durch autochthones Sedimentgestein[2] in einem Alter

[1] Vgl. Huber 2007, S. 356; vgl. Greensmith; 1998, S. 5ff.
[2] Sedimentgestein, das an Ort und Stelle entstanden bzw. verblieben ist.

von oberer Kreide bis zum Pleistozän (70 Ma bis heute)[3]. Es bedeckt das gesamte Gebiet zwischen den Keryneia-Bergen und dem Tróodos-Gebirge und auch das südliche Gebiet der Insel. Hier findet sich eine große Mischung von Gesteinen: Ton, Mergel, Kreide, Kalkstein, Feuerstein, Evaporite und klastische Sedimente. Das Tróodos-Gebirge, der Ophiolith-Komplex , bildet den dritten geologischen Bereich. Als viertes ist die Mamonia-Melange zu nennen. In diesem Gebiet findet man zufällig durch tektonische Vorgänge zusammengewürfelte Gesteine: Gesteine vulkanischen Ursprungs, Meeressedimente und metamorphes Gestein. Die vier Bereiche sind in der folgenden Abbildung gekennzeichnet. Des Weiteren ist mein Probenfundort am Cap Greco im Sedimentationsgebiet gekennzeichnet.

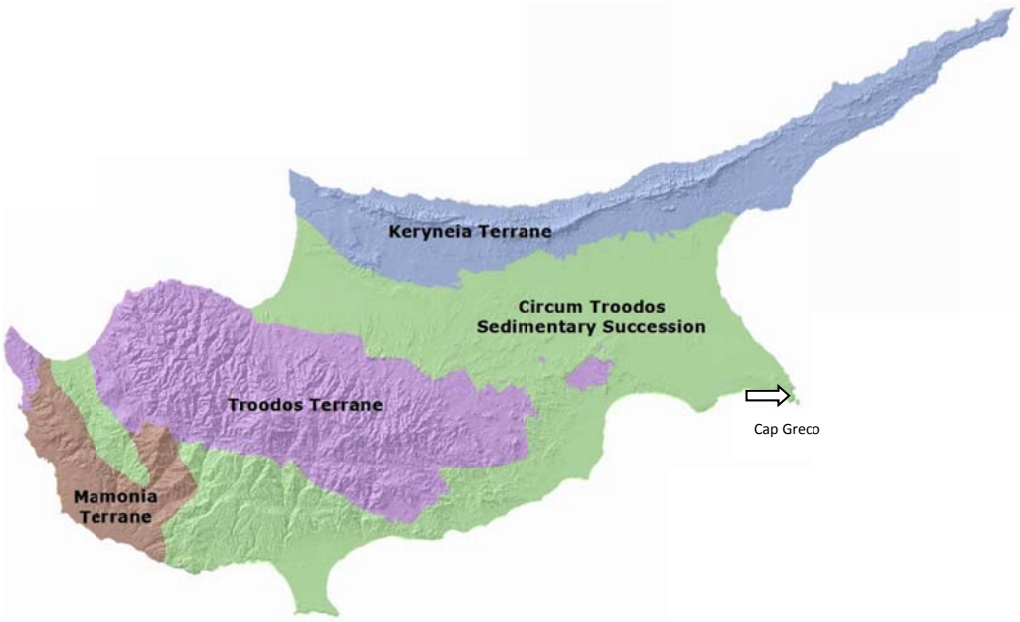


Abbildung 1: Geologische Karte Zyperns[4]

2.2 Die Tethys

Als „Tethys“ bezeichnet man den Meeresgürtel, der in ost-westlicher Richtung den Westpazifik über Südasien, Südeuropa und Mittelamerika mit dem Ostpazifik verband. Dieses weltumspannende Tropenmeer bestand schon zeitweise im Paläozoikum. Im Perm erstreckte es sich vom heutigen Südasien aus westlich bis ins mittlere Mittelmeergebiet. Zu diesem Zeitpunkt entstand Zypern. In den Schelfmeeren der Tethys lebten Kalkalgen, Riffkorallen und dickschalige Mollusken und Schnecken. Das Klima und die Verteilung von Land und Meer wandelten sich im Tertiär grundlegend. Große Teile der Tethys verlandeten und im Jungtertiär schloss sich die Meeresstraße vom Persischen Golf über Anatolien zum Mittelmeer. Im Obermiozän wurde das Mittelmeer zeitweise vom Atlantik abgeschnitten und durchlief eine Salinarphase. Im Pliozän wurde es vom Atlantik her erneut von Warmwassertieren besiedelt. Einen erneuten Einschnitt brachten die pleistozänen Eiszeiten, die den Rest der Tethysfauna vernichteten.[5]

In der folgenden Tabelle sind die geologischen Erdzeitalter zusammengefasst, auf die ich in meiner Arbeit Bezug nehme.

[3] Die Abkürzung Ma meint für Geologen „Millionen Jahre”. So bezeichnen z. B. 90 Ma einen spezifischen Punkt in der Kreidezeit.
[4] Vgl. http://www.cyprusgeology.org/english/images/geology/2_1_GeologicalZones.jpg) [06.01.2015].
[5] Vgl. Ziegler 1992, S. 206.

Zeitalter	Periode		Epoche	Alter in Mio. Jahren
Känozoikum (Erdneuzeit)	Quartär		Holozän	
			Pleistozän	1,9
	Tertiär	Neogen	Pliozän 5,3 Mio. Jahre	5,3
			Miozän 23 Mio. Jahre	23
		Paläogen		65
Mesozoikum (Erdmittelalter)	Sekundär	Kreide		135
		Jura		195
		Trias		235
Paläozoikum (Erdaltertum)	Primär	Perm		290
		Karbon		340
		Devon		400
		Silur		440
		Ordovizium		500
		Kambrium		570

Tabelle 1: Geologische Erdzeitalter[6]

2.3 Was ist Paläontologie, was sind Fossilien?

Paläontologie ist die Wissenschaft vom Leben der Vorzeit. Die Forschungsobjekte der Paläontologen sind die Fossilien, d. h. die Reste und Spuren aus früheren erdgeschichtlichen Zeiten von Pflanzen und Tieren. Als „fossil“ bezeichnet man alles, was vor der letzten Eiszeit vor ca. 10.000 Jahren eingebettet wurde. Als „subfossil“ bezeichnet man alles, was nach der letzten Eiszeit eingebettet wurde und als „rezent“ alle heute lebenden Pflanzen und Tiere. Der heute oft gebrauchte Ausdruck „Versteinerung“ trifft nicht auf alle Fossilien zu, nur ein Teil der Fossilien ist wirklich „versteinert“.

Auch wenn man an einigen Stellen hunderte fossile Muscheln und Schnecken findet, stellen Fossilien nur einen winzigen Ausschnitt aus der Vielfalt des früheren Lebens dar. Sie bilden die Ausnahme und stellen den Platzhalter für unzählbare vergangene Lebensformen. Es bleiben nur weniger als ein Prozent alle Organismen fossil erhalten und trotzdem helfen uns die Fossilien vergangene Lebenssituationen zu rekonstruieren.[7]

2.4 Fossilisation

Dass Fossilien existieren, verdanken sie einer „Störung“ im Kreislauf der Natur. Normalerweise sind alle von der Natur verwendeten Stoffe in einen vollständigen Kreislauf eingebunden. Fossilisation, d. h. der Übertritt eines Körpers aus der Biosphäre in die äußere Gesteinsschicht der Erde, ist nur

[6] Vgl. http://www.spektrum.de/lexika/images/biok/fff413_w.jpg [12.01.2014].
[7] Vgl. Ziegler 1992, S. 51.

möglich, wenn dieser Kreislauf unterbrochen wird.[8] Die Fossilisation kann man in drei Teilbereiche gliedern: Die nekrotischen Vorgänge, die Biostratonomie und die Fossildiagenese.

2.4.1 Nekrotische Vorgänge

Nekrotische Vorgänge beschreiben den Tod, seine Ursache und den Verlauf. Die wenigsten Organismen sterben in der freien Natur den Alterstod. Viel häufiger sterben sie durch Einwirkung äußerer Faktoren wie z. B. durch Gefressen werden, Ersticken, Verhungern und Verdursten, Krankheiten und Verletzungen. An Fossilien ist die Todesursache nur selten festzustellen.

2.4.2 Biostratonomie

Die Biostratonomie beschreibt das Geschehen vom Tod des Körpers bis zur Einbettung. Sie versucht zu ermitteln, ob die Einbettung des verendeten Tieres autochthon, d. h. am Todesort, erfolgte oder allochthon, d. h. an einem anderen Ort als den Todesort. Die Umlagerung bzw. der Transport der Kadaver kann z. B. durch Meeresströmungen erfolgt sein. Die Biostratonomie versucht außerdem die Einbettungsbedingungen und damit auch die Umweltbedingungen zu erforschen.

Nach dem Tode eines Lebewesens beginnt im Normallfall die Zersetzung des Weichkörpers durch Verwesung, Fäulnis oder bakterielle Zersetzung. Bleiben Weichteile erhalten, spricht man z. B. von Mumifikation. Ein Beispiel für Mumifikation sind die gefundenen Mammute in den Dauerfrostböden Sibiriens. Auch die Hartteile eines Tieres, z. B. Knochen, Panzer und Zähne, vergehen im Normalfall vollständig. Die Chance der Hartteile, fossil erhalten zu bleiben, ist aber sehr viel größer, als die der Weichteile. Die Einbettung der Hartteile erfolgt überwiegend allochthon, wobei während des Transportes eine Sortierung z. B. nach der Größe und des Gewichts stattfinden kann. Beim Transport kann es zu mechanischer Zerstörung kommen. Wir beobachten dann Bruch oder Abschliff. Abgeschliffene Partien heißen Facetten. Eine weitere Folge des Transportes der Hartteile ist die geregelte Einbettung, d. h. die Anordnung, bei dem der Körper dem Transport den geringsten Widerstand bietet. Die geregelte Einbettung um eine waagerechte Achse heißt Einkippung. Sie ist bei schüsselförmigen Körpern verbreitet. So liegen Muschelklappen in Stillwasserbereichen meistens mit der Wölbung nach unten, in bewegterem Wasser mit der Wölbung nach oben. Einregelung um eine senkrechte Achse heißt Einsteuerung. Spitzkegelförmige Objekte, wie z. B. die Turmschnecken, liegen mit der Längsachse i. d. R. in Strömungsrichtung.

Eine Biozönose ist eine Gemeinschaft lebender Organismen. Gemeinschaften abgestorbener Organismen, die zusammen lebten und am Lebensort erhalten sind, nennt man Totengemeinschaften (Thanatozönosen). Unter Grabgemeinschaften (Taphozönosen) versteht man Gemeinschaften toter Organismen, die aus verschiedenen Lebensbereichen stammen. Sie sind gemischt allochthon und autochthon oder rein allochthon. Die meisten Fossilgemeinschaften sind Grabgemeinschaften.

2.4.3 Fossildiagenese

Die Fossildiagenese fasst die Vorgänge und Abläufe eines organischen Körpers nach seiner Einbettung zusammen, d. h. sie beschreibt die Vorgänge, die aus einem Körper ein Fossil machen. Die beeinflussenden Faktoren der Diagenese sind Auflastdruck, Temperatur und Zeit. Im einfachsten Fall bleibt die erhaltene Substanz der gestorbenen Tiere in ihrer chemischen Zusammensetzung unverändert.[9].Dies kommt bei Hartteilen vor allem in jungen Sedimenten häufig vor. Je älter die

[8] Vgl. Ziegler 1992, S. 27.
[9] Vgl. Ziegler 1992, S. 45.

Fossilien sind, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie in irgendeiner Weise umgewandelt wurden. Eine Substanzerhaltung ist in paläozoischen Sedimenten selten. Voraussetzung für eine Substanzerhaltung ist ein Sediment, in dem so gut wie kein Wasser durch die Poren zirkulieren kann. In Sedimenten, in denen Porenwasser zirkulieren kann, werden Organismusreste durch Wasser oder auch Säuren und Basen aufgelöst. Muschelschalen und Schneckengehäuse bestehen hauptsächlich aus Calciumcarbonat (Kalk), das in der Form des Minerals Aragonit ($CaCO_3$) und Calcit ($CaCO_3$) auftritt.[10] In der Regel wird Aragonit als erstes aufgelöst, Hartteile aus Calcit und calcium-phosphatische Reste sind beständiger.

Häufig verändern molekulare Umsetzungen die ursprünglichen Substanzen, es kann zur Umkristallisierung kommen. Hierbei wird der Chemismus eines Fossils nicht verändert, z. B. wird aus Aragonit mit der Zeit der stabilere Calcit.

Fossilien kommen als Körperfossilien, als Stein- und Prägekerne oder als Abrücke vor. Es können vollständige Hartteile oder unvollständige erhalten sein, diese können wiederum nicht deformiert oder deformiert sein. Häufig findet man Steinkerne. Steinkerne sind Ausgüsse des Inneren von Hartteilen, also z. B. von Schalen oder Gehäusen. Sie werden meist durch Sedimente gebildet. Der Steinkern bildet die genaue Form des Hohlraums ab. Der Prägekern bildet dagegen die Außenseite des Gehäuses ab. Schnecken und Muscheln, deren Schale bzw. Gehäuse aus dem leicht löslichen Aragonit bestand, sind meist als Steinkern erhalten.
Ein anderer Vorgang in der Fossildiagenese ist die Konkretion. Die Konkretion ist eine Ansammlung von Stoffen um ein Fossil herum. Es sind natürliche Sedimentverfestigungen bzw. -verbackungen, die erst nach der Ablagerung der Sedimente entstehen. Bindemittel sind häufig Kalk und Kieselsäure. Konkretionen entstehen oft um Hartteile herum und wachsen dann oft „zapfenförmig“ in die Höhe, Breite und Länge. Konkretionen können für die Erhaltung der Fossilien sehr wichtig sein, da sie eine erneute Umlagerung unbeschädigt überstehen.[11]

2.5 Leitfossilien

Leitfossilien sind Fossilien, mit deren Hilfe man eine Altersbestimmung verschiedener Gesteinsschichten vornehmen kann. Diese Art der Altersbestimmung wird Biostratigraphie genannt. Folgende Bedingungen erfüllt ein ideales Leitfossil:

- Die kennzeichnenden Merkmale der Art dürfen nur kurze Zeit existiert haben.
- Die Art sollte in möglichst unterschiedlichen Lebensräumen existiert haben.
- Die Fossilien müssen eine größtmögliche geographische Verbreitung aufweisen.
- Die Fossilien müssen leicht und eindeutig bestimmbar sein und in hoher Anzahl vorkommen.

Für die letzten 600 Millionen Jahre der Erdgeschichte, d. h. für die Zeit seit Beginn des Kambriums, werden verschiedene Fossilgruppen als Leitfossilien verwendet. Für das Känozoikum werden vor allem Foraminiferen[12] als Leitfossilien genannt aber auch Säugetiere, Belemniten, Muscheln, Schnecken und Pflanzen.[13] Für das Miozän habe ich in der Literatur keine nur für diesen Zeitraum gültigen Leitfossilien gefunden. Die Altersbestimmung meiner fossiltragenden Gesteinsschicht habe ich mit Hilfe einer geologischen Karte durchgeführt.

---

[10] Aragonit und Calcit unterscheiden sich nur im Kristallsystem. Calcit kristallisiert nach dem trigonalen System aus, Aragonit nach dem rhombischen.
[11] Vgl. Ziegler 1992, S. 49; vgl. Ziegler 2008, S. 6; Richter 1981, S. 14.
[12] Foraminiferen sind einzellige, zumeist Gehäuse tragende Lebewesen.
[13] Vgl. Richter 1981, S. 15.

3 Methodisches Vorgehen

Methodisch lässt sich meine Arbeit in die Geländearbeit, die Präparation und die Laborarbeit unterteilen.

3.1 Geländearbeit

In der Vorbereitung unserer Exkursion erfuhren wir, dass man am Cap Greco Fossilien finden kann. Die Erlaubnis an diesem Ort Fossilien zu sammeln hatte unserer Lehrer vom Geological Survey of Cyprus in Nikosia erhalten. Das Cap Greco ist ein Kap, welches 8-10 m über dem Meeresspiegel liegt. Es ist gleichzeitig der östlichste Punkt der EU. Geologisch gesehen, liegt es in der Sedimentationsebene, welche sich rund um das Tróodos-Gebirge erstreckt (siehe Abbildung 1). Das geologische Alter der Sedimente direkt am Kap wird mit Miozän angegeben. In Millionen Jahren heißt das, dass die Fossilien 23 Millionen Jahre oder jünger sind. An meinem Probentag parkten wir unser Auto direkt an der Straße und gingen 10 Minuten Richtung Kap über eine schräg abfallende Ebene bis zur Steilküste. Es war in der Ebene nur eine Sedimentschicht für mich sichtbar. Ihre Farbe stellte sich als weißlich-grau dar und ihre Konsistenz ist mit dicht und fest zu beschreiben. Nachdem ich mir einen Überblick über das Gelände gemacht hatte, löste ich mit meinem Hammer und Meißel fossile Schalen direkt aus der Oberfläche heraus. Mein Ziel war es möglichst viele verschiedene Stücke herauszuarbeiten. Meine Probenfundorte lagen in einem Umkreis von 50 m. Im Laufe des Exkursionstages füllte ich ca. 35 Probenbeutel. Die Proben umwickelte ich mit weichem Küchenpapier, um nachträgliche Beschädigungen der Fossilien zu verhindern.

In diesem Gebiet, ziemlich dicht an der Steilküste, befand sich auch ein Aufschluss, den man im rechten Foto an der Oberkante des Bildes erkennen kann. Er hatte eine Mächtigkeit von ca. 80 cm. In der Abbildung 2 habe ich eine Stratigraphie dieses Aufschlusses gezeichnet und ein Foto daneben gestellt. Meine Proben aus der Ebene, sind der dritten Schicht von oben zuzuordnen. In der Sedimentschicht direkt über meiner bisher beprobten Schicht fand ich im Aufschluss mehrere zapfenförmige Gesteinsstücke unterschiedlicher Größe. Eines arbeitete ich aus der Sedimentationsschicht heraus und nahm es mit zur Untersuchung nach Hause.

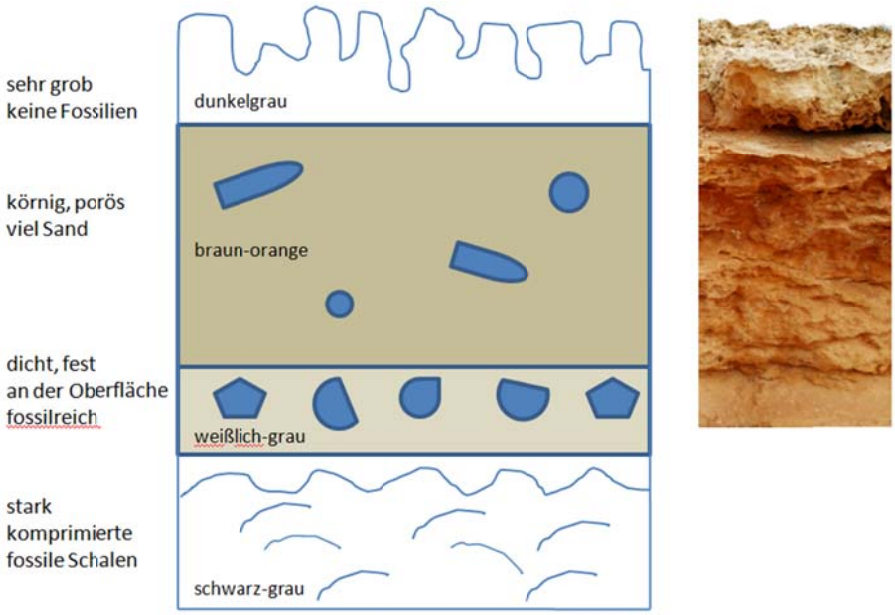


Abbildung 2: Stratigraphie eines Aufschlusses am Cap Greco, eigene Grafik, eigenes Foto

Während meines Aufenthaltes auf Zypern habe ich auch rezente Muscheln am Strand gesammelt. Nach der Präparation der Fossilien habe ich festgestellt, dass sechs rezente Muscheln mit meinen gefundenen Fossilien übereinstimmten. Hierdurch ergaben sich Vergleichsmöglichkeiten.

3.2 Präparation

Zurück in Deutschland habe ich mich zuerst an das Präparieren meiner Proben gemacht. Mir stand ein elektrisch betriebener Kompressor mit entsprechendem Präpariergerät mit verschiedenen Meißeln zur Verfügung. Die Meißel werden bei diesem Gerät durch die Druckluft Schwingungen in Vibration versetzt. Die Meißel sind so fein, dass man sie nur zur Feinpräparation kleinerer Stücke nutzen konnte. Ich musste darauf achten, dass die Fossiloberfläche nicht von Spuren zahlreicher Meißelschläge geziert wurde. Zusätzlich benutzte ich einen Dremel zum Schleifen, Fräsen und Bürsten meiner Proben. Die größte Herausforderung war, dass die Gesteine, in das die Fossilien eingebettet waren, härter waren als die fossilen Schalen. Es bestand immer die Gefahr, das Fossil bei der Präparation zu beschädigen. Ich musste mit viel Geduld und sehr langsam vorgehen.

Ich habe nicht alle Fossilien aus dem Gestein gelöst, da ein Handstück mit mehreren Fossilien aussagekräftiger sein kann als das isolierte Stück. Es präsentiert ein Bruchstück einer Faunengemeinschaft.

Am Ende der Präparation stand die Bestimmung der gefundenen Fossilien. Nach kurzer Zeit musste ich erkennen, dass es nicht einfach ist, neben der Familie die genaue Gattung und Art zu bestimmen. Als erste Orientierung suchte ich in Büchern Abbildungen ähnlicher Funde. Hier fand ich auch Tabellen der vorkommenden Muschel- oder Schneckengehäuseformen zur Vorbestimmung.[14] Gleichzeitig dienten Funde von anderen Fossiliensammlern auf Zypern als Orientierung.[15] Zusätzlich war ich in den Sommerferien im Muschelmuseum Ochsenhausen[16], wo Familie Kapitza 30.000 rezente Schnecken und Muscheln, gesammelt in der ganzen Welt, ausstellt. Es ist die weltweit größte zugängliche Privatsammlung. Hier konnte ich viele Fragen stellen und mir über die unglaubliche Vielfalt der Mollusken einen Überblick verschaffen.

3.3 Laborarbeit

Nach der Präparation habe ich kleine Stücke von meinen Proben „herausgebrochen“, um sie im Labor weiter untersuche zu können. In der Abbildung 3 sind die zu untersuchenden „Bruchstücke“ auf Probentischen (Ø = 12 mm) zu sehen.

Abbildung 3: Probentische, eigenes Foto

Die Laborarbeit bestand aus

1. der REM-Analyse und
2. einer chemischen Analyse mit Hilfe eines EDX-Detektors.

[14] Vgl. Richter 1981, S. 118 und S. 154.
[15] Vgl. Huber 2007, S. 356ff; vgl. http://www.fossilienjaeger.de/exkursionen/zypern/zypern1.html [4.1.2015].
[16] Vgl. http://www.muschelmuseum-ochsenhausen.de/2.html [06.01.2015].

Das REM ist ein wichtiges Gerät zur Oberflächenstrukturanalyse massiver Proben. Bei dieser Mikroskopiemethode wird ein sehr fein gebündelter Elektronenstrahl zeilenweise über die Objektoberfläche geführt. Die dabei durch die Primärelektronen im Objekt erzeugten Wechselwirkungsprodukte (Sekundärelektronen, Röntgenstrahlen, etc.) werden erfasst und zur Bilddarstellung verwendet. Mit dem REM können Strukturen mit einem Auflösungsvermögen von nur wenigen Nanometern mit einer gegenüber dem Lichtmikroskop 1000-mal größeren Schärfentiefe untersucht werden.[17]

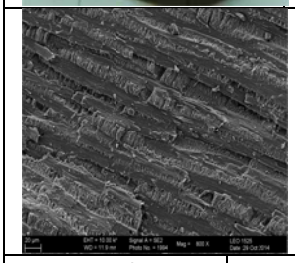
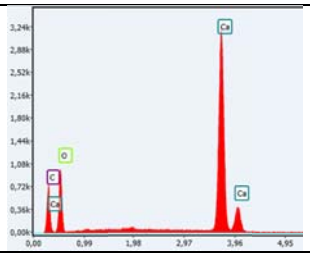
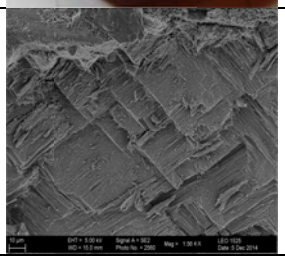
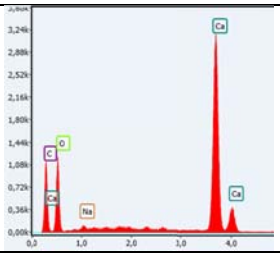
Ebenso wurde eine chemische Analyse im Zuge der REM-Analyse mittels eingebauten EDX-Detektors (energiedispersive Röntgenanalytik) durchgeführt.[18] Ein Primärelektronenstrahl schlägt ein Elektron aus einer kernnahen Schale und ein Elektron eines höheren Orbitals tritt an seine Stelle, sodass die Energiedifferenz in Form eines Röntgenstrahls emittiert. Die jeweilige Strahlung bzw. die Intensität der Energien, die vom Detektor gemessen wird, ist charakteristisch für das jeweilige Element. Darauf basierend können in Form von „Peaks“ die auf dem Probenausschnitt enthaltenen Elemente auf einem Monitor aufgezeigt werden.

Für die Untersuchungsmethoden müssen die Proben vakuumbeständig und frei von Verunreinigungen sein, welche die Elementanalyse verfälschen könnten. Um eine Analyse mittels Elektronenstrahl an der Probenoberfläche durchführen zu können, bedarf es einer leitfähigen Oberfläche. Daher wurden meine nicht leitfähigen Proben zuvor mit Kohlenstoff bedampft. So werden nicht leitende Substanzen der Probe für die Elementanalyse zugänglich gemacht und es wird der Bildkontrast leitfähiger Substanzen verbessert.

4 Ergebnisdarstellung

Alle meine untersuchten Fossilien habe ich am Cap Greco gefunden. Sie sind alle dem Stamm der Mollusken zuzuordnen. Meine Fundstücke lassen sich in die Klasse der Gastropoden (Schnecken) und in die Klasse der Lamellibranchia (Muscheln)[19] zuordnen. In den folgenden Tabellen habe ich alle unterschiedlichen Schnecken bzw. Muscheln mit ihren dazugehörigen Untersuchungsergebnissen zusammengefasst. Neben dem Abbild des fossilen Fundstückes werden die Familie und der Gattungsname genannt. Da mir nur die Bestimmung der Gattung und nicht die der Art möglich war, folgt auf den Gattungsnamen die Abkürzung „sp“, es steht für die nicht näher bezeichnete Species. Bei einigen Fundstücken war es mir möglich, auch die rezente Form auf Zypern zu sammeln. Sie ist in den Ergebnistabellen jeweils mit abgebildet.

[17] Vgl. http://www.uni-tuebingen.de/Teilchenoptik/html/fprakt/pdf/AnleitungREM.pdf [04.01.2015].
[18] Vgl. http://www.schmitz-metallographie.de/de/werkstofftechnik/rasterelektronen-mikroskopie[04.01.2015].
[19] Die Bezeichnung „Lamellibranchia“ (Henri Marie Ducrotay de Blainville 1824) wurde nach der Gestaltung der Kiemen (*Blattkiemen*) gewählt und ist in der wissenschaftlichen Literatur am häufigsten zu finden.
In der Literatur findet man auch den wissenschaftlichen Namen „Bivalvia“ (Carl von Linné, 1758). Er ist von der zweigeteilten Kalkschale abgeleitet, die ihren Körper je nach Art mehr oder weniger schützend umhüllt.

	fossil Klasse: Gastropoda Familie: Littorinidae Gattung: *Littorina sp.* Gehäuse: turbiniform Größe: 2,2 cm		rezent Strandschnecke Größe: 2,5 cm
			

Probe 7, fossil Prozentanteile der Elemente	Element	Gewicht %	Atom%	Net. Int.	Error %	Kratio
	C K	14.22	23.12	247.91	7.71	0.07
	O K	47.81	58.37	518.82	10.53	0.06
	CaK	37.98	18.51	2609.15	1.65	0.35

Tabelle 2: Ergebnisdarstellung für die Schnecke *Littorina sp.*, eigene Fotos und Analyseergebnisse

Beispielhaft sind die Bilder der REM-Analyse und die Ergebnisse der Elementanallyse für die fossile Schnecke *Littorina sp.* als auch für die rezente Form in der Tabelle 2 dargestellt. Beide Analysearten haben für meine gesamten Fossilien keine nennenswerten Unterschiede erbracht, so dass ich die Komplettdarstellung nur für die Schnecke *Littorina sp*. gewählt habe.

Die Elementanalyse hat ergeben, dass beide Schneckengehäuse aus Calciumcarbonat bestehen. Die durch den EDX-Detektor dargestellten „Peaks“ der Elemente der fossilen Probe sind identisch mit den „Peaks“ der rezenten Probe. Diese Untersuchungsmethode lässt jedoch keine Aussage zu einer eventuell unterschiedlichen Kristallstruktur der beiden Gehäuse zu. Möglich wäre, dass über die Zeit eine Umkristallisierung stattgefunden hat. Der nicht so stabile Aragonit könnte in den stabileren Calcit umkristallisiert sein. Das fossile Gehäuse würde dann aus Calcit besteht und das rezente aus Aragonit. Diese Vermutung könnte man mit Hilfe von Dünnschliffen überprüfen.

Die Bilder des Rasterelektronenmikroskops zeigen die Oberflächenstruktur des fossilen und des rezenten Gehäuses. Beide sind geschichtet aufgebaut. Auf den ersten Blick sehen die Oberflächen unterschiedlich aus, dies ist aber nur durch einen anderen Bruchwinkel der Proben begründet. Die Detailschärfe der Bilder hat mich sehr fasziniert, aber auch bei den anderen Proben habe ich keine Hinweise z. B. auf Deformationen durch Druck oder Temperatur gefunden.

	fossil Klasse: Gastropoda Familie: Conidae Gattung: *Conus sp.* Gehäuse: fusiform Größe: 1 cm		rezent 2.3 Kegelschnecken Größe: 1,2 cm
	fossil Klasse: Gastropoda Familie: Cypraeidae Gattung: *Cyprea sp.* Gehäuse: convolut Größe: 3,0 cm		rezent Kaurischnecken Größe: 1,0 cm
	fossil Klasse: Gastropoda Familie: Elonidae Gattung: *Klikia sp.* Gehäuse: discoidal Größe: 1,7 cm		
	fossil Klasse: Gastropoda Familie: Muricidae Gattung: *Murex sp.* Gehäuse: fusiform Größe: 2 cm		fossil Steinkern Größe: 2 cm
	fossil Klasse: Gastropoda Familie: Patellidae Gattung: *Patella sp.* Gehäuse: napfförmig Größe: 3,5 cm		rezent Napfschnecke Größe: 2,5 cm

Tabelle 3: Ergebnisdarstellung der Schnecken, eigene Fotos

Insgesamt habe ich sechs verschiedene Arten von Schnecken gefunden. Zwei der abgebildeten fossilen Schnecken der Tabelle 3 weisen Besonderheiten auf. Bei der fossilen *Cyprea sp.* erkennt man nur noch ganz dünne Reste des Gehäuses, der Auflösungsprozess ist weit fortgeschritten. Die Gestalt der Schnecke ist durch den Steinkern erhalten. Für die Gattung *Murex sp.* habe ich sowohl ein Beispiel der fossilen Form mit Gehäuseerhaltung gefunden als auch ein Exemplar, bei welchem nur der Steinkern erhalten ist. Es sind Ausgüsse des Inneren von Hartteilen, sie sind in diesem Fall durch Sedimente gebildet worden.

Vergleicht man die fossilen Gehäuse mit denen der rezenten Gehäuse, fällt auf, dass die Farbe die Zeit nicht überdauert hat und auch die feingerippten Oberflächenstrukturen nicht mehr erhalten sind.

	fossil Klasse: Lamellibranchia Familie: Arcidae Gattung: *Arca sp.* Gehäuse: nunculianform Größe: 5 cm		rezent Archemuschel Größe: 6,5 cm
	fossil Klasse: Lamellibranchia Familie: Glycymerididae Gattung: *Glycymeris sp.* Gehäuse: elliptisch Größe: 4 cm		fossil Zustand vor und nach der Präparation Größe: 2,5 cm
	fossil Klasse: Lamellibranchia Familie: Carditidae Gattung: *Centrocardita sp* Gehäuse: trigonal Größe: 2,2 cm		rezent Herzmuschel Größe: 2,2 cm

Tabelle 4: Ergebnisdarstellung der Muscheln, eigene Fotos

Ich habe drei unterschiedliche Arten fossiler Muscheln gefunden. Die Fundstücke sind alle gut erhalten und weisen dicke Schalen auf. Die Oberfläche der *Centrocardita sp.* ist mit ihren Rippen nicht abgeschliffen oder aufgelöst. Für die Muschel der Gattung *Glycymeris sp.* ist in der Tabelle 4 der Zustand vor und nach der Präparation abgebildet. Das Sediment, in die die fossile Schale eingebettet ist, ist sehr hart. Mir ist die Schale dieses Stückes beim Präparieren zerbrochen.

	fossil Handstück Größe: 3 cm x 2 cm		fossil Coccolith Form: schüsselförmig Größe: 4 µm

Tabelle 5: Ergebnisdarstellung des Handstücks und REM Aufnahme des Handstücks, eigene Fotos

In der Tabelle 5 ist ein Handstück abgebildet, welches hunderte von kleinen fossilen Muscheln und Schnecken enthält. Hier bekommt man einen Eindruck, in welcher Vielzahl Fossilien an meinem Probenstandort vertreten waren. Die rechte Aufnahme der Tabelle 5 zeigt einen Ausschnitt der Oberfläche des Handstücks auf 40.000-fach vergrößert. Man erkennt in einer unglaublichen Tiefenschärfe einen scheibenförmigen fossilen Coccolithen. Dies sind mikroskopische (maximal 0,01 mm große) scheibenförmige Plättchen aus Kalk.

In der Sedimentschicht oberhalb der Schicht, in der ich meine anderen fossilen Funde gefunden habe, waren Konkretionen eingebettet. In Abbildung 4 ist eine freipräparierte große Konkretion abgebildet. Sie ist 28 cm breit und 10 cm hoch. Durch den Bruch kann man im Zentrum des Gesteinsstückes Fossilreste, vielleicht auch poröses anorganisches Material, erkennen. Um diesen herum hat sich die Sedimentverfestigung zapfenförmig entwickelt. Ich habe die eingeschlossenen fossilen Reste nicht frei präpariert, um die Konkretion nicht zu zerstören, da sie ein schönes Beispiel für den Vorgang der Fossildiagenese ist.

Abbildung 4: Konkretion, eigenes Foto

5 Interpretation

Wie habe ich mir die Todesumständen bzw. Lebensumständen der fossilen Mollusken vorzustellen? Finden sich Hinweise in meinen Ergebnissen?

Eine Aussage über die nekrotischen Vorgänge, d. h. die Todesursache der Muscheln und Schnecken, kann ich anhand der gefunden Schalen und Gehäuse nicht machen. Das Handstück mit der großen Dichte an fossilen Resten zeigt mir aber, dass es sich bei meinen Fossilien wahrscheinlich nicht um eine Lebensgemeinschaft, sondern eher um eine Grabgemeinschaft handelt. Das heißt, dass die im Gestein erhaltenen Muscheln und Schnecken wahrscheinlich verschiedene Meeresbereiche bewohnten und die leeren Gehäuse und Schalen erst nach dem Tod der Tiere an den Einbettungsort transportiert wurden. Ich stelle mir das wie einen Spülsaum vor, den man heute auch an den Stränden der Nord- und Ostsee findet. Viele leere Gehäuse und Schalen toter Tiere werden durch die Bewegung des Meeres an den Strand gespült und am Rand des Wassers „gesammelt“. Zypern hat sich zu der Zeit noch immer weiter angehoben und durch abgelagerte Sedimente wurde der „Spülsaum“ konserviert.

Ich nehme weiterhin an, dass es sich bei den Tieren des Handstückes um eine überwiegend allochthone Einbettung handelt, d. h. die Tiere sind an einem anderen Ort gestorben und dann an den Einbettungsort transportiert worden. Dafür spricht die Sortierung der Schalen und Gehäuse nach der Größe. Die Schalen und Gehäuse des Handstückes sind relativ klein im Vergleich zu den einzeln präparierten Fossilien. Für den Transport der Schalen und Gehäusen sprechen auch der Anteil zerbrochener Schalen und der Abschliff. Hierbei kann ich aber nicht genau beurteilen, was nachträglich verursachter Bruch durch Lagerung und Erosion an der Oberfläche ist.

Am Handstück kann ich keine geregelte Einbettung der Schalen und Gehäuse feststellen. Dies gilt auch für die größeren Muschelschalen. Ich habe nachträglich durch Auszählen der Lage der Schalen mit der Öffnung nach oben und mit der Öffnung nach unten auf den gemachen Fotos keine überwiegende Mehrheit für eine Lage gefunden. Wenn die Öffnung überwiegend nach unten gelegen hätte, hätte man annehmen können, dass eine Einkippung in bewegterem Wasser erfolgt ist. Muschelkappen in Stillwasserbereichen liegen meist mit der Wölbung nach unten. Auch über die regelmäßige Einregelung spitzkegelförmiger Schneckenschalen i. d. R. in Strömungsrichtung kann ich keine gesicherte Aussage machen. Auf diese Umstände würde ich bei einer erneuten Fossiliensuche ein ganz anders Augenmerk legen und für einen abgegrenzten Bereich eine genaue Zählung der Lage der fossilen Schalen und Gehäuse vornehmen.[20]

Auf die Lebensumstände der gefundenen Fossilien in dem Ozean Tethys kann ich nur über die Kenntnis der Lebensumstände der gefundenen rezenten Muscheln und Schnecken schließen. Diese Art der Schlussfolgerung ist in der Geologie eine übliche Methode. Über aktuelle Vorgänge und Prozesse und die Kenntnis darüber zieht man quasi die Parallele zur erdgeschichtlichen Vergangenheit, immer in der Annahme, dass aktuelle Vorgänge denen der früheren Epochen gleichzustellen sind. Man bezeichnet dies als Aktualismusprinzip. Hier ergibt sich ein vielfältiges Bild. Das Mittelmeer heute ist extrem artenreich. Tiere wie Muscheln, Krebse und Meeresschnecken sind in hoher Artenvielfalt zu beobachten. Die Wassertemperatur schwankt im Jahresverlauf zwischen 17 und 26 °C. Das Wasser ist überdurchschnittlich salzhaltig (im östlichen Mittelmeer liegt der Salzgehalt bei rd. 3,9 %, im westlichen Mittelmeer bei ca. 3,6 %; zum Vergleich Ostsee im Bereich des Skageraks 2,5 %[21]) und hat heute eine geringe Austauschkapazität zum Atlantik und so ist das Angebot an Nährstoffen und Sauerstoff gering. Die Lebensräume der gefundenen rezenten Arten werden wie folgt beschrieben: Die rezente Schnecke *Littorina* lebt in der Gezeitenzone geschützter Küstenabschnitte sowohl auf Hart- als auch Weichböden. Die Schnecken *Murex* und *Patella* leben auf Sand in der Gezeitenzone, sind aber auch bis 340 m Tiefe zu finden. Die Muschel *Glycymeris* lebt eingegraben in Sand oder Kies zwischen 10 und 100 m Tiefe. Die Schnecke *Cyprea* hat speziellere Anforderungen an ihre Lebensumstände. Sie braucht Licht zum Leben und Wassertemperaturen über 18 °C. Nach dem Aktualismusprinzip können wir uns die Lebensumstände im Meer vor Zypern im Miozän annähernd so wie heute vorstellen. An dieser Stelle muss nur bedacht werden, dass diese Meeresregion damals einen Zugang zum Weltmeer im Osten hatte und geringfügig weiter südlich lag. Bei der Bildung von Parallelen zwischen heute und früheren Zeiten ist auch zu berücksichtigen, dass die gefundenen Fossilien nur einen winzigen Ausschnitt aus der Vielfalt des früheren Lebens darstellen.

6 Fazit

Insgesamt habe ich neun Molluskenarten gefunden, davon sechs sowohl fossil als auch rezent. Durch die vor Ort immer noch lebenden rezenten Arten konnte ich Rückschlüsse auf die Lebensumstände im Miozän ziehen. Meine mir am Anfang dieser Arbeit gestellten Forschungsfragen konnte ich somit beantworten.

Gehe ich allerdings kritisch mit meinen Ergebnissen um, würde ich, um diese zu untermauern, in Zukunft bei der Fossiliensuche weiteres beachten:

[20] Vgl. http://bioteaching.com/my-research-fossil-predation-and-encrustation-in-the-kakkaristra-formation-nicosia-cyprus/ [04.01.2015].

[21] http://www.rp-online.de/panorama/wissen/wie-hoch-ist-der-salzgehalt-im-mittelmeer-aid-1.2309458

- Ein genau ausgemessenes Feld oder Gebiet betrachten.
- In diesem Gebiet systematisch eine Auszählung der verschiedenen Arten vornehmen.
- Systematisch die Lage und den Erhaltungszustand der Fossilien katalogisieren.
- Den heutigen Lebensraum der rezenten Mollusken genauer untersuchen.
- Rezente Molluskenarten vollständig erfassen.

Zusätzlich habe ich durch das Studium der Bücher und Artikel erfahren, dass viele unterschiedliche fossile Foraminiferen in den Sedimenten erhalten sind. Diese sind meist nur mit dem Mikroskop zu entdecken. Diese Art der „Fossiliensuche“ habe ich gar nicht beachtet.

Gerne hätte ich auch einen Vergleich der Kristallstruktur fossiler und rezenter Muschelschalen vorgenommen. Vielleicht hätte man durch Dünnschliffe eine Umkristallisierung von Aragonit zu Calcit nachweisen und so die Prozesse der Fossildiagenese genauer untersuchen können.

Trotz der nachträglich kritischen Betrachtung meiner Vorgehensweise, habe ich durch das Sammeln von Fossilien und deren Bestimmung einen ersten Einblick in das Leben im Meer vor Zypern vor ca. 23 Millionen Jahren erhalten.

Quellenverzeichnis

Literatur:

Dance, S.P; Naturführer Muschlen und Schnecken, London, 2. Auflage 1992.
Greensmith, T.; Southern Cyprus, Geologists' Association Guide No. 50, 1998.
Huber, D.A.; Sonne, Meer und jede Menge Schnecken Fossilienssuche auf Zypern; in: Fossilien Zeitschrift für Hobbypaläontologen, Heft 6 2007, S. 356-359.
Richter, A.E.; Handbuch des Fossiliensammlers, Stuttgart 1981.
Ziegler, B.; Allgemeine Paläontologie, Einführung in die Paläontologie Teil 1, Stuttgart, 5. unveränderte Auflage 1992.
Ziegler, B.; Paläontologie, Vom Leben in der Vorzeit, Stuttgart 2008.

Internetquellen:

http://bioteaching.com/my-research-fossil-predation-and-encrustation-in-the-kakkaristra-formation-nicosia-cyprus/[04.01.2015].
http://www.cyprusgeology.org/english/images/geology/2_1_GeologicalZones.jpg) [06.01.2015].
http://www.fossilienjaeger.de/exkursionen/zypern/zypern1.html [4.1.2015].
htpp://www.muschelmuseum-ochsenhausen.de/2.html [06.01.2015].
http://www.rp-online.de/panorama/wissen/wie-hoch-ist-der-salzgehalt-im-mittelmeer-aid-1.2309458.
http://www.schmitz-metallographie.de/de/werkstofftechnik/rasterelektronen-mikroskopie[04.01.2015].
http://www.spektrum.de/lexika/images/biok/fff413_w.jpg [12.01.2014].
http://www.uni-tuebingen.de/Teilchenoptik/html/fprakt/pdf/AnleitungREM.pdf [04.01.2015].

Danksagung

Ich danke an erster Stelle meinem Betreuungslehrer Herrn Wolfgang Fraedrich, dass er sich so viel Zeit für mich und meine Arbeit genommen hat. Herr Fraedrich hat mir meine Fragen beantwortet, die Analysemethoden erklärt und ist mein Projekt durchgegangen, um mögliche Fehler zu vermeiden.

Des Weiteren danke ich ihm und Frau Heidari für die Begleitung der Projektgruppe nach Zypern. Es war eine unglaublich spannende Projektreise.

Ich danke auch Herrn Dr. Volker Sach, der mir beim Bestimmen der Konkretion geholfen hat und meine Vorstellung, einen Belemniten gefunden zu haben, korrigierte.

Frau Walter danke ich für die Unterstützung bei der Durchführung der rasterelektronen-mikroskopischen Analyse.

Bedanken möchte ich mich auch bei meinem Bruder Ole und bei meinen Eltern, die mich und meine Arbeit mit vielen guten Tipps unterstützt haben.

Einen weiteren Dank richte ich an die Freie und Hansestadt Hamburg, die mir mein Projektmit ihren Fördergeldern überhaupt ermöglicht hat, und der Agnes-Gräfe-Stiftung für den Reisekostenzuschuss.