

Zur Erlangung des akademischen Grades eines Bachelor of
Science in Georessourcenmanagement, RWTH Aachen
eingereichte Bachelorarbeit

Mikropaläontologische Untersuchung an den Sedimenten der Laguna Salada (Spanien)

Vorgelegt von: Berit Jasmin Schwarze
Matrikelnummer 312292

Prüfer: Univ.-Prof. Dr. Klaus Reicherter
Dr. Margret Mathes-Schmidt

Aachen, im Juli 2014

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass die vorliegende Arbeit von mir selbstständig ohne unerlaubte fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt wurde. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder unveröffentlichten Schriften entnommen sind, sind als solche gekennzeichnet. Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht als Prüfungsarbeit eingereicht worden.

Aachen, den _____

Berit Jasmin Schwarze

Danksagung

In erster Linie bedanke ich mich bei Herrn Professor Dr. Klaus Reicherter für die Überlassung des interessanten Themas sowie die Möglichkeit das Labor und den HiWi-Raum im Institut für Neotektonik und Georisiken nutzen zu können.

Frau Dr. Margret Mathes-Schmidt gilt mein Dank besonders für ihre wissenschaftliche Beratung, die wesentlich zur Durchführung dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt Tabea Schröder, die die Betreuung meiner Arbeit übernommen hat. Sie hat sich stets Zeit für meine Fragen genommen und mich durch ihre Beratung stets unterstützt.

Ich danke außerdem dem gesamten Team des Instituts für Neotektonik und Georisiken, das sich bei Fragen stets hilfsbereit zeigte.

Für zahlreiche Stunden des Korrekturlesens danke ich meiner Schwester Aëna, die mir als Fachfremde zusätzlich aufzeigen konnte, an welchen Stellen noch Erklärungsbedarf bestand.

Abschließend möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mich während meines Studiums nicht nur finanziell, sondern auch durch ihre Ratschläge immer unterstützt haben.

Kurzfassung

Heutzutage gilt es als erwiesen, dass sich der moderne Mensch in Afrika entwickelte und sich erst später im westlichen Eurasien verbreitete. Was die Menschen dazu bewegte ihre Heimat zu verlassen und über welche Routen sie nach Eurasien gelangten, ist jedoch nicht hinreichend erforscht. Es ist anzunehmen, dass der Mensch durch äußere Umstände, wie zum Beispiel drastische klimatische Veränderungen, zu einer Umsiedlung gezwungen wurde. Um die Frage nach den Beweggründen und der Wanderroute zufriedenstellender beantworten zu können, müssen in den Quell- und Zielregionen sowie auf den Wanderpfaden sogenannte "klimatische Archive" untersucht werden. Mit der Laguna Salada im Süden der Iberischen Halbinsel findet man ein solches Archiv auf einem der vermuteten Wanderpfade. Die hier untersuchten Flachwassersedimente ermöglichen die Rekonstruktion des Paläoklimas über lange Zeiträume hinweg. Zur Untersuchung der Sedimente wurden 2012 zwei Bohrungen abgeteuft, aus denen insgesamt dreizehn Proben entnommen wurden. Diese Proben wurden zunächst im Labor aufbereitet und dann unter dem Mikroskop auf fossile Inhalte untersucht. Fossile Pflanzen und Tiere waren zu ihren Lebzeiten an definierte Lebensräume gebunden. Sofern die Ansprüche der vorliegenden Arten bekannt sind, lassen sich demzufolge aus ihren Verteilungsmustern Klimavariablen wie Temperatur und Niederschlag ableiten. In fast allen untersuchten Proben sind fossile Characeen und Ostrakoden gefunden worden. Diese eignen sich aufgrund ihrer Diversität und von Art zu Art variierenden Ansprüche an den Lebensraum als Indikatoren für das Paläoklima. Die zur Artenbestimmung benötigten charakteristischen Merkmale konnten jedoch nicht bestimmt werden, so dass keine eindeutigen Ergebnisse, sondern nur verschiedene Modelle abgeleitet werden konnten.

Abstract

Nowadays it is taken as demonstrated, that Modern Man developed in Africa and then spread throughout western Eurasia. But what induced the humans to leave their homeland and which routes they used to get to Eurasia is nowhere near to be sufficiently investigated. There is a good case to believe that the humans were forced to resettle by extraneous circumstances, such as drastic climatic changes. To answer the question of their motives and their migratory route in a satisfactory manner, "climatic archives" of the source and sink areas as well as of the trajectories have to be examined. The Laguna Salada which is located in southern Spain is such an archive on one the assumed trajectories. Its examined shallow-water sediments allow the reconstruction of the paleoclimate over a long period of time. To examine the sediments, two drilling cores were drilled in 2012, from both of which 13 samples were taken. These samples were rehashed in the laboratory and then examined for fossil content under a reflected light microscope. Fossil plants and animals are bound to certain habitats during their lifetime. Provided that the demands of the present species are known, climate variables such as temperature and precipitation can be extrapolated from their distribution patterns. In almost all of the examined samples fossil charales and ostracods were found. Due to their diversity and since demands on habitat change from species to species, these fossils are qualified indicators for the paleoclimate. The characteristic attributes, which are necessary for the classification of species, could not be determined. Consequently no definite results but various models could be extrapolated.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	IV
Abstract.....	V
1. Einleitung	1
1.1 Sonderforschungsbereich 806: Our Way To Europe.....	1
1.2 Zielsetzung	2
2. Geografischer Überblick.....	3
2.1 Klima.....	4
2.2 Hydrologie.....	4
2.3 Paläoklima	5
3. Geologie.....	6
3.1 Geologie Spaniens.....	6
3.2 Betische Kordillere	7
3.3 Lokale Geologie	9
4. Methoden	10
4.1 Bohrkernnahme	10
4.2 Bohrkernbeschreibung und Probenahme	10
4.3 Aufbereitung	11
4.4 Mikroskop	11
5. Mikropaläontologie	12
5.1 Characeen	12
5.2 Ostrakoden	14
6. Ergebnisse	16
6.1 Bohrkernbeschreibung	16
6.2 Beschreibung der Proben	19
6.2.1 SAL 2	19
6.2.2 SAL CO5	27
7. Interpretation	31
8. Fazit und Ausblick	37
Literaturverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis.....	IX
Tabellenverzeichnis.....	X

1. Einleitung

Heutzutage ist es mit dem derzeitigen Wissenstand und dem aktuellen technischen Entwicklungsstand möglich eine Antwort auf die Frage nach der Herkunft der Menschheit zu geben. Es gilt mittlerweile als erwiesen, dass sich der moderne Mensch in Afrika entwickelte und sich dann ins westliche Eurasien verbreitete. Obwohl die Kernfrage „Wo kommen wir her?“ somit schon beantwortet werden kann, bleiben noch einige Fragen zur Herkunft der Menschheit unbeantwortet. Warum der Mensch seine Heimat verließ um sich an einem fremden Ort neu anzusiedeln ist beispielsweise noch nicht hinreichend erforscht. Paläoklimatische Aufzeichnungen zeigen, dass sich das Klima im Verlauf der Erdgeschichte immer wieder drastisch verändert hat (Lionello et al. 2012). Es ist also denkbar, dass der Mensch durch äußere Umstände zu einer Umsiedlung gezwungen wurde. Um fundiertere Aussagen über mögliche Beweggründe formulieren zu können, muss also das Paläoklima der Ursprungs- und Zielregionen, sowie der Wanderpfade, näher untersucht werden. Zu diesem Zweck wurde mit dem „Sonderforschungsbereich (SFB) 806: Our Way to Europe“ ein großangelegtes Forschungsprojekt, das sich mit dem Paläoklima und der Umsiedlungsgeschichte des modernen Menschen beschäftigt, ins Leben gerufen.

1.1 Sonderforschungsbereich 806: Our Way To Europe

Das Projekt "Our Way To Europe" beschäftigt sich mit Klima- und Umweltfaktoren die in Zusammenhang mit der Ausbreitung des modernen Menschen stehen. Es soll erforscht werden, in welchem Ausmaß einzelne Wanderungs- und Ausbreitungsbewegungen durch vorherrschende Umweltbedingungen gefördert oder behindert wurden. Die zentrale Fragestellung lautet: Welche interkontinentalen und transkontinentalen Bedingungen haben dazu geführt, dass sich der Moderne Mensch von Afrika ins westliche Eurasien und insbesondere nach Europa verbreitete. Im Fokus steht die Zeitspanne zwischen dem



Abbildung 1 - Ursprung, Wanderpfade und Niederlassung des modernen Menschen
(Richter 2014)

Aufbruch des Menschen in Afrika vor etwa 190 000 Jahren und seiner Niederlassung in Europa vor etwa 35 000 Jahren.

Es gilt als bewiesen, dass der Mensch über den östlichen Pfad (Vgl. Abbildung 1) seinen Weg nach Europa fand. Zurzeit wird vermutet, dass der Mensch außerdem über die Straße von Gibraltar (Vgl. Abbildung 1) nach Europa gelangte. Diese These wird beispielsweise durch Untersuchungen des Projekts C3 weiter überprüft (Richter 2014).

Dieses Projekt ist auf Klima- und Umweltveränderungen auf der Iberischen Halbinsel spezialisiert, die zwischen dem Oberen Pleistozän und dem Mittleren Holozän stattgefunden haben und sich anhand von Langzeitarchiven wie See- oder Lagunenablagerungen erforschen lassen. Hierbei soll Kenntnis über die sich über ca. 600 km weit ausstreckende regionale Lücke der Spätquartären paläoklimatischen Archive der westlichen Iberischen Halbinsel gewonnen werden. Das Forschungsgebiet erstreckt sich über zwei Klimazonen, die humide Klimazone der atlantischen Iberischen Halbinsel im Westen und die mediterrane Klimazone im Osten. Beide Klimazonen wurden von den Neandertalern und in der Folge auch vom modernen Menschen besiedelt und unterliegen klimatischen Einflüssen wie der Nordatlantischen Oszillation und Kurzzeitereignissen wie den Heinrich- oder Dansgaard-Oeschger-Ereignissen. Diese Kurzzeitereignisse stehen im Zentrum der Forschung, da sie bedeutende Auswirkungen für Jäger- und Sammler-Völker gehabt haben könnten. Vielversprechende Archive sind die endorheischen Seen im triassischen Gipskarst, da diese Frisch- oder Salzwasserseen Einblick in lange sedimentäre Sequenzen gewähren (Richter 2014).

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist die Rekonstruktion des Paläoklimas auf der südlichen Iberischen Halbinsel. Die Rekonstruktion des Paläoklimas erfolgt auf Grundlage sogenannter "klimatischer Archive", die Informationen über verschiedene Klimavariablen wie beispielsweise Temperatur und Niederschlagsmenge enthalten. Ein solches Archiv ist die Laguna Salada, die sich in der Provinz Málaga im Süden Spaniens befindet. Flachwassersedimente wie die Sedimente der Laguna Salada bergen das Potential über einen Zeitraum von Millionen von Jahren Rückschlüsse auf das Klima zu machen (Lionello et al. 2012). Demzufolge soll im Rahmen dieser Arbeit eine Untersuchung der Sedimente der Laguna Salada auf Merkmale oder Indikatoren erfolgen, die auf klimatische Schwankungen hinweisen. Zu diesem Zweck wurden aus verschiedenen Tiefen der Sedimente Proben entnommen und auf fossiles Material untersucht. Fossile Pflanzen und Tiere eignen sich als Indikatoren für das Paläoklima, weil verschiedene Arten an unterschiedliche Lebensräume und Bedingungen gebunden sind. Ändert sich die Verteilung einer Art über die Zeit oder verschwindet sie vollkommen und sind deren Ansprüche an ihren Lebensraum bekannt, so kann dies Hinweise auf klimatische Veränderungen liefern. Insgesamt wurden 13 Proben auf fossile Inhalte untersucht. Zehn der Proben stammen aus dem Bohrkern SAL 2 und drei aus dem Bohrkern SAL CO5.

2. Geografischer Überblick

Das Arbeitsgebiet befindet sich im Norden der spanischen Provinz Málaga etwa 1,5 Kilometer südöstlich der Gemeinde Campillos und ist Teil des Naturschutzgebietes "Reserva Natural Lagunas de Campillos". Der Bereich ist Teil einer Verkarstungszone, die im

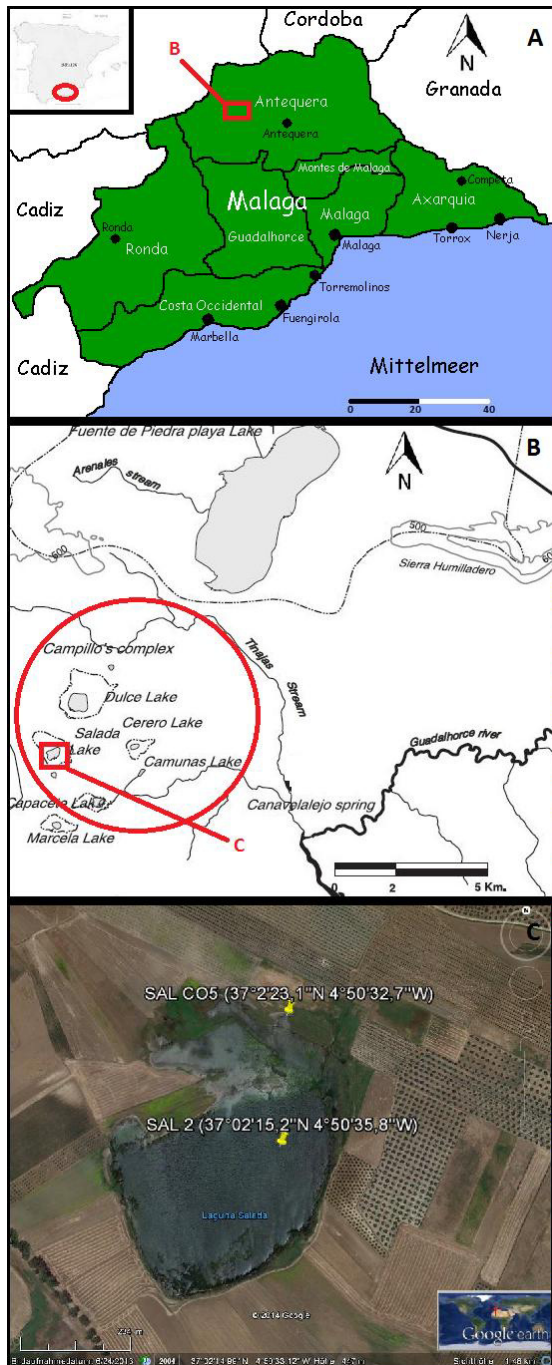


Abbildung 2 - Geografische Lage des Arbeitsgebietes. A: Provinz Malaga, B: Komplex von Campillos, C: Laguna Salada & Position der Bohrungen

Subbetikum der Außenzone der Betischen Kordillere liegt (Lhénaff 1981). Das Naturschutzgebiet bedeckt eine Fläche von 10,5 km² und beinhaltet fünf geschützte Salzlagenen: Laguna Dulce, Laguna Salada, Laguna de Cumuñas, Laguna de Capacete und Laguna del Cerero (Vgl. Abbildung 2). Des Weiteren befindet sich dort die nicht geschützte Laguna Redonda.

Die bearbeiteten Proben stammen aus den Bohrkernen SAL 2 und SAL CO5, die aus der Laguna Salada gezogen wurden. Die genaue Position der Bohrungen ist in Abbildung 2 C markiert. Bei der Laguna Salada handelt es sich um eine sogenannte Playa (Rodríguez-Rodríguez et al. 2006). Der Begriff Playa bezeichnet "ein Gebiet in den ariden Klimazonen mit Ton-, Silt-, aber auch Sand-sedimenten, die durch Salzausscheidungen inkrustiert sind. [...] Die Salzabscheidungen [...] erfolgen durch [...] verdunstetes Oberflächenwasser." ¹ In ganz Spanien sind Playas weit verbreitet, was sehr vorteilhaft für paläoklimatische Untersuchungen ist, da sie im Allgemeinen eine gute Einsicht in die sedimentäre Geschichte und das Paläoklima einer Region geben (Rodríguez-Rodríguez et al. 2006; Kohfahl et al. 2008).

¹ Murawski, H. & Meyer, W., 2010. Geologisches Wörterbuch 12th ed., Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, p. 128.

2.1 Klima

Die mittlere Jahrestemperatur in der Region beläuft sich auf rund 18°C, dabei sind die Wintermonate mit 12,5°C recht mild und die Sommermonate mit 24°C heiß (Mühr 2007). Der durchschnittliche Jahresniederschlag in der Region Málaga beträgt ca. 580 mm. Davon fallen in den zwei Wintermonaten Dezember und Januar rund 43 %, wohingegen der Sommer (Juni – August) mit nur knapp 3 % des Gesamtniederschlags sehr trocken ist. Es lässt sich also feststellen, dass die klimatischen Bedingungen im Verlauf eines Jahres beachtlich schwanken können. Auf Grund der charakteristischen milden, niederschlagsreichen Winter und der heißen, trockenen Sommer lässt sich das Klima der Region als mediterran mit semiariden Trend beschreiben (Rodríguez-Rodríguez et al. 2006). Bedingt durch die hohe Sonnenscheindauer und die niedrige Luftfeuchtigkeit beträgt die mittlere Evaporation in der Region etwa 380 mm (Rodríguez-Rodríguez et al. 2006).

2.2 Hydrologie

Die zuvor beschriebene, starke Variation der Niederschläge mit den Jahreszeiten spielt eine wichtige Rolle für die Wasserversorgung der limnischen Systeme der Region (Alvarez Cobelas et al. 2005). So sind die südspanischen Playas gewöhnlich nur in der Zeitspanne zwischen Dezember und Juni mit Wasser gefüllt. Ab Mai verringern sich die Wasserstände in Folge von höheren Evaporationsraten und weniger Niederschlag. In der Regel trocknen sie während der Sommermonate aus. Zu Ausnahmen kann es dann kommen, wenn im Vorjahr außergewöhnlich viel Niederschlag (> 700 mm) gefallen ist. Die Playas des Naturschutzgebiets "Reserva Natural Lagunas de Campillos" bilden einen abgeschlossenen Komplex. Innerhalb dieses Komplexes sind die Playas kreisförmig um einen Hügel (Cerro Romeroso) angeordnet, der aus durchlässigen Materialien besteht (Vgl. Abbildung 3). Dieser Hügel bildet mit einer Höhe von 550 m NN den höchsten Punkt des Komplexes, von dem das Grundwasser zentrifugal wegfließt. Dabei durchfließt und speist es die Playas. In Jahren mit wenig Niederschlag kann der Grundwasserzufluss versiegen, was zu Veränderungen der hydraulischen Gradienten und Fließwege führen kann (Rodríguez-Rodríguez et al. 2006).

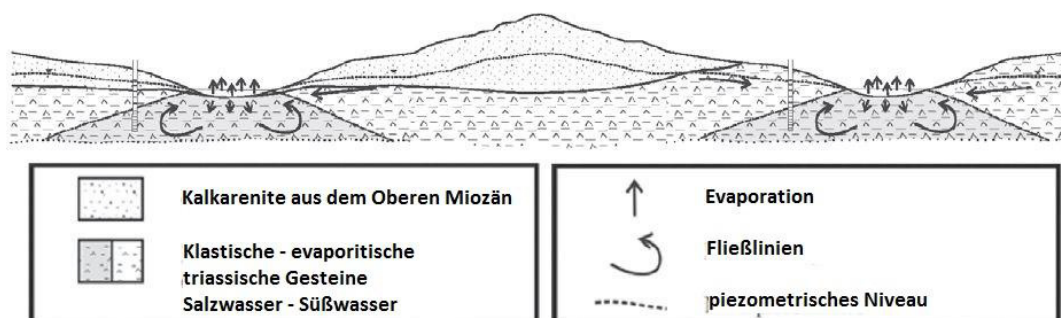


Abbildung 3 - Hypothetisches hydrologisches Modell der Playas von Campillos (überarbeitet nach Rodríguez-Rodríguez 2002)

Die Laguna Salada wird neben den zuvor beschriebenen unterirdischen Zuflüssen durch Niederschlag und Oberflächenabfluss gespeist (Conocetusfuentes.com 2003). Bedingt durch die starke Variation des Niederschlags ist auch der Wasserpegel in der Laguna Salada stark saisonabhängig. Mit 2,6 m ist die maximale Wassertiefe doppelt so groß wie die durchschnittliche Wassertiefe von 1,3 m. Bei maximalem Wasserstand bedeckte die Laguna Salada eine Fläche von 0,18 km², während das zugehörige Einzugsgebiet mit 0,72 km² etwa viermal so groß ist. Aus Fläche und Tiefe der Laguna ergibt sich ein maximales Volumen von $24,23 \times 10^4 \text{ m}^3$ (Rodríguez-Rodríguez et al. 2006). Ihren Namen (deutsch: salzige Lagune) verdankt die Laguna Salada dem Umstand, dass sie im Komplex um Campillos die höchsten Mineralgehalte aufweist. Ihr Salzgehalt variiert über die Jahre sehr stark und steht in direkter Korrelation zu dem Wasserstand in der Laguna. In sehr feuchten Jahren schwanken die Salzgehalte zwischen 6 g/L und 24 g/L, während die Konzentrationen in trockenen Jahren Werte bis zu 100 g/L erreichen können (Conocetusfuentes.com 2003).

2.3 Paläoklima

Seit dem Beginn der Vereisungen der nördlichen Hemisphäre vor ca. 2,7 Millionen Jahren hat der Mediterrane Raum immer wieder klimatische Veränderungen in Form von Glazialen-Interglazialen- Zyklen erfahren. Das letzte Interglazial (128 000 a - 110 000 a) wird als Eem-Warmzeit bezeichnet. Zu dieser Zeit ist das Klima im Mittelmeerraum etwas wärmer und feuchter als im derzeitigen Interglazial, dem Holozän (Lionello et al. 2012). Die Eem-Warmzeit wird von der Weichsel-Kaltzeit abgelöst, die etwa 100 000 Jahre andauert. Diese Zeit ist durch eine Vielzahl von drastischen und abrupten Klimasprüngen gekennzeichnet. Diese Ereignisse werden nach ihren Entdeckern "Dansgaard-Oeschger-Ereignisse" (DO-Events) genannt und können auch im Mittelmeerraum nachgewiesen werden. Mehr als 20 dieser Ereignisse können während der Weichsel-Kaltzeit gezählt werden. Andere abrupte Ereignisse dieser Zeit sind die sogenannten Heinrich- Events (Rahmstorf 2004; Cacho et al. 1999). Nach dem letzten glazialen Maximum (LGM) vor ca. 21 000 Jahren setzt eine Phase der Deglaziation ein, die mit einem stetigen Anstieg des Meeresspiegels einhergeht. Diese Phase der Erwärmung wird nur von 2 Kaltphasen (vor etwa 18 000 a - 15 000 a bzw. 12 800 a - 11 500 a) unterbrochen (Abrantes et al. 2012). Seit dem Beginn des Holozäns vor etwa 11 000 Jahren, herrschen relativ stabile Bedingungen. Im Mittelmeerraum geht der Trend von anfänglichen wärmeren und feuchteren Bedingungen zu einer Trockenphase, die vor etwa 5 000 Jahren beginnt und bis heute andauert (Lionello et al. 2012).

3. Geologie

3.1 Geologie Spaniens

Spanien liegt auf der Iberischen Halbinsel und wird von zwei großen Gebirgszügen begrenzt. Im Norden handelt es sich dabei um eine Bergkette, die sich von den Pyrenäen bis zum kantabrischen Gebirge erstreckt und im Süden um die Betische Kordillere. Darüber hinaus repräsentieren diese Gebirgsketten die nördliche bzw. südliche Begrenzung der Iberischen Kontinentalplatte, die vor der känozoischen Orogenese noch als eigenständige Platte existierte. Die Geologie Spaniens lässt sich stark vereinfacht in zwei Zonen aufteilen: das westliche variszische Spanien und das östliche alpine Spanien (Vgl. Abbildung 4). Im östlichen Teil, zu dem das kantabrische Gebirge, die Pyrenäen, die Betische Kordillere und die Balearen gehören, streichen vorwiegend die mesozoischen - känozoischen Schichtabfolgen aus, während sich im Westen eine der vollständigsten paläozoischen Schichtabfolgen Europas befindet (Gibbons & Moreno 2002).

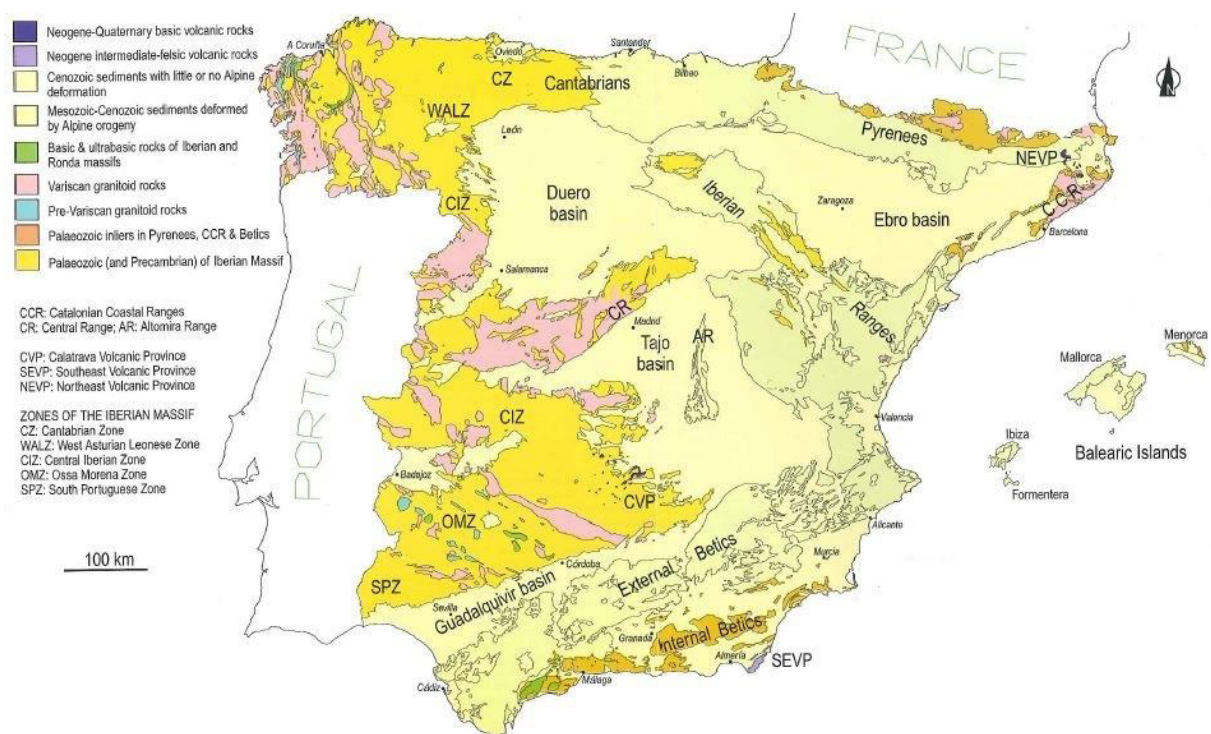


Abbildung 4 - Geologische Karte Spaniens (ohne Kanarische Inseln) (nach Gibbons & Moreno 2002)

Das sogenannte variszische Spanien verläuft von der Sierra Morena im Süden über das Iberische Scheidegebirge (span.: Sistema Central) bis nach Galizien. In diesem Bereich finden sich hauptsächlich paläozoische Schichten des Iberischen Massivs und variszische granitoide Gesteine (Vgl. Abbildung 4), die von der alpidischen Orogenese nicht beeinflusst wurden. Dem gegenüber steht der Osten, dessen Morphologie fast ausschließlich auf dieses känozoische Ereignis zurückzuführen ist. In der Oberkreide begann die alpidische

Orogenese mit der Subduktion des nördlichen Randes der, bis dahin eigenständigen, Iberischen- unter die Eurasische Kontinentalplatte (Gibbons & Moreno 2002). Zusätzlich führte die Afrikanische Platte zwischen dem Eozän und Miozän eine Rotationsbewegung im Uhrzeigersinn aus und verschob sich nordwärts in Richtung der Eurasischen Platte (Rögl 1999). Im Miozän kam es schließlich zur Kollision der beiden Platten, was unter anderem die Auffaltung der Betischen Kordillere zur Folge hatte. Beide Kollisionszonen bilden typische Vorlandbecken aus: Das Ebro-Becken im Süden der Pyrenäen und das Becken des Guadalquivir nördlich der Betischen Kordillere (Vgl. Abbildung 4). Die Iberische Meseta (span.: Meseta Central), ein relativ ebenes Hochland in Zentralspanien wird von dem NE/SW streichenden Iberischen Scheidegebirge in zwei Teile geteilt: das känozoische Duero- und Tajo- Becken (Vgl. Abbildung 4) (Gibbons & Moreno 2002).

3.2 Betische Kordillere

Im Süden der Iberischen Halbinsel liegt die Betische Kordillere, ein neogener Falteingürtel, der bis heute von Hebungsprozessen beeinflusst wird (Weijermars 1991). Der Gebirgszug erstreckt sich über eine Länge von 600 km und eine Breite von 100 km - 150 km vom Golf von Cádiz bis nach Alicante und bildet somit den westlichen Teil des alpidisch geformten Orogens Europas (Schwerd 1982). Die Betische Kordillere wurde während der Schließung der Tethys gebildet und zeichnet sich durch echte Kontinentalrandfazies und alpinotype Orogenese aus (Schönenberg & Neugebauer 1997). Traditionell wird die Betische Kordillere in zwei Einheiten unterteilt: die teilweise metamorphe Internzone und die nicht-metamorphe Externzone (Vgl. Abbildung 5).

Aus Abbildung 5 geht hervor, dass zusätzlich ein jungtertiäres Molasse-Becken im Norden (Fallot 1948) sowie die Flysch-Sedimente am Campo de Gibraltar (Schönenberg & Neugebauer 1997) zur der Betischen Kordillere gehören.

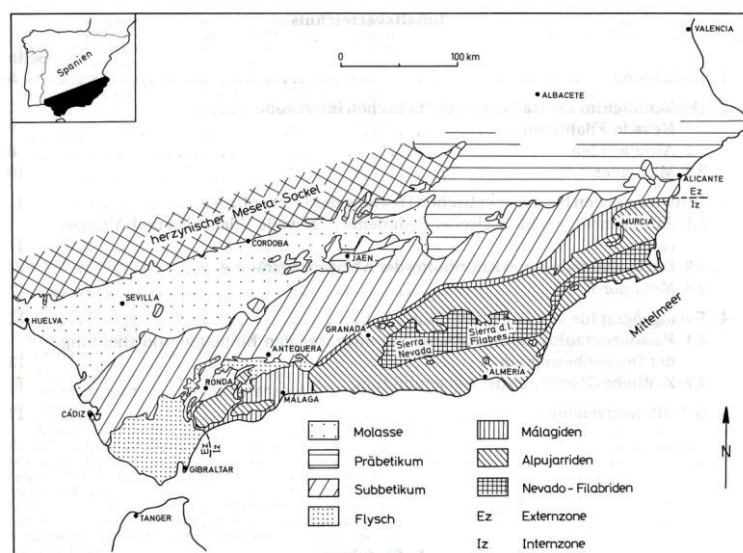


Abbildung 5 - Tektonische Übersichtskarte der Betischen Kordillere (nach Egeler and Simon 1969)

In der Internzone der Betischen Kordillere, die auch als Betikum bezeichnet wird, treten hauptsächlich metamorphe, paläozoische Serien auf, die vielerorts von Schichten mit alpinotypen Deckenbau überlagert werden. Die Gesteine der Internzone können vom Liegenden ins Hangende in drei tektonische Komplexe untergliedert werden: die Nevado-Filabriden, die Alpujarriden und die Malagiden (Vgl. Abbildung 5). Der Nevado-Filabriden-Komplex ist durch die alpidischen Metamorphose-Phasen stark geprägt worden und führt vorwiegend Gesteine der Grünschiefer- bis Amphibolitfazies (Schwerd 1982; Schöenberg & Neugebauer 1997). Obwohl die Nevado-Filabriden die älteste Einheit in der Internzone bilden, treten sie gegenwärtig am höchsten Punkt der Gebirgskette, der Sierra Nevada, zutage. Dieser Umstand geht auf Faltungs- und Hebungsprozesse zurück, die seit dem Oberen Miozän andauern (Gibbons & Moreno 2002). Die auf den Nevado-Filabriden aufliegenden Alpujarriden wurden ebenfalls metamorph überprägt und setzten sich aus Peridotiten sowie Granuliten, Eklogiten und Migmatiten zusammen (Schöenberg & Neugebauer 1997). Bei den Gesteinen des Malagiden-Komplexes handelt es sich um devonisch- unterkarbonische Grauwacken, permotriassische Tone, Sandsteine und Konglomerate sowie triassische Dolomite. Diese zeigen keine Metamorphose und sind südlich der Sierra Nevada nur in sehr geringer Mächtigkeit und in stark verschuppter Lagerung anzutreffen (Egeler et al. 1971; Schwerd 1982). Insgesamt lässt sich feststellen, dass der Grad der Metamorphose vom Liegenden ins Hangende abnimmt.

Die Externzone der Betischen Kordillere setzt sich aus nicht-metamorphen mesozoischen und tertiären Sedimenten zusammen (Weijermars 1991) und wird in das Subbetikum und das Präbetikum untergliedert (Vgl. Abbildung 5). Nördlich des Betikums streicht das Subbetikum aus, das hauptsächlich aus triassischen bis miozänen Karbonaten und stellenweise Basalten aufgebaut wird (Gibbons & Moreno 2002). Diese Karbonate bildeten sich zwischen Jura und Eozän durch die kalkig- mergeligen Sedimentationen in den pelagischen Becken des Juras. Durch Abscherungen über der mobilen salinaren Trias, dem Diapirismus und horizontalen Gleitbewegungen des Salinars mit chaotischen Rotationen der zerbrochenen Jura- und Kreidekalke, wurden die Gesteine stark beansprucht und es bildete sich die charakteristische tektonisch stark deformierte Struktur. Der nördliche äußere Rand des Subbetikums ist in Form von kleinen Decken und Schuppen gegen das Präbetikum aufgeschoben (Schöenberg & Neugebauer 1997). Dieses streicht im Osten der Betischen Kordillere aus und besteht vorwiegend aus triassischen bis miozänen Plattformkarbonaten. Teilweise sind aber auch kontinentale siliziklastische Ablagerungen anzutreffen (Gibbons & Moreno 2002).

3.3 Lokale Geologie

Die Laguna Salada befindet sich im Subbeticum der Außenzone der Betschen Kordillere und ist Teil der sogenannten Trias von Antequera. Bei dieser handelt es sich um den "Germanisch-Andalusischen" Fazies-Typ der Trias, der sich durch eine Dominanz von Tonen, Mergeln und Evaporiten auszeichnet. Bei den Evaporiten handelt es sich zumeist um Gips und Halit (Rodríguez-Rodríguez et al. 2006). Die triassischen Evaporite haben sich durch Verkarstungsprozesse teilweise aufgelöst, so dass sich in der Region zahlreiche geschlossene Becken ausgebildet, die heutzutage Salzseen beherbergen (Kohfahl et al. 2008). Die Salzseen um Campillos, zu denen auch die Laguna Salada gehört, werden von dünnen Schichten quartären Alluviums und Kalkareniten aus dem Unteren Miozän unterlagert. Den Untergrund bilden auch hier die verkarsteten Materialien der Trias von Antequera (Vgl. Abbildung 6) (Rodríguez-Rodríguez et al. 2006).

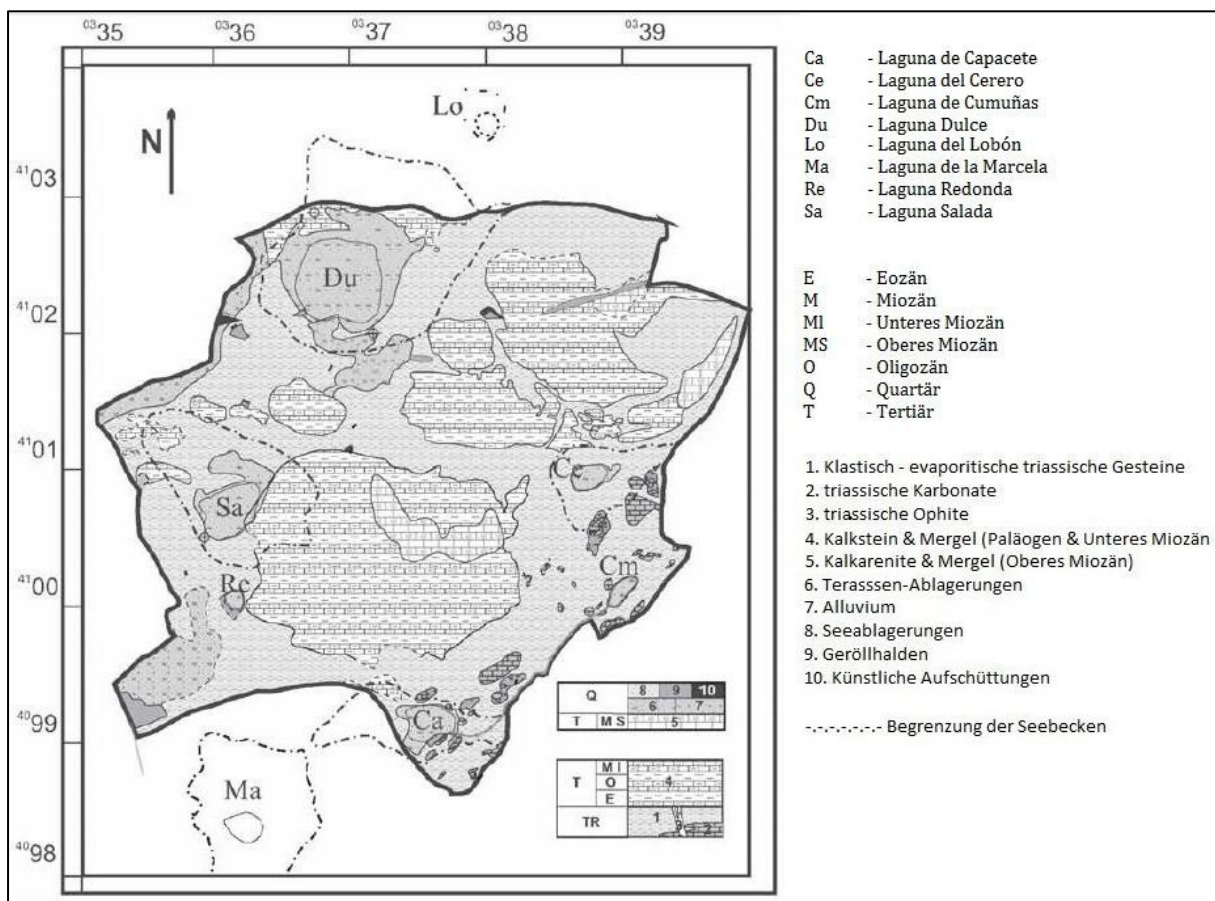


Abbildung 6 - Geologische Karte des Naturschutzgebietes Reserva Natural de Campillos (nach Rodríguez-Rodríguez et al. 2006)

4. Methoden

4.1 Bohrkernnahme

Der zwei Meter lange Bohrkern SAL 2 wurde im Herbst 2012 im Rahmen der Geländekampagne des SFB 806 aus der Laguna Salada gezogen. Die Bohrung wurde von einer Plattform aus mit einem sogenannten „Russensbohrer“ durchgeführt. Dieser Bohrer besteht aus einem halbzylindrischen Kernrohr mit einer geschärften Kante. Diese Kante ermöglicht das Schneiden des Sediments, wenn der Bohrer im Uhrzeigersinn gedreht wird. Innerhalb des Kernrohrs befindet sich eine Abdeckplatte, welche am oberen sowie unteren Ende des Kernrohrs durch Drehgelenke befestigt ist. Der Bohrer muss in geschlossener Position (Vgl. Abbildung 7 (a)) in das Sediment eingebracht werden, damit während des Einführens kein Sediment in das Kernrohr eindringen kann. Ist der Bohrer in die gewünschte Tiefe eingebracht, wird das Sediment durch eine 180°-Drehung des Drehgriffs im Kernrohr eingeschlossen (Vgl. Abbildung 7 (b-d)), welches anschließend an die Oberfläche gezogen werden kann (Jowsey 1965).

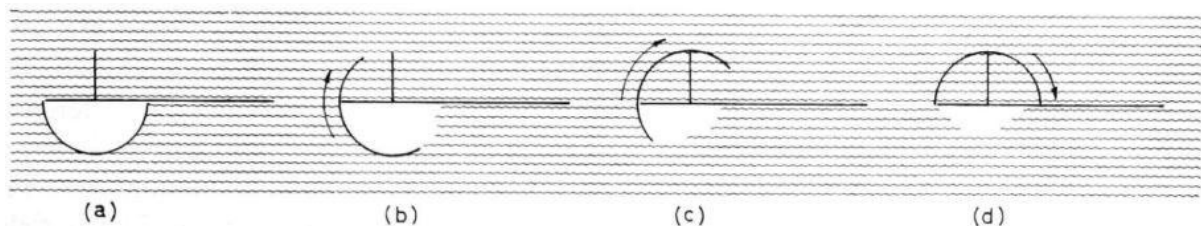


Abbildung 7 - Funktionsweise des Bohrers. (a) Geschlossene Position des Schiffchens beim Einbringen in das Sediment; (b) und (c) folgende Positionen des Schiffchens während der Probenahme. (d) das Probenahmegerät ist verschlossen (Belokopytov & Beresnevich 1955)

Der vier Meter lange Bohrkern SAL CO5 wurde im Rahmen der gleichen Geländekampagne gezogen, allerdings wurde hierfür ein sogenannter Vibracorer verwendet. Die wichtigsten Bestandteile dieses Geräts sind der Kopf des Rüttlers und das daran befestigte Kernrohr. Der Kopf wird extern betrieben und kann bis zu 10 000 Vibrationen pro Minute ausführen. Durch die von den Vibrationen erzeugte stehende Welle wird das an das Rohr grenzende Material thixotrop und lässt das Rohr in das Sediment eindringen. Das Porenwasser des Sediments fungiert dabei als Gleitmittel (Gastaldo 1999). Nach vollständigem Einbringen wird der Vibracorer ausgeschaltet und das Kernrohr mit Hilfe eines Ziehgerätes, das wiederum mit einem Motor betrieben wird, heraufgezogen.

4.2 Bohrkernbeschreibung und Probenahme

Zur Beschreibung der Bohrkern und der anschließenden Probenahme wurden die Bohrkern zunächst auf eine flache Unterlage gelegt. Um die Proben ihrer Entnahmetiefe zuordnen zu können, wurde neben den Kernen ein Maßband ausgelegt. Anschließend

wurden die Kerne nach den Abgrenzungskriterien Korngröße und Farbe in Schichten unterteilt. Für die Untersuchung der Bohrkern unter dem Mikroskop wurden mit einem Spatel 10 bzw. 3 Proben aus 10 bzw. 3 unterschiedlichen Tiefen genommen und in Probenbecher gefüllt.

4.3 Aufbereitung

Die Aufbereitung der Proben erfolgte anhand der Anleitung aus Vangerow 1981. Zunächst wurden die Proben mit 7 %-igem Wasserstoffsuperoxid (H_2O_2) übergossen und für 24 Stunden unter dem Abzug stehen gelassen. Zur Herstellung des 7 %-igen H_2O_2 wurde zu 4 Anteilen Wasser ein Anteil 35 %-iges H_2O_2 gegeben. Nach Ablauf der 24 Stunden wurden die Proben auf ihren Zerfall hin überprüft. Da dieser stets ausreichend war, konnten die Proben anschließen geschlämmt werden. Zur Fraktionierung der Proben wurden zwei Siebe benutzt. Eines mit 0,1 mm Maschenweite und ein anderes mit 0,063 mm Maschenweite. Zunächst wurden die Proben für mehrere Minuten unter laufendem Wasser ausgewaschen bis nur noch klares Wasser abfloss. Die Rückstände in den beiden Sieben wurden anschließend mit wenig Wasser in Glässchen überspült. Zum Trocknen wurden die Proben bei 40°C für ca. 24 Stunden in den Trockenschrank gestellt. Nach dem Trocknen musste festgestellt werden, dass das Schlämmen per Hand nicht ausreichend war, um die feine Fraktion kleiner 0,063 mm vollständig auszuspülen. Aus diesem Grund wurden die Proben in einem zweiten Schritt mit Hilfe der Vibrationssiebmaschine AS 200 von Retsch basic einer Nasssiegung unterzogen. Hierfür wurden ebenfalls Siebe der Maschenweiten 0,125 mm und 0,063 mm verwendet. Jede Probe wurde für ca. 10 Minuten mit Wasser besprüht und geschüttelt. Im Anschluss wurden die Rückstände in den Sieben wiederum in Glässchen überführt und bei 40°C für 24 h in den Trockenschrank gestellt.

4.4 Mikroskop

Nachdem die Proben vollständig getrocknet waren, konnten sie unter dem Mikroskop auf Fossilien untersucht werden. Dazu wurde das Stereomikroskop Stemi 2000-C von Zeiss verwendet. Die Proben wurden unter Auflicht und mit einer 20-fachen Vergrößerung untersucht. Das getrocknete lockere Probenmaterial wurde jeweils in ein schwarze Mikroskopier-Schale geschüttet und durch das Mikroskop betrachtet. Das in den Proben enthaltene organische Material wurde mit Hilfe einer Mikroskopiernadel in mikropaläontologische Sammelzellen überführt.

5. Mikropaläontologie

5.1 Characeen

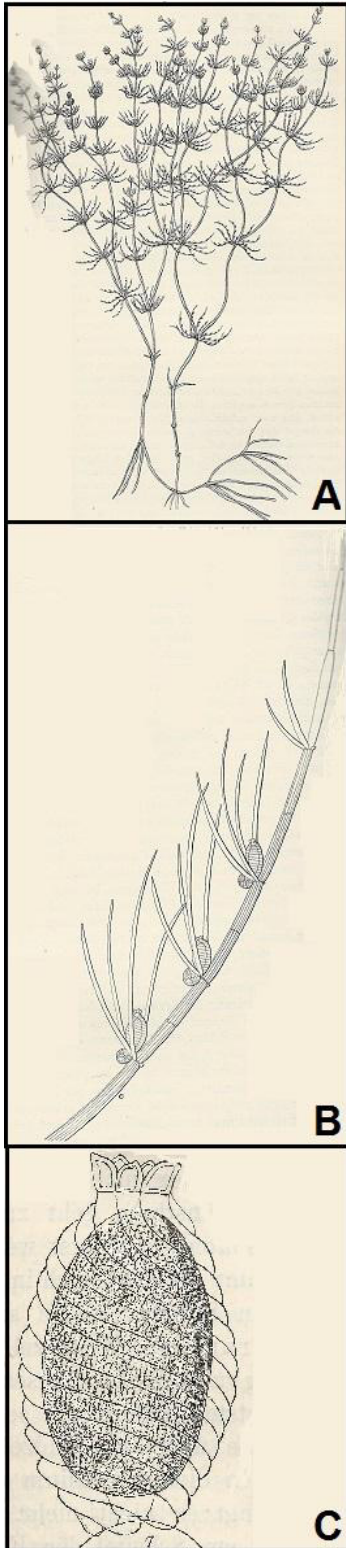


Abbildung 8 - A. Habitusbild
B. Blatt mit Seitenblättchen
C. Oogon mit Oospore
(bearbeitet nach Migula 1890)

Die Familie der Characeen (Armleuchteralgen) lässt sich in verschiedene Gattungen unterteilen, die wiederum zahlreiche Arten ausbilden (Gothan & Weyland 1954). Die Pflanze besteht aus einem nach oben gerichteten Stängel mit einer Berindung aus spiralg gedrehten Röhrcchen. Der Stängel bildet Knoten aus, an denen sich quirlständige Organe befinden (Vgl. Abbildung 8 A). Diese Organe können auch als Blätter bezeichnet werden. Aus der Achsel eines jeden Blattes entspringt ein Zweig, der in seinem Aufbau dem Stängel sehr ähnlich ist, da sich auch hier blättchenerzeugende Knoten ausbilden. An diesen Blättchen, die auch als Seitenblättchen bezeichnet werden, sitzen die Fortpflanzungsorgane der Characeen, die Antheridien und die Sporenknöspchen (Vgl. Abbildung 8 B). Das weibliche Geschlechtsorgan, das Sporenknöspchen oder Oogon, besteht aus einer Hülle und der Oospore (Vgl. Abbildung 8 C). Die Hülle besteht aus 5 Röhrenzellen, die die Oospore spiralförmig umwinden und an deren Scheitel das sogenannte "Krönchen" aufsitzt (Migula 1890). Die Oosporen bilden sogenannte Rippen aus, die entlang der Nahtlinie zweier Spiralzellen entstehen und ebenfalls spiralförmig gewunden sind. Die Färbung der Oosporen kann zwischen gelblich, grau, braun und schwarz variieren. Die Hüllzellen sind zunächst zerbrechlich und transparent (Krause 1986), verkalken aber insbesondere bei den kalkabscheidenden Chara- Arten zu einer festen Hülle (Gothan & Weyland 1954). In fossilen Stücken bildet diese Hülle das einzige Überbleibsel, welches als "Gyrogonit" bezeichnet wird, wobei in subfossilen Oogonien auch noch die intakten Oosporen enthalten sein können. Insbesondere in Seeablagerungen treten fossile Oogonien und subfossile Oosporen nebeneinander auf (Krause 1986). Characeen kommen teilweise jahrelang an einer Lokation vor, verschwinden dann bei Änderung der Standortbedingungen schlagartig, um bei Wiederherstellung der alten Bedingungen,

nach einer kürzeren oder längeren Zeitspanne wieder auftauchen (Migula 1890). Faktoren, die das Auftreten von Characeen beeinflussen können sind der Salz- und Nährstoffgehalt, die Verfügbarkeit von Sonnenlicht sowie der Wasserstand (Blindow et al. 2003; Steinman et al. 2002).

Die Mehrheit der Characeen sind Süßwasser-Pflanzen und nur um die 12 Arten kommen in Brackwasser vor. Die Arten, die in salzigen Gewässern vorkommen, können in 2 Gruppen unterteilt werden. Zum einen die holotoleranten Arten, die gewöhnlich in Süßwasser vorkommen, aber in der Lage sind geringe Salzgehalte zu ertragen und zum anderen die wirklich halophilen Arten, die ohne Salz weder keimen noch wachsen können. *Lamprothamnium papulosum*, ist die salztoleranteste Art der Characeen. Zum Zeitpunkt des Keimens benötigt jedoch selbst diese Art eine aquatische Umgebung mit einem Salzgehalt, unter 20 g/l und einen Flutungszeitraum von mindestens 3 Monaten. Zum Zeitpunkt der Befruchtung darf der Salzgehalt maximal 40 g/l betragen. Des Weiteren bilden die Oogonien bei höheren Salzgehalten keine Kalkhüllen mehr aus (Soulié-Märsche 2008).

Nach Steinman et al. (2002) und Blindow (1992) hängt das Vorkommen von Characeen außerdem stark von der Strahlungsintensität am Boden eines Gewässers ab. Verbessern sich die Lichtverhältnisse am Boden, so kommt es zu einem vermehrten Vorkommen der Characeen. Steinman et al. (2002) kommen zu dem Schluss, dass die Strahlungsintensität im Wesentlichen vom Wasserstand abhängt, während Blindow (1992) eine Korrelation zwischen Nährstoffangebot im Gewässer und Strahlungsintensität feststellt. Demnach kommt es in nährstoffreichem Wasser zu einer Anhäufung von Mikroalgen, durch die weniger Licht den Boden der Gewässer erreicht. Die schlechteren Lichtverhältnisse behindern das Wachstum und das Auftreten der Characeen. Demzufolge sind Characeen Indikatoren für oligo- bis mesotrophe Bedingungen (Krause 1981). Analog zum Salzgehalt ist auch die Strahlungs-Empfindlichkeit von Art zu Art unterschiedlich (Coops 2002). Ist die Artenzusammensetzung einer Characeen-Populationen also bekannt, können sie als Indikatoren für Paläoklima und Gewässerqualität dienen.

Zur Bestimmung der Arten werden, falls vorhanden, die subfossilen Oosporen benutzt. Es existieren verschiedene Bestimmungsschlüssel für subfossile Oosporen, beispielsweise die nach Haas (1994) und Krause (1986), jedoch sind diese häufig sehr ortsspezifisch und enthalten selten die Brackwasserarten. Franziska Vedder entwickelte 2004 einen Bestimmungsschlüssel für Oosporen in der Ostsee, der auch die Brackwasserarten einschließt. In ihrem Schlüssel nutzt sie zur näheren Bestimmung charakteristische Merkmale der Oosporen wie Länge, Farbe, Form, Anzahl der Rippen, sowie deren Ausprägung. Die von ihr aufgelisteten Oosporen der Chara-Arten variieren in ihrer Länge zwischen 450 µm und 850 µm und weisen mindestens 10 Rippen auf. Die Mehrheit der

Oosporen hat eine ovale Form und ist von einer braunen bis schwarzen Farbe, jedoch kommen auch deutlich hellere, gelbbraune Exemplare vor. Sie weist aber darauf hin, dass sich die genaue Bestimmung der Oosporen oft problematisch gestaltet, da sich die charakteristischen Merkmale für verschiedene Arten häufig überlappen.

5.2 Ostrakoden

Ostrakoden sind dem Stamm der Arthropoden (Gliederfüßler), dem Unterstamm der Antennata (Tracheentiere) und der Klasse der Crustacea (Krebstiere) zugehörig. Charakteristisch für die Arthropoden sind in Segmente gegliederte Körper und Extremitäten und ein, ursprünglich aus Chitin aufgebautes, Außenskelett (Vangerow 1981). Die zoologische Systematik rezenter Ostrakoden basiert weitestgehend auf deren Weichkörpermerkmalen (Matzke-Karasz 1995), da der Weichkörper jedoch fossil nicht erhaltungsfähig ist, wird er im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter behandelt. Die Ostrakoden besitzen eine vom Rücken ausgehende Hautfalte, die ihren Körper umschließt und eine doppelklappige Schale abscheidet. Diese Klappen sind erhaltungsfähig, da sie aus CaCO_3 bestehen. Aus diesem Grund bilden ihre Merkmale die Grundlage der paläontologischen Systematik. Von besonderer Bedeutung ist dabei das Scharnier der beiden Klappen, das auch als "Schloss" bezeichnet wird (Vangerow 1981). "Es kann aus einer Leiste mit passender Furche in der Gegenklappe bestehen [...], aus einer Reihe von gleichmäßigen Zähnen mit entsprechenden Gruben in der Gegenklappe [...] oder aus einzelnen, verschieden großen Zähnen mit entsprechenden Gruben"². Weitere Bestimmungsmerkmale für fossile Ostrakoden sind unter anderem die Form der Klappen, die Position und Anordnung der Muskelnaben, die Art des sexuellen Dimorphismus und die Struktur, Form, Größe und Anordnung der Porenkanäle (Armstrong & Brasier 2005). Die Mehrheit der Ostrakoden weist eine Länge von 0,15 - 2 mm auf, doch einzelne Arten können Längen von bis zu 80 mm erreichen. Ostrakoden kommen in allen aquatischen Lebensräumen von Süßwasser über Brackwasser bis hin zu hypersalinen Gewässern vor und in seltenen Fällen sogar in nicht-aquatischen Umgebungen (Pokorný 1998). Die Mehrheit der Ostrakoden lebt am Boden oder an Wasserpflanzen, jedoch gibt es auch freischwimmende Arten und solche, die sich im weichen Schlamm eingraben (Vangerow 1981). Wichtige Faktoren, die die Verbreitung der Ostrakoden beeinflussen, sind Salzgehalt, Temperatur, Substrat und Nahrungsversorgung. Der Salzgehalt ist unter anderem ausschlaggebend für die Physiologie der Organismen und die Temperatur hat einen großen Einfluss auf die Diversität der Ostrakoden. So sind die in niedrigeren Breiten vorkommenden Ostrakoden taxonomisch vielfältiger, als die in höheren Breiten lebenden. Einige Arten sind eurytherm, während andere an einen eng begrenzten Temperaturbereich gebunden sind (Pokorný 1998). Es

² Vangerow, E. -F., 1981. Mikropaläontologie für jedermann, Stuttgart: Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, p. 49

wurde häufig beobachtet, dass Größe, Form und Skulptur benthischer Ostrakoden die Stabilität, Korn- und Porengröße des Substrats, in oder auf dem sie leben, weitestgehend reflektieren (Armstrong & Brasier 2005). Ostrakoden sind für die geologische sowie paläontologische Forschung von großer Bedeutung. Sie dienen als Leitfossilien, da sie die dafür notwendigen Anforderungen wie häufiges Auftreten, leichte Kenntlichkeit, Kurzlebigkeit, weitgehende Unabhängigkeit von der Gesteinsausbildung und weite räumliche Verbreitung erfüllen (Ziegler 1980). Wegen ihres häufigen und vielfältigen Auftretens in Sedimenten und wegen des starken Zusammenhangs zwischen ihrer Verbreitung und der Temperatur, sind sie insbesondere wichtige Indikatoren für das Paläoklima (Armstrong & Brasier 2005).

Um Informationen über das Paläoklima und die Paläoumwelt aus der Ostrakodenpopulation abzuleiten, können verschiedene Methoden angewendet werden. Bei einer Methode wird dabei die Veränderung der Zusammensetzung von fossilen Ostrakodenpopulationen über die Zeit genutzt. Zu diesem Zweck werden die vorliegenden Ostrakoden nach gleichen oder ähnlichen ökologischen Ansprüchen in Gruppen zusammengefasst. Aus den sich verändernden Anteilen der verschiedenen Gruppen an der Gesamtpopulation lassen sich veränderte Umweltbedingungen ableiten. Der Vorteil dieser Methode ist, dass sie Aussagen über eine Vielzahl von Parametern, wie Salinität, Temperatur, Habitatstruktur, Wasserbewegung, Wassertiefe und Sauerstoff- und Nahrungsverfügbarkeit, zulässt. Der Nachteil liegt darin, dass nur relative und keine absoluten Aussagen möglich sind (Frenzel et al. 2006). Eine andere Methode basiert auf der Ausbildung morphologischer Besonderheiten einiger Arten in Abhängigkeit von schwankenden Umweltbedingungen. Ein bekanntes Beispiel ist die in Eurasien und Nordafrika weitverbreitete Brackwasserart *Cyprideis torosa*. Diese Art bildet bei niedrigen Salinitäten sogenannte Schalenhöcker aus und auch die Form ihrer, in den Klappen liegenden, Siebporen ist von der Salinität abhängig. Des Weiteren verändert sich die Oberflächenstruktur der Schale bei unterschiedlichem Wasserchemismus. Somit kann der Salzgehalt aus den morphologischen Merkmalen abgeleitet werden. Diese Methode ist sehr wirkungsvoll, ist aber an das Vorkommen dieser Art gebunden (Frenzel et al. 2006; Armstrong & Brasier 2005). Zur Bestimmung des Salzgehaltes ist man in Brackwasserhabitaten aber nicht zwangsläufig auf das Vorkommen von *Cyprideis torosa* angewiesen. Für die Bestimmung kann man sich auch zwei andere Methoden zu Nutze machen. Zum einen nimmt die Länge der Klappen mit zunehmender Salinität zu. Zum anderen gibt es einen Zusammenhang zwischen Diversität, Häufigkeit und Salzgehalt. Allgemein gilt, dass mit zunehmendem Salzgehalt die Diversität abnimmt, während in den spezifischen, salztoleranteren Gruppen die Anzahl der Exemplare zunimmt. Dieser Zusammenhang ist aber nur bis zu Salzgehalten von 10 ‰ gültig. Bei einer Überschreitung nimmt auch die Anzahl der Individuen pro Art ab (Armstrong & Brasier 2005).

Obwohl die Ostrakoden sich grundsätzlich hervorragend dazu eignen Informationen über das Paläoklima und die Paläoumwelt zu liefern muss man einschränkend feststellen, dass diese Ableitung nur funktioniert wenn die Artenzusammensetzung der Ostrakoden bekannt ist oder sehr spezifische Arten wie beispielsweise *Cyprideis torosa* vorliegen (Frenzel et al. 2006; Armstrong & Brasier 2005).

6. Ergebnisse

6.1 Bohrkernbeschreibung

Im Zuge der Bohrkernbeschreibung konnte der zwei Meter lange Kern SAL 2 anhand der Parameter Korngröße und Farbe in 23 Schichten unterteilt werden (Vgl. Abbildung 9 und Abbildung 10). Die Aufnahme des Profils beginnt bei Profilmeter 0,08 und endet bei Profilmeter 2,0. Die erste Schicht ist 4,5 cm mächtig, besteht aus schluffigem Ton und zeigt eine mittelbraune Farbe. Die darunterliegende Schicht ist 3 cm mächtig, besteht ebenfalls aus Ton, ist jedoch dunkelbraun bis schwarz. Bei Profilmeter 0,155 verändert sich die Korngröße zu Sand und die Farbe zu beige-braun. Der nächste Schichtwechsel findet bei Profilmeter 0,165 statt, ab dem das Material aus braunem Lehm besteht. Diese Schicht ist 2 cm mächtig und wird von einem beigen Sand abgelöst. Dieser geht bei Profilmeter 0,225 in beigen Ton über, der nach 2,5 cm von einem braun-schwarzen Ton abgelöst wird. Bei Profilmeter 0,31 beginnt ein Schichtpaket mit einer Mächtigkeit von 13 cm, das aus Lehm besteht. Auf Grund von Farbwechseln muss es jedoch in vier einzelne Schichten mit folgenden Mächtigkeiten und Farben eingeteilt werden: 3,5 cm in dunkelgrau bis schwarz, 2 cm in beige, 4,5 cm in dunkelgrau bis schwarz und 3 cm in beige. Es liegt also eine Wechsellagerung vor. Der darunter anschließende Ton ist 16 cm mächtig und von beiger bis grauer Färbung. Bei Profilmeter 0,6 beginnt eine heterogene Schicht, die aus Gips, Ton sowie schluffigem Sand besteht und eine Mächtigkeit von 6 Zentimetern ausweist. Die Farbe dieser Schicht variiert von beige bis grau. Darunter schließen drei Schichten an, die jeweils einen Zentimeter mächtig sind. Eine Schicht aus beigem Sand, wird dabei von zwei Schichten aus beigen bis grauen Ton eingeschlossen. Bei Profilmeter 0,069 schließt ein nur 3 mm mächtiger, schwarzer Ton an. Darunter folgt ein 11,7 cm mächtiger grauer Ton. Bei Profilmeter 0,81 schließt eine 4 cm mächtige Schicht an, die aus grauem Ton und weißem Gips besteht. Die darunterliegende Schicht weist eine Mächtigkeit von 12,5 Zentimetern auf und ist als schluffiger Ton zu bezeichnen. Die Farbe ist beige bis grau und von unten nach oben wurde der Ton zunehmend grobkörniger. Die bei Profilmeter 0,975 beginnende, 4,5 cm mächtige, Schicht ist von grauer Farbe und setzt sich aus tonigem sowie grobkörnigem Sand und Gips zusammen. Darunter liegt eine graue Tonschicht mit einer Mächtigkeit von 2 cm. Bei Profilmeter 1,04 beginnt die letzte, 96 cm mächtige Schicht, die aus weißgrauem Lehm besteht.

6. Ergebnisse

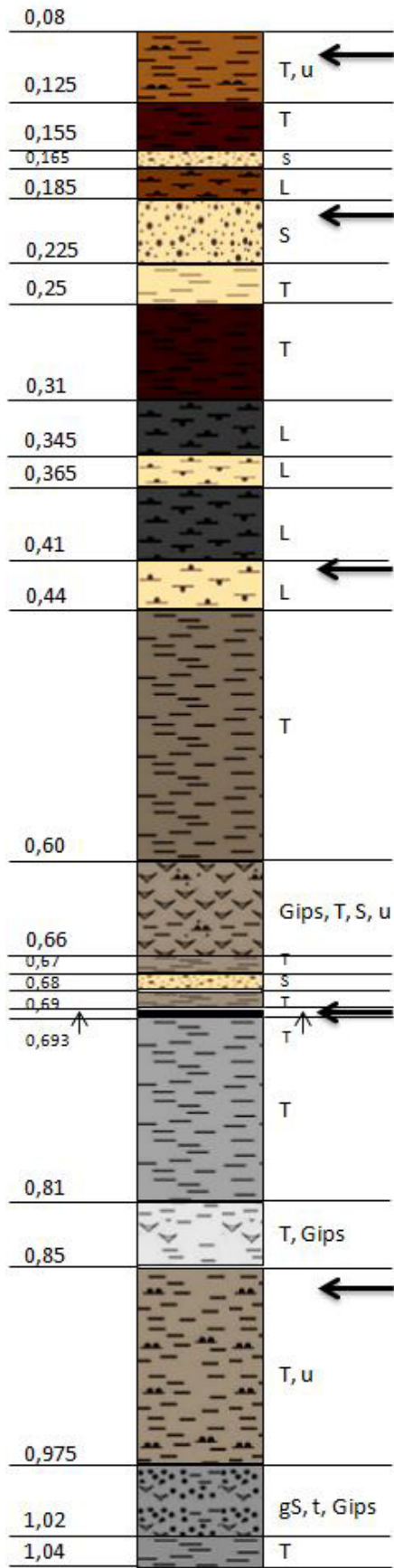


Abbildung 9 - Profil des Bohrkerns SAL 2 - A

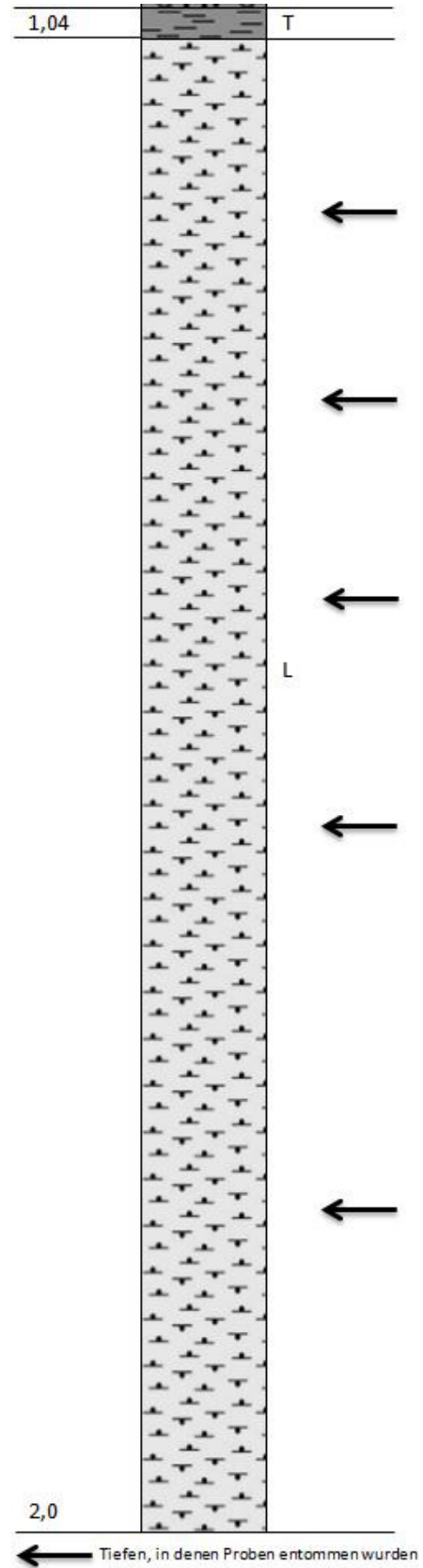
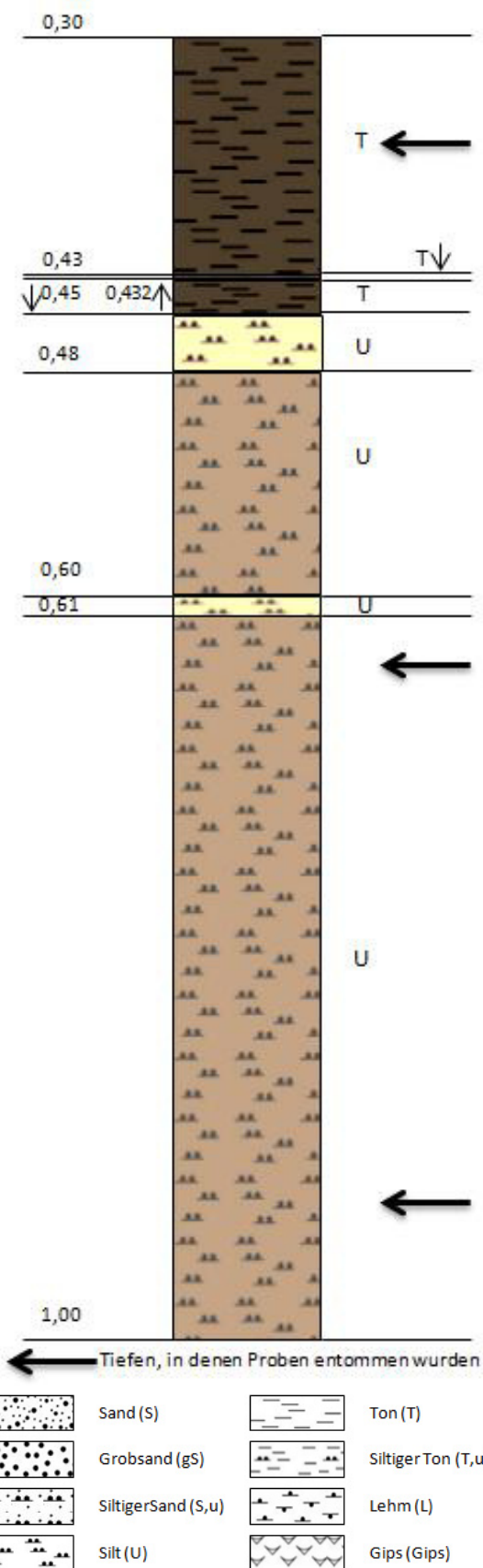


Abbildung 10 - Profil des Bohrkerns SAL 2 - B



Die Farben beziehen sich auf die tatsächlichen Farben der Schichten

Abbildung 11 - Profil des Bohrkerns SAL CO5 & Legende

Der Bohrkern SAL CO5 ist 4 Meter lang, die drei entnommenen Proben stammen jedoch ausschließlich aus dem ersten Meter der Bohrung. Im Rahmen dieser Arbeit wird nur dieser erste Meter beschrieben, der sich anhand der Kriterien Korngröße und Farbe in insgesamt 7 Schichten einteilen lässt, die in ihrer Mächtigkeit zwischen 0,2 cm und 39 cm variieren (Vgl. Abbildung 11). Die erste Schicht beginnt bei Profilmeter 0,30 und endet bei Profilmeter 0,43. Ihre Korngröße bzw. Farbe sind als tonig bzw. grau bis braun zu beschreiben, wobei bis zu 1,5 cm große Kieskörner vorkommen. Die darauffolgende Schicht ist nur 0,2 cm mächtig und ebenfalls tonig, jedoch ist sie von einer dunkelgrauen, nach unten deutlich grauer werdenden Farbe. Bei Profilmeter 0,432 schließt sich eine 1,8 cm mächtige Schicht an, die die gleichen Charakteristika aufweist wie die erste Schicht. Bei Profilmeter 0,45 findet ein Wechsel der Korngröße statt. Die hier beginnende Schicht besteht aus Silt, weist eine weiße bis beige Farbe auf und ist 3 cm mächtig. Darunter schließt sich eine beige bis graue, ebenfalls siltige Schicht an, die bei Profilmeter 0,60 endet. Die sich anschließende Schicht ist ebenfalls siltig und wieder von einem weißen bis beige Farbton. Sie ist 1 cm mächtig und wird bei Profilmeter 0,61 von einer bis zu Profilmeter 1,0 reichenden Schicht abgelöst. Diese ist genau wie die vorherigen Schichten siltig und von beige-grauer Farbe. In den unteren 4 Schichten ab Profilmeter 0,45 ist also eine Wechsellagerung vorhanden.

6.2 Beschreibung der Proben

Im Folgenden soll das enthaltene organische Material der untersuchten Proben beschrieben werden. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf Characeen und Ostrakoden, da diese den dominierenden Anteil am organischen Material in den Proben bilden. Die Beschreibungen beziehen sich ausschließlich auf die Fraktion größer 0,125 mm. Die kleinere Fraktion (Maschenweite 0,063 mm) ist im Vorfeld stichprobenartig untersucht worden, da jedoch keinerlei Characeen oder Ostrakoden gefunden wurden, ist auf eine intensivere Untersuchung des Materials verzichtet worden. Ist im Folgenden von Characeen bzw. Ostrakoden die Rede, so sind nicht die kompletten Pflanzen bzw. Tiere, sondern nur deren fossile Überreste, die Oogonien und Oosporen bzw. Schalenklappen gemeint. Die in den einzelnen Proben enthaltenen Oogonien, Oosporen und Ostrakoden sind zur Feststellung ihrer Verteilung über die Bohrkerne (Vgl. Abbildung 12 und Abbildung 13) gezählt worden. Die beschriebene Farbe der Probe bezieht sich auf den getrockneten Zustand nach Aufbereitung und Schlämmen.

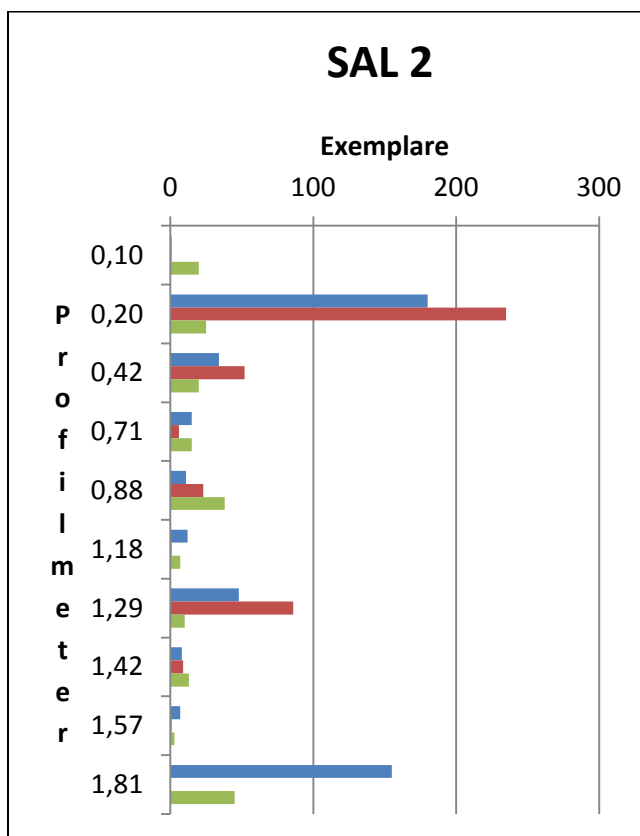


Abbildung 12 - Verteilung der Oogonien (blau), Oosporen (rot) und Ostrakoden (grün) über SAL 2

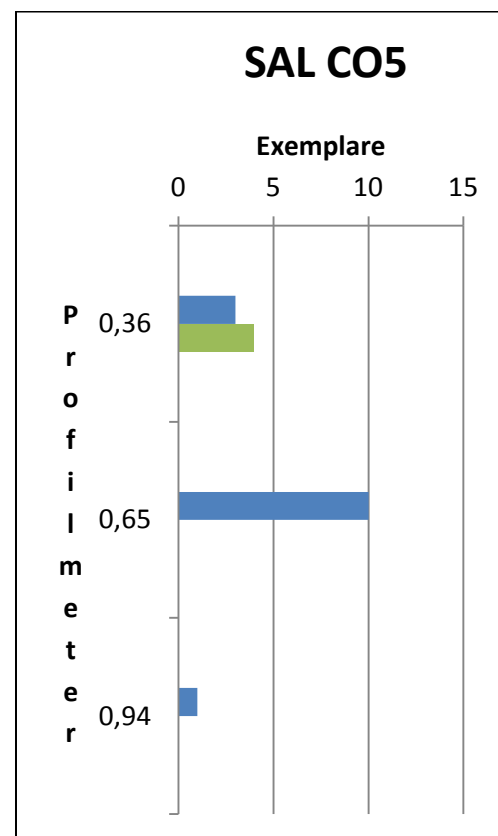


Abbildung 13 - Verteilung der Oogonien (blau) und Ostrakoden (grün) über SAL CO5

6.2.1 SAL 2

Die Probe SAL 2 0,08 - 0,11 zeigt einen beigen, teilweise grauen Farbton und enthält neben jeweils einem vereinzelt Oogon bzw. einer einzelnen Oospore vor allem Ostrakoden. Die Abmessung des Oogon beträgt ungefähr 250 µm x 180 µm, während die der gefundenen

6. Ergebnisse

Oospore ca. $750\ \mu\text{m} \times 250\ \mu\text{m}$ beträgt. Das Oogon hat vier Spiralgänge, während die Oospore 12 Rippen aufweist. Die Farbe der Oospore ist von einem rötlichen Braun. Die um die 20 gefundenen Ostrakoden variieren in ihrer Größe zwischen $0,5\ \text{mm} \times 0,25\ \text{mm}$ und $1,25\ \text{mm} \times 0,75\ \text{mm}$. Des Weiteren enthält die Probe 4 Samenkapseln mit oranger Färbung (Vgl. Abbildung 14). An ihrer Außenseite tragen diese kleine Härchen, während die Innenseiten eher glatt sind. Außerdem sind in der Probe schon leicht umgesetzte Pflanzenreste in Form von Ästchen und ein weißes Kügelchen enthalten. Das Kügelchen hat einen Durchmesser von ungefähr $0,25\ \text{mm}$ und seine Struktur erinnert schwach an einen Golfball, da seine Oberfläche mit 5-eckige Eindrücken bedeckt (Vgl. Abbildung 15) ist.



Abbildung 14 - Samenkapsel (SAL 2 0,08 - 0,11)

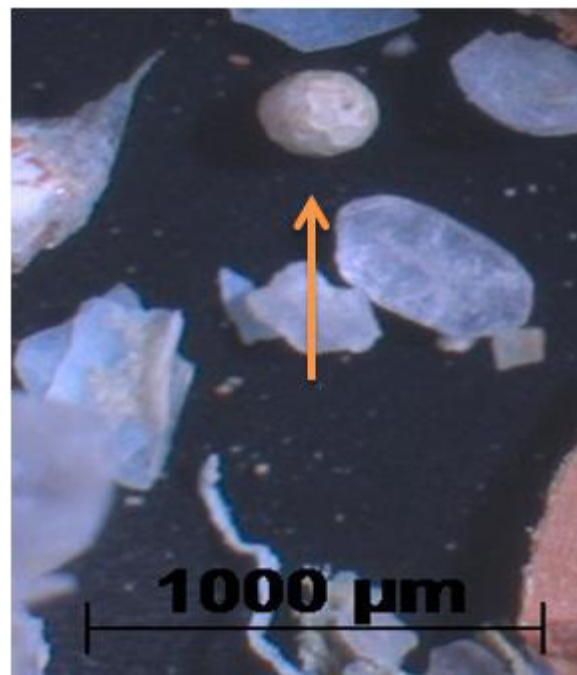


Abbildung 15 - Kügelchen (SAL 2 0,08 - 0,11)

Die Probe SAL 2 0,18 - 0,21 ist als hellgrau zu beschreiben und enthält äußerst viele Characeen. Es handelt sich dabei um rund 180 Oosporen und 235 Oogonien. Neben den einzeln vorkommenden Oosporen sind viele noch in den Oogonien enthalten. Die Oogonien variieren in ihrer Länge zwischen $750\ \mu\text{m} - 1\ 000\ \mu\text{m}$ und in ihrer Breite zwischen $300\ \mu\text{m} - 450\ \mu\text{m}$. Sie sind nur in seltenen Fällen transparent und die Umgänge der Spiralgänge variieren in ihrer Anzahl zwischen 9 und 12. Die Spiralgänge sind mal enger, mal weiter aufgewickelt und auch die Form der Oogonien variiert zwischen eher elliptisch und eher rund (Vgl. Abbildung 16). Die Oosporen zeigen einen rötlich-braunen Farbton und sind zwischen $650\ \mu\text{m} \times 200\ \mu\text{m}$ und $750\ \mu\text{m} \times 300\ \mu\text{m}$ groß. Die Anzahl ihrer Rippen variiert zwischen 9 und 12. Zusätzlich enthält die Probe ca. 25 Ostrakoden, die eine durchschnittliche Größe von $1,25\ \text{mm} \times 0,75\ \text{mm}$ (Vgl. Abbildung 17) aufweisen. Auch in dieser Probe wurden die weißen Kügelchen mit golfballartiger Struktur und einem Durchmesser von $0,25\ \text{mm}$ gefunden. Des Weiteren zeichnet sich die Probe durch einen hohen Anteil an Gipsplättchen aus.



Abbildung 16 - Oogonien und Oosporen (SAL 2 0,18 - 0,21)



Abbildung 17 - Ostrakoden (SAL 2 0,18 - 0,21)

Die Probe SAL 2 0,41 - 0,43 ist von einem mittlerem Grau und weist mit ca. 35 Oogonien und 50 Oosporen mehr Characeen als Ostrakoden, von denen nur 20 gezählt wurden, auf. Die zum Teil transparenten Oogonien haben eine durchschnittliche Länge von 750 µm und variieren in ihrer Breite zwischen 300 µm und 450 µm (Vgl. Abbildung 18). Die Anzahl der die Kalkschale umlaufenden Spiralen variiert zwischen 9 und 11. Während die meisten Oogonien eine rundliche oder elliptische Form aufweisen, kommen in dieser Probe auch eher röhrenartige Oogonien vor. Die rot-braunen bis dunkel-braunen Oosporen sind zwischen 600 µm x 200 µm und 650 µm x 300 µm groß und die Anzahl ihrer Rippen variiert zwischen 7 und 11. Die Länge der Ostrakoden schwankt zwischen 0,75 mm - 1,1 mm, während ihre Breite sich auf 0,5 mm bis 0,75 mm beläuft. Des Weiteren sind in der Probe Samenkapseln, kalzitische Röhrrchen und Gipsplättchen enthalten. Die Samenkapseln haben einen bräunlichen Farbton, ihre Oberfläche ist rau, aber nicht behaart und ihre Innenseite scheint glatt zu sein. Die weißen, kalzitischen Röhrrchen sind zwischen 0,5 mm und 1 mm lang und weisen eine raue Oberfläche auf (Vgl. Abbildung 19) und die Gipsblättchen sind bis zu 1,5 mm groß.



Abbildung 18 - Oogonien (SAL 0,41 - 0,43)

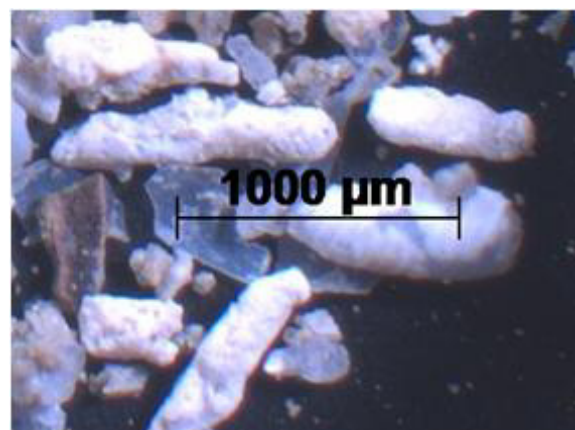


Abbildung 19 - Kalzitische Röhrrchen (SAL 2 0,41 - 0,43)

6. Ergebnisse

Die Farbe der Probe SAL 2 0,69 - 0,72 ist dunkelgrau bis bräunlich und die Probe enthält annähernd gleich viele Characeen und Ostrakoden. Insgesamt wurden ca. 15, teilweise transparente, Oogonien gezählt. Deren Größe beläuft sich auf eine durchschnittliche Länge von 750 µm und eine Breite zwischen 300 µm und 450 µm. Die Oogonien weisen zwischen 9 und 11 Spiralgänge um die Zelle auf und enthalten teilweise Oosporen. Zusätzlich enthält die Probe auch einzelne rötlich-braune Oosporen, diese sind aber sehr schlecht erhalten und ihre Größe nicht bestimmbar. Die Ostrakoden variieren in ihrer Größe zwischen 0,75 mm x 0,5 mm und 1,1 mm x 0,75 mm. In Abbildung 20 ist zu sehen, dass auch diese Probe viele weißlich bis cremefarbene Kügelchen mit golfballartiger Struktur und einem Durchmesser von ca. 0,25 mm enthält. Daneben kommen noch andere kugelförmige Gebilde ähnlicher Größe, aber mit anderer Struktur vor. Die Oberfläche dieser Kügelchen ist glatt und weist teilweise eine gepunktete Musterung auf. Sie sind sehr instabil, zerbrechen schon bei sehr leichten Berührungen und sind von innen hohl. Außerdem enthält die Probe fünf creme- bis rosafarbene Samenkapseln mit einer rauen, teils behaarten Oberfläche und einen schwarzen, nierenförmiger Kern, der kleine Dornen aufweist (Vgl. Abbildung 21).



Abbildung 20 - Kügelchen mit Golfballstruktur (SAL 2 0,69 - 0,72)

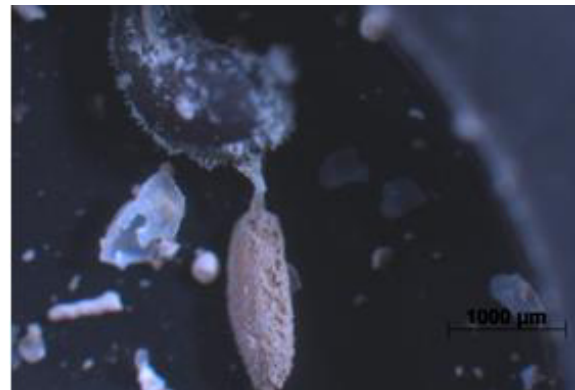


Abbildung 21 - Kern und Samenkapsel (SAL 0,69 - 0,72)

Die Probe SAL 2 0,87 - 0,89 ist teils dunkelgrau, teils weiß. Die Ostrakoden überwiegen mit 38 gezählten Exemplaren gegenüber den Characeen. Von diesen konnten insgesamt nur 34 Exemplare (11 Oogonien und 23 Oosporen) gezählt werden. Die Oogonien, die alle eine weiße, nicht-transparente Hülle aufweisen, zeigen eine durchschnittliche Länge von 750 µm und ihre Breite schwankt zwischen 350 µm und 500 µm. Die Anzahl ihrer Spiralgänge variiert zwischen 9 und 11 Stück. Auch die Anzahl der Rippen der Oosporen liegt zwischen 9 und 11. Das Ausmaß der rötlich- bis dunkelbraunen Oosporen ist mit 600 µm - 700 µm x 300 µm deutlich kleiner als das der Oogonien (Vgl. Abbildung 22). Die in der Probe enthaltenen Ostrakoden sind zwischen 0,9 mm x 0,5 mm und 1,25 mm x 0,65 mm groß (Vgl. Abbildung 23). Darüber hinaus sind in der Probe vier creme- bis rosafarbene Samenkapseln mit einer rauen, haarigen Außenseite und einer glatten Innenseite enthalten. Zusätzlich kommen weiße, kalzitische Röhrchen mit rauer Oberfläche vor, die 0,75 mm -1 mm lang sind.

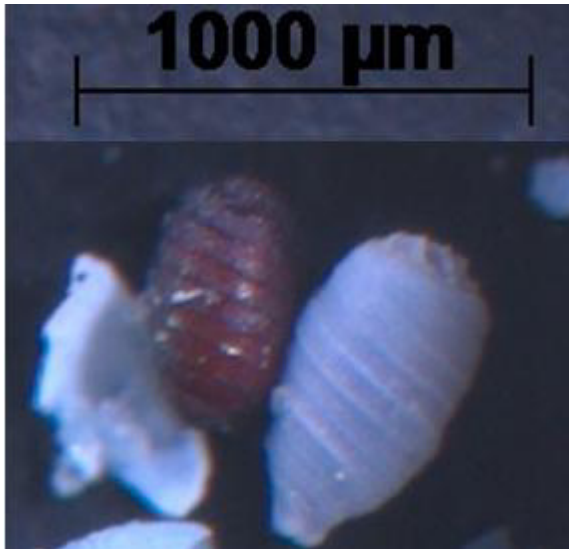


Abbildung 22 - Oospore (links) und Oogon (rechts) (SAL 2 0,87 - 0,89)

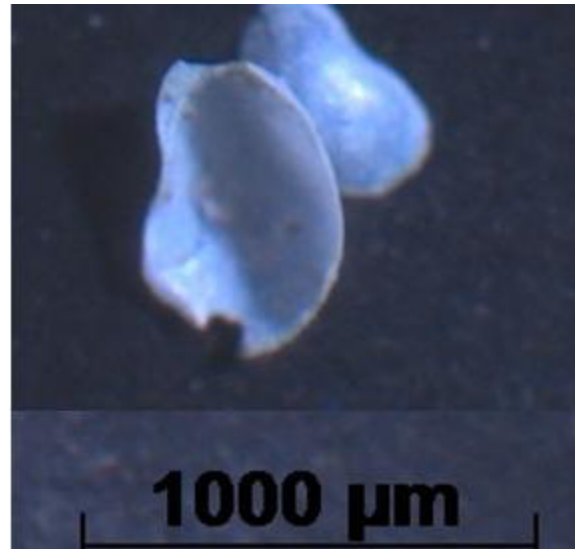


Abbildung 23 - Ostrakoden (SAL 2 0,87 - 0,89)

Die Probe SAL 2 1,16 - 1,19 hat eine hellgraue Farbe und enthält wenige Characeen und Ostrakoden, jedoch eine Vielzahl der kalzitischen Röhrrchen und Gipsplättchen. Es konnten insgesamt 12 Oogonien, jedoch nur eine einzeln vorkommende Oospore gezählt werden. Da die Oogonien teilweise leicht transparent sind konnte festgestellt werden, dass noch Oosporen in den Oogonien enthalten sind. Die Hüllen der nicht transparenten Oogonien weisen stellenweise einen leichten Perlmutterglanz auf und die Anzahl ihrer Spiralgänge beläuft sich auf zwischen 9 und 11. Die Oogonien haben eine durchschnittliche Länge von 800 µm und eine Breite, die zwischen 350 µm und 600 µm variiert. Die rötlich-braune Oospore ist 650 µm lang und 300 µm breit. Die 7 gezählten Ostrakoden sind sehr schlecht erhalten, so dass ihre Größe nicht vermessen werden konnte. Die kalzitischen Röhrrchen haben meistens eine Länge von 0,5 mm (Vgl. Abbildung 24), können jedoch auch Längen von über 1 mm erreichen. Daneben sind einzelne creme- bis rosafarbene Samenkapseln enthalten. Sie sind ca. 1,5 mm lang und ihre Oberfläche ist mit kleinen Härchen besetzt.

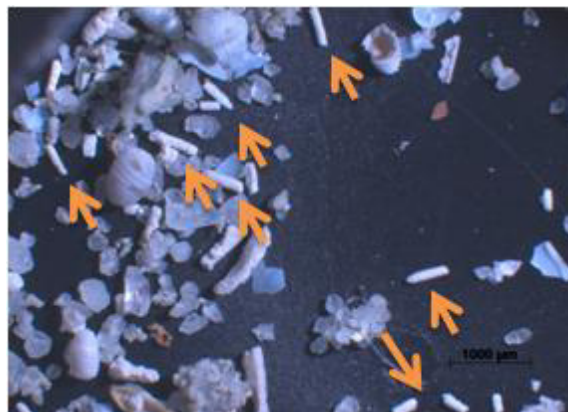


Abbildung 24 - Kalzitische Röhrrchen (SAL 2 1,16 - 1,19)

6. Ergebnisse

Die hellgraue Probe SAL 2 1,28 - 1,31 wird von Characeen dominiert. Die Anzahl der Oogonien beläuft sich auf 48 und die der Oosporen auf 86. Die Ausmaße der Oogonien variieren zwischen 750 µm x 300 µm und 850 µm x 350 µm. Die Anzahl der Spiralgänge schwankt zwischen 9 - 11, sie sind mal enger, mal weiter aufgewickelt und ihre Form variiert von elliptisch bis rundlich. Die Hüllen der Oogonien sind weiß, nicht transparent und leicht zerbrechlich. Die Oosporen haben zwischen 9 und 11 Rippen, variieren in ihrer Länge zwischen 550 µm und 700 µm und in ihrer Breite zwischen 250 µm und 350 µm. Die Farben der Oosporen variieren von goldgelb bis rot-braun (Vgl. Abbildung 25). Neben 10 gut erhaltenen Ostrakoden enthält die Probe viele Ostrakoden-Bruchstücke. Die intakten Ostrakoden sind zwischen 0,65 mm x 0,4 mm und 1,25 mm x 0,65 mm groß. Zusätzlich enthält die Probe eine Vielzahl der kalzitischen Röhrrchen und Gipsplättchen (Vgl. Abbildung 26). Die Röhrrchen sind weiß und im Durchschnitt 0,5 mm lang. Vereinzelt kommen außerdem hellrosafarbene Samenkapseln vor, die ca. 1,5 mm lang und 0,5 mm breit sind und eine raue Oberfläche besitzen.



**Abbildung 25 - Oogonien und Oosporen
(SAL 2 1,28 - 1,31)**



**Abbildung 26 - Kalzitische Röhrrchen & Gipsplatten
(SAL 2 1,28 - 1,31)**

Die Probe SAL 2 1,41 - 1,43 ist von einer hellgrauen Farbe und enthält nur wenige Characeen und Ostrakoden. Es wurden 8 Oogonien und 9 Oosporen gezählt. Sowohl die Anzahl der Spiralgänge der Oogonien, als auch die Anzahl der Rippen der Oosporen variieren zwischen 9 und 11. Die Länge der Oogonien beträgt durchschnittlich 750 µm und die der Oosporen zwischen 500 µm und 600 µm. Die Breite der Oosporen variiert zwischen 300 µm und 350 µm, während die der Oosporen zwischen 200 µm und 250 µm schwankt. Die Oogonien sind weiß, nicht transparent und weisen teilweise einen Perlmuttglanz (Vgl. Abbildung 27) auf. Die Oosporen sind rötlich-braun. Die Probe enthält neben 13 intakten Ostrakoden zahlreiche Ostrakoden-Bruchstücke. Die Ausmaße der Ostrakoden schwanken zwischen 0,75 mm x 0,5 mm und 1 mm x 0,75 mm. Des Weiteren sind Gipsplättchen, Samenkapseln und ein Kern enthalten. Die Samenkapseln sind rosafarben bis rötlich, durchschnittlich 1,5 mm lang und weisen an ihrer Oberfläche kleine Härchen auf

6. Ergebnisse

(Vgl. Abbildung 28). Der enthaltene Kern ist schwarz, nierenförmig und seine Oberfläche ist rau.

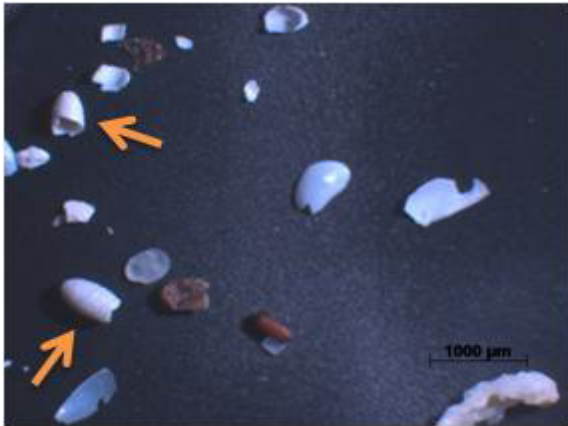


Abbildung 27 - Oogonien mit Perlmuttglanz (SAL 2 1,41 - 1,43)

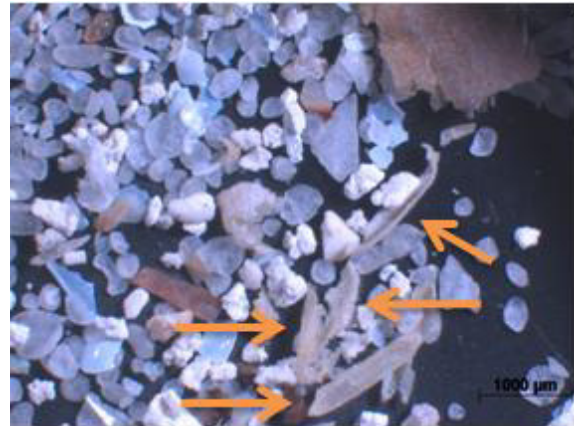


Abbildung 28 - Samenkapseln (SAL 2 1,41 - 1,43)

In der hellgrauen Probe SAL 2 1,55 - 1,59 konnten nur wenige Characeen und Ostrakoden gezählt werden. Die Anzahl der Oogonien beläuft sich auf 7, die der Oosporen auf 1 und die der Ostrakoden auf 3. Die Oogonien besitzen 9 - 11 Spiralgänge und sind etwa 750 µm lang. Ihre Breite beträgt 300 µm - 350 µm, sie sind weiß und nicht transparent. Die enthaltene Oospore ist rötlich-braun, jedoch so schlecht erhalten, dass sie nicht vermessen werden konnte. Die Ostrakoden sind ebenfalls so schlecht erhalten, dass ihre Länge nicht vermessen werden konnte. Ihre Breite beläuft sich auf 0,6 mm - 0,75 mm. Zusätzlich sind Bruchstücke von Ostrakoden, kalzitische Röhrchen, Gipsplättchen und teils schon umgesetzte Pflanzenreste in Form von Ästchen (Vgl. Abbildung 29) enthalten. Die weißen, kalzitischen Röhrchen sind durchschnittlich 0,5 mm lang und 0,25 mm breit. Die Pflanzenreste weisen sowohl bräunliche, als auch schwarze Farbtöne auf.



Abbildung 29 - Pflanzenreste in Form von Ästchen (SAL 2 1,55 - 1,59)

6. Ergebnisse

Die Probe SAL 2 1,80 - 1,83 ist von einer hellgrauen Farbe und enthält sehr viele Oogonien, aber keine einzelne Oospore. Die Anzahl der Oogonien beläuft sich auf etwa 155 Stück. Sie sind weiß, nicht transparent und weisen zwischen 9 und 11 Spiralgänge auf. Die Spiralgänge sind mal weiter, mal enger aufgewickelt und treten teilweise sehr deutlich und teilweise fast gar nicht hervor (Vgl. Abbildung 30). Die Oogonien sind zwischen $750\ \mu\text{m} \times 350\ \mu\text{m}$ und $900\ \mu\text{m} \times 600\ \mu\text{m}$ groß. Des Weiteren enthält die Probe 45 Ostrakoden, deren Länge bzw. Breite $0,9\ \text{mm} - 1,1\ \text{mm}$ bzw. $0,55\ \text{mm} - 0,7\ \text{mm}$ misst. Zusätzlich sind in der Probe sehr viele kalzitische Röhrenchen und Gipsplättchen enthalten (Vgl. Abbildung 31). Die Röhrenchen sind durchschnittlich $0,5\ \text{mm}$ lang, $0,2\ \text{mm}$ breit und haben eine raue Oberfläche.



Abbildung 30 - Oogonien (SAL 2 1,80 - 1,82)

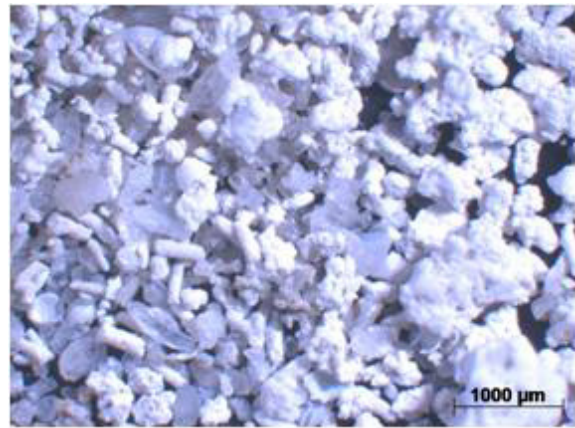


Abbildung 31 - Kalzitische Röhrenchen & Gipsplatten (SAL 2 1,80 - 1,82)

6.2.2 SAL CO5

Die Probe SAL CO5 0,34 - 0,37 hat eine beige bis graue Farbe und enthält 3 Oogonien sowie 4 Ostrakoden. Die weißen, nicht transparenten Oogonien haben eine durchschnittliche Länge von 750 µm und Breite von 400 µm. In der Regel weisen sie um die 11 Spiralgänge auf. Die Ostrakoden variieren in ihrer Länge zwischen 0,4 mm und 0,75 mm und in ihrer Breite zwischen 0,25 mm und 0,5 mm. Daneben sind in der Probe viele weiße Schalenbruchstücke sowie schwarzes Material, das an Kohle erinnert, vorhanden. Die Schalenbruchstücke variieren deutlich in ihrer Größe, so sind manche nur 0,5 mm lang und 0,25 mm breit, während andere Ausmaße von bis zu 3 mm x 2 mm erreichen. Ein 2 mm langer und 1,5 mm breiter bräunlicher Kern und Pflanzenreste in Form von Ästchen sind ebenfalls in der Probe enthalten.

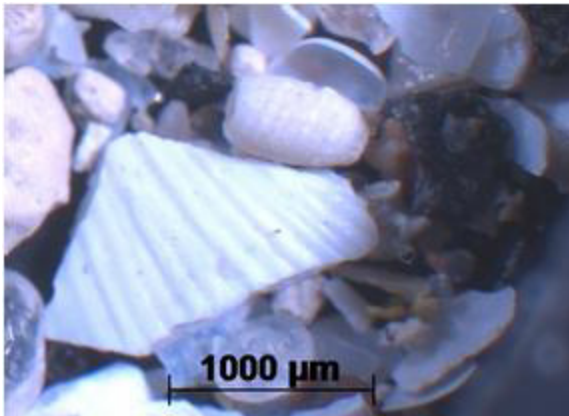


Abbildung 32 - Oogon und Schalenbruchstück (SAL CO5 0,34 - 0,37)



Abbildung 33 - Pflanzenrest in Form eines Ästchens (SAL CO5 0,34 - 0,37)

Die Probe SAL CO5 0,63 - 0,66 weist einen beige Farbton auf und enthält 10 Oogonien. Diese sind weiß, nicht transparent und haben in der Regel 11 Spiralgänge. Sie sind durchschnittlich 750 µm lang und 300 µm - 550 µm breit. Neben vielen weißen Schalenbruchstücken und schwarzem, an Kohle erinnerndes Material, ist ein Schneckenhaus enthalten. Dieses hat einen Durchmesser von etwa 2 mm und ist leicht transparent. Zusätzlich kommen in der Probe sehr viele kalzitische, hellrosafarbene, inkrustierte Formen vor. Jede dieser Formen weist mindestens eine Öffnung aus, durch die man innen relativ glatte Röhren erkennen kann. Des Weiteren sind in der Probe weiße, kalzitische Röhren mit einer Länge von im Durchschnitt 1 mm vorhanden.

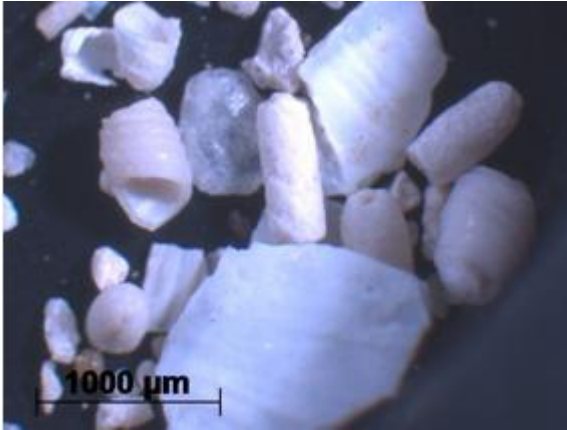


Abbildung 34 - Oogonien, kalzitische Röhrrchen & Schalenbruchstücke (SAL CO5 0,63 - 0,66)



Abbildung 35 - Fossiles Schneckenhaus (SAL CO5 0,63 - 0,66)

Die Probe SAL CO5 0,92 - 0,95 ist von einer grauen Farbe und enthält ein einzelnes Oogon. Dieses ist 500 µm lang, 0,25 µm breit und weist 10 Spiralgänge auf. Außerdem sind in der Probe zahlreiche große Schalenbruchstücke enthalten, die bis zu 3,25 mm x 2,5 mm groß sind. Die weißen, kalzitischen Röhrrchen sowie die kalzitischen inkrustierten Formen kommen ebenfalls vor. Zusätzlich kommen bereits leicht umgesetzte Pflanzenreste in Form von Ästchen in der Probe vor.



Abbildung 36 - Kalzitische Inkrustierungen (SAL CO5 0,63 - 0,66)

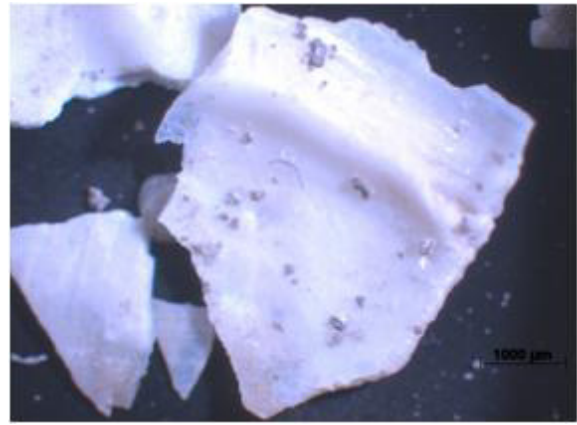


Abbildung 37 - Schalenbruchstücke (SAL CO 5 0,92 - 0,95)

In Tabelle 1 und Tabelle 2 sind die aufgenommenen charakteristischen Merkmale der in den Bohrkernen SAL 2 und SAL CO5 vorkommenden Characeen und Ostrakoden aufgelistet. Des Weiteren enthält Tabelle 2 eine Übersicht des zusätzlich enthaltenen organischen Materials zuzüglich Gipsplättchen und kalzitischer Röhrrchen bzw. kalzitischer Inkrustierungen. Hier wird oft nur zwischen vorhanden (grün) und nicht vorhanden (orange) unterschieden und nur in Einzelfällen Angaben zur Menge gemacht.

6. Ergebnisse

Tabelle 1 - Übersicht des in SAL 2 und SAL CO5 enthaltenen organischen Materials zuzüglich Gipsplättchen und kalzitischer Röhren & Inkrustierungen Teil 1

Bohrkern	Tiefe [m]	Fraktion [mm]	Farbe	Characeen									
				Oogonien				Oosporen					
				Anzahl	Rippen	Länge [mm]	Breite [mm]	Sonstiges	Anzahl	Rippen	Länge [mm]	Breite [mm]	Sonstiges (Farbe etc.)
SAL 2	0,08 - 0,11	0,125	beige/grau	1	ca. 4	0,25	0,18	meist mit Kern,	1	12	0,75	0,25	rot-braun
SAL 2	0,18 - 0,21	0,125	hellgrau	180	9-11	0,75 - 1	0,3 - 0,45	selten transparent	235	9-12	0,65 - 0,75	0,2 - 0,3	beige bis Bronze
SAL 2	0,41 - 0,43	0,125	mittelgrau	34	9-11	0,75	0,3 - 0,45	teilweise transparent	52	7-11	0,6 - 0,65	0,2 - 0,3	rot-braun bis dunkel-braun
SAL 2	0,69 - 0,72	0,125	dunkelgrau	15	9-12	0,75	0,3 - 0,45	teilweise transparent	6	n.m.	n.m.	n.m.	
SAL 2	0,87 - 0,89	0,125	dunkelgrau/weiß	11	9-11	0,75	0,35 - 0,5	nicht transparent	23	9-11	0,6 - 0,7	0,3	rot-braun
SAL 2	1,16 - 1,19	0,125	hellgrau	12	9-11	0,80	0,35 - 0,6	nicht bis leicht transparent	1		0,65	0,3	teils rot-braun in Kalkschalen
SAL 2	1,28 - 1,31	0,125	hellgrau	48	9-11	0,75-0,85	0,3 - 0,35	nicht transparent, leicht zerbrechlich	86	9-11	0,55 - 0,7	0,25 - 0,35	rot braun und goldgelb
SAL 2	1,41 - 1,43	0,125	hellgrau	8	9-11	0,75	0,3 - 0,35	nicht transparent, Perlmuttglanz	9	9-11	0,5 - 0,6		rot-braun
SAL 2	1,55 - 1,59	0,125	hellgrau	7	9-11	0,75	0,3 - 0,35	nicht transparent	1	n.m.	n.m.	n.m.	rot-braun
SAL 2	1,80 - 1,83	0,125	hellgrau bis beige	155	9-11	0,75-0,9	0,35 - 0,6	nicht transparent	0				
SAL													
SAL CO5	0,34 - 0,37	0,125	beige/grau	3	11	0,75	0,4	nicht transparent	0				
SAL CO5	0,63 - 0,66	0,125	beige	10	11	0,75	0,33 - 0,5	nicht transparent	0				
SAL CO5	0,92 - 0,95	0,125	grau	1	10	0,5	0,25		0				

6. Ergebnisse

Tabelle 2 - Übersicht des in SAL 2 und SAL CO5 enthaltenen organischen Materials zuzüglich Gipsplättchen und kalzitischer Röhren & Inkrustierungen Teil 2

Bohr- kern	Tiefe [m]	Ostrakoden				Kalzitische Röhren	Gips- plättchen	Samen- kapseln	Kerne	"Kugel- chen"	Pflanzenreste
		Anzahl	Länge [mm]	Breite [mm]	Sonstiges						
SAL 2	0,08 - 0,11	20	0,5 - 1,25	0,25 - 0,75		Nein	Nein	4	Nein	1	Ja
SAL 2	0,18 - 0,21	25	1,25	0,75		Nein	Viele	Nein	Nein	Ja	Nein
SAL 2	0,41 - 0,43	20	0,75 - 1,1	0,5 - 0,75		Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein
SAL 2	0,69 - 0,72	15	0,75 - 1,1	0,5 - 0,55		Nein	Nein	5	1	Viele	Nein
SAL 2	0,87 - 0,89	38	0,9 - 1,25	0,5 - 0,65		Ja	Nein	4	Nein	Nein	Nein
SAL 2	1,16 - 1,19	7	n.m.	n.m.	nicht gut erhalten	Viele	Viele	Ja	Nein	Nein	Nein
SAL 2	1,28 - 1,31	10	0,65 - 1,25	0,4 - 0,65	viele Bruchstücke	Viele	Viele	Ja	Nein	Nein	Nein
SAL 2	1,41 - 1,43	13	0,75 - 1	0,5 - 0,75	Bruchstücke	Nein	Ja	Ja	1	Nein	Nein
SAL 2	1,55 - 1,59	3	n.m.	0,6 - 0,75	nicht gut erhalten, einige Bruchstücke	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja
SAL 2	1,80 - 1,83	45	0,9 - 1,1	0,55 - 0,7	teils nur Bruchstücke	Viele	Viele	Nein	Nein	Nein	Nein
SAL	0,34 - 0,37	4	0,4 - 0,75	0,25 - 0,5		Kalzitische Röhren	Gips- plättchen	Inkrus- tierung	Kerne	Pflanzen- reste	Schalenbruch- stücke
CO5						Nein	Nein	Nein	1	Ja	Ja
SAL						Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja + Schnecken- gehäuse
CO5	0,63 - 0,66	0				Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja (2,5 mm x 3,25 mm)
SAL						Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	
CO5	0,92 - 0,95	0				Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	

7. Interpretation

Bei den in den Proben enthaltenen Characeen handelt es sich höchstwahrscheinlich um Arten aus der Gattung der Chara, da sie verkalke Hüllen aufweisen (Gothan & Weyland 1954). Eine genauere Bestimmung der Arten ist jedoch nicht möglich, da zum einen kein Bestimmungsschlüssel für die Oosporen Südspaniens vorliegt und zum anderen, weil die beobachteten Merkmale Länge, Breite, Farbe und Anzahl der Rippen zu diesem Zweck nicht spezifisch genug sind. Dies liegt vor allem daran, dass eines der wichtigsten Merkmale, die Länge, mit 650 µm - 750 µm in einem Bereich liegt, in dem sich viele Arten überschneiden (Vedder 2004).

Untersucht man die Verteilung der Characeen über den Bohrkern SAL 2, stellt sich heraus, dass im Durchschnitt 47 Oogonien bzw. 41 Oosporen in einer Probe enthalten sind. Aufgrund mangelnder Kenntnis über die vorliegenden Arten kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Oogonien und Oosporen unterschiedlichen Arten angehören. Anhand des Verhältnisses von Oogonien zu Oosporen können aus diesem Grund keine Aussagen getroffen werden, weshalb im Folgenden nur die Gesamtheit der Characeen betrachtet wird. Für diese ergibt sich ein Mittelwert von 88 Exemplaren pro Probe. Dieser ist in Abbildung 38, in der die Verteilung von Characeen und Ostrakoden sowie deren Mittelwerte dargestellt sind, eingezeichnet. Aus dieser Abbildung geht hervor, dass die Werte aus den Tiefen 0,18 m - 0,21 m, 0,41 m - 0,43 m, 1,28 m - 1,31 m und 1,80 m - 1,82 m für die Characeen deutliche Peaks bilden. Da außerdem alle anderen Werte den Mittelwert deutlich unterschreiten, wurde ein neuer Mittelwert kalkuliert, bei dem die vier Peaks in der Berechnung nicht berücksichtigt wurden. Der neue Mittelwert beträgt gerundet 16 Characeen pro Probe und ist in Abbildung 38 ebenfalls verzeichnet. In den Proben SAL 0,08 - 0,11 und SAL 1,55 - 1,59 finden sich die wenigsten Exemplare von Characeen. Da das Auftreten von Characeen von verschiedenen Standortfaktoren abhängt (Migula 1890), ist anzunehmen, dass sich diese Standortfaktoren zwischen den Maxima und Minima der Verteilung verändert haben. Zunächst kann jedoch festgehalten werden, dass die bloße Anwesenheit der Characeen zeigt, dass die Laguna Salada zum jeweiligen Zeitpunkt wassergefüllt war, da der Lebensraum der Characeen rein aquatisch ist (Wray 1998). Des Weiteren muss der Salzgehalt weniger als 40 g/l betragen haben, da sich sonst keine Kalkhüllen gebildet hätten und zwischenzeitlich muss er niedriger als 20 g/l gewesen sein, da bei höheren Salzgehalten selbst die halotoleranteste Art *Lamprothamnium papulosum* nicht keimen kann (Soulié-Märsche 2008).

Für die Schwankungen in der Verteilung der Characeen über den Bohrkern SAL 2 sind verschiedene Erklärungen möglich, die im Wesentlichen auf zwei unterschiedlichen Annahmen beruhen. Die erste Annahme lautet, dass die Characeen hauptsächlich auf

Änderungen des Salzgehaltes reagieren. Dies würde bedeuten, dass die Minima in der Verteilung für erhöhte Salzgehalte sprechen, die den kritischen Wert von mindestens einer der vorliegenden Arten überschreiten. Zu einer Erhöhung des Salzgehalts kommt es insbesondere dann, wenn der Niederschlag abnimmt und die Verdunstung zunimmt (Grotzinger & Jordan 2010). Dies würde für ein arides Klima sprechen, in dem die Anzahl der Characeen zusätzlich durch eine auf sinkende Wasserstände zurückzuführende Austrocknung minimiert werden könnte (Coops 2002). Dementsprechend stünden die Maxima in der Verteilung für ein eher humides Klima (Modell 1), in dem der Salzgehalt im Wasser eher gering wäre und genügend Wasser zur Verfügung stünde. Die zweite Annahme geht davon aus, dass die Minima bzw. Maxima in der Verteilung durch abnehmende bzw. zunehmende Strahlungsintensität hervorgerufen werden (Blindow 1992; Steinman et al. 2002). In diesem Fall würden die Minima in der Verteilung auf nährstoffreiches Wasser, also eutrophe Bedingungen (Blindow 1992) bzw. hohe Wasserstände (Steinman et al. 2002) hinweisen. Ansteigende Temperaturen und höhere Verdunstungsraten können zur Zunahme der Trophie führen (Nixdorf et al. 2009). Demzufolge würden die Minima für ein eher arides und die Maxima für ein eher humides Klima sprechen (Modell 1). Dementgegen steht die These, dass bessere Lichtverhältnisse am Boden vorwiegend durch niedrigere Wasserstände hervorgerufen werden (Steinman et al. 2002). Dies würde bedeuten, dass die Maxima in der Verteilung niedrige Wasserstände und somit ein eher arides Klima anzeigen und die Maxima hohe Wasserstände und dementsprechend ein eher humides Klima (Modell 2).

Die in den verschiedenen Proben des Bohrkern SAL 2 vorkommenden Ostrakoden schwanken um einen Mittelwert von 20 Ostrakoden pro Probe (Vgl. Abbildung 38). Die größten Abweichungen vom Mittelwert nach unten bzw. oben liegen in Probe SAL 1,55 - 1,59 mit 3 Exemplaren bzw. in Probe SAL 1,80 - 1,83 mit 45 Exemplaren vor. Des Weiteren weichen auch die Proben SAL 2 0,87 - 0,89 und SAL 2 1,28 - 1,31 um mehr als 50% vom Mittelwert ab. Dies führt dazu, dass sich in der Verteilung der Ostrakoden Minima und Maxima ausbilden (Vgl. Abbildung 38). Ist die Artenzusammensetzung der vorkommenden Ostrakoden bekannt, so lassen solche Verteilungen Rückschlüsse auf das Paläoklima zu (Frenzel et al. 2006; Armstrong & Brasier 2005). Die im Bohrkern SAL 2 vorkommenden Ostrakoden konnten allerdings nicht näher bestimmt werden, da die zu einer Bestimmung notwendigen Merkmale (Vgl. 5.2 Ostrakoden) mit der verwendeten Vergrößerung nicht untersucht werden konnten. Das bedeutet, dass weder einzelne Arten noch die Artenzusammensetzungen identifiziert werden konnten. Ohne diese Kenntnis über Art und Artenzusammensetzung sind keine Informationen bezüglich des Paläoklimas abzuleiten.

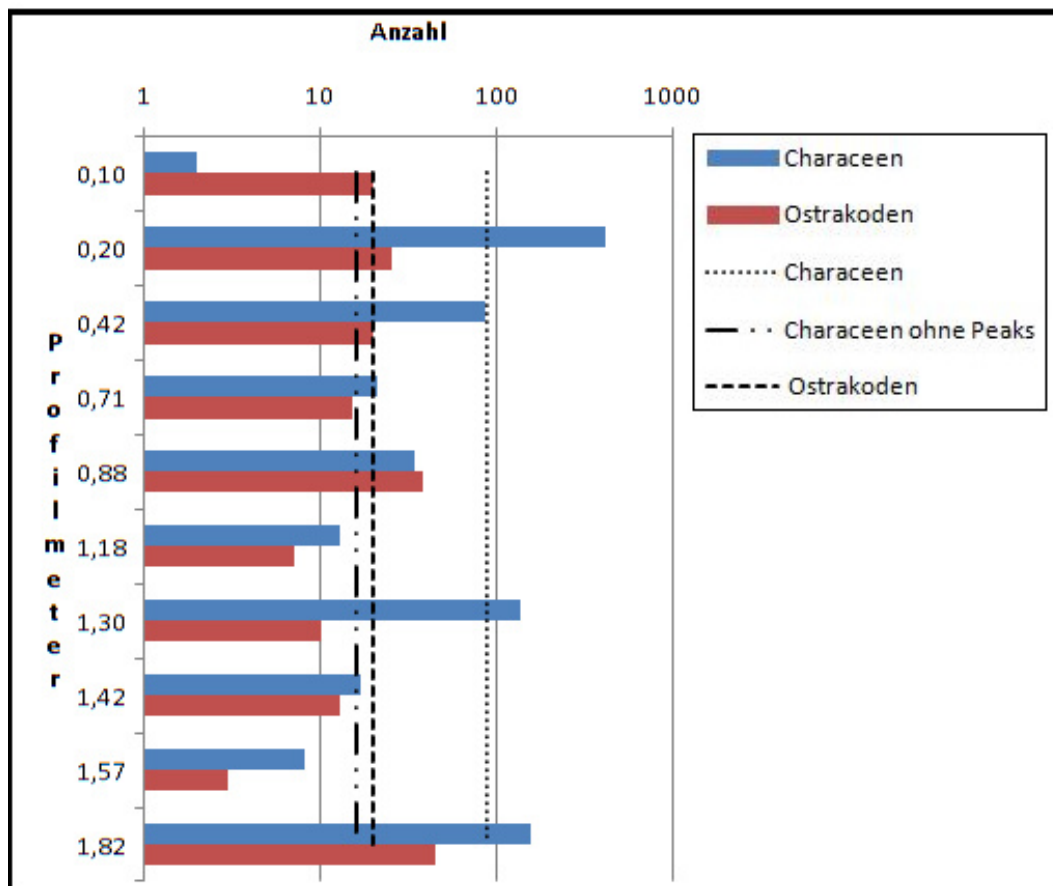


Abbildung 38 - Semi-Logarithmische Darstellung der Verteilung von Characeen und Ostrakoden in SAL 2

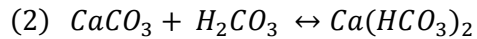
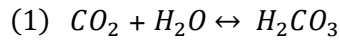
In den Proben des Bohrkerns SAL CO5 sind nur wenige Oogonien, keine Oosporen und nur in der Probe SAL CO5 0,34 - 0,37 Ostrakoden gefunden worden. Auf Basis einer so geringen Datengrundlage ist es kaum möglich Rückschlüsse auf das Paläoklima zu ziehen. Dazu kommt, dass auch hier die Arten der Characeen und Ostrakoden auf Grund mangelnder charakteristischer Merkmale nicht identifiziert werden konnten. Da vor allem im Vergleich mit den Ergebnissen aus den Proben aus SAL 2 nur sehr wenige Characeen und Ostrakoden in den Proben aus SAL CO5 enthalten sind, könnte vermutet werden, dass die Laguna Salada zum jeweiligen Zeitpunkt am Ort der Bohrung nicht oder kaum mit Wasser bedeckt war. Eine andere Erklärung könnte ein hoher Salzgehalt sein, da die Verbreitung von sowohl Characeen als auch Ostrakoden vom Salzgehalt beeinflusst wird (Soulié-Märsche 2008; Pokorný 1998). Beide Erklärungen deuten auf ein eher arides Klima hin, da sowohl geringe Wasserstände, als auch hohe Salzgehalte auf geringen Niederschlag und hohe Verdunstung hinweisen (Grotzinger & Jordan 2010).

Zur Rekonstruktion des Paläoklimas können neben den paläontologischen Betrachtungen auch Faktoren wie das Vorkommen von Gips und Kalzit analysiert werden. Gips

($\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) gehört zu den Sulfaten und entsteht einerseits durch chemische Prozesse in Verdunstungszonen, wobei er direkt aus der Mutterlauge ausgefällt wird. Andererseits kann er auch durch Hydratation von Anhydrit, der unmittelbaren Sublimation aus Fumarolen oder durch Ausfällung aus warmen, vulkanischen Quellen gebildet werden (Mottana et al. 1979). Im Arbeitsgebiet sind keine vulkanischen Aktivitäten bekannt, deshalb können die Entstehung durch Sublimation aus Fumarolen und durch die Ausfällung aus warmen, vulkanischen Quellen an dieser Stelle ausgeschlossen werden. Auch die Bildung durch Hydratation kann ausgeschlossen werden, da in den Bohrkernen keine Anzeichen von Anhydrit gefunden wurden (Vgl. Abbildung 9, Abbildung 10 und Abbildung 11). Anhydrit-Vorkommen sind in den untersuchten Tiefen auch nicht zu erwarten, da dieser nur bei höheren Temperaturen und Drücken stabil ist (Grotzinger & Jordan 2010). Es bleibt also die Entstehung durch Ausfällung in Verdunstungszonen. Dies bedeutet, dass das Auftreten von Gips für ein arides Klima spricht (Modell 1), da es sich bei der Ausfällung um einen charakteristischen Prozess dieser Klimazonen handelt (Grotzinger & Jordan 2010). Dennoch ist eine eindeutige Schlussfolgerung nicht möglich, da die Herkunft des Gipses auch allochthon sein kann. Gips ist sehr gut wasserlöslich (Grotzinger & Jordan 2010) und kann demzufolge durch Grundwasser gelöst und transportiert werden. Da das Arbeitsgebiet in der Trias von Antequera liegt, die von Tonen, Mergeln und Evaporiten dominiert wird und die Evaporite zu einem großen Anteil aus Gips bestehen (Rodríguez-Rodríguez et al. 2006) kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Sulfate mit dem Grundwasser aus der Trias gelöst und in das Becken der Laguna Salada eingeschwemmt wurden. Da für diesen Prozess größere Grundwassermengen erforderlich sind, wäre Gips in diesem Fall ein Indikator für ein eher humides Klima (Modell 2). Gips ist in den Proben SAL 2 0,18 - 0,21, SAL 2 0,41 - 0,43, SAL 2 1,16 - 1,19, SAL 2 1,28 - 1,31, SAL 2 1,41 - 1,43, SAL 2 1,55 - 1,59 und SAL 2 1,80 - 1,83, sowie in SAL CO5 0,63 - 0,66 enthalten.

In den Proben SAL 2 0,41 - 0,43, SAL 2 0,87 - 0,89, SAL 2 1,16 - 1,19, SAL 2 1,28 - 1,31, SAL 2 1,55 - 1,59 und SAL 2 1,80 - 1,83, sowie in den Proben SAL CO5 0,63 - 0,66 und SAL CO5 0,92 - 0,95 sind kalzitische Röhrrchen bzw. kalzitische Inkrustierungen enthalten. Diese Inkrustierungen können nur dann entstehen, wenn Kalzium in gelöster Form im Wasser vorliegt. Dies ist dann der Fall, wenn Kalzium durch Verwitterung, insbesondere durch die Kohlensäureverwitterung, aus Kalksteinen gelöst und als Ca^{2+} mit dem Grundwasser bis in das Becken transportiert wird. Die Kohlensäureverwitterung ist eine Art der chemischen Verwitterung, die durch Regen und hohe Temperaturen gefördert wird. Der Regen ist außerdem notwendig, damit sich das atmosphärische Kohlenstoffdioxid (CO_2) im Regenwasser (H_2O) auflösen und Kohlensäure entstehen kann (Grotzinger & Jordan 2010). Die Kohlensäure (H_2CO_3) kann Kalzit (CaCO_3) angreifen, so dass das sehr gut wasserlösliche Kalziumhydrogenkarbonat ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) entsteht und schließlich gelöstes

Kalzium im Wasser vorliegt (Chamberlin 1898). Die Bildung von Kohlensäure durch CO_2 und H_2O ist in Gleichung (1) und die Entstehung des Kalziumhydrogenkarbonats in Gleichung (2) dargestellt.



Aus diesem Grund ist die Kohlensäureverwitterung und die daraus resultierende Verfügbarkeit von Kalzium ein Indikator für ein warmes, humides Klima (Grotzinger & Jordan 2010). Demzufolge ist anzunehmen, dass die, in den oben genannten Proben enthaltenen, kalzitischen Röhrrchen und Inkrustierungen für ein warmes, humides Klima sprechen.

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass anhand der mikropaläontologischen Untersuchung an den Bohrkernen SAL 2 und SAL CO5 keine eindeutigen Rückschlüsse auf das Paläoklima möglich sind. Dies ist im Wesentlichen auf die fehlende Kenntnis über die Artenzusammensetzung von Characeen und Ostrakoden zurückzuführen. Obwohl also keine eindeutigen Ergebnisse vorliegen, konnten bezüglich der Parameter Characeen, Gips und Kalzit verschiedene Modelle aufgestellt werden. In Abbildung 39 ist im Bezug auf den Inhalt der Proben für jede Tiefe dargestellt, welche Modelle für die einzelnen Tiefen auf ein humides bzw. arides Klima schließen lassen. Aus der Abbildung geht hervor, dass die höchsten Korrelationen zwischen dem Gips - Modell 2, Kalzit und Characeen - Modell 1 bestehen. Dies könnte darauf hinweisen, dass Gips - Modell 2 und Characeen - Modell 1 eher angenommen werden können, als Gips - Modell 1 und Characeen - Modell 2. Dementsprechend würden Maxima in der Verteilung der Characeen sowie das Vorkommen von Gips auf ein humides Klima weisen. Fundierte Aussagen über das Klima sind auf Grundlage der durchgeführten Untersuchung und der vorgestellten Modelle allerdings nicht möglich.

	SAL 2					ARID					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
	HUMID										
0,10	X					X					1 Characeen – Modell 1 3 Gips – Modell 1 5 Kalzit
	In der Probe sind sehr wenige Characeen enthalten, dies spricht laut Characeen Modell 1 für ein arides Klima bzw. laut Characeen Modell 2 für ein humides Klima										
0,20	X		X			X	X				2 Characeen – Modell 2 4 Gips – Modell 2
	In der Probe sind sehr viele Characeen und Gips enthalten, dies spricht laut Characeen Modell 1 und Gips Modell 2 für ein humides Klima bzw. laut Characeen Modell 2 und Gips Modell 1 für ein arides Klima										
0,42	X		X	X		X	X				1 Characeen – Modell 1 3 Gips – Modell 1 5 Kalzit
	In der Probe sind viele Characeen, Gips und Kalzit enthalten, die spricht nach Characeen Modell 1, Gips Modell 2 und dem Kalzitmodell für ein humides bzw. nach Characeen Modell 2 und Gips Modell 1 für ein arides Klima										
0,71											
	In der Probe ist Kalzit enthalten, dies spricht für ein humides Klima										
0,88					X						
	In der Probe sind Gips und Kalzit enthalten, dies spricht laut Gips Modell 1 für ein arides Klima und laut Gips Modell 2 und dem Kalzitmodell für ein humides Klima										
1,18			X	X		X					
	In der Probe enthält sehr viele Characeen, Gips und Kalzit, dies spricht laut Characeen Modell 1, Gips Modell 2 und dem Kalzitmodell für ein humides Klima & laut Characeen Modell 2 und Gips Modell 1 für ein arides Klima										
1,30	X		X	X		X	X				
	In der Probe ist Gips enthalten, dies spricht laut Gips Modell 1 für ein arides und laut Gips Modell 2 für ein humides Klima										
1,42			X			X					
	Die Probe enthält wenige Characeen, Gips und Kalzit. Laut Characeen Modell 1 und Gips Modell 1 spricht dies für arides Klima bzw. laut Characeen Modell 2, Gips Modell 2 und dem Kalzitmodell für ein humides Klima.										
1,57		X		X	X	X		X			
	Die Probe enthält viele Characeen, Gips und Kalzit. Laut Characeen Modell 1, Gips Modell 2 und dem Kalzitmodell spricht dies für ein humides und laut Characeen Modell 2 und Gips Modell 1 für ein arides Klima										
1,82	X		X	X		X	X				
	Die Probe enthält viele Characeen, Gips und Kalzit. Laut Characeen Modell 1, Gips Modell 2 und dem Kalzitmodell spricht dies für ein humides und laut Characeen Modell 2 und Gips Modell 1 für ein arides Klima										
SAL COS											
HUMID					ARID						
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
0,36											
	In der Probe sind Gips und Kalzit enthalten, dies spricht laut Gips Modell 1 für ein arides Klima und laut Gips Modell 2 und dem Kalzitmodell für ein humides Klima										
0,65			X	X		X					
	Die Probe enthält Kalzit. Dies spricht für ein humides Klima										
0,94					X						
	Die Probe enthält Kalzit. Dies spricht für ein humides Klima										

Abbildung 39 - Anwendung der vorgestellten Modelle in Abhängigkeit vom Inhalt der Proben

8. Fazit und Ausblick

Das Ziel dieser Arbeit war die mikropaläontologische Untersuchung zweier Bohrkerne auf Indikatoren für das Paläoklima der südlichen Iberischen Halbinsel. In diesem Rahmen wurden aus den Bohrkernen SAL 2 und SAL CO5 zehn bzw. drei Proben entnommen, aufbereitet und unter dem Mikroskop auf fossile Inhalte untersucht. In nahezu allen Proben waren sowohl Characeen als auch Ostrakoden enthalten. Der Fokus dieser Arbeit wurde auf Characeen und Ostrakoden gelegt, weil diese sich wegen ihres häufigen Auftretens, ihrer Diversität und ihrer von Art zu Art stark variierenden Ansprüche an den Lebensraum, als Indikatoren für das Paläoklima einer Region eignen. Im Folgenden musste jedoch festgestellt werden, dass die beobachteten Merkmale und Charakteristika nicht ausreichend waren, um die vorliegenden Arten zu identifizieren. Bei den Characeen lag dies hauptsächlich daran, dass das charakteristische Merkmal, die Länge der Oosporen, bei den enthaltenen Exemplaren oft in einem Bereich lag, in dem sich mehrere Arten überschneiden. Die Ostrakoden ließen sich nicht klassifizieren, da die verwendete Vergrößerung zu diesem Zweck nicht ausreichend war. Da die Paläoklimaanalyse anhand von Characeen und Ostrakoden aber im Wesentlichen auf deren Artenverteilung beruht, konnten keine eindeutigen Rückschlüsse auf das Paläoklima gezogen werden.

Die mikropaläontologischen Untersuchungen an den Sedimenten der Laguna Salada bergen dennoch Potential für paläoklimatische Analysen, da das Fehlen eindeutiger Schlüsse weitestgehend auf unzureichende Mittel und nicht auf das fehlende Potential des Probenmaterials selbst zurückzuführen ist. Zukünftig könnte eine erneute Untersuchung mit höher auflösenden Geräten durchgeführt werden, mit denen es möglich ist die Proben soweit zu vergrößern, dass insbesondere die charakteristischen Merkmale der Ostrakoden untersucht und diese klassifiziert werden können. Ist die Artenzusammensetzung der Ostrakoden bekannt lassen sich anhand deren Veränderung über die Zeit verschiedene Parameter wie Salzgehalt oder Temperatur bestimmen. Gleiches gilt auch für die Characeen, da aber die Ostrakoden schon länger im Fokus der Paläoklimaforschung stehen und dementsprechend besser erforscht sind, ist eine Forschung auf diesem Gebiet wahrscheinlicher.

Um haltbare Aussagen über das Paläoklima machen zu können, sollten neben der mikropaläontologischen Untersuchungen noch weitere Verfahren wie beispielsweise Multi-Proxy-Analysen oder Radiografie angewendet und die Ergebnisse miteinander verglichen werden.

Literaturverzeichnis

Literaturquellen

- Abrantes, F. et al., 2012. Paleoclimate Variability in the Mediterranean Region. In P. Lionello, ed. *The Climate of the Mediterranean Region: From the Past to the Future*. Elsevier insights. London: Elsevier.
- Alvarez Cobelas, M., Rojo, C. & Angeler, D.G., 2005. Mediterranean limnology: current status, gaps and the future. *Journal of Limnology*, 64(1), pp.13–29.
- Armstrong, H.A. & Brasier, M.D., 2005. *Microfossils* No.2 ed., Malden (USA), Oxford (UK), Carlton (Australia): Blackwell Publishing.
- Belokopytov, I.E. & Beresnevich, V.V., 1955. Giktorf's Peat Borers. *Torfyanaya Promyflennost*, 8, pp.9–10.
- Blindow, I., 1992. Decline of Charophyta during eutrophication: a comparison to angiosperm. *Freshwater Biology*, 28, pp.9–14.
- Blindow, I. et al., 2003. Growth, photosynthesis and fertility of *Chara aspera* under different light and salinity conditions. *Aquatic Botany*, 76(3), pp.213–234.
- Cacho, I. et al., 1999. Dansgaard-Oeschger and Heinrich event imprints in Alboran Sea paleotemperatures I Carles I Miquel events along Alboran composition. , 14(6), pp.698–705.
- Chamberlin, T.C., 1898. The influence of Great Epoch s of Limestone Formation upon the Constitution of the Atmosphere. *The Journal of Geology*, 6(6), pp.609–621.
- Coops, H., 2002. Ecology of charophytes: an introduction. *Aquatic Botany*, 72(3-4), pp.205–208.
- Egeler, C.G., Rondeel, H.E. & Simon, O.J., 1971. *Considerations on the Grouping of the Tectonic Units of the Betic Zone, Southern Spain*,
- Fallot, P., 1948. *Les Cordillères Bétiques*, Barcelona: Consejo Superior de Investigaciones Cientificas, Instituto de Investigaciones Geologicas Lucas Mallada.
- Frenzel, P., Matzke-Karasz, R. & Viehberg, F. a., 2006. Muschelkrebse als Zeugen der Vergangenheit. Zwischen Biologie, Paläontologie und Umweltforschung. *Biologie in unserer Zeit*, 36(2), pp.102–108.
- Gastaldo, R.A., 1999. Collection and analyses techniques for palaeoecological studies in coastal-deltaic settings. In T. P. Jones & N. P. Rowe, eds. *Fossil Plants and Spores: Modern Techniques*. Bath: The Geological Society.
- Gibbons, W. & Moreno, T., 2002. Introduction and overview. In W. Gibbons & T. Moreno, eds. *Geology of Spain*. The Geology of Spain. London: Geological Society.
- Gothan, W. & Weyland, H., 1954. *Lehrbuch der Paläobotanik*, Berlin: Akademie- Verlag.
- Grotzinger, J. & Jordan, T., 2010. *Understanding Earth* Sixth Edit. R. B. Rossingol & A. Palmiotto, eds., New York: W.H. Freeman and Company.
- Haas, J.N., 1994. First identification key for charophyte oospores from central Europe. *European Journal of Phycology*, 29, pp.227–235.
- Jowsey, P.C., 1965. An improves peat sampler. *New Phytologist*, 65, pp.245–248.

- Kohfahl, C. et al., 2008. Characterising flow regime and interrelation between surface-water and ground-water in the Fuente de Piedra salt lake basin by means of stable isotopes, hydrogeochemical and hydraulic data. *Journal of Hydrology*, 351(1-2), pp.170–187.
- Krause, W., 1981. Characeen als Bioindikatoren für den Gewässerzustand. *Limnologica*, 13, pp.399–418.
- Krause, W., 1986. Zur Bestimmungsmöglichkeit subfossiler Characeen-Oosporen an Beispielen aus Schweizer Seen. *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich*, 141, pp.295–313.
- Lhénaff, R., 1981. *Recherches géomorphologiques sur les Cordillères bétiques centro-occidentales, Espagne*. Atelier reprod. th. Univ. Lille 3 ; Lille.
- Lionello, P. et al., 2012. Introduction: Mediterranean Climate - Background Information. In P. Lionello, ed. *The Climate of the Mediterranean Region: From the Past to the Future*. London: Elsevier.
- Matzke-Karasz, R., 1995. *Aktuelle Gattungs- und Artmerkmale bei Scottia, Cyclocypris, Psychrodromus und Mesocypris (Ostracoda)*. Köln: Universität zu Köln.
- Migula, W., 1890. Die Characeen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. In *Dr. L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora*. Leipzig: Verlag von Eduard Kummer.
- Mottana, A., Crepsi, R. & Liborio, G., 1979. *Der große BVL Mineralienführer*, München: BLV Verlagsgesellschaft mbH.
- Murawski, H. & Meyer, W., 2010. *Geologisches Wörterbuch* 12th ed., Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Nixdorf, B. et al., 2009. Gewässer im Klimastress ? Eutrophierungsgefahr in Seen am Beispiel der Scharmützelseeregion. *Forum der Forschung*, (22), pp.99–106.
- Pokorný, V., 1998. Ostracodes. In B. U. Haq & A. Boersma, eds. *Introduction to marine Micropaleontology*. Singapore: Elsevier Science (Singapore) Pte Ltd.
- Rahmstorf, S., 2004. Abrupte Klimawechsel. In *Wetterkatastrophen und Klimawandel: Sind wir noch zu retten?* München: Münchner Rückversicherungs- Gesellschaft, pp. 70–75.
- Rodríguez-Rodríguez, M. et al., 2006. Estimation of ground-water exchange with semi-arid playa lakes (Antequera region, southern Spain). *Journal of Arid Environments*, 66(2), pp.272–289.
- Rögl, F., 1999. Short Note Mediterranean and Paratethys. Facts and Hypotheses of an Oligocene to Miocene Paleogeography (Short Overview). *Geologica Carpathica*, 50(August), pp.339–349.
- Schönenberg, R. & Neugebauer, J., 1997. Einführung in die Geologie Europas.
- Schwerd, K., 1982. *Zum alpidischen Gebirgsbau in der Internzone der Betischen Kordillere (Südspanien)*, Stuttgart: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Soulié-Märsche, I., 2008. Charophytes, indicators for low salinity phases in North African sebkhet. *Journal of African Earth Sciences*, 51(2), pp.69–76.
- Steinman, A.D. et al., 2002. The influence of environmental variables and a managed water recession on the growth of charophytes in a large, subtropical lake. *Aquatic Botany*, 72(3-4), pp.297–313.
- Vangerow, E.-F., 1981. *Mikropaläontologie für jedermann*, Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung.

Vedder, F., 2004. Morphologie und Taxonomie rezenter und subfossiler Characeen-Oosporen aus der Ostsee. *Rostocker Meeresbiologische Beiträge*, 13, pp.43–54.

Weijermars, R., 1991. Geology and tectonics of the Betic Zone, SE Spain. *Earth-Science Reviews*, 31(3-4), pp.153–236.

Wray, J.I., 1998. Calcareous Algae. In B. U. Haq & A. Boersma, eds. *Introduction to Marine Micropaleontology*. Singapore: Elsevier Science.

Ziegler, B., 1980. *Einführung in die Paläontologie* 3 Auflage., Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.

Internetquellen

Competa-online.de, 2010. Karte der Provinz Malaga. Available at:
http://www.google.de/imgres?imgurl=http://www.competa-online.de/free/images1/landkarten/malagamap.gif&imgrefurl=http://www.competa-online.de/free/sonst/landkarten/karte2.htm&h=414&w=550&tbnid=bH7D0RR7SLTYM:&zoom=1&tbnh=99&tbnw=131&usq=__ufsBecrGV3sB1G7SitNxAjIPn00=&docid=OJX95ye0ollBnM&client=firefox-a&sa=X&ei=ADa0U-OLKsm9ygPYx4GgCw&ved=0CDkQ9QEwAw&dur=268 [Accessed July 2, 2014].

Conocetusfuentes.com, 2003. Laguna Salada. , (Otoño), pp.359–364. Available at:
http://www.conocetusfuentes.com/documentos/doc_62.pdf [Accessed May 2, 2014].

Google Inc.: Google Earth 2012 (6.2.2.6613). Stand: 4.11.2012

Mühr, B., 2007. Das Klima in Malaga. Available at: <http://www.klimadiagramme.de/Europa/malaga.html> [Accessed June 22, 2014].

Richter, J., 2014. Collaborative Research Center 806 - Our Way To Europe. Available at: http://www.sfb806.uni-koeln.de/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=61 [Accessed April 26, 2014].

Worldatlasbook.com, 2011. Map of Spain - Blank. Available at:
http://www.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.worldatlasbook.com%2Fimages%2Fmaps%2Fspain-blank-printable-map.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.worldatlasbook.com%2Fspain%2Fspain-blank-map.html&h=2001&w=1501&tbnid=vLe1lPth0f8ivM%3A&zoom=1&docid=2Eva4g_HlfQtmM&ei=ysq6U7qbHYLTPKvNgcgK&tbnm=isch&client=firefox-a&iact=rc&uact=3&dur=143&page=1&start=0&ndsp=16&ved=0CCAQrQMwAA [Accessed July 7, 2014].

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1 - URSPRUNG, WANDERPFADE UND NIEDERLASSUNG DES MODERNEN MENSCHEN (RICHTER 2014)	1
ABBILDUNG 2 - GEOGRAFISCHE LAGE DES ARBEITSGEBIETES. A: PROVINZ MALAGA, B: KOMPLEX VON CAMPILLOS, C: LAGUNA SALADA & POSITION DER BOHRUNGEN	3
ABBILDUNG 3 - HYPOTHETISCHES HYDROLOGISCHES MODELL DER PLAYAS VON CAMPILLOS (ÜBERARBEITET NACH RODRÍGUEZ- RODRÍGUEZ 2002)	4
ABBILDUNG 4 - GEOLOGISCHE KARTE SPANIENS (OHNE KANARISCHE INSELN) (NACH GIBBONS & MORENO 2002)	6
ABBILDUNG 5 - TEKTONISCHE ÜBERSICHTSKARTE DER BETISCHEN KORDILLERE (NACH EGELER AND SIMON 1969)	7
ABBILDUNG 6 - GEOLOGISCHE KARTE DES NATURSCHUTZGEBIETES RESERVA NATURAL DE CAMPILLOS (NACH RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ ET AL. 2006)	9
ABBILDUNG 7 - FUNKTIONSWEISE DES BOHRERS. (A) GESCHLOSSENE POSITION DES SCHIFFCHENS BEIM EINBRINGEN IN DAS SEDIMENT; (B) UND (C) FOLGENDE POSITIONEN DES SCHIFFCHENS WÄHREND DER PROBENAHEME. (D) DAS PROBENAHEMEGERÄT IST VERSCHLOSSEN (BELOKOPYTOV & BERESNEVICH 1955)	10
ABBILDUNG 8 - A. HABITUSBILD B. BLATT MIT SEITENBLÄTTCHEN C. OOGON MIT OOSPORE (BEARBEITET NACH MIGULA 1890)....	12
ABBILDUNG 9 - PROFIL DES BOHRKERNS SAL 2 - A.....	17
ABBILDUNG 10 - PROFIL DES BOHRKERNS SAL 2 - B.....	17
ABBILDUNG 11 - PROFIL DES BOHRKERNS SAL CO5 & LEGENDE	18
ABBILDUNG 12 - VERTEILUNG DER OOGONIEN (BLAU), OOSPOREN (ROT) UND OSTRAKODEN (GRÜN) ÜBER SAL 2	19
ABBILDUNG 13 - VERTEILUNG DER OOGONIEN (BLAU) UND OSTRAKODEN (GRÜN) ÜBER SAL CO5	19
ABBILDUNG 14 - SAMENKAPSEL (SAL 2 0,08 - 0,11).....	20
ABBILDUNG 15 - KÜGELCHEN (SAL 2 0,08 - 0,11).....	20
ABBILDUNG 16 - OOGONIEN UND OOSPOREN (SAL 2 0,18 - 0,21).....	21
ABBILDUNG 17 - OSTRAKODEN (SAL 2 0,18 - 0,21).....	21
ABBILDUNG 18 - OOGONIEN (SAL 0,41 - 0,43)	21
ABBILDUNG 19 - KALZITISCHE RÖHRCHEN (SAL 2 0,41 - 0,43)	21
ABBILDUNG 20 - KÜGELCHEN MIT GOLFBALLSTRUKTUR (SAL 2 0,69 - 0,72)	22
ABBILDUNG 21 - KERN UND SAMENKAPSEL (SAL 0,69 - 0,72)	22
ABBILDUNG 22 - OOSPORE (LINKS) UND OOGON (RECHTS) (SAL 2 0,87 - 0,89)	23
ABBILDUNG 23 - OSTRAKODEN (SAL 2 0,87 - 0,89).....	23
ABBILDUNG 24 - KALZITISCHE RÖHRCHEN (SAL 2 1,16 - 1,19).....	23
ABBILDUNG 25 - OOGONIEN UND OOSPOREN (SAL 2 1,28 - 1,31)	24
ABBILDUNG 26 - KALZITISCHE RÖHRCHEN & GIPSPLATTEN (SAL 2 1,28 - 1,31).....	24
ABBILDUNG 27 - OOGONIEN MIT PERLMUTTGLANZ (SAL 2 1,41 - 1,43)	25
ABBILDUNG 28 - SAMENKAPSELN (SAL 2 1,41 - 1,43).....	25
ABBILDUNG 29 - PFLANZENRESTE IN FORM VON ÄSTCHEN (SAL 2 1,55 - 1,59).....	25
ABBILDUNG 30 - OOGONIEN (SAL 2 1,80 - 1,82).....	26
ABBILDUNG 31 - KALZITISCHE RÖHRCHEN & GIPSPLATTEN (SAL 2 1,80 - 1,82).....	26
ABBILDUNG 32 - OOGON UND SCHALENBRUCHSTÜCK (SAL CO5 0,34 - 0,37)	27

ABBILDUNG 33 - PFLANZENREST IN FORM EINES ÄSTCHENS (SAL CO5 0,34 - 0,37).....	27
ABBILDUNG 34 - OOGONIEN, KALZITISCHE RÖHRCHEN & SCHALENBRUCHSTÜCKE (SAL CO5 0,63 - 0,66).....	28
ABBILDUNG 35 - FOSSILES SCHNECKENHAUS (SAL CO5 0,63 - 0,66)	28
ABBILDUNG 36 - KALZITISCHE INKRUSTIERUNGEN (SAL CO5 0,63 - 0,66).....	28
ABBILDUNG 37 - SCHALENBRUCHSTÜCKE (SAL CO 5 0,92 - 0,95)	28
ABBILDUNG 38 - SEMI-LOGARITHMISCHE DARSTELLUNG DER VERTEILUNG VON CHARACEEN UND OSTRAKODEN IN SAL 2	33
ABBILDUNG 39 - ANWENDUNG DER VORGESTELLTEN MODELLE IN ABHÄNGIGKEIT VOM INHALT DER PROBEN	36

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1 - ÜBERSICHT DES IN SAL 2 UND SAL CO5 ENTHALTENEN ORGANISCHEN MATERIALS ZUZÜGLICH GIPSPLÄTTCHEN UND KALZITISCHER RÖHRCHEN & INKRUSTIERUNGEN TEIL 1	29
TABELLE 2 - ÜBERSICHT DES IN SAL 2 UND SAL CO5 ENTHALTENEN ORGANISCHEN MATERIALS ZUZÜGLICH GIPSPLÄTTCHEN UND KALZITISCHER RÖHRCHEN & INKRUSTIERUNGEN TEIL 2	30