

Zur Geologie von Malta

Matthias Giger - November 2021

Stratigraphie (geologische Schichtreihe)

Die Schichtreihe Malτας umfasst **fünf** Formationen (formations), die alle tertiären Alters sind (absolutes Alter 28 mio Jahre bis vor 5 mio Jahre vor heute). Gesteine aus dem Erdmittelalter (Mesozoikum) oder älter sowie der kristalline Untergrund treten auf dem Festland von Malta nirgends an die Oberfläche!

Schema: Tertiäre Litho-Stratigraphie von Malta von «alt» (Chattien; unten) nach jung (Messinien; ganz oben) mit den fünf markanten Formationen und deren weitere Unterteilung in «Members» (Subformationen).

Rechts: **Gliederung des Tertiärs** (global) und absolute Alter in Millionen Jahren vor heute.

| FORMATION | MEMBER |
|---------------------------|--------------------|
| Upper Coralline Limestone | Gebel Imbark |
| | Tal-Pitkal |
| | Mtarfa |
| | Għajn Melel |
| | |
| Greensand | |
| Blue Clay | |
| Globigerina Limestone | Upper Globigerina |
| | Middle Globigerina |
| | Lower Globigerina |
| Lower Coralline Limestone | Il-Mara |
| | Xlendi |
| | Attard |
| | Magħlaq |

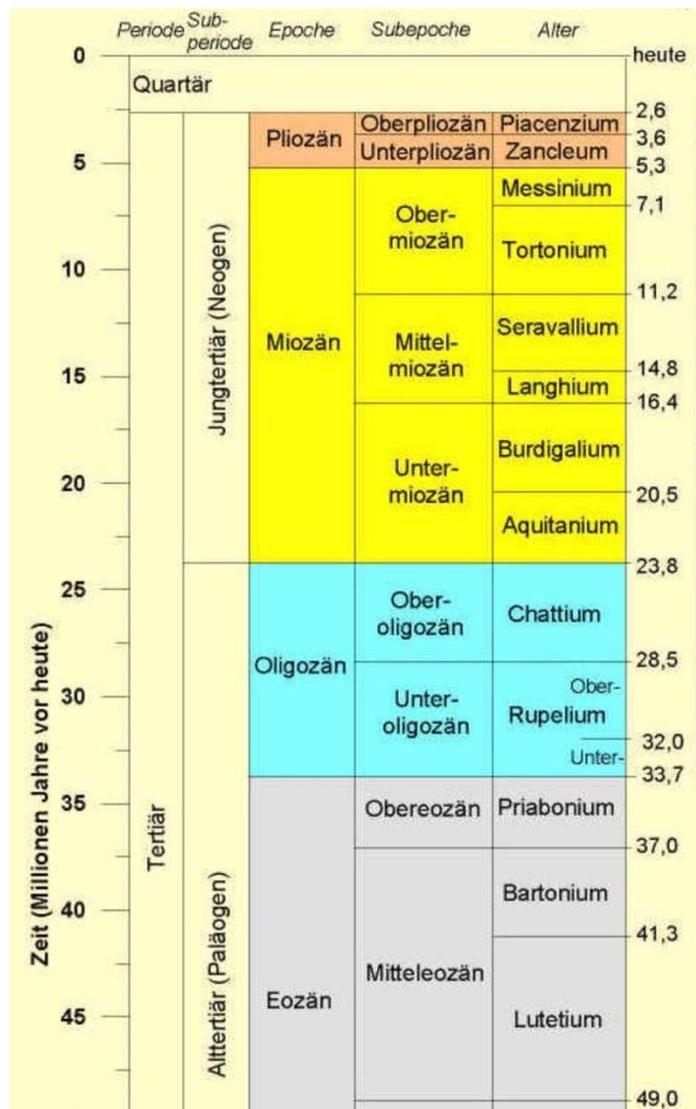
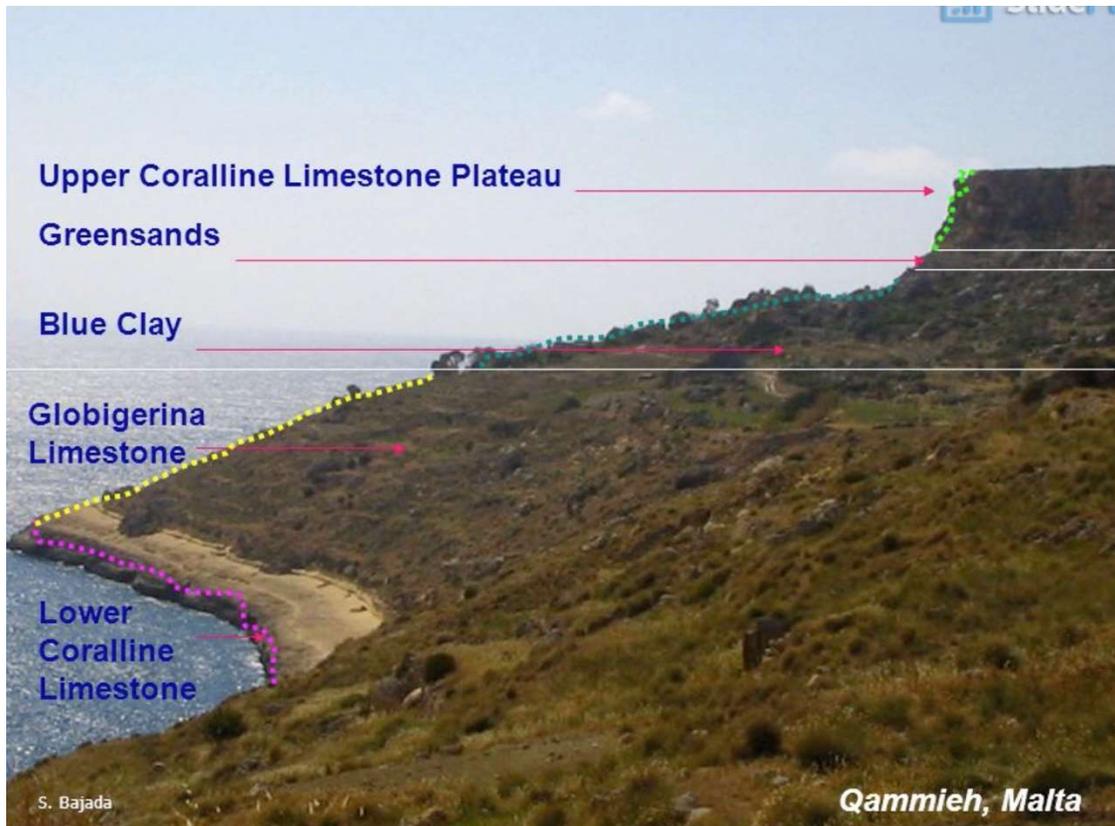


Bild 1: Alle Formationen von Malta zusammen auf einem Bild, aufgenommen bei Qammieh (ganz im Nordwesten der Hauptinsel). Unten, an der Küste, ist der Lower Coralline Limestone aufgeschlossen, dann folgt der helle Globigerinenkalk. Die blauen Tongesteine (Blue Clay) bilden fast eine Ebene und sind von dichter Vegetation bedeckt. Darüber erhebt sich eine Steilstufe mit Grünsanden (Green Sands) und oberem Korallenkalk. Quelle: S. Bajada; integriert in eine Powerpoint Präsentation. Bezüglich **Alter** erstreckt sich das Profil vom Alttertiären Chattien (unten) bis zum jungtertiären Messinien (ganz oben).



Beschreibung der einzelnen Formationen

Lower Coralline Limestone Formation (Unterer Korallenkalk): Dies ist die älteste Formation, welche auf Malta aufgeschlossen ist. Die Gesteine stammen aus dem Alttertiär (Oligozän, Chattien; rund 28 mio Jahre alt). Es sind harte, hellgraue Kalke, deren Schichten marine, koralline Rotalgen und Reste von Schalentieren enthalten. Diese riffbildenden Rotalgen werden als «Lithothamnien» bezeichnet (siehe auch Bild 9) und sind auch den Alpengeologen wohl bekannt. Die Algenriffe wurden damals in flachen, lichtdurchfluteten Meeresgebieten gebildet (Bild 9). Diese unterste Formation kann bis 140 m dick sein und bildet oft steile Kliffe an der Küste, so bei Xlendi in Gozo und bei Dingli in Malta (Dingli-Kliff siehe Bild 2).

Interessant sind auch die Seeigel, die in dieser Formation in gewissen Horizonten sehr häufig vorkommen und auch in Bausteinen (z.B. in La Valetta) zu sehen sind (Bilder 3 und 4).

Bild 2: Das Dingli-Kliff an der Südwestküste Maltas. Das Bild zeigt die fast flache Lage der Schichten auf Malta (keine Falten; nur Versetzung durch Brüche). Der weisse Radar-Dom steht beim höchsten Punkt von Malta (253 m. ü. M.) auf dem Oberen Korallenkalk, darunter folgt die Formation der Blauen Tone (flacheres, tiefgründiges Gelände; teils von Bäumen bewachsen) und dann die Globigerinenkalke (hellbraun; mittlere Neigung). Zuunterst schliesslich ist das **helle, steile Kliff des Unteren Korallenkalks** zu sehen. In diesem finden sich auf Meeresebene viele Höhlen, so auch die «Blaue Grotte» im Süden Maltas.



Bild 3: Der Untere Korallen Kalk enthält nicht nur Schalenreste und koralline Algen sondern auch Schichten mit Seeigeln der Art **Scutella subrotunda** (Stamm der Stachelhäuter oder Echinodermata). Die Vertreter der Gattung Scutella sind flach und rund (wie ein Bierteller) und innen gekammert. Wir sehen nur noch das verkalkte Skelett der Seeigel und den sternförmigen Mundbereich, die ehemals kurzen Stachel sind abgefallen, weil die Stellmuskeln an der Wurzel der Stacheln nach dem Tod der Tiere durch Fäulnis abgebaut wurden.



Bild 4a (links): Zeigt Seeigel im Sediment (Aufsicht in der Mitte und angebrochener Querschnitt rechts).

Bild 4b (rechts): Häufig sieht man in Malta auch Bausteine aus dem Unteren Korallenkalk, die quer zur Schichtung gesägt wurden, so dass nur die Querschnitte dieser runden und flachen Seeigel zu sehen sind. Hinweis: Nummuliten gibt es in Malta nirgends!



Globigerina Limestone Formation (Globigerinenkalk): Diese Formation überlagert den Unteren Korallenkalk und ist jünger als dieser (Miozän; Aquitanien und Langhien). Es handelt sich um weiche, gelbliche, feinkörnige (mikritische) Kalke. Die Mächtigkeit der Formation variiert von 20 m (Nord West Gozo) bis 200 m (Süd Ost Malta). Die Kalke enthalten planktonische Mikrofossilien aus der Klasse der Foraminiferen (Ordnung Globigerinen; Bild 5), die in tieferem Wasser und im offenen Meer (pelagisch) in grösserer Distanz vor den Riffen abgelagert wurden.

Der Globigerinenkalk ist auf Malta ein beliebter Baustein und lässt sich leicht bearbeiten (Skulpturen; geschnittene Artikel). Die leicht zugänglichen Steinbrüche sind schon bald erschöpft, wenn die lebhafteste Bautätigkeit unverändert weiter geht und die Steine beim Abbruch von Bauten weiterhin nicht rezykliert werden.

Bild 5: Globigerine, eine planktonische Foraminifere und somit ein einzelliges, tierisches Lebewesen, das heterotroph lebt, also organisches Material fressen muss (kleinere Einzeller und Algen) und kein Blattgrün enthält. Das Tierchen war nur etwa 0.5 mm gross und im Bild ist dessen Schale stark vergrössert. Die Skala zeigt 0.1 mm oder 100 Mikrometer an.

Um die Art und das stratigraphische Alter genau zu bestimmen, braucht es ein Elektronenmikroskop und einen Spezialisten, der sich mit Mikrofossilien sehr gut auskennt. Da die Kenntnis der Foraminiferen für die Erdölsuche so wichtig ist, nennt man sie auch «Öltierchen»:

Globigerinen gibt es seit der Jurazeit und sie gedeihen als schwebende Planktonlebewesen auch in den heutigen Weltmeeren, so im tieferen Wasser des Atlantiks östlich der Bahamas.



Als Makrofossilien enthält der Globigerinenkalk Horizonte mit Haifischzähnen, wie sie auch in der Meeresmolasse der Schweiz vorkommen. Zudem finden sich fossile Muscheln.

Hinweis: Der untere Globigerinenkalk auf Malta ist rund 20 Millionen Jahre alt und somit gleich alt wie die Untere Süßwassermolasse USM im Untergrund der Stadt Bern. Während die USM in einer Küstenebene abgelagert wurde (Festland), lebten die Globigerinen im offenen Meer (pelagisch) zwischen Afrika und den damaligen Inseln von Italien.

Bild 6: Der Globigerinenkalk ist ein beliebter Baustein auf Malta, so beliebt, dass gut erreichbare Steinbrüche mit homogenen, guten Steinen bald erschöpft sind. Das Bild zeigt eine kunstvoll aufgeschichtete Mauer aus Globigerinenkalk.



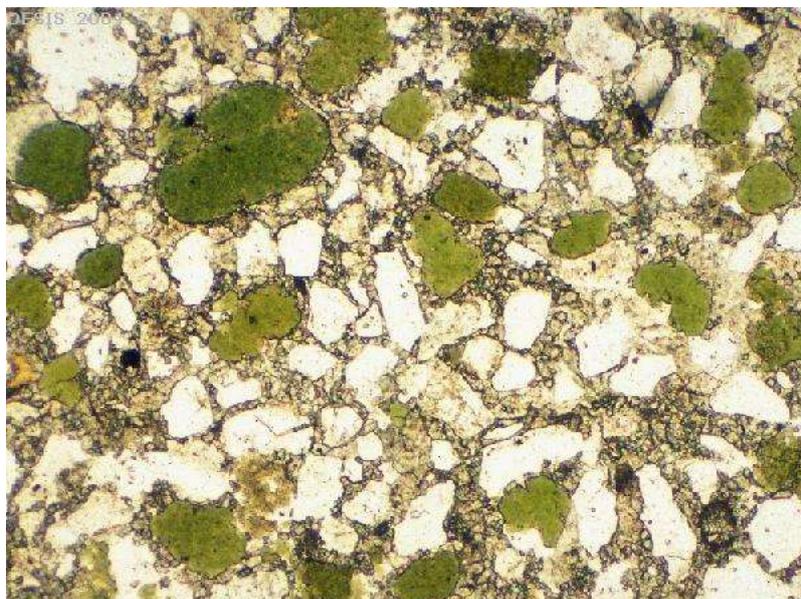
Blue Clay Formation (Blaue Tone): Diese Formation folgt über den Globigerinenkalken und besteht aus grauen und weichen, pelagischen (im offenen Meer abgelagerten) Mergeln (Mergel sind Ton-Kalk-Gemische). Das Alter der Mergel ist tertiär (Miozän; Langhien bis Tortonien). Die Mächtigkeit dieser Tone ist sehr unterschiedlich und kann im Westen bis 70 m betragen. Es gibt aber auch Stellen, wo die Formation ganz fehlt, vor allem im Osten von Malta. Die Tone wurden, wie die Globigerinenkalke, in tieferen Meeresbereichen abgelagert, in einiger Distanz vor den damaligen Inseln und Kontinentalküsten. Als Makrofossilien findet man in gewissen Horizonten der Blauen Tone wiederum Haifischzähne, z.B. von *Carcharhynus*. Als nicht-wasserdurchlässige Formation staut die «Blue Clay Formation» das Wasser aus den porösen Gesteinen darüber (Grünsande und Oberer Korallenkalk). Somit kommen an der oberen Formationsgrenze vermehrt Quellen vor, die einen dichteren Baum-Bewuchs fördern!

Bild 7: Die weichen Tongesteine der Blue Clay Formation sind vielerorts vom Boden und der Vegetation bedeckt und daher nicht sichtbar. Im Nordwesten von Malta gibt es aber Aufschlüsse. Das weiche Gestein ist von vielen, kleinen Regenrinnen durchzogen. Über den Blauen Tönen ist der Obere Korallenkalk (gelbliche Felsen) zu erkennen.



Greensand Formation (Grünsande): Diese Formation ist viel weniger mächtig als die vier anderen Formationen und fehlt zum Teil ganz. Alter: Tertiär; Miozän; Tortonien. Es handelt sich um ein bröckeliges, braunes bis grünliches, sandiges Gestein das zum Teil Glaukonit enthält (Bild 8). Glaukonit ist ein grünliches Schichtsilikat, das bei der Verfestigung des Gesteins entsteht, entweder aus anderen Phyllosilikaten wie Illit (Tonpartikel), Biotit (dunkler Glimmer) oder aus organischem Material (Kotteilchen etc.). Die Grünsande haben eine markante, scharfe Unterfläche, die erosiv in die älteren, blauen Tone hineinschneidet. Frische Grünsande sind grünlich, werden aber durch chemische Verwitterung durch Luft und Wasser orange bis bräunlich (eine Folge der Oxidation des Eisens, das z.B. in den Glaukoniten enthalten ist). Die Grünsand-Formation hat eine maximale Mächtigkeit von 11 m in Il-Gelmus (Gozo) ist aber vielerorts kaum mehr als 0.5 m mächtig oder kann sogar ganz fehlen.

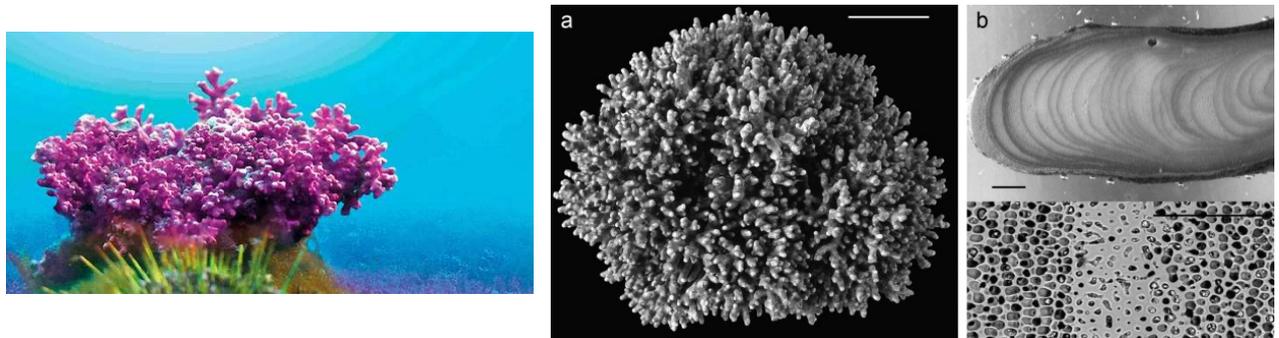
Bild 8: Mikroskopische Aufnahme des wenig verfestigten Sandsteins mit Quarz- sowie Feldspatfragmenten (hell) und Glaukonit (grün).



Upper Coralline Limestone Formation (Oberer Korallenkalk): Die Formation ist die jüngste der fünf grossen Formationen Maltas. Sie wurde im Jungtertiär (Miozän; Tortonien bis Messinien) abgelagert. Die Mächtigkeit dieser Formation kann im Westen von Malta und im Ostteil von Gozo 160 m und mehr erreichen. Es ist ein blasser hellgrauer oder gelblicher Kalk, der in flacheren, lichtdurchfluteten Meeresteilen abgelagert wurde. Der Gehalt an Korallen und korallinen Algen («Lithothamnien») ist in gewissen Schichten gross. Die Algen bilden Bioherme, der Fachbegriff für blumenkohlartige Kleinriffe (siehe Bild 9) und harte Riffbänke (einige cm dick).

Die Vorgänge im Mittelmeerraum zur Zeit des Messinien (Jungtertiär) werden unten beschrieben (Paläogeographie). Für die Prozesse im Messinien gibt es aber auf dem Festland von Malta selbst kaum Hinweise, wohl aber bei der Untersuchung des Meeresuntergrundes.

Bild 9a (links): Rezent es Bild eines kleinen Rotalgenriffs (Bioherm) der Gattung Lithothamnium, das etwa die Grösse eines Blumenkohls hat. Die Rotalgen gedeihen nur im lichtdurchfluteten Flachmeer. **Bild 9b** (rechts): Fossilien von Lithothamnien. Links (a) ist ein Kleinriff (Bioherm) erkennbar, das dem rezenten stark ähnelt (Skala 1 cm). Rechts oben (b): Einzelner kalkiger Zweig, der von den Rotalgen gebildet wurde. Gut erkennbar sind die Wachstumsringe (hell, dunkel; Skala 1.5 mm). Rechts unten: Das Elektronenmikroskop zeigt die Feinstruktur der Wachstumsringe (Bildbreite etwa 1.5 mm).



Quartäre Bildungen (absolutes Alter rund 2.6 mio Jahre bis heute)

Nicht überall auf der Insel gibt es quartäre Bildungen, die generell über dem oberen Korallenkalk liegen. Die diskontinuierlichen, isolierten Quartärbildungen sind zudem von sehr unterschiedlicher Art. Es kann sich um Hangschutt-Brekzien sowie Verfüllungen von Oberflächensenken und von tektonischen Brüchen (Rissen) handeln. Auch in Höhlen gibt es quartäre Bildungen (Höhlenlehm etc.). Zudem existieren quartäre See- und Flussablagerungen sowie fossile Küstenablagerungen von älteren Meeresstränden (der Meeresspiegel hat sich insbesondere im Quartär mehrmals gehoben und dann in Kaltzeiten wieder abgesenkt; siehe auch Paläogeographie).

Alte Flussläufe lassen den Schluss zu, dass das Klima der Eiszeit phasenweise deutlich feuchter war als heute, denn heute gibt es keine permanenten Oberflächenabflüsse mehr. Auf ein feuchteres Klima weisen auch fossile Knochen von Grosssäugetieren hin, die man in Höhlen fand. Es handelt sich dabei um Knochen von Nilpferden und Elefanten. Zudem kamen auf dem feuchteren Malta der Eiszeit Hirsche, Schildkröten, Pferde, Siebenschläfer, Wasservögel und Landschnecken vor. Wegen all diesen Fossilien nimmt man auch an, dass in den kältesten Phasen der Eiszeit eine Landbrücke zu Sizilien bestand. Nacheiszeitlich ist diese Landbrücke¹ vom Meer wieder überflutet worden, das Meer ist dort maximal 100 m tief (siehe auch Paläogeographie). Nacheiszeitlich wurde das Klima im südlichen Mittelmeer deutlich trockener. So beträgt der mittlere Jahresniederschlag heute 62 cm, was etwa dem Jahresniederschlag an den trockensten Orten im Wallis entspricht (z.B. Grächen VS).

¹ Auch die Meerenge bei Messina war bis etwa 20'000 Jahre vor heute eine Landbrücke

Paläogeographie

Die Paläogeographie des Mittelmeeres und somit der Umgebung von Malta hat im Tertiär dramatische Veränderungen erfahren. Im Alttertiär war das Mittelmeer noch ein Teil des Tethys-Ozeans zwischen Afrika und Eurasien. Im jüngeren Tertiär ging im Nahen Osten die Meeresverbindung nach Osten, zum Indischen Ozean, verloren. Auslöser dieser Veränderungen war das Vorrücken von Afrika nach Norden und die Einengung des Mittelmeeres.

Die tertiären Gesteine Maltas wurden in unterschiedlichen Wassertiefen abgelagert (Flachmeer bis tieferes, offenes Meer, aber wohl mit weniger als 2000 m Tiefe).

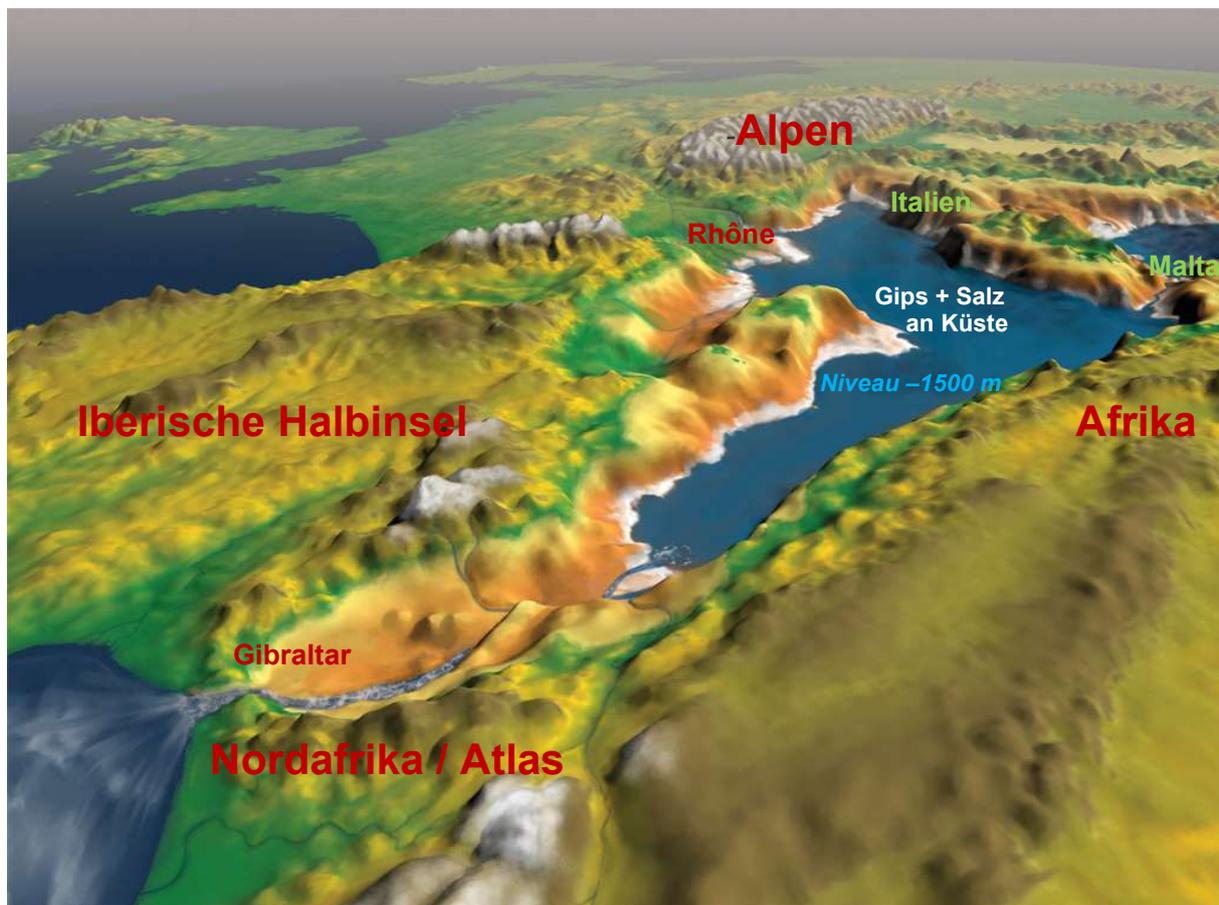
In der Zeit des **Messinien** (Jungtertiär; 6.5 bis 5.3 Millionen Jahren vor heute) kam es im Bereich des Mittelmeeres offenbar zu dramatischen Veränderungen, die man auch als **messinische Salinitätskrise** bezeichnet. Das Vorrücken von Afrika führte zur Hebung der Schwelle bei Gibraltar und auch im Nahen Osten gab es damals keine Verbindung mehr zum indischen Ozean. Somit konnte das Mittelmeer austrocknen und es bildeten sich Evaporite (Gips, Steinsalz, Kalisalz) die nach seismischen Untersuchungen bis zu 4 km mächtig sind und heute in grosser Wassertiefe am Grund des Mittelmeeres liegen. Bei der Untersuchung des Meeresgrundes mit Forschungsschiffen ab 1970 (Glomar Challenger und andere) fand man weitere Hinweise auf eine Austrocknung, nämlich viele kleine Blaualgenriffe (Stromatolithen). Die Blaualgen sind zwar salztolerant, brauchen aber zum Gedeihen Sonnenlicht. Somit nimmt man an, dass der Spiegel der übrigbleibenden Salzseen (oder Meeresreste) mindestens 1500 m bis 2500 m tiefer lagen als der heutige Meeresspiegel. Weitere Untersuchungen zeigten auch, dass die Erniedrigung der Erosionsbasis zur Bildung von tiefen Canyons der Mittelmeerflüsse (z.B. Nil, Rhône, Ebro) führten, deren Relikte heute alle weit unter dem Meeresspiegel liegen.

Kontrovers wird das Wiedereindringen des Ozeans in den Mittelmeerraum im Zancleón (unteres Pliozän) beurteilt, auch als «Zanclean Deluge» (Sintflut im Zancleón) bezeichnet. Kenneth Jinghwa Hsü, ein emeritierter ETH-Geologe, postulierte Ende 1970-er Jahre einen Riesenwasserfall (oder eine Stromschnelle) bei Gibraltar, mit einer Wassermenge, deren Sekunden-Volumen bis zu tausend mal grösser gewesen sein soll, als die Wasserführung des Amazonas. Auf diese Weise wäre das Mittelmeer innerhalb kurzer Zeit (Jahre) wieder mit Ozeanwasser aufgefüllt worden. Dagegen wurde eingewendet, dass die Rinne am Meeresgrund zu wenig steil gewesen sein konnte, um einen Wasserfall oder auch nur eine Stromschnelle zu erzeugen. Neuere Forschungen favorisieren eher ein kontinuierliches Zurückkehren des Mittelmeeres oder sogar einen länger andauernden Wechsel von Meerwassereinbrüchen und Phasen der Austrocknung. Begründung: Ein einmaliges Austrocknen des Mittelmeeres würde nur eine 26 m dicke Gips-Salzschrift erzeugen, die Evaporit-Ablagerungen am Grund des Mittelmeeres sind aber viel mächtiger (bis 4 km). An all diesen Fragen wird aktuell intensiv weitergeforscht (Quelle: Camerlenghi)!

Bild 10: Nicht ganz ernst zu nehmende Vision eines Künstlers! Fiktive Touristen besuchen den spektakulären Wasserfall von Gibraltar im Zancleón, der, nach der Vorstellung einiger Geologen, vor rund 5 Millionen Jahren existiert hat. Hinweis: Die Vorfahren der Menschen waren aber zu dieser Zeit noch den Schimpansen ähnlich und nicht eigentlich als Menschen zu bezeichnen. Sie hätten sich wohl schwergetan, das ungewöhnliche Ereignis richtig einzuordnen!



Bild 11: Paläogeographisches Blockbild des westlichen Mittelmeeres mit einer anderen Darstellung der Vorgänge in der Zeit des Messiniens und Zancleens (Illustration aus dem Vortrag von Angelo Camerlenghi). Unten ist der afrikanische Kontinent, mit dem entstehenden Atlas-Gebirge, zu sehen, darüber die iberische Halbinsel. Durch die Kollision von Afrika und Europa kam es bei Gibraltar zu einer Hebung und einer teilweisen Abtrennung des Mittelmeers. Die Süßwasser-Zuflüsse zum Mittelmeer waren, wegen der relativen Trockenheit, geringer als der Wasserverlust durch Evaporation und der Spiegel des Restmeeres sank extrem ab. Vom Atlantik her kam es möglicherweise wiederholt zur Zufuhr von Meerwasser in einer Rinne, der Wasserfall bei Gibraltar ist aber wohl definitiv eine Fiktion! An den tiefliegenden Küsten kommt es wiederholt zur Ablagerung von Gips und Salz. Italien bestand damals aus einem System von Höhenrücken. Ganz rechts ist das östliche Mittelmeer zu erkennen. Zwischen Malta (am rechten Bildrand) und Süditalien (Sizilien) gab es möglicherweise einen weiteren Salzwasser-Fluss. Es kann aber durchaus Phasen mit einer begehbaren Landbrücke zwischen Italien, Malta und Nordafrika gegeben haben, was Tierwanderungen begünstigte.



Weitere Meeresspiegelschwankungen sind für das **Quartär** bekannt. In den Kaltzeiten (Pleistozän) war sehr viel Wasser im Polareis gebunden, so dass der Meeresspiegel teils über 100 m absank². Dadurch entstand zwischen Sizilien und Malta eine Landbrücke und Tiere aus dem Norden konnten in das damals feuchtere Malta einwandern. Mit Afrika bestand dagegen keine Landverbindung mehr. Da die Meerwasserrinne bei Gibraltar 500 m bis 1000 m tief ist, kam es auch in den kältesten Phasen der Eiszeit nicht mehr zu einer Abschnürung (Abtrennung) des Mittelmeeres.

² Für Sizilien wird für die letzte Eiszeit ein um bis zu 126 m erniedrigter Meeresspiegel angenommen.

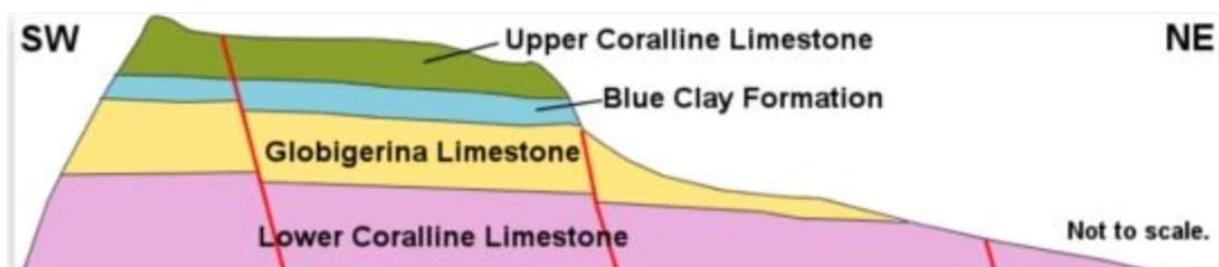
Bild 12: Bei ganz klarem Wetter (am ehesten im Winter) kann von Malta aus Sizilien gesehen werden, was auch unser Führer vor Ort bestätigte. Die Südküste ist etwa 100 km entfernt, der schneebedeckte Ätna (in der Bildmitte) rund 220 km. In der letzten Eiszeit bestand bis etwa 20'000 Jahre vor heute eine Landbrücke nach Sizilien, die aber heute in rund 100 m Meerestiefe liegt.



Tektonik

Die Tektonik von Malta ist ziemlich einfach, etwa zu vergleichen mit dem Tafeljura der Nordwestschweiz. Als gesamtes ist die Hauptinsel eine leicht schräggestellte Pultscholle mit einigen, markanten Brüchen (Bruch-Schollen-Tektonik). Von SW, wo im Dingli-Kliff die unterste Formation (Unter Korallenkalk) am besten aufgeschlossen ist (siehe Bild 2), neigen sich die Schichten leicht nach NE. Im NE der Insel (nahe Valletta) sind in der Ebene verbreitet Globigerinenkalke aufgeschlossen (viele Steinbrüche).

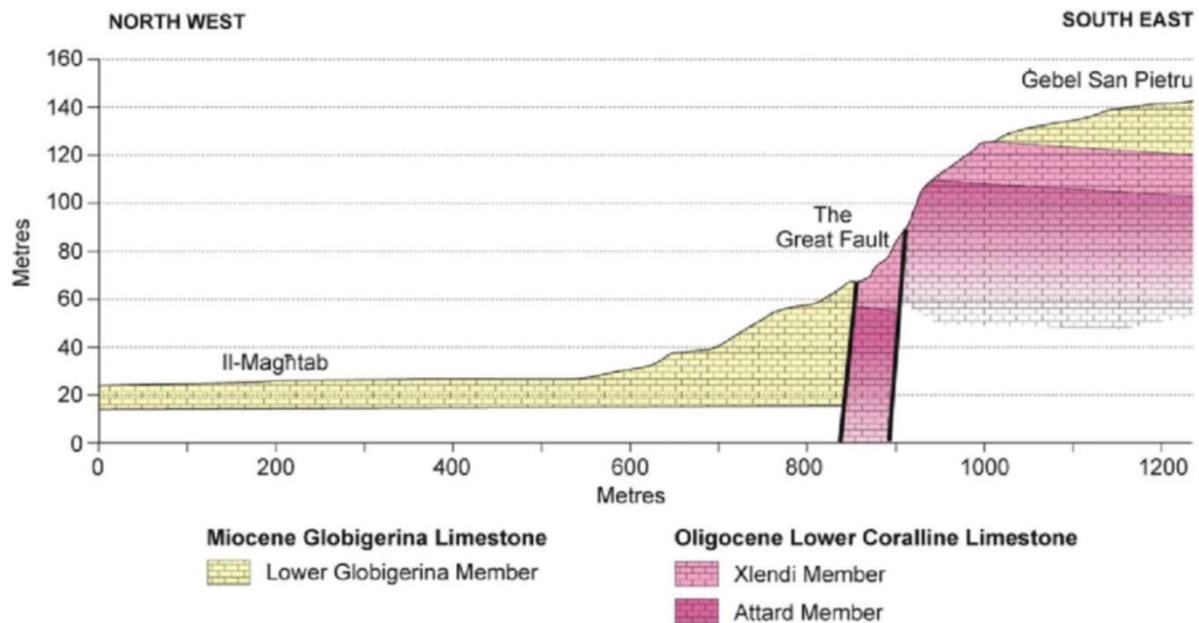
Bild 13: Tektonisches Schema von Malta (SW – NE Profil). Im SW liegt das Dingli-Kliff, im NE La Valletta.



Eine bedeutende Bruchlinie («Great Fault») läuft nordwestlich Mosta quer über die Hauptinsel von Malta. Diese Geländekante wurde im 19. Jahrhundert von den Engländern befestigt und als «Victoria Cliff» bzw. «Victoria Line» bezeichnet.

Tektonisch ist an diesem Bruch das gesamte Gesteinspaket um etwa 70 m nach unten versetzt, so dass im Norden der Insel in der Ebene jüngere tertiäre Schichten anstehen (Globigerinenkalke, Blaue Schiefer und oberer Korallenkalk). Südlich der Bruchlinie dominieren die älteren tertiären Schichten (unterer Korallenkalk und Globigerinenkalke).

Bild 14: Durch einen tektonischen Bruch wird das markante Victoria-Cliff im Nordwesten von Malta gebildet, an dessen Oberkante die englische Verteidigungslinie des 19. Jahrhunderts liegt («Victoria Line»).



Quellen:

- <https://continentalshelf.gov.mt> ; gute Unterlagen und Übersicht zur Geologie von Malta
- GEOExPro Malta (Petroleum Geoscience Magazine); Website zum Thema Malta von Karsten Eig.
- The Geology of the Maltes Islands; On-line Präsentation zusammengestellt durch Leonardo Mares
- Vorlesung von Angelo Camerlenghi auf Youtube mit dem Titel «EGU GIFT2017: Uncovering the Mediterranean salt giant».
- Hsü, K.J. (ETH; Editor); History of the Mediterranean Salinity Crisis; 1978; Volume 2; International Symposium on the Structural History of Mediterranean Basins