

**WALTHER,**  
PRIVATDOCENT AN DER UNIVERSITÄT JENA.

**DIE**

**KORALLENRIEFTE DER SINAIHALBINSEL.**

**GEOLOGISCHE UND BIOLOGISCHE BEOBACHTUNGEN.**

---

Des XIV. Bandes der Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der Königl.  
Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften

**N<sup>o</sup> X.**

MIT 1 GEOLOGISCHEN KARTE, 7 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.  
1 LICHTDRUCKTAFEL UND 34 ZINKOTYPEN.

---

**LEIPZIG**

**BEI S. HIRZEL**

**1888.**

# ABHANDLUNGEN

## DER KÖNIGL. SÄCHS. GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN

### ZU LEIPZIG.

#### MATHEMATISCH - PHYSISCHE CLASSE.

- ERSTER BAND.** (I. Bd.)\* Mit 3 Tafeln. hoch 4. 1852. brosch. Preis 13 *M* 60 *S*.
- A. F. MÖBIUS, Ueber die Grundformen der Linien der dritten Ordnung. Mit 1 Tafel. 1849. 2 *M* 40 *S*.  
P. A. HANSEN, Auflösung eines beliebigen Systems von linearischen Gleichungen. — Ueber die Entwicklung der Grösse  $(1 - 2\alpha H + \alpha^2)^{\frac{1}{2}}$  nach den Potenzen von  $\alpha$ . 1849. 1 *M* 20 *S*.  
A. SEEBECK, Ueber die Querschwingungen elastischer Stäbe. 1849. 1 *M*.  
C. F. NAUMANN, Ueber die cycloentrische Conchospirale u. über das Windungsgesetz v. Planorbis Cornuus. 1849. 1 *M*.  
W. WEBER, Elektrodynamische Maassbestimmungen (Widerstandsmessungen). 1851. 3 *M*.  
F. REICH, Neue Versuche mit der Drehwaage. 1852. 2 *M*.  
M. W. DROBISCH, Zusätze zum Florentiner Problem. Mit 1 Tafel. 1852. 1 *M* 60 *S*.  
W. WEBER, Elektrodynamische Maassbestimmungen (Diamagnetismus). Mit 1 Tafel. 1852. 2 *M*.
- ZWEITER BAND.** (IV. Bd.) Mit 19 Tafeln. hoch 4. 1855. brosch. Preis 20 *M*.
- M. W. DROBISCH, Ueber musikalische Tonbestimmung und Temperatur. 1852. 3 *M*.  
W. HOFMEISTER, Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen. I. Mit 18 Tafeln. 1852. 4 *M*.  
P. A. HANSEN, Entwicklung des Products einer Potenz des Radius Vectors mit dem Sinus oder Cosinus eines Vielfachen der wahren Anomalie in Reihen, die nach den Sinussen oder Cosinussen der Vielfachen der wahren, excentrischen oder mittleren Anomalie fortschreiten. 1853. 3 *M*.  
— Entwicklung der negativen und ungraden Potenzen der Quadratwurzel der Function  $r^2 + r'^2 - 2rr'(\cos U \cos U + \sin U \sin U' \cos J)$ . 1854. 3 *M*.  
O. SCHLÖMILCH, Ueber die Bestimmung der Massen und der Trägheitsmomente symmetrischer Rotationskörper von ungleichförmiger Dichtigkeit. 1854. 80 *S*.  
— Ueber einige allgemeine Reihenentwicklungen u. deren Anwend. auf die ellipt. Functionen. 1854. 1 *M* 60 *S*.  
P. A. HANSEN, Die Theorie des Aequatorials. 1855. 2 *M* 40 *S*.  
C. F. NAUMANN, Ueber die Rationalität der Tangenten-Verhältnisse tautozonaler Krystallflächen. 1855. 1 *M*.  
A. F. MÖBIUS, Die Theorie der Kreisverwandtschaft in rein geometrischer Darstellung. 1855. 2 *M*.
- DRITTER BAND.** (V. Bd.) Mit 15 Tafeln. hoch 4. 1857. brosch. Preis 19 *M* 20 *S*.
- M. W. DROBISCH, Nachträge zur Theorie der musik. Tonverhältnisse. 1855. 1 *M* 20 *S*.  
P. A. HANSEN, Auseinandersetzung einer zweckmässigen Methode zur Berechnung der absoluten Störungen der kleinen Planeten. Erste Abhandlung. 1856. 5 *M*.  
R. KOHLRAUSCH und W. WEBER, Elektrodynamische Maassbestimmungen, insbesondere Zurückführung der Stromintensitäts-Messungen auf mechanisches Maass. 1856. 1 *M* 60 *S*.  
H. D'ARREST, Resultate aus Beobachtungen der Nebelflecken und Sternhaufen. Erste Reihe. 1856. 2 *M* 40 *S*.  
W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Erste Abhandlung: Ueber der Messung der atmosphärischen Elektrizität nach absolutem Maasse. Mit 2 Tafeln. 1856. 6 *M*.  
W. HOFMEISTER, Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen. II. Mit 13 Tafeln. 1857. 4 *M*.
- VIERTER BAND.** (VI. Bd.) Mit 29 Tafeln. hoch 4. 1859. brosch. Preis 22 *M* 50 *S*.
- P. A. HANSEN, Auseinandersetzung einer zweckmässigen Methode zur Berechnung der absoluten Störungen der kleinen Planeten. Zweite Abhandlung. 1857. 4 *M*.  
W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Zweite Abhandlung: Ueber die thermo-elektrischen Eigenschaften des Boracites. 1857. 2 *M* 40 *S*.  
— Elektr. Unters. Dritte Abhandl.: Ueber Elektrizitätserregung zwischen Metallen u. erhitzten Salzen. 1858. 1 *M* 60 *S*.  
P. A. HANSEN, Theorie der Sonnenfinsternisse und verwandten Erscheinungen. Mit 2 Tafeln. 1858. 6 *M*.  
G. T. FECHNER, Ueber ein wichtiges psychophysisches Grundgesetz und dessen Beziehung zur Schätzung der Sterngrössen. 1858. 2 *M*.  
W. HOFMEISTER, Neue Beiträge zur Kenntniss der Embryobildung der Phanerogamen. I. Dikotyledonen mit ursprünglich einzelligem, nur durch Zelltheilung wachsendem Endosperm. Mit 27 Tafeln. 1859. 8 *M*.
- FÜNFTER BAND.** (VII. Bd.) Mit 30 Tafeln. hoch 4. 1861. brosch. Preis 24 *M*.
- W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Vierte Abhandlung: Ueber das Verhalten der Weingeistflamme in elektrischer Beziehung. 1859. 2 *M*.  
P. A. HANSEN, Auseinandersetzung einer zweckmässigen Methode zur Berechnung der absoluten Störungen der kleinen Planeten. Dritte Abhandlung. 1859. 7 *M* 20 *S*.  
G. T. FECHNER, Ueber einige Verhältnisse des binoculars Sehens. 1860. 5 *M* 60 *S*.  
G. METTENIUS, Zwei Abhandlungen: I. Beiträge zur Anatomie der Cycadeen. Mit 5 Tafeln. II. Ueber Seitenknospen bei Farnen. 1860. 3 *M*.  
W. HOFMEISTER, Neue Beiträge zur Kenntniss der Embryobildung der Phanerogamen. II. Monokotyledonen. Mit 25 Tafeln. 1861. 8 *M*.
- SECHSTER BAND.** (IX. Bd.) Mit 10 Tafeln. hoch 4. 1864. brosch. Preis 19 *M* 20 *S*.
- W. G. HANKEL, Elektr. Untersuchungen. 5. Abhandl.: Maassbestimmungen d. elektromotor. Kräfte. 1. Th. 1861. 1 *M* 6 *S*.  
— Messungen über die Absorption der chemischen Strahlen des Sonnenlichtes. 1862. 1 *M* 20 *S*.  
P. A. HANSEN, Darlegung der theoretischen Berechnung der in den Mondtafeln angewandten Störungen. Erste Abhandlung. 1862. 9 *M*.  
G. METTENIUS, Ueber den Bau von Angiopteris. Mit 10 Tafeln. 1863. 4 *M* 40 *S*.  
W. WEBER, Elektrodynamische Maassbestimmungen, insbesondere über elektrische Schwingungen. 1864. 3 *M*.
- SIEBENTER BAND.** (XI. Bd.) Mit 5 Tafeln. hoch 4. 1865. brosch. 17 *M*.
- P. A. HANSEN, Darlegung der theoretischen Berechnung der in den Mondtafeln angewandten Störungen. Zweite Abhandlung. 1864. 9 *M*.  
G. METTENIUS, Ueber die Hymenophyllaceae. Mit 5 Tafeln. 1864. 3 *M* 60 *S*.  
P. A. HANSEN, Relationen einestheils zwischen Summen und Differenzen und andertheils zwischen Integralen und Differentialen. 1865. 2 *M*.  
W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Sechste Abhandlung: Maassbestimmungen der elektromotorischen Kräfte. Zweiter Theil. 1865. 2 *M* 50 *S*.
- ACHTER BAND.** (XIII. Bd.) Mit 3 Tafeln. hoch 4. 1868. brosch. Preis 24 *M*.
- P. A. HANSEN, Geodätische Untersuchungen. 1865. 5 *M* 60 *S*.  
— Bestimmung des Längenunterschiedes zwischen den Sternwarten zu Gotha und Leipzig, unter seiner Mitwirkung ausgeführt von Dr. Auwers und Prof. Bruhns im April des Jahres 1865. Mit 1 Figurentafel. 1866. 2 *M* 80 *S*.  
W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Siebente Abhandlung: Ueber die thermoelektrischen Eigenschaften des Bergkrystalles. Mit 2 Tafeln. 1866. 2 *M* 40 *S*.  
P. A. HANSEN, Tafeln der Egeria mit Zugrundelegung der in den Abhandlungen der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften in Leipzig veröffentlichten Störungen dieses Planeten berechnet und mit einleitenden Aufsätzen versehen. 1867. 6 *M* 80 *S*.  
— Von der Methode der kleinsten Quadrate im Allgemeinen und in ihrer Anwendung auf die Geodäsie. 1867. 6 *M*.

\* Die eingeklammerten römischen Ziffern geben die Zahl des Bandes in der Reihenfolge der Abhandlungen beider Classen an.

DIE  
KORALLENRIFFE DER SINAIHALBINSEL.

GEOLOGISCHE UND BIOLOGISCHE BEOBACHTUNGEN

VON

**JOHANNES WALTHER,**  
DR. PHIL., PRIVATDOCENT AN DER UNIVERSITÄT JENA.

Des XIV. Bandes der Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der Königl.  
Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften

N<sup>o</sup> X.

MIT 1 GEOLOGISCHEN KARTE, 7 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN,  
1 LICHTDRUCKTAFEL UND 34 ZINKOTYPEN.

---

LEIPZIG  
BEI S. HIRZEL  
1888.

Vorgetragen am 13. Februar 1888.  
Das Manuscript eingeliefert am 15. Juni 1888.  
Der Druck beendet den 20. Juli 1888.

DIE  
**K O R A L L E N R I F F E**  
DER  
**S I N A I H A L B I N S E L .**

GEOLOGISCHE UND BIOLOGISCHE BEOBACHTUNGEN

VON

**DR. JOHANNES WALTHER.**



SN. n. 571  
12. IV. 1887.

Walther del.

Hafen von Tór.

Lith. Anst. v. A. Giltch, Jena.

## I. Topographische Einleitung.

Am Räs Muhámmed<sup>1)</sup>, dem südlichen Ende der Sinaihalbinsel, vereinigen sich drei langgestreckte Meeresarme, welche sich durch die Gestaltung ihres Bodens auffällig von einander unterscheiden.

Wenn man auch den Meerbusen von Súes und den von Akabáh als nördliche Arme des eigentlichen Rothen Meeres zu betrachten gewohnt ist, so bietet doch jeder derselben so viel Eigenthümliches, dass man eine topographische Individualität jedes einzelnen dieser Meerestheile feststellen kann. Die englischen Admiralitätskarten The Red Sea (in five sheets) 8<sup>a</sup>, Gulf of Suez 757 und Strait of Jubal 2838 sind unter Leitung von Capt. NARES, dem technischen Führer der Challengerexpedition, aufgenommen worden und dieser Name bürgt für die wissenschaftliche Genauigkeit des topographischen Reliefs und der Riffgrenzen.

Längs der Küsten des eigentlichen Rothen Meeres zieht sich beiderseits eine wohlausgeprägte »Küstenstufe«, eine Zone flachen Wassers, besetzt mit jenen unzähligen Koralleninseln und Riffen, welche dieses Meer so gefährlich machen. Ausserhalb der Korallenriffzone sinkt der Meeresspiegel ziemlich rasch zu Tiefen von 400 bis 700 englischen Faden. Abgesehen von einzelnen, theils vulkanischen (Gebel Tejir, G. Zebajir), theils mit Korallenriffen bedeckten kegelförmigen Inseln (The Brothers, Daedalus), welche aus der erythräischen Rinne emportauchen, zeigt die Mittelzone des südlichen Rothen Meeres sehr gleichmässige Tiefen.

---

1) Alle arabischen Eigennamen wurden phonetisch wiedergegeben und zwar so, wie ich sie nach der Aussprache der Emsénebeduinen niederschrieb. Ein <sup>^</sup> über einem Vokal bedeutet langen Ton, ein <sup>˘</sup> kurzen Ton.

Der korallenreiche Küstensaum fehlt dem Golf von Akabáh vollständig. Nur im Osten des Rás Muhámmed finden sich schmale Schmirriffe an den steilen Abhängen der Felsen; und aus der jüngeren Tertiärzeit sind dort etwas ausgedehntere Riffe zu beobachten. Im inneren Golf finden sich am Ausgang des Uádi Nasb und an der Mündung des U. Ghasáleh kleine Korallenansiedelungen (auf der Karte durch ++ bezeichnet). Direct an der Küste sind überall Tiefen von 60—150 Faden gelothet (der Punkt über den Zahlen bedeutet, dass in dieser Tiefe der Grund nicht erreicht wurde). Am Eingang der Strasse von Tiran ist der Grund in 594 Faden erreicht. Somit stellt sich uns der Meerbusen von Akabáh als eine schmale tiefe Rinne dar, mit riffarmen, steil abstürzenden Rändern.

Wenden wir uns jetzt dem Meerbusen von Súes zu, der am sorgfältigsten durchlothet ist, dessen Bodengestaltung unzählige Lothungen bis in alle Einzelheiten verfolgen lassen, so ist in erster Linie die Thatsache bezeichnend, dass seine grösste Tiefe nicht mehr als 46 Faden beträgt und dass 35 Faden als Durchschnittstiefe betrachtet werden kann; zweitens dass an seinem südlichen Ausgang, der Strasse von Djúbal, 25 Faden und 200—460 Faden nebeneinander gelothet werden, dass also der Übergang in die tiefe centrale Rinne des Rothen Meeres in unvermittelter Weise erfolgt. Nächst diesem topographischen Charakter des Meerbusen von Súes ist aber auch die Vertheilung seiner Korallenriffe eine überaus seltsame: abgesehen von dem schmalen Saumriff an den Küsten und von den isolirten kleinen Korallenansiedelungen bei Súes, finden sich Korallenriffe nur in seiner südlichen Hälfte. Diese Riffe sind in deutlich parallelen Zügen angeordnet und bei Djúbal brechen sie ebenso rasch und unvermittelt ab, wie der flachere Meeresboden in die grossen Tiefen übergeht.

Eine so seltsame Vertheilung der Korallenriffe in den drei Meeresarmen, welche die Sinaihalbinsel umspülen, kann nicht als zufällig betrachtet werden. Es müssen bestimmte Ursachen sein, welche ein so verschiedenes Verhalten bedingen.

Die Frage nach den Ursachen der Bildung von Korallenriffen gehört seit vielen Jahrzehnten zu den Lieblingsproblemen der Naturforscher. Von MONCONNY an, welcher im Jahre 1630 über die Korallen des Rothen Meeres berichtete, haben THOMAS SHAW, FORSKAL, SAVIGNY,



BARROW, FORSTER, FLINDERS, v. CHAMISSO, QUOY und GAIMARD, EHRENBERG und HEMPRICHT, DARWIN, DANA, SEMPER, v. POURTALÈS, AGASSIZ, KLUNZINGER, FRAAS, HAECKEL, v. RICHTHOFEN, MURRAY, STUDER, v. DRASCHE, REIN, KELLER, KRUKENBERG, GUPPY und Andere lebende Korallen und Korallenriffe studirt und ihre Anschauung über die Bildung der letzteren in wichtigen und bedeutenden Werken niedergelegt. Ihre Untersuchungen haben eine Fülle des Interessanten gefördert und lebhafte Discussionen angeregt. Die biologischen Verhältnisse des Korallenlebens ebenso wie die Fauna der korallophilen Thiere sind gut untersucht, und es dürfte auf diesem Gebiet keine wesentliche Vermehrung unserer Erkenntniss zu erwarten sein. Auch über die Füllmasse zwischen den lebenden Korallenstöcken liegen Beobachtungen vor.

Aber die Fragen nach der Mächtigkeit der Korallenriffe und nach der physikalischen Beschaffenheit des Untergrundes, auf dem Korallenriffe gedeihen, sind trotz mancher Versuche noch nicht vollkommen gelöst worden, obgleich gerade diese Fragen ein ganz hervorragendes geologisches und biologisches Interesse besitzen. Wenn ältere Gelehrte die Atolle der Südsee als 2000 m mächtige Kalkstöcke betrachteten, oder Neuere dieselben für untermeerische Bergkuppen halten, die nur einen dünnen Überzug von Korallenkalk tragen, so sind beide Urtheile doch meistens hypothetisch gewesen, und dies umsomehr, wenn sie von theoretischen Anschauungen über die Bewegungen des Meeresgrundes bedingt und abgeleitet wurden<sup>1)</sup>. Es könnte fast scheinen, als ob jene wichtigen Fragen auf dem mehrfach eingeschlagenen Wege, durch Studium des topographischen Reliefs, überhaupt nicht mit Sicherheit zu entscheiden wären.

Das Wesen und die Ursachen des Vulkanismus blieben räthselhaft, so lange man damit genug gethan zu haben glaubte, dass man möglichst viele Aschenkegel erstieg und ihre dampfenden Kratere

1) Für die Beurtheilung von DARWIN'S Rifftheorie ist ein Satz in seiner kürzlich erschienenen Selbstbiographie (Leben und Briefe von CHARLES DARWIN von F. DARWIN, übersetzt von V. CARUS. 1887. Bd. I) lehrreich, wo es über die »Korallenriffe« auf Seite 63 heisst: »Kein anderes meiner Bücher ist in einem so planmässig deductiven Sinne angefangen worden; denn ich hatte mir die ganze Theorie schon an der Westküste von Südamerika ausgedacht, noch ehe ich ein echtes Korallenriff gesehen hatte. Ich hatte daher meine Ansichten nur durch eine sorgfältige Untersuchung lebender Riffe zu verificiren und auszudehnen.«

untersuchte. Erst von dem Zeitpunkt an, wo man den Vulkan im tektonischen Zusammenhang der umgebenden Gebirge betrachtete, sind wir etwas tiefer eingedrungen in die Erkenntniss von Ursache und Wirkung. Und nach meiner Überzeugung ist dieses auch der einzige Weg, um die Bildung der Korallenriffe zu ergründen. Die Untersuchung der Oberfläche des Riffes muss Hand in Hand gehen mit dem tektonischen Studium der Küstengebirge. Nur indem man ein Korallenriff als tektonisches Glied des benachbarten Küstengebirgssystemes betrachtet, kann man ein Urtheil abgeben über die Ursachen seiner Entstehung.

Diesen Weg habe ich in der vorliegenden Arbeit einzuschlagen versucht, welche allerdings nur ein kleines Korallengebiet behandelt. Allein die genaue und sorgfältige Untersuchung eines kleinen Meeres- theiles verspricht sicherere Resultate, als die cursorische Behandlung eines Archipels.

Fünf Fragen hatte ich mir als Probleme gestellt:

1. Welche Mächtigkeit besitzen die Riffe?
2. Wie ist der Untergrund beschaffen?
3. Welche Rolle spielt das detritogene Füllmaterial auf dem Riff?
4. Welche Veränderungen haben die Riffsedimente erlitten, wenn sie endgültig vom Wasser entblöst wurden?
5. Welche Veränderung hat Form und Verbreitung der Riffe im Laufe der geologischen Geschichte erlitten?

Meine daraufhin an den Küsten des nördlichen Rothen Meeres (von Februar bis Mai 1887) angestellten Untersuchungen enthält vorliegende Arbeit. Beobachtungen, welche in keinem inneren und wesentlichen Zusammenhang mit den Riffproblemen stehen, habe ich dieser Arbeit nicht eingefügt; so die Gliederung rein stratographischer Profile, die Listen der darin gefundenen Versteinerungen und sonstige Einzelheiten. Ich werde Gelegenheit finden, diese Thatsachen in einem anderen Zusammenhang später zu veröffentlichen.

Der Königlichen Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig aber, welche durch die Verleihung eines Theils des HÄRTEL- schen Legates einen länger vorbereiteten Reiseplan zum Entschlusse machte, und deren hohe Munificenz die reiche illustrative Ausstattung der vorliegenden Arbeit ermöglichte, statte ich auch an dieser Stelle meinen ehrfurchtsvollen Dank ab.

## II. Der geologische Bau der westlichen Sinaihalbinsel.

Eine Reihe von Ausflügen in die nahe und weitere Umgebung von Kairo hatte mich gelehrt, dass tektonische Störungen in den ägyptischen Wüsten eine grössere Rolle spielen, als man nach den Berichten anderer Reisender anzunehmen geneigt war. Ich war daher nicht überrascht, in dem wechselnden Fallen und Streichen der Schichten, welche die Felsengebirge der Tyhwüste östlich von Súes aufbauen, die Spuren mannigfaltiger Störungen zu finden. Besonders Gébel Sidr, den ich am zweiten Tag meiner Kamelreise, durch die durchsichtige Wüstenluft in der Ferne sah, erinnerte mich lebhaft an die Aufbrüche westlich von Abú Róasch am Rand der libyschen Wüste<sup>1)</sup>. Der Wunsch, jene Gebiete zu studiren, war um so grösser, als mein Reiseweg zwischen Meeresküste und Gebirge mir in den ersten Tagen keine Fossilien in dem anstehenden Gestein der kleinen Hügel zeigte. Die groben Gerölle aber, welche in den trockenen Rinnsalen des Uádi Sidr, U. Werdàn, U. el Amàra und U. Gharándel lagen, liessen auf einen sehr mannigfaltigen Bau des Tyhgebirges schliessen: Granit, Sandstein, Alabaster, Kalkblöcke mit *Actaeonella*, *Nerinea*, *Hippurites* organisans, *Ostrea*, *Pecten*, *Exogyra*, selbst Ammonitenfragmente, sodann Nummulitengesteine waren darin verstreut und manche Formen zeigten bei näherer Betrachtung eine grosse Ähnlichkeit mit der Kreid fauna von Abú Róasch.

Am Gébel Hammàm Pharaún verlässt der Karavanenweg die Küste, um dieselbe erst bei Abú Seníme wieder zu erreichen. Hellgelbe versteinungsarme Kalkschichten bilden die Gebirge. An den nördlichen und östlichen Abhängen des G. Hammàm Pharaún sind alle Felsen mit einer gebräunten Rinde von thonreichem Gyps überzogen, welche als 4 m dicke Schale die Structur der Berge und die Lagerung der Schichten verhüllt. Da am Fuss des genannten Berges 55° R. warme Quellen entspringen, welche nach RUSSEGER'S Analyse Schwefelsäure enthalten, so ist jene Vergypsung der Felsen leichtverständlich, umsomehr als ähnliche Gypslager an den Schwefelquellen von el Uádi bei Tór beobachtet wurden.

---

1) Vgl. J. WALTHER, L'apparition de la craie aux environs des Pyramides. Bull. Inst. Egypt. Le Caire 1887.

Durch Uâdi Tâyibe erreicht der Weg wieder die Küste und zieht sich daselbst entlang bis Râs Abû Senîme. Blendendweisse Kalkwände mit jenen erkerartigen Erosionsformen, wie sie auf den Abbildungen der nordamerikanischen Cañons so charakteristisch erscheinen, bilden das Ufer und heben sich lebhaft von dem dunkelblauen Himmel und dem noch dunkleren Meere ab. Die Aquarell-Tafel II stellt die besprochene Gegend dar; aufgenommen nach einem Sturm am 21. April. Im Hintergrund die gegen 400 m hohe Steilwand des G. el Nochel, dessen fossillere Schichten meerwärts eintauchen. (Sie treten so nahe an das Meer heran, dass die Kamele durch  $\frac{1}{2}$  m tiefes Wasser gehen müssen.) Rechts erscheint im Hinter-

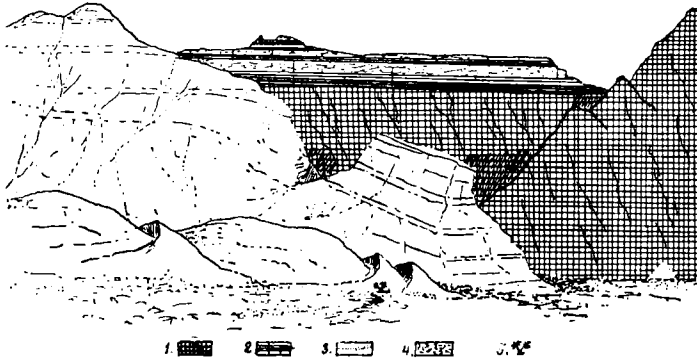


Fig. 1. Gâbel Marchâ.

1. Granit mit Eruptivgängen. 2. Nubischer Sandstein. 3. Kalk u. Mergel. 4. Sand u. Gerölle.  
5. Quelle Marchâ.

grunde die rothe Granitwand des G. Marchâ. Vorn in der Bucht von Abû Senîme ankert das Segelboot, auf dem ich fünf Tage lang kreuzte. Am Strand liegen ausgeworfene Tangmassen, in denen viele Echinodermen gefunden wurden.

Hat man den G. el Nochel passirt, dann öffnet sich eine Ebene von 40 km Breite und 25 km Längenerstreckung. Dunkle krystalinische Blöcke bedecken den Boden, und die schwarzrothen Granitwände des Gâbel Marchâ stechen lebhaft ab von den weissen Kreidelfelsen ihrer Umgebung. Röthliche Gänge schwärmen durch den Granit und die Gerölle in der Ebene lassen erkennen, wie mannigfaltig die Zusammensetzung der Ganggesteine sein muss. Nirgends lässt sich einer dieser Gänge in die an- und aufgelagerten Schichten verfolgen;

scharf und unvermittelt liegen horizontale (oder verticale) Sedimentschichten um die krystallinische Masse. Hier treten die krystallinischen Gesteine zum ersten Male auf, und zwar in so imponirender Mächtigkeit und Ausdehnung, dass das ganze landschaftliche Bild verändert wird. Wenn man nach einer geologisch begründeten Trennung von Tyhgebirge im Norden und Sinaigebirge im Süden suchen will, so muss die Theilungslinie in  $29^{\circ}$  n. Br. durch Râs Abû Senîme gelegt werden.

Die beiden Zeichnungen 1 und 2 bringen die nordöstliche Begrenzung der Ebene von Marchâ zur Darstellung. Links (Fig. 1) sind steile weisse Kalkwände der Kreideformation, im Hintergrund fast horizontal gelagert, am Fuss der Gebirge aber seltsam dislocirt.

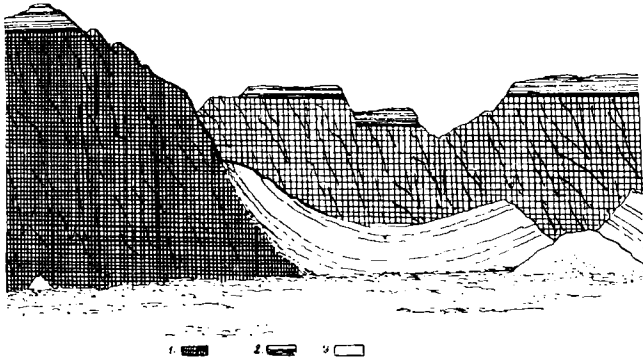


Fig. 2. Eingang in das Uádi Schellâl.

1. Granit. 2. Nubischer Sandstein. 3. Kalk.

Halbkreisförmige Schichten liegen mantelförmig umeinander, theilweise mit seiger stehenden Bänken. Die brackische Wasserpflanze oder »Quelle« Ayîn Marchâ befindet sich am Fuss senkrecht stehender Mergelschichten, welche eine ziemlich reiche Kreidefauna enthalten. Die hangenden Schichten bergen viele gebräunte *Gryphaea vesicularis*. Am Fusse der unersteiglichen Granitwände finden sich zwei kleine Dislocationsreste von weissem Kalk. (Fig. 1 u. 2.) Dass die weissen Kalke nicht infolge von Sedimentationsvorgängen, sondern durch nachträgliche Dislocation an die Granitwände angelagert wurden, erhellt am besten aus Fig. 2, welche den Eingang ins Uádi Schellâl darstellt. Hier schmiegen sich die weissen Kalke in steilen Faltungen an die Granitmasse an, um nach rechts neue, andere Dislocationen zu zeigen.

In auffallendem Gegensatz zu den schwarzrothen Granitwänden und den weissen dislocirten Kreideschichten wirken horizontale feuerrothe, gelbe und braune Schichten, welche in Denudationsresten auf den Granit hinübergreifen und die Granitwände krönen. Dass diese Schichten aus Sandsteinen bestehen, das lehren die Bruchstücke solchen Gesteins in den Rinnsalen der Ebene. Die scharfe Grenze zwischen Granit und Sandstein, welche alle Gänge im Granit abschneidet und ohne Unterbrechung sich geradlinig verfolgen lässt, darf als eine Denudationsfläche angesprochen werden.

Beim Eintritt ins Uâdi Schellâl lässt sich eine weitere Eigenthümlichkeit in der Lagerung dieser Sandsteine beobachten, welche im Hintergrunde der Fig. 2 zu erkennen ist. Die Sandsteinschichten treten nämlich, trotz ungestörter horizontaler Lagerung, in verschiedenem Niveau auf. Beobachtungen im Uâdi Schellâl lehrten, dass diese Niveauverschiedenheit eine durch Verwerfungen nachträglich verursachte sei.

Leider hatte ich vor Antritt meiner Reise das inhaltsreiche Werk von HULL<sup>1)</sup> über die Geologie von Palästina und Sinaihalbinsel nicht studiren können. Umsomehr freut es mich, dass ich jetzt bei der Ausarbeitung meiner Beobachtungen finde, wie sehr meine Auffassung der Schichtenfolge mit der des genannten Gelehrten übereinstimmt. Nach HULL's Karte zieht sich ein Streifen des carbonischen Kalksteines vom Uâdi Nasb bis gegen Gébel Marchâ quer durch die Sinaihalbinsel. Es scheint, dass diese Kalksteinablagerung, welche die Sandsteinmassen der Sinaihalbinsel in zwei Theile trennt, in einem Profil, das ich im Uâdi Schellâl aufnahm, noch auftritt. Ich beobachtete dort im Sandstein eine Kalksteinbank mit vielen Crinoidenstielgliedern und einigen Resten von *Fistulipora* (*Chaetetes radians?*) und *Zaphrentis*. (Nach Bestimmungen, die ich der Güte meines Freundes Dr. FRECH in Halle verdanke.)

Durch die beobachteten Thatsachen wurde mir das Problem nahe gelegt, ob nicht auch das eigentliche Sinaigebirge eine Decke von Sandstein, Kreide und Nummulitenkalk getragen habe, und ob die von FRAAS ausgesprochene Ansicht über die Geschichte der Sinaihalbinsel richtig sei. Auf Seite 7 seines bekannten Buches<sup>2)</sup> sagt

---

1) The Survey of Western Palestine. Dublin 1886.

2) Aus dem Orient. Stuttgart 1867.

der Autor: »Nichts ist augenscheinlicher auf dem Wege vom Meere (bei Tór) zum sinaitischen Gebirge, als dass alle und jede Zwischenformation zwischen den jüngsten Meeresgebilden am Ufer und dem ältesten krystallinischen Gebirge, das von der Meeresfläche bis zu den höchsten Gipfeln sich erhebt, absolut fehlt, und zu allen Zeiten auch gefehlt hat . . . . . Nie seit den Zeiten ihrer Bildung haben diese krystallinischen Massen irgend eine geologische Periode mitgemacht; vom Uranfang der Dinge ragten ihre Gipfel aus dem Ocean, unberührt von Silur und Devon, von Dyas und Trias, von Jura und Kreide. Am Fusse nur der alten Bergfeste hat einestheils das Rothe Meer einen Kranz von Korallen um den Sinai gezogen und mit ihrer Hülfe in jüngster Zeit ein Küstenland geschaffen, anderntheils hat das Meer zur Kreidezeit im Norden das Kalkplateau der Wüste Tyh

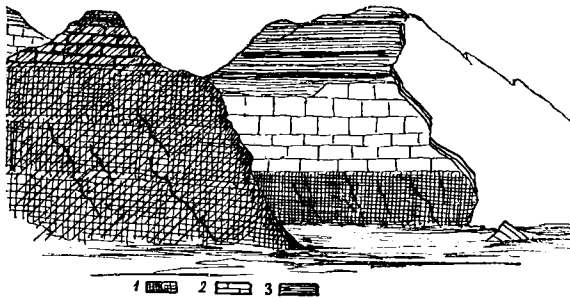


Fig. 3. Uádi Budra.

1. Granit mit Eruptivgängen. 2. Nubischer Sandstein. 3. Mergel.

angelagert, das sich über ganz Syrien bis zum Libanon hinzieht.« Die Untersuchung der westlichen Sinaihalbinsel hat mir gezeigt, dass die angeführte Meinung mit den Thatsachen nicht in Einklang zu bringen ist. Die Verschiedenheit der beiden Reisewege, ein wesentlich längerer Aufenthalt und äussere Umstände, die meine Reise begünstigten, machen es verständlich, wie ich zu anderen Anschauungen geführt wurde. Das oben erwähnte Werk des hochverdienten Forschers begleitete mich auf meiner Reise, bot mir eine Fülle von Anregung und wird als erste wissenschaftliche geologische Behandlung der Sinaihalbinsel seinen Werth unverkürzt behalten.

Auf dem Weg zum Búdrapass beobachtet man östlich zerrissene Granitwände, während der Saumpfad selbst auf rothen, schwarzen und braunen stark dislocirten Sandsteinen entlang führt. Auf der

Passhöhe liegen *Exogyra*, *Hemicidaris*, *Plicatula* in Menge herum und ein Ammonitenfragment charakterisirt die mesozoischen Schichten<sup>1)</sup>. Im U. Búdra liegen steilauferichtete Sandsteinschichten an einem Granitstock, und werden an dessen Fuss horizontal; längs eines Seitenthales verläuft ein Bruch, so dass die Grenze von Granit und Sandstein auf den beiden Seiten des Thales in verschiedenem Niveau sich befindet. Die dünnbankigen Schichten, welche den Sandstein überlagern, scheinen nach anderen Profilen Mergel zu sein. Umstehende Zeichnung giebt die Erscheinung wieder (Fig. 3).

Auch das berühmte U. Mokátteb läuft auf der Grenze zwischen Granit und dislocirten Sandsteinen, und die bekannten nabatäischen Inschriften sind in das letztere Gestein eingekratzt. Die Wand des

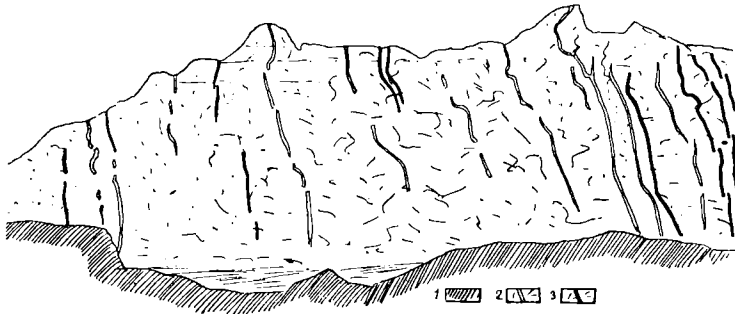


Fig. 4. Gêbel Ginne im Uádi Mokátteb.

1. Nubischer Sandstein. 2. Granit mit rothen Eruptivgängen. 3. Granit mit schwarzen Gängen.

Gêbel Ginne, den Inschriften gegenüber, besteht aus Granit, durchschwärmt von einer grossen Zahl von Eruptivgängen. Wie obenstehende Zeichnung (Fig. 4) erkennen lässt, sind rothe und schwarze Gänge vorhanden, welche vielfach verworfen sind, aber doch ein gleichmässiges Streichen (ungefähr NO—SW) besitzen und unter  $80^{\circ}$  SSO fallen.

Indem ich mich von hier dem U. Firân näherte, wurde das Streichen des Gebirges NW—SO immer auffälliger und in parallelen Zügen richteten sich die Bergketten. Die von FRAAS auf Seite 34 l. c. besprochene »verkehrte Erosionsform der Uádi« findet darin ihre Erklärung. Der Oberlauf des Uádi Firân liegt im Streichen des

1) Die von mir auf meiner Reise gesammelten Fossilien befinden sich in der Paläontologischen Sammlung der Königl. Akademie zu München.



Gebirges, der untere Theil dagegen ist ein Querthal, welches senkrecht zum Streichen läuft und eine Reihe von Kreidekämmen durchbrechend auf die Ebene von Burdés mündet (s. untenstehende Zeichnung Fig. 5). Die Lagerung der Schichten an der Thalsohle und eine kleine Verwerfung über dem Eocän von Chadididid macht es wahrscheinlich, dass dieser Theil des Uádi ebenfalls durch Dislocationen bedingt ist. Dass im Übrigen die erodirenden Kräfte im Oberlauf (also im Streichen des Gebirges) ein breiteres Thal schaffen konnten, als im Unterlauf, welcher die Gebirgsketten quer durchbricht, ist leicht verständlich.

Die häufig beobachtete Erscheinung, dass Längsthäler an der Grenze verschiedenartiger Gesteine auftreten, spielt auch am Sinai eine Rolle. Hier im Norden, wie späterhin im Süden der Halbinsel

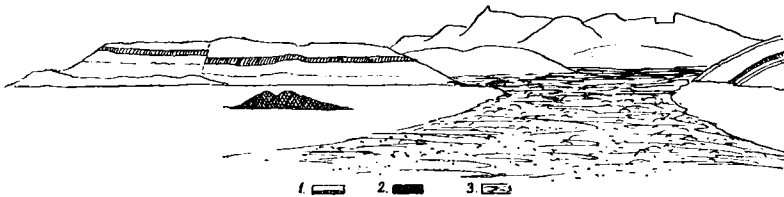


Fig. 5. Mündung des Uádi Firân.

1. Kreide-Kalk und Mergel. 2. Nummulitenkalk. 3. Gerölle des Uádi.

konnte ich feststellen, dass sich an den massigen rothen Granit des Centralstockes eine Randzone von geschichteten Urgesteinen anschliesst. Diese geschichteten krystallinischen Gesteine sind bald als grauer Lagergranit, bald als glimmerreicher Gneiss, bald als Glimmerschiefer entwickelt.

Die mir zugemessene Zeit und die Ziele meiner Arbeit gestatteten mir nicht, die Beschaffenheit der krystallinischen Gesteine näher zu studiren, deren Mannigfaltigkeit auf der Sinaihalbinsel so gross ist, dass schon FRAAS neun Typen unterschied, eine Zahl, die nach meinen Beobachtungen vielleicht verdoppelt werden kann. Die Eruptivgänge in diesen Schiefen umschliessen öfters Brocken des Contactgesteines (s. umstehende Zeichnung Fig. 6 — ähnliche Verhältnisse wurden von mir auch im U. Sáchara beobachtet).

Wenn ich auch die Grenze der beiden krystallinischen Gesteinsgruppen des Sinai nicht überall im Einzelnen festlegen konnte, so

habe ich doch nicht geschwankt, diese wichtige geologische That-  
sache auf meiner Karte zum Ausdruck zu bringen und den Lager-  
granit und Gneiss überall da auszuscheiden, wo ich ihn in mächtiger  
Entwicklung traf. Verschiedene Beobachtungen machen es mir sehr  
wahrscheinlich, dass die krystallinischen Schiefer und Lagergranite  
längs des ganzen Westabfalls gegen die Gaâwüste auftreten, und dass  
ein grosser Theil des auf meiner Karte als »Stockgranit« ausgeschiedenen  
Gebietes so zu kartiren sein wird. Doch konnte ich jene geschichteten  
Gesteine nur da eintragen, wo ich sie selbst anstehend beobachtet  
habe. Die Grenze von Stockgranit und Lagergranit fällt zusammen  
mit einer Anzahl der wichtigsten Längsthäler am Sinai (U. Firân,  
U. Háschab), und die Vermuthung liegt nahe, dass es die verschie-  
dene Beschaffenheit beider Gesteine war, welche die Entstehung

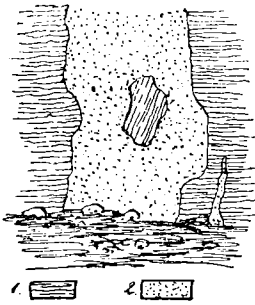


Fig. 6. Eruptivgang im Uádi Firân.

1. Gneiss. 2. Granit.

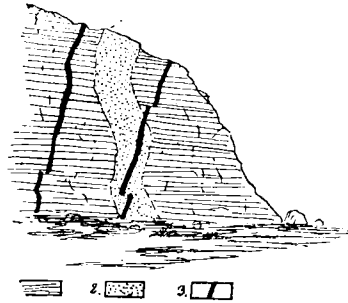


Fig. 7. Gänge im Uádi Firân.

1. Gneiss. 2. Rother Gang. 3. Schwarze Gänge.

jener Längsthäler veranlasste. Ich möchte auch auf den geradlinigen  
Thälerzug aufmerksam machen, welcher östlich von dem colorirten  
Theil meiner Karte als U. Suwig — U. Bark — U. Lebweh — U.  
Berrah und weiter südlich verfolgt werden kann.

Einer von FRAAS erwähnten Thatsache muss ich hier noch ge-  
denken, da ich die Beobachtungen desselben durch meine eigenen  
erweitern kann. Wie der genannte Geologe richtig erkannt hat, ver-  
laufen fast alle Gänge im Granit (von U. Búdra bis zum Ràs Muhám-  
med und ebenso die der Arabakette) mit  $80^{\circ}$  S. Fallen senkrecht zum  
Streichen (wobei noch zu bemerken ist, dass die schwarzen Gänge  
jünger zu sein scheinen als die rothen, da sie diese verwerfen, s. o.  
Fig. 7). Ich habe allerdings nur ein einziges Mal durch Erklette-

zung der Granitwände einen solchen Gang genauer verfolgt; allein die tausende von dunklen Gängen (s. o. Fig. 4), welche anfangs erfreuen, nach längerem Ritt im Granitgebirge aber durch ihre Regelmässigkeit ermüden, scheinen alle ein gleiches oder annähernd paralleles Streichen zu haben. Das heutige Streichen des Gebirges ist NW—SO, und entstand, wie ich noch näher belegen werde, nach der Nummulitenformation. Die vom carbonischen Sandstein des U. Schelläl überlagerten Granitmassen sind von Gängen durchschwärmt, welche SW—NO streichen, und welche vor der Bildung jener paläozoischen Sandsteine entstanden sind, denn die Sandsteine liegen mit scharfer Trennungslinie auf dem mit Gängen durchsetzten Granit des G. Marchâ (s. o. Fig. 1, 2). Das constante Verhältniss zwischen

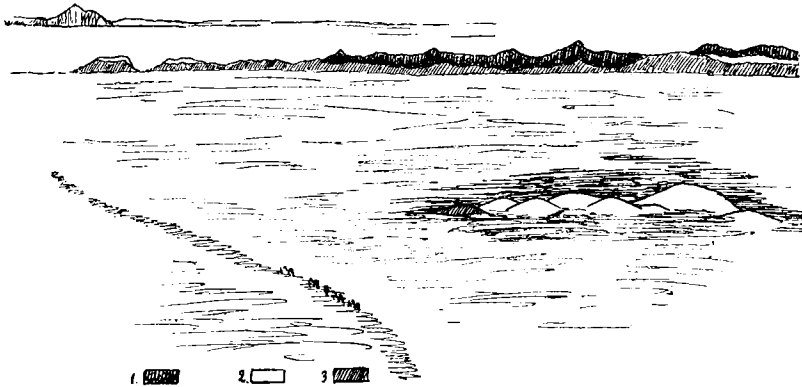


Fig. 8. Die Gaawüste vom Ausgang des Uadi Hebrân.

1. Granit. 2. Kreidekalk. 3. Nummulitenkalk.

dem heutigen Streichen der Bergketten und dem senkrecht darauf erfolgten Streichen der Porphy- und Dioritgänge kann daher in keinem zeitlichen oder ursächlichen Zusammenhang stehen und deutet auf Dislocationen in längst vergangenen Epochen.

Bei dem constanten Streichen der Lagergranite ist ihr Fallen ein wechselndes. Auf der Passhöhe des Engâwe, welcher von U. Selâf nach U. Hebrân hinüberführt, fällt der Gneiss westlich. Das Gestein besteht vorwiegend aus weissem Feldspath mit dunklen Glimmerflecken, weiter oben aber aus schwarzfleckigem Hornblendeschiefer. Das ganze U. Hebrân verläuft abwärts in grauem Lagergranit.

Als ich den Ausgang dieses Thales erreichte und die weite Wüste Gaà vor mir liegen sah (s. die umstehende Fig. 8), im Westen begrenzt von der Arabakette, hinter welcher das Meer glänzte, und der stolze Rharib von Afrika herüberschaute, war ich überrascht, dass die sedimentären Schichten über dem Granit hier zu fehlen schienen. Da fielen mir zwei Stellen in der Wüstenlandschaft auf: nördlich vom Ausgang der Uádi, gegen den Fuss der Serbâl hin,

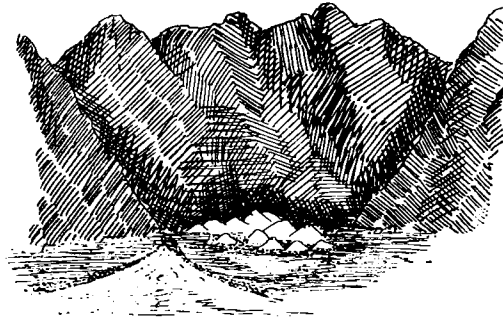


Fig. 9. Kreidescholle, südlich vom Ausgang des Uádi Hebrân.

bemerkte ich in der Wüste eine Gruppe flacher Hügel, welche kein Granit waren, und die man in der beginnenden Dämmerung für Sanddünen hätte halten können; ich beschloss sie am folgenden Tag zu untersuchen. Südlich aber vom Uádi Hebrân, etwa in drei Kilometer Entfernung, sah ich eine kleine gelbe Klippe, welche sich hin-

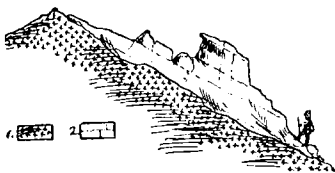


Fig. 10. Kreidescholle, südlich vom Ausgang des Uádi Hebrân.

1. Granit. 2. Mergel.

einschmiegte in die dunklen Granitwände. Ich liess sofort weiterreiten und erreichte bei einbrechender Nacht die Stelle. Meine Vermuthung wurde glänzend bestätigt, denn ich fand (s. die obenstehende Fig. 9) steil aufgerichtete Kalk- und Mergelreste erfüllt mit *Ostrea*, *Nucula*, *Arca*, *Hemiaster*, *Pseudodiadema*, *Nerinea* und grossen *Exogyra*.

Die nur wenige Meter mächtigen Mergelschichten liegen direct auf grauem und rothem Granit (s. die vorstehende Fig. 10) und bedecken eine Fläche von einem Quadratkilometer mit niedrigen Hügeln. Es scheinen verschiedene Horizonte der Kreideformation in diesen Resten



Walther del.

Lith. Anst. v. A. Giltisch, Jena.

Râs Abu Senîme.

vorzuliegen. Am folgenden Morgen machte ich einen neuen Contract mit meinen Beduinen und ritt nördlich nach der gelben Hügelgruppe, welche sie als Gébel Súffr bezeichneten. Dass ich dort ein stark dislocirtes Kreideprofil fand, war mir weniger überraschend, als der Anblick von Nummulitenkalk. Alle Schichten waren steil aufgerichtet und bildeten (s. die untenstehende Fig. 41) umeinanderliegende Schalenstücke. Der G. Súffr hat etwa 3 km Durchmesser. Ich nahm ein Profil vom Südrand bis zur Mitte, welches ziemlich genau übereinstimmte mit einem Profil, das mein Dolmetscher und Präparator Herr A. KAISER aus Zürich am Nordrand des Berges aufnahm; nach diesen Profilen treten unter dem Nummulitenkalk untereocäne Mergel und Kalke, und endlich cretaceische Exogyraschichten auf. Die tiefsten Schichten sind gypsreiche Mergel, ähnlich denen, wie sie an der oberen Grenze des



Fig. 41. Gébel Súffr am Fusse des Serbal.

Nubischen Sandsteines beobachtet wurden. Auf den Karten der Sinaihalbinsel war die Hügelgruppe nicht eingetragen.

Aus dieser Beobachtung geht mit Sicherheit hervor, dass der Mangel von Sedimenten auf dem Sinaigranit auch hier nur ein secundärer ist, und durch naheocäne Dislocationen hervorgerufen wurde.

Indem O. FRAAS von der gegentheiligen Ansicht ausging, musste ihm die Bildung der gelben Schichtenreste an den Gehängen des Uádi Firân eine so sonderbare Erscheinung sein, dass er zu ihrer Entstehung Eistransport zu Hülfe nahm. Aus dem Vorkommen von Kalkgeröllen in jenen Schichten hatte RUSSEGGER den richtigen Schluss gezogen, dass der Sinai eine Sedimentbedeckung gehabt habe, welche später durch atmosphärische Kräfte abgetragen und zum Theil in den Thälern abgelagert wurde. Gegen die Moränennatur spricht die Lagerung in einem vielgewundenen engen Thal und dessen Seitenthälern, sodann (s. u. Fig. 42) die häufig ausgezeichnete Schichtung

und endlich die Thatsache, dass die gröberen Blöcke im Norden häufig, im Süden seltener sein müssten, wenn ein vom nördlichen Tyh-plateau herabreichender Gletscher den Transport vermittelt hätte. Nach meiner Ansicht hängt die Anwesenheit der gelben Mergelreste im U. Firân damit zusammen, dass das Längsthal ursprünglich keinen Abfluss hatte, indem der heute noch sichtbare Granitriegel el Mechârret, nordwestlich von der Oase, das Thal nach Westen abschloss, in welchem sich die denudierten, in das Uâdi herabgeschwemmten Kalksedimente ablagerten. Später wurde der Querriegel durch Erosion angeschnitten und dadurch ein Abfluss geschaffen, wobei die erodirenden Wassermassen ihre eigenen Sedimente wieder entführten und nur einzelne Reste an den Thalgehängen übrig liessen. Auf der

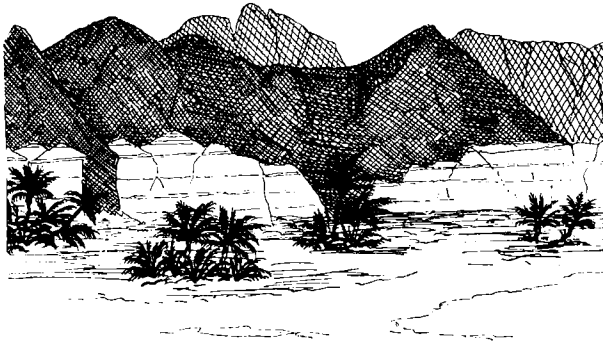


Fig. 12. Sedimentreste an den Granitwänden des Oasenthales von Firân.

Karte sind diese Sedimente in der Oase Firân als »lacustrische Sedimente« ausgeschieden.

Mehrere Wochen hielt ich mich in dem Beduinendörfchen Grûm bei Tôr<sup>1)</sup> auf und untersuchte die dortigen Riffe. Auf einer Excursion entdeckte ich östlich von Grûm einen Hügel mit Fragmenten von *Amphiope truncata* *Fucus* und einer kleinen Molluskenfauna. Die genannte Scutellide beweist die Zugehörigkeit der Schichten zum Miocän; das ist die einzige Localität der Sinaihalbinsel, wo ich miocäne Ablagerungen entdeckte. Leider schaut der mergelige Kalk nur wenige Meter aus dem Wüstensand heraus und lässt die Lagerungsverhältnisse seiner Schichten im Unklaren.

Anfangs April miethete ich mir neue Dromedare, um die südliche Hälfte der Sinaihalbinsel zu untersuchen. Ich hoffte auch dort klei-

1) Die Ortschaft heisst Tôr, während die ganze Sinaihalbinsel von den Beduinen als Gébel Tûr bezeichnet wird.

nere Dislocationsschollen von Sedimentgesteinen am Granit aufzufinden; allein trotzdem ich die Wüste vom Meer bis zum Gebirge viermal kreuzte, war mein Suchen von geringem Erfolg begleitet. In mehreren Rinnsalen entdeckte ich Sandsteinblöcke von bedeutender Grösse, welche auf das einstige Vorhandensein von Nubischen Sandsteinschollen hier schliessen lassen, und dieselben Sandsteinbrocken fanden sich wieder am Râs Muhámméd. Dort konnte ich auch mehrere Berge von dunkelbraunem Sandstein nachweisen, welche zwischen Granitbergen eingeklemmt waren. Die Sandsteine waren theilweise überlagert von fossilen Korallenriffen<sup>1)</sup> (s. u. Fig. 20). Das Gebiet zwischen der Gaâwüste und dem U. Háscheb hesteh aus O. fallenden grauem Lagergranit, überlagert von Porphyrtuffen und mannichfaltigen Eruptivgesteinen. Das Thal des Uádi Háscheb ist eingeschnitten

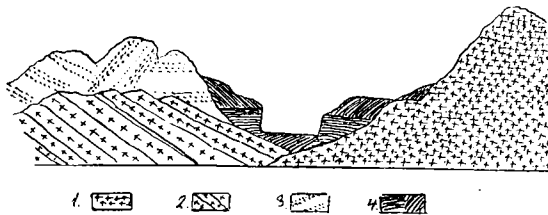


Fig. 13. Schematisches Profil durch das Uádi Háscheb.

1. Stockgranit. 2. Lagergranit. 3. Porphyr und Tuffe. 4. Äolische Sandsteine.

in verfestigte Flugsandablagerungen, wie beifolgendes Profil zeigt (Fig. 13). Das Vorwiegen porphyrischer Gesteine in den Geröllen des Uádi, unter denen besonders rothe sphärolithisch halbtentglaste Blöcke auffallen, die Mannichfaltigkeit der buntgefärbten Gänge und die Lagerung machen es wahrscheinlich, dass es sich hier um einen Eruptivheerd handelt. Die Aquarelltafel III giebt diese Gegend wieder. Nach Norden blickend, sieht man links im Hintergrunde die Granitgebirge, während im Mittelbild die bunten Porphyrgesteine überwiegen. Gelber Sand liegt in allen Schluchten und Lücken, wie der Schnee in den Alpen. Im Vordergrund ist meine Carawane im Begriff gegen Ghasuláni weiterzuziehen. Der Himmel ist stark bewölkt; eine zu dieser Jahreszeit seltene Erscheinung (zwei Tage später fiel ein wolkenbruchartiger Gewitterregen).

1) Vgl. J. MILNE, Geological notes on the Sinaitic Peninsula. Quart. Journ. of the Geol. Soc. 1875 Febr.



Den Rückweg nahm ich am Rande des Granites, allein von Râs Muhâmmèd bis Grên Utûd fand ich kein marines Sedimentgestein. Der Lagergranit mit constantem NW—SO Streichen und häufigem O-Fallen löst sich nach der Wüste zu in Hügelketten auf, welche entweder im Streichen des Gebirges angeordnet sind, oder senkrecht dazu. In dem letzteren Falle sind es breitere, senkrecht zum Gebirge streichende Gänge, welche von den wüstenbildenden Kräften herausgeschält werden und immer niedriger werdende Hügelketten bilden. So erklärt sich das anfangs räthselhafte SW—NO Streichen vieler dieser Hügel, welche wie Inseln aus dem gelben Sand hervorragen (s. Fig. 14).



Fig. 14. Uâdi Sâchâra.

O. FRAAS berichtet (l. c. S. 188) von einem Berge Hadjar el ma bei Tôr, dessen fossile Korallenriffe bis 300 m über dem Meeresspiegel emporsteigen. Der Name war meinen Emsênebeduinen unbekannt, aber ich glaube nicht zu irren, wenn ich annehme, dass der Gêbel Hammâm Mûsa nördlich von Tôr gemeint ist. Eine Reihe von Excursionen nach diesem Berge lehrten mich, dass das stark metamorphosirte Riff einen dünnen Überzug auf 20° O. fallenden Schichten bildet. Über 100 m Sandsteinschichten folgen Exogyramergel, dann helle Kalke mit Feuersteinbroden und endlich der Nummulitenkalk. Über Alles hat ein früheres Meer einen jetzt durchlöcherten Mantel von Korallenkalk gebreitet. Das umstehende Profil Fig. 15 ist durch den Berg gelegt, während das Titelbild dieser Arbeit (Taf. I) eine Totalansicht der Gegend bietet. Im Vordergrund links das Meer. Ein weisses Schaumband trennt das grüne Strandriffgebiet von der dunkleren korallenarmen Tiefe. Meine Taucher sind beschäftigt, die Ausbeute vom Riff nach den palmenbeschatteten Lehmhütten von Grûm zu tragen. In der Mitte sieht man die weissen

Häuser von Tôr, dahinter erhebt sich der G. Hammâm Mûsa. Der braune Riffmantel ist deutlich zu erkennen, an seinem Fuss zieht sich ein jungfossiles Riffband entlang. Dahinter erscheinen links die Sandstein-Schichten des G. Nakûs und die Granit-Berge des Árabagebirges, rechts im Hintergrund schaut der siebengipfelige Serbal herüber.

Ein Blick auf die geologische Karte lehrt, dass die gesammte Árabakette nichts weiter ist, als die normale Fortsetzung des G. Hammâm Mûsa. Nur mit dem Unterschied, dass von Abû Suêre nördlich auch der Granit herantritt und dass somit, von W. nach O. gezählt, fünf Ketten nebeneinander herziehen. Zuerst dunkelrother Granit mit unzähligen schwarzen Gängen. Sein Abhang ist so mit Sand bedeckt, dass ich anstehendes Gestein nicht schlagen und nur am Nordende des G. Abû Dûrbâh eine Excursion bis zum anstehenden Gestein unternehmen konnte. Leider war auch hier festes Gestein nur in den Porphyrgängen zu beobachten. Denn, wie ich in einer anderen Arbeit näher auszuführen habe, ist die Zerstörung der polychromen krystallinischen Gesteine in der Wüste eine überraschend intensive. Die chemische Verwitterung spielt hierbei keine Rolle, sondern die Einwirkung der Insolation auf die einzelnen, verschieden gefärbten Gemengtheile. Der rothe Feldspath erwärmt und dehnt sich stärker aus als der weisse Quarz und schwächer als der schwarze Glimmer oder Amphibol. Nachts ziehen sich die einzelnen Gemengtheile wieder verschieden stark zusammen. Auf solche Weise zerfällt der Granit etc. in seine Elemente, ohne dass diese zersetzt würden, und es hält in vielen krystallinischen Gebieten überaus schwer, anstehendes festes Gestein zu finden. Wie Schnee im Hochgebirge (s. u. Fig. 16) liegt der auf diese Weise gebildete gelbe Sand bis hoch hinauf an den Bergen und erschwert die geologische Untersuchung der krystallinischen Gesteine ungemein.

Auf die krystallinische Aussenkette folgt rother und gelber Sand-

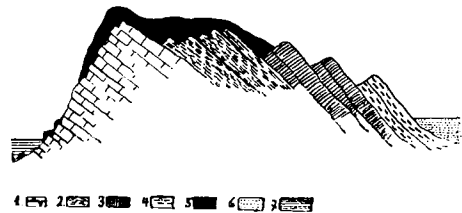


Fig. 15. Profil durch den G. Hammâm Mûsa.

1. Nubischer Sandstein. 2. Exogyramergel.
3. Weisse Flintkalk. 4. Nummulitenkalk. 5. Riffkalk. 6. Sand der Gâwüste. 7. Meer.

stein, welcher in verschiedenen Lappen weit an den Granitwänden hinanreicht (s. u. Fig. 17), darauf grügelbe gypsreiche Mergel mit *Exogyra*, *Radiolites*, *Ostrea*, *Nerinea*, *Actaeonella*. Dann blendend weisse Kalkwände mit Feuersteinconcretionen, endlich eine Kette



Fig. 16. Nordende des Gêbel Abû Hôswâh.

von Nummulitenkalken, welche die westliche Begrenzung der Gaâ-wüste bilden. (Nach der HULL'schen Karte soll die gesammte Áraba nur Eocän sein.) Ungestört und gleichmässig ziehen sich diese fünf Ketten nebeneinander hin bis zum Gêbel Abu Hôswâh, dessen Nordende Fig. 16 wiedergiebt. Er besteht aus Granit, an seinem

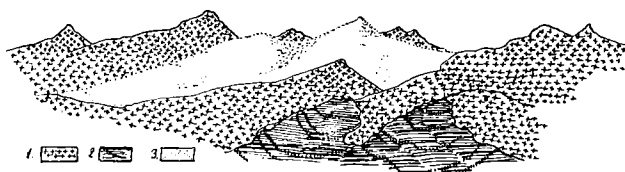


Fig. 17. Die Árabagranitkette von Osten.

1. Granit. 2. Nubischer Sandstein. 3. Flugsand.

Fuss sehen einige Bänke des nubischen Sandsteins aus dem Sandmeere heraus. Dort ist eine horizontale Verschiebung der Schichten in der Weise erfolgt, dass die Granitkette mit dem G. Abû Dûrbâh gegen Westen hinausrückt und dadurch der nubische Sandstein in die Verlängerung der ersten Granitkette gelangt; die weissen Kalke treten in doppelter Breite auf. An der Stelle dieser Verschiebung ist ein 10 m breiter Eruptivgang mit einigen Apophysen im Sandstein (s. u. Fig. 18) emporgedrungen und hat den sonst weichen Sandstein in 4 m Breite gefrített und verhärtet. Das dunkle Eruptivgestein ist völlig zersetzt.

Beim Râs Djhân erreichte ich die Ebene von Burdêss, in welche

das Uâdi Firân mündet (s. o. Fig. 5). Meine Absicht war, soweit in dasselbe hineinzureiten, dass ich die Stelle erreichte, an der ich es von Osten her verlassen hatte. Allein der Wasservorrath in den Ziegenschläuchen ging auf die Neige, und ich hatte noch eine volle Tagereise bis zu Ayin Marchâ. So sah ich mich gezwungen, meinen Plan aufzugeben und konnte nur zu Fuss während der Mittagsrast in das Thal so weit hineindringen, bis ich die ersten Nummulitengerölle traf. Deshalb ist die mittlere Partie des U. Firân auf meiner Karte nur unvollkommen kartirt. HULL hat auch hier das ganze Gebiet als Eocän ausgeschieden, doch schien mir der weisse Flintkalk zu dominiren. Die kleine Kette von Chadididid (Fig. 5) ist

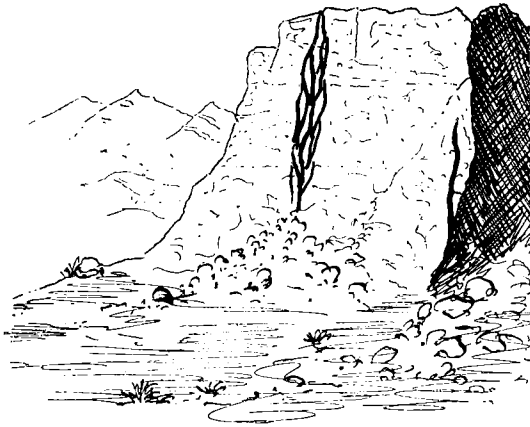


Fig. 48. Eruptivgang am Fusse des G. Abû Durbâh im nubischen Sandstein.

Nummulitenkalk, die Wand dahinter Kreide. Wie die Farbenerklärung auf meiner geologischen Karte besagt, ist mit blau einerseits der weisse (Alveolinen?)Kalk mit Feuersteinconcretionen bezeichnet, andererseits: »nicht näher untersuchte Schichten«. In diesem letzteren Fall handelt es sich um solche Sedimente, deren Zugehörigkeit zu den hangenden Nummulitenkalken oder zu den liegenden Kreidemergeln nicht näher festgestellt wurde. Ich habe sie mit blau bezeichnet, weil ich auch in dem weissen Kalk mit Feuerstein keine Fossilien gefunden habe und seine Zugehörigkeit zur Kreide oder zum Eocän nicht festzustellen im Stande war.

Von Ayin Marchâ dachte ich auf einem dahin vorausgeschickten Boote nach der afrikanischen Küste überzusetzen, wo mich Professor

SCHWEINFURTH erwartete. Allein starke Nordwinde schlugen mein Boot vier Tage lang immer wieder an die arabische Küste zurück, und ich konnte dabei nur an den Stellen geologische Excursionen machen, wo wir angetrieben wurden. Es gelang mir hierbei, südlich vom G. Hammâm Pharaûn ein fossiles Korallenriff zu entdecken und festzustellen, dass auch hier die Hauptstreichungslinien der Küstengebirge NW—SO verlaufen.

Fassen wir jetzt kurz zusammen, was ich an der Hand meines Reiseweges über den geologischen Bau der westlichen Sinaihalbinsel feststellen konnte: Das liegende Gestein ist dunkler Massengranit oder Stockgranit, darauf folgt nach Westen eine Serie grauer Lagergranite und geschichteter krystallinischer Schiefer, im Süden überlagert von Porphyrtuffen und bunten Eruptivgesteinen. Transgredierend lagert mit scharfer Trennungslinie der nubische Sandstein auf dem Granit, an anderen Orten ist er durch Dislocation oder Denudation entfernt. Die Conglomerate, welche nach HULL, zwischen Granit und Sandstein vermittelnd, im Osten der Sinaihalbinsel auftreten, habe ich auf meinem Reiseweg nicht beobachten können. Auf den Sandstein folgen gelbe und grüne Mergel mit *Exogyra* und anderen Kreidefossilien; in manchen Profilen tritt eine Radiolitenbank darin auf; dann kommen weisse fossilarme Kalke mit schwarzen Feuersteinconcretionen, endlich tritt das Eocän mit Nummulitenkalken hinzu. Bei Grûm stehen Mergel mit Amphiope an, welche dem Miocän angehören. Daraus erhellt, dass nach Ablagerung der Nummulitenformation (vielleicht vor Ablagerung des Miocän, entsprechend gleichzeitigen Dislocationsvorgängen an den afrikanischen und europäischen Mittelmeerküsten) das Sinaigebirge dislocirt worden ist. Die Hauptbruchlinien erfolgten NW—SO, und diese Streichungsrichtung beherrscht den gesammten Bau der westlichen Sinaihalbinsel, sogar einige Rutschflächen (wie am G. Nakûs) halten dieselbe Richtung ein. Im Zusammenhang mit diesen Dislocationen erfolgte am G. Dûrbâh eine Gangeruption in den nubischen Sandstein. Der centrale Sinaigranit wurde durch diese tectonischen Bewegungen von seiner Sedimentbedeckung entblöst. Die Sedimentgesteine bilden im Süden der Sinaihalbinsel eine langgestreckte synklinale Mulde, welche sich dem archaischen Centralstock im Westen anlagert und die sandbedeckte Gaâwüste unterteuft. Die unerschöpflichen Wassergruben,

welche man neuerdings an verschiedenen Stellen östlich von Tôr angelegt hat und aus denen zur Quarantänezeit 4000 und mehr Mekkapilger täglich getränkt werden, ohne dass sich der Wasserstand veränderte, sprechen selbst in dem Gebiet, wo keine Schichten mehr aus der Ebene hervortauchen für den ungestörten synklinalen Bau. In der Arabakette treten die Schichtenköpfe der synklinalen Mulde westlich, und im Süden des Uâdi Hebrân an einer localen Stelle auch östlich zu Tage. Der G. Súffr ist ein localer Aufbruch in der Ebene oder der letzte Rest einer durch äolische Denudation abgetragenen grösseren Gebirgskette. Am Râs Muhâmméd treten endlich noch einige isolirte Sandsteinschollen auf. Die Áraba beginnt steil ansteigend im Norden an der Ebene von Burdêss, nach Süden verflacht sie sich allmählich und ihre einzelnen Ketten versinken nach einander unter dem Meeresspiegel und unter dem Sande der Gaâwüste. (Vergl. zu der vorstehenden Übersicht die Profiltafel Taf. VII.)

Es erübrigt noch zum Schluss eine kurze Besprechung der geologischen Verhältnisse in dem Theil der Galâlawüste, welcher auf meiner geologischen Karte mit dargestellt ist.

Das Uâdi Arabah, ein 30 km breites und 80 km langes Thal, wird nach Norden und Süden begrenzt von den 4000 m hohen Steilwänden der nördlichen und südlichen Galâla. Dem Nordrand etwas genähert, läuft von W nach O das flache eigentliche Uâdi mit seinen Nebenthälern und durchschneidet jene Schichten des nubischen Sandsteins, in denen G. SCHWEINFURTH im Jahre 1885 paläozoische Brachiopoden entdeckte, welche durch E. BEYRICH als *Spirigera concentrica* bestimmt wurden. Eine fünftägige Untersuchung der betreffenden Localität und mehrtägige Excursionen nach den Abstürzen des Galâlaplateaus ergab folgende Resultate: Die tiefsten Schichten, welche südlich des eigentlichen Uâdi hervortreten, bestehen aus etwa 50 m Sandsteinen mit einzelnen Mergelschichten, darauf folgen 20 m fossilreiche Mergel mit Kalkbänken. Die darin gefundenen Fossilien (*Spirigera*, *Terebratula*, *Bellerophon*, *Edmondia*, *Fenestella* etc.) sind carbonische Formen, welche manche Anklänge an die Fauna des Saltrange erkennen lassen. Eine Reihe von Staffelbrüchen und anderen Dislocationen lassen die leitende Crinoidenbank in mehrfacher Wiederholung hervortreten und sieben kleine basaltische Kuppen stehen auf diesen Brüchen. 300 m Sandsteine, in denen nur einige versteinerte Hölzer gefunden

wurden, mit ausgezeichneter discordanter Parallelstructur folgen in völlig concordanter Lage und werden ebenso concordant überlagert von den Exogyrareichen Schichten der cenomanen Kreide. Der darauf folgende Steilabfall ist an der nördlichen Galâla unersteiglich, an der südlichen Galâla aber, 3 km östlich vom Kloster St. Anton, konnte ich ein fortlaufendes Profil bis zu den Nummulitenkalken aufnehmen, welche das Plateau bedecken. Ein langer Staffelbruch verdoppelt die Schichtenserie, wie aus der Karte leicht ersichtlich ist, und die Verwerfungskluft desselben scheint den Sammelapparat für die starke Quelle im Klostergarten zu bilden.

Ich habe auf der geologischen Karte meinen Reiseweg durch eine rothe Linie eingetragen, um den Beschauer in den Stand zu setzen, an jedem einzelnen Punkt selbst zu beurtheilen, ob die betreffende Gegend näher untersucht wurde oder aus einiger Entfernung studirt worden ist; aber ich muss hinzufügen, dass die Klarheit und Reinheit der Wüstenluft auf 40 und mehr Kilometer den dunklen Granit von hellen Sedimentgesteinen zu unterscheiden erlaubt, so dass in einzelnen Fällen (»nicht näher untersuchte Schichten«) wohl die Zugehörigkeit einer Felsmasse zu Kreide oder Eocän, nicht aber ihr sedimentärer Charakter, zweifelhaft bleiben konnte. Nur am Westfuss des Serbal sah ich eine dunkle Felsmasse, die ich als Granit (mit einem »?«) ausgeschieden habe, ohne bestimmte Anhaltspunkte dafür zu haben. Kleinere Abstecher und Excursionen sind nicht mit eingetragen worden.

### III. Die Vertheilung der Korallenriffe an der Sinaihalbinsel.

Drei hypsometrisch, petrographisch und zeitlich verschiedene Riffgruppen finden sich an den Küsten der Sinaihalbinsel. Der Gegenwart gehört das lebende Riff an. Die lebenden Riffkorallen bilden einerseits einen schmalen, oft unterbrochenen Saum längs der felsigen Küste. Dieses Saumriff ist häufig nur wenige Meter breit und folgt genau der Küstencontur. Eine andere Riffart ist unabhängig vom Verlauf der Küstenlinie; sie bildet jene gefährlichen Klippen mitten im Meer und ich bezeichne sie als Pelagisches Riff. Beide gehen ineinander über.

Eine andere Riffgruppe befindet sich gegenwärtig 10 m hoch

ausserhalb des Meeres; ich bezeichne sie als jüngeres fossiles Riff. Dasselbe findet sich südlich vom G. Hammâm Pharaûn, dann längs des G. Nakûs und des G. Hammâm Mûsa, endlich an der südlichen Küste des Râs Muhâmmed überall von gleicher petrographischer Beschaffenheit und in dem gleichen Niveau über dem Meeresspiegel. Subfossile Riffgesteine bilden mehrfach einen Übergang zum lebenden Riff.

Am Râs Muhâmmed findet sich bis zu 90 m Meereshöhe ein fester klingender Kalk, welcher durch die Fülle der darin enthaltenen Korallenspuren als Riffgestein leicht erkannt wird. Ein ähnlicher Kalk von dolomitischer Beschaffenheit bildet den obengenannten Mantel um den G. Hammâm Mûsa und reicht dort vom Meeresspiegel bis zu 230 m Höhe empor. Beide Ablagerungen sind durch ihre discordante Lagerung und die Fülle der enthaltenen Korallen als Riffgesteine charakterisirt, aber die Fossilien sind gewöhnlich, besonders am G. H. Mûsa, als Abdrücke und Hohlräume erhalten. Am G. H. Mûsa fand ich in dem Riffkalk eine stark metamorphosirte, aber als solche wohlerkennbare *Tridacna*. Hier ist das Gestein ein typischer Dolomit mit 40%  $MgCO_3$ . Ich bezeichne diese Riffgesteine als älteres fossiles Riff.

Indem ich mich jetzt zur Schilderung der speciellen Eigenthümlichkeiten der Lage und Beschaffenheit dieser drei Riffgruppen wende, will ich vorausschicken, dass ich trotz grösster Aufmerksamkeit nur an den genannten Stellen fossile Riffe beobachten konnte, dass ausserhalb jener Stellen keine fossilen Riffe vorzukommen scheinen und dass nach meinen Beobachtungen kein Grund vorhanden ist, der auf eine einmalige grössere Verbreitung der fossilen Riffe schliessen lässt. Denn das fossile Riffgestein ist den wüstenbildenden Kräften gegenüber viel widerstandsfähiger, als die krystallinischen Gesteine des Sinai.

#### IV. Das lebende Riff und seine Sedimente.

##### 1. Die Saumriffe.

In der nördlichen Hälfte des Meerbusen von Sûes finden sich Saumriffe weit verbreitet, allein bei der grossen Entfernung zwischen Küstengebirgen und Meeresstrand ist es unmöglich, über die Beziehungen solcher Korallenansiedelungen zu anstehendem Fels ein



Urtheil abzugeben. Ich muss nur hervorheben, dass es wesentlich die Vorsprünge der Küste sind, welche Korallenbesatz zeigen. Über die Oolithsedimente, welche ich in der Nähe solcher Saumriffe am Ausgang des Uádi Dehése beobachtete, werde ich unten Näheres mitzuthemen haben.

Das Saumriff des G. Hammâm Pharaún wuchs wohl auf den Schichtenköpfen, welche den Fuss des Berges bilden, und die sich als parallele Klippenreihen auch unter Wasser verfolgen lassen. Südlich davon fehlt das Saumriff und tritt erst wieder an dem Felsen-cap von Abû Senime auf. Längs der Ebene von Marchâ ist das Saumriff wohl ausgebildet und verknüpft die bei Abû Senime meerwärts geneigten Schichten mit den südlich der Ebene an das Meer

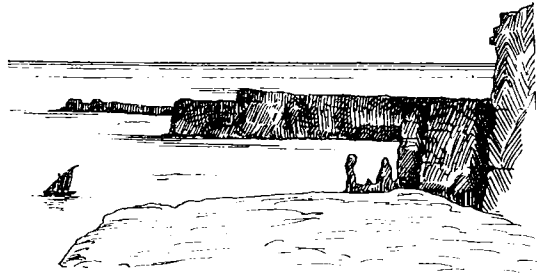


Fig. 19. Südspitze der Sinaihalbinsel (Râs Muhâmed).

herantretenden Bergen von Burdés. Überaus auffällig ist der Mangel von Saumriffen (und ebenso von fossilen Riffen) an der krystallinischen Aussenkette der Áraba, aber ich wies schon oben darauf hin, dass diese krystallinischen Gesteine sehr bröckelig sind und durch die wüstenbildenden Kräfte stark angegriffen werden. Thatsache ist jedenfalls, dass hier wie auf anderen Granit- und Porphyrwänden des Sinaigebirges keine Spuren gegenwärtiger oder einstiger Riffe beobachtet werden konnten.

Von Tôr ab südlich ist längs der ganzen Küste das Saumriff zu verfolgen; nur dass bei dem Überhandnehmen der pelagischen Riffe viele Küstenstrecken nicht mehr vom frischen Meerwasser erreicht werden. Es bilden sich Lagunen und Salztümpel und das Thierleben wird gehindert. Um so schöner und reicher sind die Saumriffe am Râs Muhâmed, weniger durch die Menge als durch die Formenpracht der Korallen und die korallophile Fauna. Die 100 m hohe

Felsklippe (s. Fig. 19) hat rings steil abstürzende Ränder. In dem schwarzblauen Wasser werden Tiefen von 280, 480, 485, 592 Fd. gelothet, direct neben der Küste. An diesen senkrechten Felswänden zieht sich als horizontaler Schirm ein 5—8 m breites Korallenriff. Von geeigneten Stellen kann man beobachten, dass es überhängt und 2—3 m Dicke besitzt. Das Wasser darauf ist 1—2 m tief, so dass man bequem darin arbeiten kann. Nirgends beobachtete ich eine solche Farbenpracht in der Ausbildung der Korallen; das Leben der korallophilen Thiere zeigte eine ungesehene Formenfülle, und die

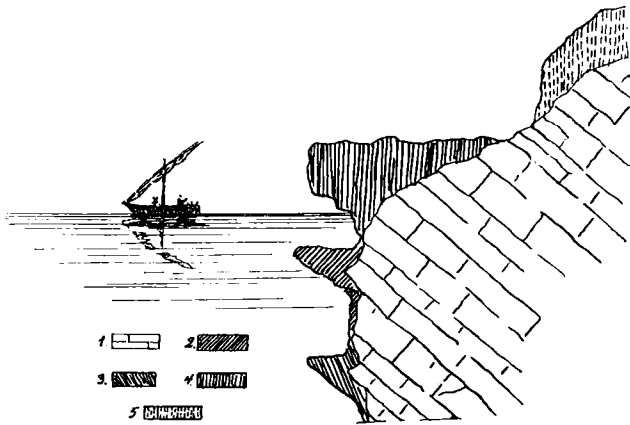


Fig. 20. Profil durch die Ostküste des Räs Muhámed.

1. Nubischer Sandstein. 2. Lebendes Riff. 3. Abgestorbenes Saumriff. 4. Jüngeres fossiles Riff.  
5. Älteres fossiles Riff.

Stunden, welche ich auf diesem Riff studierend und sammelnd verlehte, haben mir den tiefsten Eindruck hinterlassen. Von einer vorspringenden Klippe entdeckte ich, dass unter dem Schirm des Saumriffes sich ein zweiter Schirm in etwa 6 m Abstand dahinzog (siehe o. Fig. 20). Dieses untere Saumriff schien mir aber abgestorben zu sein, denn es hob sich durch seine weisse Farbe lebhaft ab von der bunten Farbenpracht des lebenden oberen Schirmes. Und da ich niemals beobachtet habe, dass die Farben lebender Korallen in grösserer Wassertiefe weiss erscheinen, da auf dem lebenden Riff aber alle abgestorbenen Partien weiss sind, so glaube ich mich zu der Annahme berechtigt, dass der untere Schirm abgestorben sei, und vermuthe, dass die Gesamterscheinung durch eine 6 m betragende locale Senkung der Räs Muhámed-Klippe bedingt wurde.

In der Bucht Ghasuláni, östlich vom Ràs Muhámmed, waren ebenfalls Korallenansiedelungen, doch trugen sie einen jugendlichen Charakter. Es fehlten die grossen Madreporen, und die meisten Korallenstöcke waren unausgewachsen. Diese Thatsache harmonirt sehr glücklich mit jener in der Einleitung erwähnten, dass gegen Osten zu, im Golf von Akabáh, das Korallenleben überhaupt zurücktritt und fehlt.

## 2. Die pelagischen Riffe.

Nahe bei Súes, am Fuss der 1500 m hohen Steilwand des G. Atakáh, finden sich einige kleine Korallenansiedelungen, welche als Etulebank, Atakáhriff und Mensiyerriff bekannt sind. Ich vermute, dass sie auf Blöcken aufsitzen, welche vom Atakáh einmal abgestürzt sind, denn das Meer ist sehr seicht und die Riffe von sehr geringer Ausdehnung, so dass sie im richtigen Grössenverhältniss auf meiner Karte nicht darzustellen gewesen wären.

Das erste wirklich pelagische Riff ist Scháb el Chássah<sup>1)</sup> am Ràs Djehän, dem Nordende der Áraba. Es ist eine 3 km lange Klippe, welche ziemlich genau S—N streicht und dadurch vereinzelt dasteht gegenüber allen anderen pelagischen Riffen des Meerbusen von Súes, die in parallelen Zügen durchgängig SO—NW steichen.

Das ziemlich breite Saumriff, welches am G. Hammám Músa beginnt, löst sich bei Tòr von der Küste ab und bildet durch den Vorsprung Ràs el mine und dessen Fortsetzung Erg Tòr den Hafen von Tòr. Erg Tòr ist ein langgestrecktes Riff (auf den englischen Seekarten fälschlich Erg Ryah genannt), das auf der kleinen Karte in der linken unteren Ecke der geologischen Karte nach englischen und eigenen Lothungen dargestellt wurde. Das Saumriff läuft bei Grùm und Gebèle vorbei bis Schéh Reiah, wo es sich wiederum von der Küste ablöst, um NW—SO streichend bis Scháb oder Erg Reiah zu ziehen. Auch hier wird durch den pelagisch werdenden Ast des Saumriffes ein guter Ankerplatz umschlossen, der durch die

---

1) Scháb bedeutet »Koralle«, »Korallenriff«. Die Abkürzung crl (= Koralle) als Charakter der bei einer Lothung gewonnenen Grundprobe, wird von den Seeleuten für Muschelreste ebenso gebraucht, wie für Korallenfragmente, ist daher kein Massstab für die Verbreitung der Riffe.

Cisterne an dem Heiligengrab den Perlfischern sehr werthvoll ist. Abermals beginnt an der Küste ein Saumriff, welches sich bei Ràs Sibýlle ablöst und NW—SO streichend Schâb Sibýlle und Schâb Jarrah (besser Gâr) bildet. Auch Schâb Âli bildet die directe Fortsetzung dieses Riffzuges und besteht aus mehreren, verschieden breiten Riffen, welche den 34 Fd. tiefen »inneren« von dem »äusseren« Schifffahrtskanal trennen.

Schâb Itiguig, im Schutze dieses Riffzuges gewachsen, zeigt den linearen Bau nicht so deutlich, als die bisher genannten Riffe.

Ein letztes Mal zweigt sich bei Ràs Sérabêh das Saumriff von der Küste ab, wird pelagisch und lässt sich NW—SO als langgestreckte Rifflinie im Schâb Mahmúd bis zu jenem Punkte verfolgen, wo der Meeresboden rasch zu 320 Fd. abstürzt.

Werfen wir noch einen Blick auf die Vertheilung der Korallenriffe an der afrikanischen Küste des Meerbusen von Sûes. Dieselbe zeigt im Norden ziemlich ähnliche Verhältnisse wie die Sinaiküste. Das Saumriff am Ràs Safarâna ist nicht unbedeutend und bot süd-arabischen Perlfischern reiche Beute. Nach Süden folgt eine lange ziemlich rifffreie Strecke bis zum Süden der Sette, dem petroleumreichen Bergrücken des Gébel Sêt. Wo dieser Rücken unter die Meereswogen taucht, beginnen sofort wieder die pelagischen Riffzüge. Der grössere ist: Schâb Ranîm — Lebeit — Mulheimed — Towilah — Abu Rakow — Abu Melene — Gumarch und die kleinen Klippen des Schâb Seriah und Carlessriff. Parallel mit diesem Riffzug läuft in der Verlängerung einer westlich des Gébel Sêt gelegenen Bergkette ein zweiter Riffzug. Derselbe beginnt mit Schâb Âschrafi und setzt sich durch Schâb Djúbal — Umm Usch — Abu Nähàs nach Scheduân fort. Die letztgenannte Insel besteht in ihrer Mittelzone aus Granit, an den sich zwei seitliche Kalkschollen beiderseits anlegen. Südlich von Scheduân erreicht das Korallenriff mit dem Beginn grosser Meerestiefe sein Ende.

Bei Djîmsch beginnt ein letzter Riffzug, der gegen Süden sich von der Küste ablöst und bei grosser Mannichfaltigkeit der einzelnen Riffe doch das einheitliche NW—SO Streichen erkennen lässt.

Nachdem wir somit festgestellt haben, dass die pelagischen Riffe des Meerbusen von Sûes durchgehends in der Verlängerung untertauchender Bergrücken auftreten und ein diesen paralleles Streichen

besitzen, erübrigt es noch, einer interessanten Eigenthümlichkeit der beschriebenen Riffe zu gedenken.

Wenn jenes Streichen NW—SO bei oberflächlicher Betrachtung so auffällig ist, so zeigen sich im Einzelnen doch eine Reihe von Abweichungen. Bald verbreitert sich der schmale Riffzug, bald giebt er Äste ab, bald löst er sich in einzelne isolirte Riffe auf. Und eine Anzahl solcher kleinerer vereinzelter Riffe zeigt deutlich die Form von ringförmigen Atollen. Beistehend gebe ich die Copien einiger solcher Atolle (nach der grossen Karte Strait of Jubal, Fig. 21).

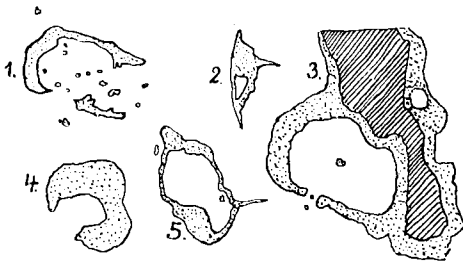


Fig. 21. Atollbildungen in der Strasse von Djübal.

Betrachten wir das Süden-  
de der Insel Djifatîn<sup>(3)</sup>, von deren Saumriff sich zwei Arme losgelöst haben und halbkreisförmig gegeneinanderwachsend ein rundes Wasserbecken umschlossen. Dann Schâb Umm Usch<sup>(4)</sup>, welches ein ebensolches halbgeschlossenes Atoll ist, endlich Schâb Serûr<sup>(1)</sup> und die völlig geschlossenen Abu Serie<sup>(5)</sup> und Abu Jensih<sup>(2)</sup>. Alle diese Figuren zeigen uns, wie im linearen Bau langgestreckter Riffe durch seitliche Abzweigung ringförmige Riffatolle entstehen können. Es ist interessant, dass in diesem Fall Atolle entstehen bei einer (s. u.) negativen Strandverschiebung, während nach DARWIN positive Strandverschiebung eine wesentliche Vorbedingung der Atollbildung sein soll. Zugleich lässt sich hier kein ursächlicher Zusammenhang zwischen der runden Form des Atolls und dem Relief des Untergrundes nachweisen. Es scheint daher, dass die Atollbildung hier weder durch kreisförmige Unterlage, noch durch »Senkung« beeinflusst wird, und vielmehr von anderen, biologischen Factoren abhängig ist.

### 3. Die Sedimente des Riffes.

An einer flachen, Stürmen ausgesetzten Meeresküste kann man längs des Ufers zwei Anhäufungen von ausgeworfenen Conchilien, Tang und Fremdkörpern beobachten. Zuerst im Durchschnittsniveau des Meeresspiegel den Strand wall.



SW. n. 11.  
3. IV. 87

Walther del.

Wüste am Râs Muhámmed.

Lith. Anst. v. A. Giltisch, Jena.

Das stete Spiel der Wellen bewegt die ausgespülten Muschelschalen, Tang, Sand, Steinchen rhythmisch auf und ab, rollt und schleift an Allem und zerstört leicht die Verzierungen der Conchilien. Daher findet man im Niveau des Meeres in dem genannten Strandwall nur selten gut erhaltene Thierreste; was man findet, ist abgerollt und rund geschliffen. Die Anschauung, dass durch das rollende Spiel der Wellen die Muschelreste zerbrochen und zerkleinert würden, ist unrichtig; denn die Entstehung jener geologisch so sehr wichtigen Ablagerungen, welche als Lumachelle, als Muschelsand, als Kalkdetritus bezeichnet werden, hat, wie ich weiter unten ausführen will, gänzlich andere Ursachen.

Längs des Strandes zieht sich aber häufig noch ein zweiter Streifen ausgeworfener Meeresreste entlang, welcher dem sogenannten »Winterstrand« an unseren norddeutschen Küsten entspricht und den ich als Fluthwall bezeichne. Dieser Fluthwall entsteht durch die gesteigerte Thätigkeit der sturmbewegten Wogen. Bei Sturm werden viel mehr Thiere, selbst in grösserer Tiefe erfasst und von den Wellen an den Strand geworfen. Das erregte Meer wirft sie in ein viel höheres Niveau und wenn sich der Sturm gelegt hat, berührt die Durchschnittswelle nie den Fluthwall der ausgeworfenen Reste wieder. So kommt es, dass dort die besterhaltenen und mannichfaltigsten Thierreste gefunden werden. Sie sind nicht zerbrochen und wenig abgerollt.

Während mich an der riffreien Küste bei Súes und längs der Tyhwüste der Fluthwall mit seiner reichen Fauna oft erfreute, war ich enttäuscht, als ich zum erstenmale bei dem Beduinendorfe Grüm den Strand hinter dem Korallenriff besuchte. Eine kärgliche Auswahl abgerollter Muschelreste, etwas Tang und Seegras und ein foraminiferenreicher Sand waren meine einzige Ausbeute. An manchen Stellen waren Tridacnaschalen aufgehäuft, aber sie waren von Fischern dorthin gebracht und des Fleisches wegen zerschlagen worden. Ich glaubte, diese Armuth des Strandes hinter dem Riff sei eine locale Erscheinung, ritt drei Tage lang bis zum Räs Muhámméd so nahe an der Küste, als es der weiche Lehm Boden erlaubte, und ging täglich einige Stunden am Strande entlang; aber überall war ich enttäuscht von der geringen Ausbeute. Nur am Räs Muhámméd, wo das Riff sein Ende erreicht, wurde die Strandfauna reicher, ein Fluth-

wall mit vielen *Mastraschalen*, einige kostbare *Aspergillumröhren*, seltene schöne *Echinodermen* und zwischen ihnen unzählige *Einsiedlerkrebse* (*Coenobita rugosa*), welche mit ihrer Scheere das *Gastropodenhaus* verschliessen, als ob ein *Operculum* darauf wäre, Alles das trat erst auf, als das Riff sein Ende erreicht hatte.

Doch diese Thatsache ist nicht so wunderbar, als es mir anfangs erschien. Ein Blick auf das Meer lehrt, dass die Brandungswelle sich bricht an der pelagischen Kante des Riffes. Ein weisses Schaumband zieht sich längs der Küste und bezeichnet die Stelle, wo das Riff beginnt. Im Schutze dieses Wellenbrechers kann man noch bei ziemlich bewegter See ruhiges Wasser finden und bis zum Hals im Wasser herumwandeln. Der Mangel eines Fluthwalles, die Thierarmuth des Strand hinter dem Riff sind eine einfache Folge jenes Wellenbrechers in der See.

In einem Wüstenlande tritt aber noch ein zweiter Factor hinzu, der die Entwicklung einer Strandfauna verhindert: es ist der Flugsand und der Feldspathstaub. Die durch den natürlichen Wellenbrecher geschwächte Woge kann den ins Meer getriebenen Sand nicht wieder auswerfen, das Wasser wird seicht, es bilden sich Tümpel, an deren Boden das Kochsalz sich in weissen Krusten ausscheidet; in ihnen können nur noch *Cerithien* ihr Leben fristen. Rechnen wir zu allen diesen Umständen noch jene Thatsache, dass sich an den Küsten des Meerbusen von Súes eine negative Verschiebung der Elementengrenze vollzieht, so ist damit zur Genüge erklärt, warum der Strand hinter dem Riff eine so auffällige Thierarmuth zeigt.

Das Saumriff konnte leicht zu Fuss untersucht werden, da das Wasser 1—2 m tief ist und nur an der Riffkante tiefere Lücken und Brunnen auftreten; aber auch dort kann man sich mit einiger Vorsicht immer im mannstiefen Wasser bewegen, und die Gefahr, in eine jener Lücken zu stürzen, ist bei ruhigem Wasser nicht so gross, wenn man einen Begleiter hat, und mit einem Stock die Festigkeit der Korallenschirme prüft. Die Gefahr der Haifische auf dem Riff scheint mir von den Eingeborenen übertrieben zu werden, denn ich habe nur 1—2 m lange Individuen beobachtet; auch die grossen Rochen entfliehen so wie man sich ihnen nähert. Die Füsse muss man bis zum Knie dicht mit Binden umwickeln und durch Bastschuhe



schützen, da die Korallen die Haut verletzen. Will man Korallen mit den Händen abbrechen, so empfehlen sich Handschuhe, da man sonst leicht blutende Hände bekommt. Besser ist ein kleiner massiver gutgestählter Spaten zum Ablösen der Korallen. Zeichnungen und Notizen wurden auf einem leichten Reissbrett direct auf dem Riffe gemacht.

Die Riffsedimente sammelte ich in (deutlich nummerirte) Leinwandsäckchen. Die Nummer wird notirt, und die Säckchen in der Sonne getrocknet, sodann ihr Inhalt in dicke Papiersäckchen verschlossen und diese genau etikettirt.

Als Grundlage für meine Aufnahmen bei Grûm diente mir die englische Hafenkarte von Tôr (Tôr Harbour 7<sup>a</sup>), welche ich in viermal vergrössertem Maassstabe hatte autographiren lassen, so dass ich täglich ein neues Blatt für meine Eintragungen benutzen konnte. Das Strandriff bei Grûm habe ich auf diese Weise acht Tage lang je 4—5 Stunden begangen, und der Aufenthalt im mannstiefen Wasser war oft angenehmer, als der in der kühlen Luft am Strande.

Etwas schwieriger war die Untersuchung des pelagischen Riffes Erg Tôr. Der neuernannte deutsche Consularagent HANNËN in Tôr, der die Empfehlungsschreiben von E. HAECKEL, v. RANSONNET und anderen Gelehrten mit besonderem Stolze vorzeigt, half mir in der zuvorkommendsten Weise. Er selbst oder einer seiner Söhne begleitete mich mit seinem Segelboot auf das Riff, und BASILI HANNËN tauchte mit den gemietheten Negern um die Wette. Mein Interesse für abgestorbene Korallenstöcke, oder gar für Sand und Scepflanzen fand freilich nur wenig Verständniss, und mit mitleidigem Bedauern sah man mich an, wenn mir die abgestorbenen Korallenäste mehr Freude machten, als die farbenprächtigsten Schirme. Doch allmählich gewöhnten sich die Leute daran und lernten auch mit Loth und Dredge umgehen. Ich hatte eine Eimerdredge von starkem Zinkblech mitgenommen, deren Rand durch aufgenietetete scharfe Eisenbänder verstärkt war. Der Henkel konnte herausgenommen werden, wenn er sich verbogen hatte und ebenso beim Verpacken.

Da die englische Seekarte nach Faden durchlothet ist, so hatte ich auch meine Lothleine und Reserveleine durch Fadenknoten abgetheilt. Das Loth war 2 Kilo schwer, durch einen Mennigeanstrich vor dem Rosten geschützt, und an seiner Basisfläche war die Grube

zur Aufnahme des Talges. Mit Rücksicht auf das heissere Klima hatte ich ein Talggemenge mitgenommen, das bei 30° noch zähe blieb.

War durch das Loth die Tiefe des Wassers und die Beschaffenheit des Sedimentes festgestellt, und bot letzteres besonderes Interesse, so wurde die Dredge hinuntergelassen, die Taucher sprangen nach und füllten sie am Meeresgrund. Nur am letzten Tage wagte ich es, die Dredge in solchen Tiefen ziehen zu lassen, wo die Taucher nicht mehr arbeiten konnten. Dreimal schien sie verloren, und es erforderte lange Arbeit, sie aus den Klippen freizumachen.

In anschaulicher Weise schildert KLUNZINGER<sup>1)</sup> und im Anschluss an ihn O. FRAAS das Leben auf dem Riff in Kossér, und unterscheiden fünf verschiedene Zonen. Ich habe dieselben nicht in gleicher Schärfe beobachten können und will daher nicht den Versuch machen, das Schema von Kossér auf Grüm zu übertragen, sondern ich werde versuchen, die verschiedenen Gebiete auf und an dem Riff als verschiedene Stadien eines einheitlichen Processes darzustellen und mit meiner Schilderung dort beginnen, wo das Riff in seiner Blüthe steht.

Tausende kleiner Korallenthiere sprossen auseinander hervor und bilden den Korallenstock; ein festes Cöenchym verbindet die einzelnen Kelche und das Individuum vermag seinen Standort nicht zu wechseln. Wohl kann es mit Hülfe seiner zarten Tentakeln ein kleines Nachbargebiet tastend durchgreifen, aber der Nahrungserwerb kann durch solche active Bewegungen nicht auf verschiedenem Gebiete ausgeübt werden. So sind jene unzähligen Thierchen darauf angewiesen, dass die Welle ihre Nahrung herbeiträgt. Ein bewegtes, stets mit frischer Nahrung erfülltes reines Wasser ist daher die nothwendige Voraussetzung des Korallenlebens. Indem sich die Individuen zum Stocke vereinen, gewähren sie sich gegenseitig einen mechanischen Schutz, und je stärker die Welle daherbrandet, desto enger und gedrängter müssen sie sich zum Stocke verbinden; dem horizontalen Stoss des Wassers muss der Stock einen möglichst geringen Widerstand bieten und zugleich so gebaut sein, dass allen ihn zusammensetzenden Einzelthieren gleichmässig viel Nahrung zugeschwemmt wird.

---

1) Bilder aus Oberägypten, S. 326—373.

Mögen in den Tiefen des Oceans Einzelkorallen leben und gedeihen können, das Lebenselement des Korallenstockes ist die bewegte Flachsee. Und eine einfache Anpassung an die Lebensbedingungen der Brandungszone ist die schirmförmige Gestalt der Korallenstöcke; eine Gestalt, welche viel Oberfläche und wenig seitlichen Widerstand bietet.

Allein noch eine weitere Bedingung muss erfüllt sein, wenn ein Korallenstock wachsen und gedeihen soll. Die bis 3 m breiten, mehrere Centner schweren Korallenschirme erheben sich auf einem relativ schmalen Stiel. In ihm ist das Cöenchym am mächtigsten entwickelt und nur vereinzelte Kelche ernähren ihn; noch weniger Korallenthiere aber enthält die lappige Cöenchymbasis, mit welcher der Stock aufgewachsen ist. Auf sandigem oder leicht zerbröckelndem Untergrund kann aus rein physikalischen Gründen ein 2 m breiter Madreporenschirm nicht festwachsen — die erste hohe Welle würde ihn abbrechen. Wie fest manche Korallen aufgewachsen sind, das merkt man, wenn die Taucher mit einem kleinen Brecheisen oder mit Hammer und Meisel unter Wasser arbeiten. Manchen schönen seltenen Stock habe ich dem Meere lassen müssen, bloss weil ich ihn, selbst mit Hammer und Meisel, nicht abzulösen im Stande war. Ein fester, nicht verschiebbarer Untergrund ist daher eine wesentliche Vorbedingung für das Gedeihen von Riffkorallen. Mag er von anstehenden Felsen oder von Korallenästen gebildet sein, welche durch Kalkalgen verkittet wurden, nur auf ihm wird sich ein Korallenriff ansiedeln.

Bei der so überaus intensiven Vermehrung durch Theilung und Sprossung spielt die geschlechtliche Fortpflanzung der Korallen nur eine untergeordnete Rolle, obwohl naturgemäss nur auf diesem Wege die Bildung neuer Stöcke erfolgen kann, sofern nicht der von KLUNZINGER beobachtete Vorgang einer Knospenablösung bei *Balanophyllia gemmifera* auch bei anderen Korallen vorkommt. Die befruchteten Embryonen und Larven schwimmen frei im Wasser umher und mögen vielleicht einen Theil der Nahrung benachbarter Korallen bilden. Das ist wohl auch einer der Gründe, weshalb so selten eine Korallencolonie auf einer anderen lebt. Sobald sich eine Larve dem lebenden Stock nähert, wird sie von den Millionen kleiner Tentakeln gewiss ebenso ergriffen, durch die Nesselorgane betäubt und endlich

verzehrt, wie jedes andere im Seewasser flottirende Infusor. Ein anderer Grund ist der, dass das Cönenchym in gleicher Weise wie der Kelch mit einer Sarkodehaut überzogen ist. Nur da, wo die Sarkode durch eine Verletzung entfernt wurde, kann sich eine kleine Korallengastrula festsetzen und, durch Knospung sich vermehrend, einen Stock bilden, der unter Umständen den darunter befindlichen Stock überwachsen und aushungern kann. Der von EHRENBURG<sup>1)</sup> aufgestellte Satz, dass keine Koralle auf einer anderen wachse, erleidet viele Ausnahmen. Im Allgemeinen wird allerdings die Regel sein, dass der Tod des einen Stockes vorausgehen muss, ehe sich ein zweiter darauf ansiedeln kann.

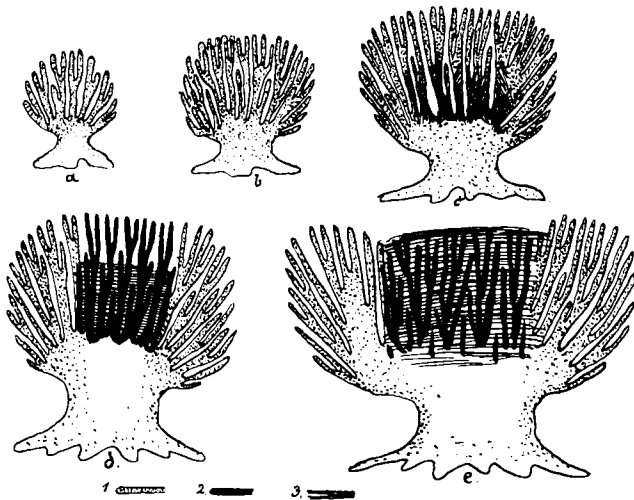


Fig. 22. Wachstum und Absterben eines Stylophorastockes.

1. Lebende Äste. 2. Abgestorbene Äste. 3. Kalksand.

Die centralen Äste eines Stockes sind zuerst entstanden, sie sterben auch zuerst wieder ab. SEMPER<sup>2)</sup> erklärt die centrale abgestorbene vertiefte Partie von Poritesstöcken dadurch, dass sie bei Ebbe vom Wasser entblöst und endlich durch Regenwasser ausgewaschen würde. Diese Voraussetzung trifft für den Meerbusen von Sües nicht zu, in dem ich niemals einen vom Wasser ganz oder theilweise entblösten lebenden Korallenstock beobachtete, trotzdem ich

1) EHRENBURG, Über die Natur und Bildung der Korallenbänke des rothen Meeres. Abh. d. Berl. Akad. d. Wissensch. 1834. S. 50.

2) SEMPER, Die natürlichen Existenzbedingungen der Thiere. II. S. 32.

zu allen Zeiten, bei Ebbe wie bei Fluth, stundenlang auf dem Riffe war. Der SEMPER'sche Erklärungsversuch lässt sich daher auf die von mir untersuchten Gebiete nicht übertragen. Da aber hier die halbabgestorbenen Korallenstöcke häufig sind, und da es die mittleren ältesten Äste des Stockes sind, welche zuerst absterben, so scheint mir die Anschauung naturgemäss, dass es sich hier um einen Tod aus Altersschwäche handelt und dass die Lebensdauer eines Korallenstockes begrenzt sei. Am schönsten lässt sich dieser Absterbeprocess an Stylophora verfolgen und die obenstehenden Bilder veranschaulichen, wie ein solcher Stock wächst und stirbt (Fig. 22). Aber auch andere Gattungen zeigen ähnliche Bilder und lassen erkennen, wie die mittleren (schwarz bezeichneten) ältesten Theile absterben, während der Rand des Stockes noch kräftig weiter wächst und gedeiht (Fig. 23, 24).



Fig. 23. Halbabgestorbener Poritesstock.

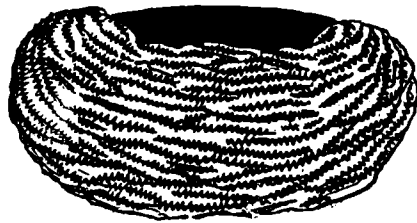


Fig. 24. Halbabgestorbener Coeloria-stock.

In dem Maasse als die centralen Theile eines Stockes sterben, siedeln sich Algen, Florideen, Bryozoen, Sertularien und andere Polypen, Gorgoniden und viele kleine Organismen auf ihnen an. Die Krebschen, welche in grosser Zahl und aus allen Familien zwischen den Ästen der Koralle leben, finden darauf eine willkommene Nahrung, grosse Krebse oder Fische mit kräftigen Schneidezähnen weiden daran und unterstützen den Zerstörungsprocess. Wohl sendet der Stock immer aufs Neue seitliche Äste aus, aber sein Mark wird zerstört. Lithodomus, welche schon in lebenden Ästen häufig eingesenkt ist und nur durch ein kleines Loch mit der Aussenwelt communicirt, bohren sich in ganzen Schaaren in die abgestorbenen Äste, so dass man beim Durchschlagen derselben alles von 2 cm langen Löchern durchwühlt findet; Anneliden, oft 60 cm lang, nagen lange vielgewundene Gänge durch das Cöenenchym und grössere Krebse und

Fische stellen wieder diesen weichhäutigen Würmern nach. Was sich lockert oder von den grösseren Thieren abgebrochen wird, das zerkleinert das Heer kleinerer Raubthiere, und allmählich wird aus dem farbenprächtigen Korallenstock ein unscheinbares algenbewachsenes tropfsteinartiges Gebilde, das nur noch auf dem Querbruch die Korallenstructur erkennen lässt, denn die Kelche wurden zuerst zerstört.

Auf den todten Ästen siedeln sich rothe und grüne Algen, Actinien, Synascidien an, kleinere Asteriden, Ophiuriden, Gasteropoden etc. leben darauf, häufig angepasst an die dunkelrothe Farbe der Kalkalgen. Zwischen den Algenrasen kriechen kleine Foraminiferen umher

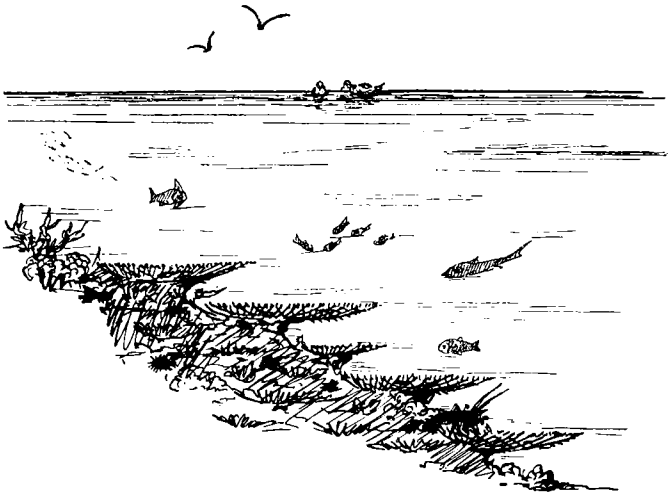


Fig. 23. Treppenförmiger Aufbau eines Madreporenriffes.

und bilden wohl die Nahrung vieler Thiere. Der Algenhallus corrodirt die Oberfläche der Koralle immer mehr und gerade die zarten Kelchsepten gehen am raschesten zu Grunde. Wo zwei Äste übereinander liegen, da werden sie verkittet durch Bryozoenrinden oder noch häufiger durch dunkelrothe Kalkalgen (*Lithophyllum*). Wie Lebermoose an feuchten Mauern, so kriechen die lappigen Blättchen überall herum und verkitten und überrinden alle Korallenäste am Boden. Dadurch aber wird ein fester Rost geschaffen, auf dem neue Korallencolonien sich anzusiedeln vermögen.

Wichtig für den Gesamtbau der Riffe ist es, dass die zahlreicheren und charakteristischen Formen in ihrer verticalen Höhe eine gewisse Grenze nicht überschreiten. Besonders *Madrepora corymbosa*

und ähnliche Arten, welche durch ihre Zahl dominiren, werden selten höher als ein Drittel des Schirmdurchmessers. Auch Stylophora überschreitet nicht eine gewisse entsprechende Höhe. Dadurch wird die Oberfläche des Riffes treppenförmig gestaltet. Eine Schirmplatte setzt sich auf die andere auf und das Riff ersteigt man auf einzelnen Stufen. Andere Formen, wie *Coeloria*, *Pocillopora* u. s. w. bringen eine gefällige Abwechslung in den Bau des Riffes, doch geben ihm die schirmförmigen Stöcke seinen typischen Charakter (s. obenstehende Fig. 25 und Taf. IV). Aber ich will schon an dieser Stelle darauf hinweisen, dass dadurch keine horizontal gefügte Masse entsteht, denn die fossilen Riffe sind vertical zerklüftet.

Die allgemeine Anordnung der Korallen auf dem Riff möchte ich am liebsten mit einem Parke vergleichen. Zwischen blühenden Buschgruppen und buntfarbigen Blumenbeeten verschlingen sich sandbedeckte Wege; bald verschmälern sie sich zwischen hohen Büschen, münden wohl auch in eine schattige Grotte, bald verbreitern sie sich zu kiesbedeckten Plätzen. Genau so verhalten sich die bunten Korallencolonien zu den weissen Detritusgebieten. In den inneren Rifftheilen wandelt man zwischen flachen Korallenbeeten auf den sandbedeckten Wegen umher. Nach der Riffkante zu werden die Korallenbeete zu 2—3 m hohen Gruppen und der Detritussand nimmt geringere Räume ein.

Wie ich schon einleitend erwähnte, das Riff wächst und gedeiht am besten an der Riffkante, und der gegen das Ufer zunehmende Detritussand zwischen den Korallen lehrt uns ein wichtiges Capitel aus der Lebens- oder besser Sterbensgeschichte des Riffes.

Von Zweischalern ist *Chama* häufig, aber so mit Algen bewachsen, dass sie schwer zu erkennen ist; nächst ihr aber ist *Tridacna* das auffälligste Weichthier auf dem Riff. Bei Grün freilich ist sie selten, aber hier wird sie als Nahrungsmittel viel abgesucht. Am Räs Muhammed jedoch waren manche Stellen mit *Tridacna* übersät, ein Thier lag  $\frac{1}{2}$  Meter vom anderen. Der grünblaue Mantelsaum derselben trug nicht unwesentlich bei zur Farbenpracht der dortigen Riffe. (Die Korallen sind meist grün, olivenbraun und violett, nur *Stylophora* ist gewöhnlich hellroth.)

Meine Bemühungen, grössere Kalkalgenlager auf dem Riffe zu finden, waren vergeblich. Am Landungsplatze der Fischerboote bei

Grün lagen eine ganze Anzahl 20 cm grosser, linsenförmiger Lithothamniumknollen; einige derselben hatten Korallen mit einer 5 cm dicken Kruste überwachsen, aber die Fischer konnten mir nicht angeben, wo die Stücke herstammten, und es war mir nicht möglich, das Algenlager aufzufinden. An einer Bucht von Ghasuláni, östlich vom Rás Muhámmed, fand ich den Strand ganz übersät mit grünen Lithothamniern und mit Corallinaknollen. Ich hoffte, auf dem Rückweg die Stelle näher untersuchen zu können, allein Wassermangel zwang mich, einen kürzeren Weg einzuschlagen.

Somit bin ich ausser Stand festzustellen, unter welchen Bedingungen die gefundenen Algen lebten, und welchen Antheil sie nehmen an dem Bau gewisser Riffstrecken. Nur die schon erwähnten Lithophyllumrinden findet man überall auf allen abgestorbenen Korallenästen als dünnen Überzug. Leider brechen diese dünnen Rinden beim Dünnschleifen gewöhnlich ab und trotz aller Sorgfalt konnte ich keine zusammenhängenden Bilder gewinnen. Um also nicht ein Combinationsbild geben zu müssen, habe ich auf Taf. VI, Fig. 1 einen Schliff dargestellt durch eine Limaschale, welche von Kalkalgen überrindet wurde, aus dem Golf von Neapel.

Die scheerentragenden grösseren Krebse, (Macruren und Bradryuren), entwickeln eine staunenswerthe Geschicklichkeit im Zerbrechen und Zerkleinern von Muschelschalen, Echinodermenskeletten und Fischleichen. Indem sie zwischen den Korallenstöcken jagen, brechen sie die todten Äste ab, welche ihnen das leckere Wild verbirgt und der Hunger eines 50 cm langen Krebses, wie ich ihn auf dem Riff des Rás Muhámmed fing, ist gewiss nicht rasch gestillt. Schon vor mehreren Jahren habe ich in der zoologischen Station zu Neapel Beobachtungsreihen begonnen über die Lebensweise der Krebse, und ihre geologische Bedeutung. Keine Thierleiche sinkt am Meeresgrunde nieder, die nicht sofort von allen Seiten Krebse anlockt. Mit bewunderungswürdiger Schnelligkeit zerpupfen sie das Fleisch, zerreißen und zerbrechen die Skelette und holen aus dem kleinsten Stückchen noch Fleischreste mit ihren Kaufüssen heraus. Mögen bohrende Naticazungen, oder Vioa den Process eingeleitet haben, die scheerentragenden Krebse vollenden ihn, und jene mächtigen Ablagerungen von Detrituskalken, welche sowohl in der Gegenwart, wie in vergangenen Erdepochen eine so grosse Rolle bei der Sedi-



mentation gespielt haben, sind in erster Linie ein Werk der Krebse. Die Zahl der Krebse auf der Secca di Benda Palummo im Golfe von Neapel ist erstaunlich, und ebenso unzählbar sind die Schaaren der kleinen und grossen Krebse, welche die Riffe des Rothen Meeres bevölkern. Sie sind die Strassenpolizei des Meeres und sorgen dafür, dass nirgends faulende verwesende Massen am Meeresgrunde sich ansammeln (ebenso wie die Einsiedlerkrebse den Strand des Rothen Meeres von allem Verwesenden reinigen). Hierbei zerkleinern und zerbrechen sie alle Skeletttheile.

Die Brandung vermag nur zu rollen und zu schleifen, die Krebse aber erzeugen scharfkantige Lumachellen, Muschelbreccien und Detrituskalke, und spielen somit eine wichtige, geologische Rolle am Meeresgrund.

Es ist von einiger Bedeutung, darauf hinzuweisen, dass auf dem lebenden Riff terrigene Sedimente so selten sind und so isolirt auftreten, dass man anzunehmen geneigt ist, sie seien durch Zerstörung submariner Klippen entstanden, nicht aber durch das Meer transportirt worden. Ich glaube, dass häufig die Transportkraft des Meeres für terrigene Sedimente überschätzt wird. Die Thatsache, dass im Seewasser jede Flusstrübe 45 mal so rasch niedersinkt als im Süswasser, die Betrachtung des submarinen Küstenabfalls an Deltagebieten, die geringe Verbreitung der Deltasedimente in das Meer hinaus, dürfen bei Beurtheilung jener Frage nicht übersehen werden. Die Chloride des Seewassers zersetzen die Felsen am Meeresgrunde ebenso, wie es P. SCHIRLITZ<sup>1)</sup> für die Küstengesteine nachgewiesen hat, und die Sanidinsande finden sich auf der Secca di Benda Palummo im Golf von Neapel ebenso, wie an den Küsten von Sorrent und Ischia — obwohl diese drei Stellen durch weite schlammbedeckte Gründe vollständig geschieden sind.

Auf dem Korallenriff werden fast alle Lücken durch daselbst gebildeten authigenen Kalksand ausgefüllt. C. KELLER<sup>2)</sup> hat sehr klar ausgeführt, wie das Lichtbedürfniss der Korallenarten verschieden ist, und leitet davon die Höhlenbildung auf dem Riffe ab. Wenn es sich nachweisen liesse, dass die Riffkorallen mit Algenzellen in der gleichen

---

1) J. WALTHER und P. SCHIRLITZ, Studien zur Geologie des Golfes von Neapel. Zeitschrift d. d. geol. Ges. 4886.

2) C. KELLER, Madagascar. 4887.

Symbiose lebten, wie viele Aktinien<sup>1)</sup>, so wäre jene Anschauung leicht verständlich und es würde auch erklärlich sein, wovon die Korallenthiere leben, wenn das pelagische Thierleben ihnen einmal wenig Nahrung bietet.

Ob alle Lücken auf dem Riff wirklich ausgefüllt werden, oder ob ein Theil der vielverschlungenen Höhlen, welche das Riff durchziehen, nicht Höhle bleibt, darüber habe ich keine abschliessenden Beobachtungen machen können; ich halte es nach meinen Erfahrungen auf dem Riff nicht für ausgeschlossen, und will auf die theoretische Bedeutung dieser Erscheinung für die Entstehung von Höhlen im Kalkgebirge nur beiläufig hinweisen.

In dem Maasse als man sich von der Riffkante aus dem Ufer nähert, nehmen die Korallen ab und die Detritussande zu, bis endlich am Strande auch terrigene Elemente sich am Sediment betheiligen. Während an der bewegten Brandungszone der Riffkante die Madreporen herrschen, werden sie nach der Küste zu immer seltener und Stylophora bildet die charakteristische Form dieser inneren Zone. Die von KLUNZINGER vorgeschlagenen Namen Madreporenzone und Stylophorazone sind glücklich gewählt und bestimmen den Typus. Die Madreporen wachsen meist als flache Schirme; Stylophora hat keine brandenden Wogen zu brechen, sie strebt mehr vertical in die Höhe (s. Fig. 22). Gegen die Küste zu werden auch sie immer kümmerlicher; halbabgestorbene Stöcke sind häufig, schwarze Echinometra lucunter liegen zu Tausenden im Sande, und ihre zerbrochenen Stacheln färben ihn häufig grau.

So stirbt das Riff schrittweise nach der Küste zu ab. Algen und Phanerogamen bilden im seichteren Wasser wenig erhöhte Rasen, *Thalassia Hemprichii*, *Cymodocea serrulata*, *C. ciliata*, *Halophile stipulata* machen sich breit. Dazwischen ist der Grund gepflastert mit kleinen schwarzen *Mytilus*, so dass der Fuss knirschend darüber hinweg schreitet. Direct am Strande scheint das Korallenleben aufs Neue zu beginnen, flache Korallenfelsen bilden ihn; jedoch es ist nur ein subfossiles Riff, das die Wellen vom bedeckenden Sande entblöst haben. Eine Grenze zu ziehen zwischen dem lebenden Riff und diesen subfossilen Felsen ist schlechterdings unmöglich und so

1) BRANDT, Über Symbiose von Algen und Thieren. Arch. f. Anat. und Physiol. 1882.

mischen sich auch am Strande die Reste lebender Thiere mit den gebleichten, oder durch Thonschlamm gelb gefärbten Fossilien einer jüngstvergangenen geologischen Periode.

Das Aquarell der Tafel IV giebt in seiner oberen Hälfte ein Bild von der Oberfläche eines Riffes in jener Smaragdfarbe, wie ich sie bei Grüm öfters beobachtete. Links, dem Ufer nahe, sind grüne Pflanzenrasen, polsterartig erhöht, dazwischen die schwarzen Mytiluspflaster. Nach rechts schliesst sich die Zone der rothgelben Stylophora, zwischen deren Stöcken die schwarzen Echinometren liegen. Darauf folgt die Zone der olivgrünen Madreporen mit ihrem treppenartigen Gefüge und tiefen Lücken, weiter rechts wird das Wasser rasch mehrere Meter tief und das Riff erreicht sein Ende. Die untere Hälfte des Bildes ist als Durchschnitt durch dasselbe Riff gedacht, und wurde aus einer Anzahl natürlicher Durchschnitte componirt, um das allgemeine verticale Gefüge des abgestorbenen Riffes und das Verhältniss der (dunkel schraffirten) Korallenstöcke zu dem (hellen) Füllsand zur Darstellung zu bringen.

Nach FRAAS l. c. S. 492 ist das Vorkommen von Schwefel am G. Djîmseh und von Petroleum am G. Sêt eine Erscheinung, welche im Zusammenhang steht mit dem Absterben des Riffes. Nach dem Bericht des Herrn Ingenieur MICHEL aber, welcher die Bohrungen am G. Sêt leitet, und nach den Gesteinsproben von dort im Museum von Cairo nimmt das Petroleum nach der Tiefe an Menge zu und es befindet sich das eigentliche Petroleumlager in der Kreide, vielleicht sogar im nubischen Sandstein.

Über das Schwefellager an den Korallenriffen von Djîmseh berichtet Herr MICHEL, dass es in Verbindung stehe mit einer Schwefelquelle. Dieselbe Verknüpfung von Schwefelquellen am G. Hammâm Pharaûn und G. Hammâm Mûsa der Sinaihalbinsel mit vergypsten Kalkschichten und Gypslagern wurde von mir schon oben erwähnt.

#### 4. Marine Oolithe.

In der Nähe von unbedeutenden Korallencolonien treten bei Sûcs und in höherem Maasse am Rand der Tyhwüste recente Oolithsande auf, welche ein gewisses Interesse beanspruchen dürften. Es ist aber mehr die räumliche, als die genetische Beziehung, welche mich veranlasst, im Anschluss an die Korallensedimente auch die Oolithsande zu schildern.

Schon auf dem ebbeentblösten Strande bei Sûes waren mir kleine weisse Körnchen von porzellanartigem Glanz und 0,3 mm Durchmesser aufgefallen, welche Oolithen zu sein schienen. Allein sie waren so vereinzelt, dass diese Erscheinung auch anders hätte erklärt werden können. Am zweiten Tag meiner Reise durch die Tyhwüste lagerte ich Mittags im Uâdi Dehêse, einem geröllreichen Rinnsal mit vereinzelt Salsulasträuchern. Zwischen den vom Flugsand polirten und abgeschliffenen Kalkgeröllen fielen mir abermals die kleinen porzellanartigen Körnchen auf, welche Milioliden ähnlich sahen, aber doch keine Foraminiferenstructur zeigten. Ich vermuthete, dass sie aus dem Gebirge herausgeführt worden seien, allein beim Graben kam ich bald auf einen marinen Lehm, welcher dem Salzthon glich, der auf dem ebbeentblösten Strand das Sediment bildet, und in ihm war die Zahl der Körnchen bedeutend grösser. Ich verfolgte daher die schwach geneigte Ebene nach dem Meeresstrande und sah, wie die weissen Körnchen immer zahlreicher wurden. Hinter dem aus vielen schönen Conchilien bestehenden Fluthwall war eine dünenartige Anhäufung von Oolithkörnern und der flache Meeresboden war mit einem gelben Schlamm bedeckt, welcher ausschliesslich aus feinem Oolith bestand. Der Schlamm zeigte parallele Rippelmarken und viele verwesende Thierreste lagen im 40 cm tiefen Wasser zwischen subfossilem Riffkalk. Unter dem weichen Schlamm der Bodenoberfläche waren die Körnchen schon etwas verkittet und zu Klümpchen von 10—30 vereint, endlich bei 5 cm Tiefe war das Sediment so fest, dass man es schneiden konnte. Meine erste Vermuthung war auch hier, dass diese Oolithkörner durch den Zerfall eines Oolithgesteins gebildet wurden, aber nirgends sah ich am Strande ein solches anstehen oder auch nur Bruchstücke davon. Ich achtete nun während meiner ganzen folgenden Reise durch die Sinaihalbinsel und die arabische Wüste bis zum Nil sorgfältigst, ob ich nicht irgendwo ein Oolithgestein finden möchte, suchte alle aufgenommenen Profile besonders auf diesen Gesichtspunkt hin durch, und ich kann mit Sicherheit aussprechen, dass in den Gesteinen der Sinaihalbinsel und der von mir durchreisten Gebiete der arabischen Wüste nirgends Oolithbänke oder auch nur Oolithkörner auftreten und bin daher überzeugt, dass das Oolithlager am Ausgang des Uâdi Dehêse eine recente Bildung *in statu nascendi* ist.

Zur mikroskopischen Untersuchung wurden die mit Terpentin befeuchteten Körnchen in Canadabalsam eingeschmolzen und so geschliffen. Wie Taf. VI, Fig. 2 erkennen lässt, sind die einzelnen Oolithkörnchen rundlich, aber von etwas verzogenen Umrissen. Die äusseren Umrisse entsprechen durchgängig den Ecken und Kanten der eingeschlossenen Quarzkörner. Nur ein kleinerer Theil zeigte sich aus mehreren Schalen aufgebaut; in solchem Fall befand sich eine schwärzliche Zone zwischen der inneren dunkelgelben und des äusseren hellen Kalkrinde. Während die Gesamtgrösse der Oolithe ziemlich gleiche Dimensionen zeigt, ist der Kern doch von ganz verschiedener Grösse, und diese Thatsache scheint mir beachtenswerth für die Entstehung der Oolithe. Denn nur so lange können dieselben mit neuen Kalkrinden umgeben werden, als sie die Bewegung des Wassers flottirend erhält. Je stärker der Wellenschlag ist, desto grösser können die Körnchen werden, aber sobald sie eine bestimmte Schwere erreicht haben, sinken sie zu Boden.

Die durch Salzsäure isolirten Kerne bestehen hauptsächlich aus Quarz, aber auch aus Feldspath, Granat, Magneteisen, Kieselnadeln und Foraminiferenfragmenten.

Herr Oberbergdirector VON GÜMBEL verpflichtet mich zu grossem Dank, indem er mir in seinem Institute die Oolithe durch Herrn A. SCHWAGER analysiren liess. Die Analyse ergab:

Spec. Gew. 2,800—2,850 (halb Aragonit?).

<i>Si O<sub>2</sub></i>	3,26
<i>Ti O<sub>2</sub></i>	Spuren
<i>Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub></i>	0,34
<i>Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub></i>	0,18
<i>Ca O</i>	52,96
<i>Mg O</i>	0,08
<i>K<sub>2</sub> O</i>	0,32
<i>Na<sub>2</sub> O</i>	0,46
<i>CO<sub>2</sub></i>	41,70
<i>P<sub>2</sub> O<sub>5</sub></i>	0,01
<i>SO<sub>3</sub></i>	0,06
<i>Cl</i>	0,18
Org. Subst.	0,34
	<hr/>
	99,89

Die organische Substanz (nach zwei Methoden bestimmt) war hellockerfarbig, fein vertheilt, stickstoffhaltig und besass das spec. Gew. 1,494.

Die mineralischen Kerne stammen allem Anschein nach aus der nahen Wüste und werden vom Landwind in das flache Meer getragen. Bei der Bildung der Kalkrinden spielen gewiss die vielen verwesenden Thiere, welche in dem Wasser und am Ufer lagen, und welche, wie es schien, hier von keinem Krebs weggeräumt werden, eine Rolle. In directer Nachbarschaft des Oolithlagers fand ich eine auffallende Menge Thierreste; Scutella, Clypeaster; Vulsella, Avicula und viele andere Lamellibranchiaten; Murex; Spongien etc. lagen in dem seichten Wasser in grosser Anzahl herum.

## V. Das jüngere fossile Riff.

An der 300 Kilometer langen Westküste der Sinaihalbinsel sind 130 km mit lebenden Saumriffen besetzt. Die jüngeren fossilen Riffe aber sind nur in der Länge von 30 km zu beobachten.

Auf drei räumlich weit getrennte Strecken ist das jüngere fossile Riff beschränkt und es ist unter solchen Umständen um so auffälliger, dass die fossile Riffterrasse überall ein gleichmässiges Niveau von 10 m über dem Meeresspiegel beibehält. Durch Überrollung an den Berggehängen oder durch locale Denudation erleidet jene Höhe kleine Abweichungen, allein das normale Niveau bleibt dasselbe. Ich erwähne, dass die Schichten des Kreidekalkes südlich vom G. Hammâm Pharaûn, auf denen das Riff aufsitzt, S fallen; dass die O fallenden Sandsteinschichten des G. Nakûs und G. Hammâm Mûsa, welche das zweite Riff tragen, einem gänzlich verschiedenen, tectonisch mit jenem nicht zusammenhängenden Gebirggliede angehören; dass endlich die W fallenden Sandsteinschichten unter dem fossilen Riff am Râs Muhâmmed ohne jede tectonische Beziehung sind zu den oben genannten Gebirgen.

In allen drei Fällen sitzt das Riff als wohlabgegrenzte Terrasse auf fester Felsenunterlage, und benachbarte Küstenberge von geringerer Festigkeit, besonders die krystallinischen Gebirge, haben keinen Riffbesatz. Am eingehendsten studirte ich den 7 km langen Riffzug



Walther del.

Lith. Anst. v. A. Giltisch, Jena.

Oberfläche und Durchschnitt eines Korallenriffes.

am G. Hammâm Mûsa nördlich von Tôr, zwei Tage lagerte ich am Râs Muhâmed und einen Tag am G. Hammâm Pharaûn. Der petrographische Habitus der drei Riffstrecken zeigt keine Unterschiede. Überall hat die Brandung des nahen Meeres steile Ränder an den Riffen geschaffen und den Untergrund wie das innere Gefüge prachtvoll aufgeschlossen (s. Fig. 26).

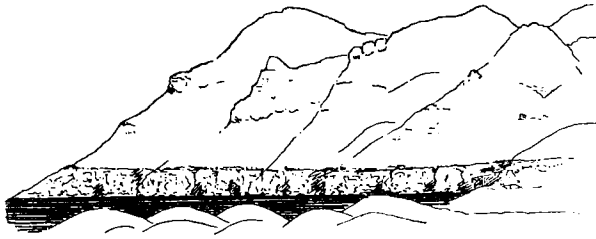


Fig. 26. Das jüngere fossile Riff am Westfusse des G. H. Mûsa.

Beistehend bringe ich das Profil durch das jüngere fossile Riff am G. Hammâm Mûsa (Fig. 27). Dort findet man in 4 m Wassertiefe am Strand die letzten lebenden Korallen. Dann folgt eine sandige Fläche, welche, etwa 40 Schritte breit, vom Meeresspiegel 3,20 m bis zum Fusse des Riffes ansteigt. Grosse Blöcke sind vom Riff herabgestürzt; verticale Sprünge durchziehen den Riffkalk und lösen neue Pfeiler ab, welche bald herabstürzen mögen. An der Basis tritt der nubische Sandstein in 20° östlich fallenden Bänken unter dem Kalk mehrfach hervor.

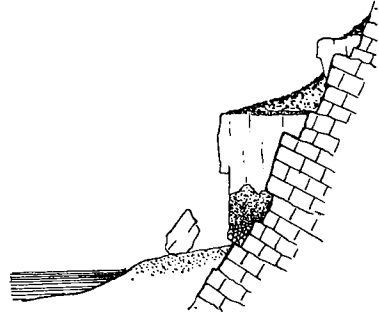


Fig. 27. Profil durch das jüngere fossile Riff am G. H. Mûsa.

Zu unterst bemerkt man 1 m grobe scharfkantige Blöcke, zu einer lockeren Breccie verkittet. Gelbe Kalkblöcke, von Pholadenlöchern zerfressen, gehören dem weiter oben am Berge anstehenden älteren Riffkalk an, mit ihnen vereint finden sich Blöcke eines aus Granitgrus bestehenden Sandsteins, welcher auch an anderer Stelle als Zwischenbildung zwischen jüngeren und älteren fossilen Riffen erkannt wurde, der aber, infolge seines localen Auftretens, auf meiner Karte nicht ausgeschieden werden konnte. Die grobe Breccie wird



überlagert von  $1\frac{1}{2}$  m einer feineren Breccie. Die einzelnen Bruchstücke sind höchstens faustgross, viele mit *Balanus* besetzt; Porphyr- und Granitstücke sind darin eingestreut. Dazwischen findet man schon Seeigelstacheln, Austern, Korallenfragmente und man sieht, dass die am überhängenden Sandsteinfelsen wachsenden Riffkorallen durch ihre abfallenden Äste, vermischt mit Meeressand, allmählich den Boden so weit erhöhten, dass endlich auch das Riff vom Felsen auf nichtfelsigen Boden hinüberwachsen konnte. Nach oben schalten sich immer mehr Korallen und andere Thierreste ein, Kalkalgen sind häufig, und bald ist der Übergang in das reine Riffgestein vollendet. Dasselbe besitzt eine Mächtigkeit von 3,50 m und wird nach oben

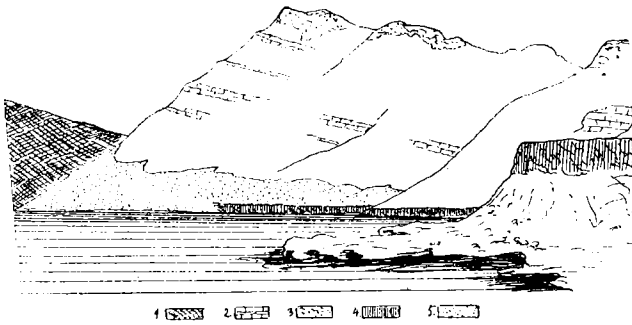


Fig. 28. Westabhang des G. Nakûs bei Abû Suère.

1. Granit. 2. Nubischer Sandstein. 3. Älteres fossiles Riff. 4. Jüngerer fossiles Riff.
5. Klingender Sand des G. Nakûs.

fast geradlinig abgeschnitten durch eine 10 cm dicke Sandschicht. Aber auch hier ist ein allmählicher Übergang zu verfolgen, der durch dickschalige *Lucina* eingeleitet wird.

Dreissig Schritte breit und 2 m hoch steigt jetzt abermals eine schuttbedeckte Terrasse an, dann folgt ein kleines 4 m mächtiges Riffband, aber von sehr localer Verbreitung. Der darauf folgende Abhang des G. H. Mûsa ist stark überrollt mit Blöcken des vorhin genannten Grussandstein. In einem Block desselben fand ich eingekittete Bruchstücke des weiter oben anstehenden Riffdolomites.

Bei Abû Suère am Fuss des G. Nakûs endet das Riff allmählich (Fig. 28). Gleich neben den Palmen von Abû Suère sind manche Stellen des Riffkalkes oberflächlich vergypst.

Sehr ausgedehnt sind die jüngeren fossilen Riffkalke am Süd-

ende des G. Hammâm Pharaûn und hier ist abermals die Auflagerung auf Schichtenköpfen fester Felsbänke eine überaus deutlich erkennbare, da das Meer vortreffliche Aufschlüsse geschaffen hat (s. u. Fig. 29). Auf Grund einer Anzahl von Einzelaufnahmen solcher Riffprofile wurde auch der Durchschnitt durch das Riff auf Tafel IV componirt, welche bestimmt ist, das Verhältniss der Korallen zu der detritogenen Füllmasse zur Anschauung zu bringen. Im Allgemeinen muss hervorgehoben werden, dass die Korallenstöcke kaum die Hälfte (etwa  $\frac{2}{5}$ ) des Riffkalkes betragen. Die Madreporen, welche auf dem lebenden Riff dominiren, treten in dem fossilen zurück. Es darf daraus wohl kaum der Schluss gezogen werden, dass diese Gattung

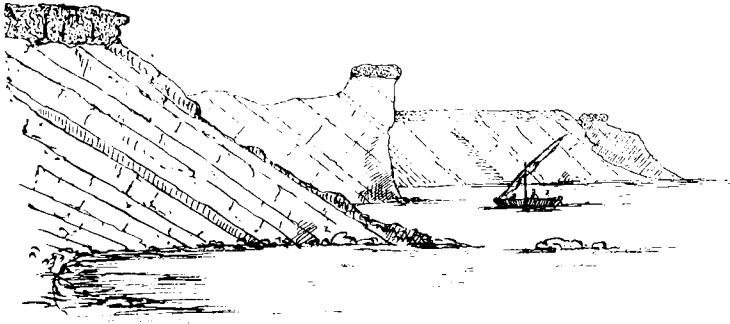


Fig. 29. Jüngerer fossiles Riff auf dislocirten Kalkbänken am Südfusse des G. H. Pharaûn discordant aufgewachsen.

früher seltener war, denn Fragmente sind überall zu erkennen. Es scheint vielmehr, dass sie als die brüchigste aller Korallen hauptsächlich den Kalksand liefert, welcher mehr als die Hälfte der Riffmasse bildet.

In diesem Kalksand ist die Fülle der Gastropoden geradezu erstaunlich. Grosse *Tridacna* liegen eingeklemmt zwischen Korallenstöcken und das Heer der kleineren Zweischaler ist nesterweise darin verbreitet. Häufig sind auch im jüngeren fossilen Riffe kleinere Nester wohlerhaltener Kalkalgen (*Lithothamnium*), welche ihre Structur vortrefflich erhalten haben (s. den Schriff auf Taf. VI, Fig. 4).

## VI. Das ältere fossile Riff.

Der Gébel Hammâm Mûsa bei Tôr, von dem schon mehrfach die Rede war, ist, wie das Titelbild dieser Arbeit Taf. I zur Anschauung bringt, ein langer nach Süden sich verflachender Rücken. Sein höchster Gipfel wurde von mir durch das Aneroid zu 230 m bestimmt. Beifolgende Kartenskizze Fig. 30 mag die Lage erläutern.

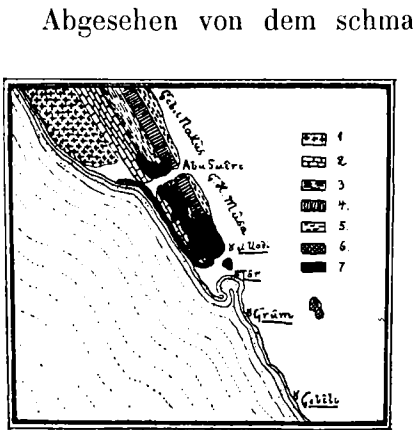


Fig. 30. Umgebung von Tôr.

1. Granit. 2. Nub. Sandstein. 3. Exogyra-mergel. 4. Flintkalke. 5. Nummulitenkalk. 6. Miocän. 7. Riffkalke.

Abgesehen von dem schmalen jüngeren fossilen Korallensaum seines westlichen Fusses und von gypsreichen Mergeln an seinem Ostfuss nahe dem Dörfchen el Uâdi, scheint er bei flüchtiger Betrachtung eine homogene ungeschichtete Masse von hartem körnigen gebräunten Kalk zu sein, der sehr an gewisse Dolomite der Zechsteinformation erinnert.

Eine Analyse des Gesteins, welche ich ebenfalls der grossen Liberalität des Herrn Oberbergs-director v. GÜMBEL und der Freundlichkeit des Herrn A. SCHWAGER in

München verdanke, ergab folgende Zusammensetzung:

$SiO_2$	6,88
$Al_2O_3$	6,43
$Fe_2O_3$	1,45
$CaO$	26,83
$MgO$	15,35
$K_2O$	0,32
$Na_2O$	0,48
$CO_2$	37,89
$H_2O$	4,33
	99,96

Spec. Gew. 2,773. Das Riffgestein enthält 80,07 Theile Carbonat mit 60%  $CaCO_3$  und 40%  $MgCO_3$ , darf also Dolomit genannt werden.

An den Südfuss des Berges lagert sich ein niedriger Vorberg (s. Fig. 34), welcher die abgeschnittene Spitze des Hauptrückens ist. Im Thal entspringen die Schwefelquellen und überall sind Gypsgesteine anstehend. Der Kalk, welcher über dem Gyps lagert, ist rothgelb gefleckt, sehr hart, und enthält eine grosse Menge Steinkerne bez. Hohlräume von Korallen und Conchilien. Am Fuss des Hauptrückens nahe bei el Uádi tritt ein horizontal geschichteter gelber Kalk auf, erfüllt mit den Hohlräumen kleiner Conchilien; er hat ganz den petrographischen Charakter, wie gewisse Schaumkalkbänke des mitteldeutschen Muschelkalkes. Nach oben zu wird die Schichtung undeutlich und beim Erklettern der braunen Dolomiffelsen kann man keinerlei stratographische Structur erkennen. An manchen Stellen hat der Wüstensand tiefe Furchen in den Kalk geschliffen, und mit



Fig. 34. Südlicher Vorberg des G. H. Mûsa (jenseits des Meeres ist der G. Sét sichtbar.

Mühe erkennt man einzelne Fossilienumrisse. Dagegen tragen die ursprünglichen Flächen der meisten Blöcke Abdrücke von Korallenkelchen. Diese Negative sind oft mit scharfen deutlichen Rippen versehen, dann ist die Korallenstructur leicht zu erkennen, bisweilen aber fehlen diese Rippen und dann ist der Felsen mit kleinen runden Zapfen bedeckt. Alle möglichen Übergänge lehren, dass sie die letzten Spuren der Kelchabgüsse darstellen.

Die genannten Korallenegative sind so überaus zahlreich, dass man sie beinahe auf jeder Gesteinsfläche erkennt, sobald man erst einmal das Auge daraufhin geschult hat.

Auf der Tafel V sind eine Anzahl der häufigeren Korallenegative von G. Hammâm Mûsa und Râs Muhâmmad in natürlicher Grösse durch Lichtdruck dargestellt. Leider ist der Erhaltungszustand ein so stark veränderter, dass ich von einer genauen Bestimmung der Gattungen absehen musste. Ich darf nur behaupten, dass die Korallen zu keiner der bei Tôr jetzt häufigeren Formen gehören.

Fig. 9 ist eine *Astraeide*, wahrscheinlich der Gattung *Symphyllia* angehörig. Fig. 3 und 4 scheint zu *Heliastreaea* zu gehören. Fig. 5 ist mit einiger Sicherheit auf *Fungia tenuifolia* zu beziehen. Die häufigste Art der Erhaltung zeigt Fig. 2. Indem durch den Sandwind allmählich die Septen abgeschliffen werden, entstehen erbsengrosse Zapfen, welche die meisten Felsstücke bedecken und nach den vorhandenen Übergängen als die letzten Spuren der Korallenkelche leicht erkannt werden. Fig. 6 ist der Ausguss eines Seeiegels, wahrscheinlich zu einem *Clypeaster* gehörig, von der Unterseite dargestellt. Auf der Oberseite sind drei *Ambulacralia* deutlich erhalten, die anderen corrodirt. Fig. 10 ist der Steinkern einer Bivalve; von dem Schloss desselben ist ein kleiner Zapfen erhalten, welcher für Zugehörigkeit zu *Spondylus* spricht. Fig. 8 ist der Steinkern einer *Lithodomus* (*dactylus*?). Fig. 4 ist eine Gruppe von solchen, zu einer anderen Art gehörig, wie sie im Inneren von Korallenästen sehr häufig angetroffen werden. Das gruppenartige Auftreten macht es mir wahrscheinlich, dass es sich um den Ausguss eines Korallenstockes handelt, dessen Äste mehrfach von *Lithodomus* angebohrt waren. Fig. 7 ist das Fragment eines Steinkerns von der Wohnung einer *Pholas* (welches um 10 cm nach unten ergänzt werden müsste). Nach dem Absterben der *Pholas* war eine *Astraeide* in die Höhle eingewachsen und bildete eine rindenartige Verkleidung derselben. In Anpassung an den stark gebogenen Untergrund ist ein Theil der Septen verlängert worden. Bei der nun folgenden Bildung eines Abgusses erschienen die Septen der Korallenkelche als sternförmig gerippte Warzen auf dem wurstförmigen Steinkern. (Ganz ähnliche Stücke fand G. SCHWEINFURTH im Miocän des G. Geneffe.)

Neben jenen zahlreichen negativen Korallenresten sind andere Thierreste weniger häufig, und in Folge des seltsamen Erhaltungszustandes schwer zu deuten. Steinkerne von *Lucina*, *Macra* und *Ostrea* sind noch am leichtesten zu verstehen.

Von hohem Interesse war mir der Fund einer grossen *Tridacna* mitten in diesem metamorphosirten Dolomit des Vorberges vom G. Hammâm Mûsa. Allerdings war auch sie stark verändert. Die beiden 50 cm grossen, 8 cm dicken Schalen waren fest in das Gestein eingeschmolzen, die äussere Form auf dem Durchschnitt deutlich zu erkennen und die einzelnen Lamellen der Porzellanschicht wohl

erhalten. Aber der Querschliff Taf. VI, Fig. 3 zeigt, wie stark das Gefüge der Schale verändert worden ist.

Da diese Schale gleich dem übrigen Kalk einen dolomitischen Charakter zeigt, schien mir eine Analyse ihrer Substanz besonders lehrreich. Herr A. SCHWAGER fand folgende Zusammensetzung:

Spec. Gewicht 2,775.

$SiO_2$	0,56
$Al_2O_3$	1,50
$Fe_2O_3$	0,33
$CaO$	30,44
$MgO$	49,92
$K_2O$	0,18
$Na_2O$	0,32
$CO_2$	45,84
$H_2O$	1,35
	100,44

Diese Schale enthält also 96,48 % Carbonat mit 56,6 %  $CaCO_3$  und 43,4 %  $MgCO_3$ , nähert sich somit noch mehr als der umschliessende Kalk dem normalen Dolomit.

Da recente Muschelschalen nur seltene Spuren von *Mg* enthalten, so ist der Magnesiareichthum dieser *Tridacna*, welche einer letztvergangenen geologischen Periode angehört, eine für das Verständniss der Dolomitisation wichtige Thatsache.

Diese seltsame Kalkmasse überkleidet den G. H. Mûsa nach allen Seiten und ich war am ersten Tag meines Besuches der sicheren Meinung, einen 230 m dicken, compacten Korallenberg vor mir zu haben, von vielleicht mesozoischem Alter. Da entdeckte ich bei einem zweiten Besuche westlich unter dem höchsten Gipfel einen prachtvollen Aufschluss, an den ich heranklettern konnte. S. u. Fig. 32. Auf östlich 45° einfallenden gelben Sandsteinbänken, welche sich bis zum Fuss des Berges verfolgen liessen, folgen 4 m gelbe und 2 m graue Sandsteine. Dann 3 m Mergel mit Kalkconcretionen in discordanter Lagerung. Nach oben wird der Kalk immer reicher, es bildet sich eine weisse Kalkbank, und darüber erhebt sich eine 45 m mächtige Steilwand des vertical zerklüfteten Dolomites. Nahe bei diesem Profil nahm ich eine etwas veränderte Schichtenfolge wahr,

doch sprang auch hier die discordante Überlagerung scharf und deutlich in die Augen.

Bei dem unbestimmbaren Alter der mächtigen fossiliferen Sandsteinablagerung im Liegenden war aber mit diesem Profil das Alter des Korallendolomites noch keineswegs festgestellt, und der Habitus des Gesteines sprach ein gewichtiges Wort zu Gunsten eines mesozoischen Alters. Ich beschloss daher den Ostrand des Bergrückens gegen die Gaâwüste hin genauer zu untersuchen. War die Entstehung des G. Hammâm Mûsa gleichzeitig mit den übrigen Dislocationen am Sinai erfolgt, so musste ich am Ostfuss des Berges nach Norden

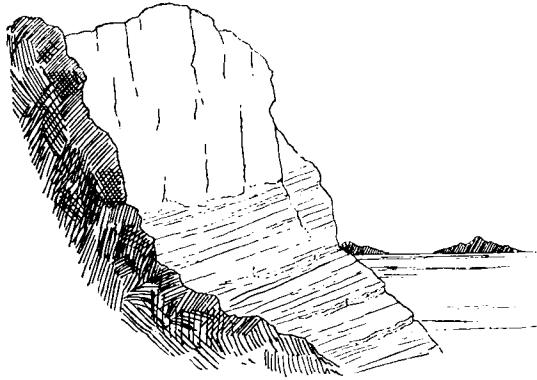


Fig. 32. Discordante Auflagerung des älteren Riffdolomites auf nubischem Sandstein des G. Hammâm Mûsa.

gehend unter dem Korallendolomit immer jüngere Schichten antreffen, welche concordant auf dem vorher beobachteten Sandstein auflagerten (vergl. Fig. 30). Ich fand überall kleinere und grössere Lücken in dem hangenden Riffmantel, und beobachtete darin bei constantem Streichen und Fallen übereinander gelben Sandstein, Mergel mit *Exogyra*, weisse Kalke mit Feuersteinlinsen und endlich die erwarteten Nummulitenkalke. Das naheocäne Alter des Riffmantel am G. H. Mûsa war dadurch zweifellos festgestellt.

Die genauere Einreihung in die Schichten der Tertiärperiode ist bei dem Mangel bestimmbarer Fossilien ein direct nicht zu lösendes Problem. Ich habe schon oben erwähnt, dass die miocänen *Scutella*-schichten östlich von Grûm weder räumlich, noch hypsometrisch, noch petrographisch irgend welchen Zusammenhang mit dem Dolomit haben,

so dass ein miocänes Alter desselben auf diesem Wege nicht bewiesen werden kann.

Über das zeitliche Verhältniss zu den jüngeren fossilen Riffen am Strande giebt aber wenigstens der schon genannte Grussandstein Aufschluss.

Die feinkörnige graue Breccie, welche ich als Grussandstein bezeichnete, lagert an den Abhängen des G. Hammâm Mûsa, und ich fand sie wieder am Râs Muhâmmed, beide Male eingeschaltet zwischen die jungfossilen Riffe am Strand und den dichten Riffkalk auf der Höhe. Am G. Hammâm Mûsa enthielt der Grussandstein Bruchstücke der letzteren mit wohlerkennbaren Korallenabgüssen; er muss also gebildet sein, nachdem der Riffdolomit entstanden und metamorphosirt war. Andererseits erwähnte ich schon oben, dass Blöcke des Grussandstein als Liegendes in der Breccie unter dem jungfossilen Riffband gefunden wurden; es muss also vor der Bildung des letzteren schon bestanden haben, und macht es wahrscheinlich, dass ein ziemlich langer Zeitraum zwischen der Bildung beider Riffgesteine verstrich.

So beweist die tectonische Lagerung das, was aus dem petrographischen Habitus beider Riffe schon hervorging, dass beide Ablagerungen zeitlich getrennt sind und verschiedenen geologischen Zeiträumen angehören. Und wenn ich den jungen Riffkalk am Fuss des Berges als pleistocän bezeichnen wollte, so müsste der eben geschilderte Dolomit pliocän genannt werden, nachdem seine Beziehung zum Miocän zweifelhafter Natur ist.

Ich wüsste nur eine einzige Thatsache anzugeben, welche das miocäne Alter des oberen Theiles vom Dolomitriff des G. Hammâm Mûsa wahrscheinlich machte. Herr Professor SCHWEINFURTH hat nämlich in dem Miocän des G. Genéffe bei Sûes Ausfüllungen von Pholadenlöchern gesammelt und in der Sammlung der École de Médecine in Kairo niedergelegt, welche genau wie die Stücke Taf. V, Fig. 7 vom G. Hammâm Mûsa eine sternförmige Oberflächensculptur zeigen, wie sie entsteht, wenn eine Astraeidencolonie das Bohrloch ausgekleidet hatte und wie ich sie auf dem Rücken des Berges häufig fand. Sollten Geologen wieder den G. H. Mûsa besuchen, so wäre es wünschenswerth, wenn sie auf diese Beziehung achteten.

Auf dem G. Nakûs, welcher durch das romantische Thal von Abû Suère vom G. H. Mûsa getrennt wird, sah ich eine ähnliche



Decke dunkelbraunen Kalkes über die Sandsteinschichten hinübergreifend, aber ich fand keine Zeit, nähere Beobachtungen anzustellen.

Am Râs Muhâmméd tritt in 60—90 m Höhe ein dem genannten Riffgestein nach mehreren Seiten ähnlicher Korallenkalk dort auf, wo der Carawanenpfad von der westlichen Wüstenebene gegen Schêrm hinüberführt. Dunkelbraune Sandsteinschollen liegen über dem Granit und sind verkleidet von einem hellvioletten, sehr festen Kalk mit muscheligen Bruch, welcher gänzlich aus Korallen zu bestehen scheint (s. Fig. 33). Dieser Kalk unterscheidet sich durch seinen glattmuscheligen Bruch und seine hellrothe Farbe von dem Dolomit des G. Hammâm Mûsa. In dem gleichen barometrisch gemessenen Niveau tritt jenseits der 300 Faden tiefen Bucht Ghasulâni auf dem eigent-

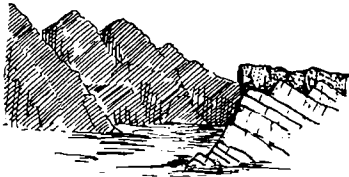


Fig. 33. Riffkalk in discordanter Lagerung auf Sandsteinbänken an der Mündung des Uâdi Hâscheb.

lichen Felsencap Râs Muhâmméd dasselbe korallenreiche Gestein mit einem, dem Dolomit des G. Hammâm Mûsa sehr ähnlichen Habitus und vielen Negativen wieder auf. An zwei Stellen beobachtete ich in tiefen Schluchten liegende Sandsteinbänke, so dass ich glaube, das Profil Fig. 20 vertreten zu können, welches die beiden oben genannten schirmförmigen Saumriffe,

die jüngere fossile Riffterrasse, und auf der Höhe die ältere fossile Riffkappe zeigt. In Verbindung mit den Riffkalken tritt der Grusandstein wie am G. Hammâm Mûsa auf und veranlasst mich, jene Riffgesteine mit diesen chronologisch zu vereinigen. Eine noch genauere Altersbestimmung lassen auch hier die Fossilreste vorläufig nicht zu.

## VII. Bau und Bildung der Sinaitischen Korallenriffe.

Nachdem ich in den vorhergehenden Abschnitten in systematischer Folge meine Beobachtungen mitgeteilt habe, soweit sie mir wichtig erschienen für die Lösung der in der Einleitung aufgestellten Fragen über die Natur der Korallenriffe an der Sinaihalbinsel, ist es die Aufgabe dieses Abschnittes, die dort gestellten Fragen zu beantworten. Einige bei meinen Untersuchungen gewonnene allgemeinere

Anschauungen über die Korallenriffe der Sinaihalbinsel möchten hierbei noch ausgesprochen werden.

### 1. Welche Mächtigkeit besitzen die Riffe?

Die steile Böschung des G. Hammâm Mûsa bringt es mit sich, dass lange Schutthalden seine Abhänge überrollen und den Contact der discordanten Auflagerung des Dolomites mehrfach verbergen. Das schöne Profil unter dem Nordgipfel zeigt eine verticale Riffwand von 15 m. Allein, wie das Gesamtprofil auf Fig. 15 erkennen lässt, steht die verticale Profillinie nicht senkrecht zur Bergfläche, daher beträgt die wahre Dicke des Riffmantels weniger als 15 m. Am Ostabhang des Berges schwankt die Dicke des Riffmantels zwischen 2 und 6 m (s. u. Fig. 34).

Die Mächtigkeit der älteren Riffkalke und Dolomite am Râs Muhâmed beträgt in dem Profil Fig. 33 gegen 7 m; auf der Klippe des Râs (Fig. 20) ist sie nicht sicher festzustellen, scheint aber die genannten Zahlen nicht zu übersteigen.

Um so besser ist die Mächtigkeit der jüngeren Riffkalke zu messen. Der Riffkalk südlich des G. Hammâm Pharaûn ist 3—5 m dick. Der Korallenkalk von Abû Suère, G. Nakûs und G. H. Mûsa zeigt 3,5 m in der unteren, 4 m in der oberen Terrasse. Mächtiger sind die jüngeren Riffkalke am Râs Muhâmed, doch sind die Aufschlüsse nicht tief genug, um die ganze Mächtigkeit zu übersehen; ich schätze sie auf 9 m.

Die Frage nach der Mächtigkeit der lebenden Riffe ist direct nur an den Schmiriffen am Râs Muhâmed zu beantworten; sie sind gegen 3 m dick. Für alle übrigen lebenden Riffe kann das Problem nur indirect gelöst werden, und indem ich die besondere Behandlung desselben mit dem folgenden Abschnitt vereinige, will ich hier nur vorausgreifend mein Urtheil dahin abgeben, dass ich sage: die lebenden Korallenriffe des Meerbusen von Sués sind dünne Krusten auf submarinen Felsenzügen und dürften kaum die Mächtigkeit der fossilen Riffe überschreiten, da eine negative Strandverschiebung wohl die seitliche Verbreiterung, aber nicht das Dickenwachsthum der Riffe begünstigt.

## 2. Wie ist der Untergrund beschaffen?

In einer kürzlich erschienenen Studie, in welcher ich die Frage nach dem Bau der Continentalgrenzen auf speculativem Wege zu lösen und nachzuweisen versuchte, dass die sogenannten Barrierriffe keine erhebliche Mächtigkeit besitzen<sup>1)</sup>, wies ich darauf hin, dass Korallenriffe zu ihrem Gedeihen eines felsigen Untergrundes bedürfen. Freilich hatte ich meine Erfahrungen nur an den Colonien von *Coralium rubrum* im Golfe von Neapel gesammelt; über die eigentlichen Riffkorallen standen mir nur Literaturangaben zur Verfügung. Ich untersuchte daher diese Verhältnisse mit besonderer Sorgfalt an den fossilen Riffen der Sinaihalbinsel.

Das ältere dolomitische Riffgestein des G. Hammâm Mûsa liegt (s. Fig. 32 u. 34) an mehreren Profilen auf weichen Mergeln, welche

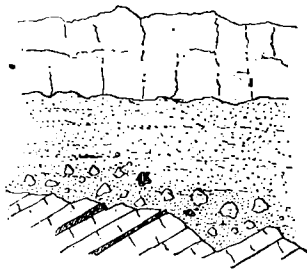


Fig. 34. Riffdolomit am Ost-  
abhang des G. H. Mûsa,  
discordant auf Kalkbänken,  
mit mergeliger Zwischen-  
schicht.

sich einschalten zwischen die Bänke des nubischen Sandsteins und den Dolomit. In anderen Profilen liegt es eng auf jenem auf. Unter dem Dolomitriff des Râs Muhâmmed tritt an zwei Stellen der Sandstein ohne thonige Zwischenschicht auf, und die schönen Aufschlüsse an der Mündung des Uâdi Hâscheb (Fig. 33) zeigen den Contact des älteren Korallenkalkes mit dem Sandstein in auffallender Weise. In beiden genannten Fällen hört das Riff dort auf, wo der Sandstein an Porphyrtuff und anderen

krystallinischen Gesteinen von geringerer Festigkeit endet.

Nördlich von Tôr endet das Dolomitriff des G. Hammâm Mûsa und G. Nakûs dort, wo die krystallinische Kette der Áraba erscheint. Während alle übrigen Küstenberge zu tief oder zu weit vom Meere abgelegen sind, um ein älteres fossiles Riff zu tragen, ist der Mangel eines solchen am G. Hammâm Pharaûn durch die heissen Schwefelquellen genügend erklärt.

1) Über den Bau der Flexuren an den Grenzen der Continente. Jen. Zeitschr. f. Naturw. Bd. XX. 1887.

Das jüngere fossile Riff beginnt südlich dieses Berges, und ist vorzüglich aufgeschlossen. Überall wuchs es auf Schichtenköpfen eines weissen Kalkes. Am G. Nakûs und G. Hammâm Mûsa sitzt es auf Schichtenköpfen des nubischen Sandsteins. Am Râs Muhâmmed ist das Liegende nicht sichtbar.

Aber wie ist der Untergrund der lebenden Riffe beschaffen? Ein Blick auf die geologische Karte lehrt, dass sich vom Centralgebirge der Sinaihalbinsel beim Râs Djehân eine Gebirgskette ablöst, welche bis Tôr reicht und die Gaâwüste einschliesst. Diese (auf englischen Karten Gêbel Gebeliyeh genannte) Árabakette besteht aus fünf Bergrücken, welche parallel nebeneinander herziehen und deren einfache Lagerung am besten auf Tafel VII, Profil 6, zu erkennen ist. Diese Tafel giebt von Norden nach Süden elf Profile wieder, welche zwar in wechselnden Abständen, doch unter sich parallel so gelegt wurden, dass sie die wichtigeren tectonischen Verhältnisse zum Ausdruck bringen. Die Schichten entsprechen denen auf der geologischen Karte.

Profil 1 ist durch den Ausgang des Uâdi Firân gelegt; die westliche krystallinische Kette der Áraba wird vertreten durch die sandbedeckte Ebene von Burdôss. Die Schichten des Nubischen Sandsteins, Exogyramergel, Flintkalke, Nummulitenkalke liegen muldenförmig übereinander und werden östlich unterlagert vom granitischen Centralstock des Serbâl.

In dem folgenden Profil 2 ist die synklinale Mulde in ihrer Mitte und östlichen Hälfte in die Tiefe gesunken, am Granit treten keine Sedimente hervor, und die Mulde wird bedeckt vom Sand der Gaâwüste. Dagegen tritt westlich der G. Durbâh steil heraus. Die Schichtenserie der Sedimente ist an seinem Fusse durch eine Verwerfung verdoppelt, in welcher ein Eruptivgang hervorgedrungen ist. Indem der Bruch nach Süden endet, rückt im Profil 3 die Áraba seitlich zusammen und der Granit des G. Abu Hóswâh kommt östlicher zu liegen. Dieses und das folgende Profil 4 bieten auf der Westseite wenig Bemerkenswerthes, dagegen ist die östliche Begrenzung der Gaâwüste von besonderem Interesse. Im Profil 3 erscheint am Fusse des Serbâl der kleine tectonische Aufbruch des G. Súffr, welcher Nummulitenkalk und Exogyramergel aus der Gaâwüste hervortauchen lässt, am Profil 4 dagegen ist die kleine Kreidescholle

bemerkenswerth, welche südlich vom Ausgang des Uádi Hebràn in stark dislocirten Schichten beobachtet wurde.

Aber schon hat die gesammte Árabakette an Höhe verloren und beginnt sich allmählich zu verflachen. Zuerst verschwindet am G. Nakûs die krystallinische Aussenkette, welche bis dahin die Küste bildete und der nubische Sandstein tritt als hoher Steilabfall zwischen Profil 6 und 7 an das Meer heran. Sofort erscheint ein fossiler Riffsaum am Fuss und ein älterer fossiler Riffmantel auf der Höhe des G. Nakûs und G. Hammâm Mûsa. Salzthon und Gypse treten am Ostfuss des Gebirges bei el Uádi auf. Jetzt verschwindet die östliche Kette des Nummulitenkalkes unter dem Sand der Gaâwüste, darauf die Flintkalke, und in Profil 8 erscheint nur noch Sandstein und Exogyramergel als Kern des Riffmantels. Die westlich untertauchenden tieferen Sandsteinbänke aber bilden den Untergrund für das lebende Riff bei Tôr.

In dem Maasse, als die Kette der Áraba unter das Meer taucht, verbreitert sich zusehends das lebende Riff und immer neue Riffzüge treten seitlich hinzu. Östlich von Grûm stehen in Profil 9 die Scutella-schichten an. Während die Gaâwüste südwärts sich verschmälert, treten die östlicheren Árabaketten an das Meer heran, zweigen sich von der Küste ab und tragen langgestreckte Riffzüge (Profil 10). Indem diese Riffbänder nacheinander auch ihrerseits enden, deuten sie an, wie die liegenden Felsenklippen allmählich immer tiefer unter den Meeresspiegel tauchen und dadurch die korallenreiche Brandungszone verlassen.

Am Ràs Muhámmed endet in Schâb Máhmud der letzte lineare Riffzug. Die Klippe des Ràs trägt verschiedenalterige fossile Korallenriffe, dann erreicht die Flachsee und mit ihr das Korallenleben ein Ende.

Auf Grund der eben geschilderten Verhältnisse kann ich die Eingangs gestellte Frage folgendermaassen beantworten: Die fossilen und wahrscheinlich auch die lebenden Korallenriffe der Sinaihalbinsel sitzen auf Schichtenköpfen fester Sedimentgesteine, sie fehlen auf den weicheren und bröckeligen Küstengesteinen der Sinaihalbinsel.

### 3. Welche Rolle spielt das detritogene Füllmaterial auf dem lebenden Riff?

Diejenige Korallengruppe, welche auf dem lebenden Riff am häufigsten ist, deren weitausgebreiteten olivengrünen oder braunen Schirme zuerst und am meisten in die Augen fallen, die Gattung *Madrepora*, ist in den fossilen Riffen am schlechtesten erhalten. Der treppenförmige Aufbau des lebenden Riffes sollte doch auch dem fossilen ein gewisses horizontal geschichtetes Gefüge geben — statt dessen ist dieses vertical zerklüftet und verticale Pfeiler lösen sich durch die Verwitterung aus ihm ab.

Ich glaube nicht, dass man hieraus schliessen darf, früher habe es dort weniger *Madreporen* gegeben, denn die Übergänge von lebenden zum fossilen Riff sind so stetige, dass an eine solche Verschiedenheit nicht gedacht werden kann. Aber *Madrepora* ist trotz ihrer Häufigkeit schon auf dem lebenden Riff die vergänglichste aller Korallen. Die Schirme von *M. corymbosa* sind immer morsch und unversehens bricht der Fuss beim Betreten derselben hindurch. Diese auffallende Brüchigkeit der spröden Äste scheint mir die wesentliche Ursache, weshalb sie in den fossilen Riffen nur fragmentarisch auftreten; sie liefern einen grossen Theil jener Kalksande, welche als Füllmasse zwischen den Korallen überhand nehmen.

Nächst den leichtzerstörbaren *Madreporen* sind es Kalkalgen, welche eine wichtige Rolle als Füllmaterial spielen und deren Thätigkeit die auseinanderbrechenden absterbenden Korallenäste immer aufs Neue zu einem Roste verkittet. Selbst wenn ich die *Lithothamnien*-lager, welche ich nicht näher untersuchen konnte, gänzlich ausser Acht lasse, so ist doch *Lithophyllum* ein sehr wichtiger Factor im Aufbau des Riffes. Ihre dünnen, Alles überziehenden Krusten ermöglichen es, dass auf sandigem verschiebbarem Boden eine Unterlage geschaffen wird, auf der ein Korallenriff zu gedeihen vermag.

Die Lücken aber zwischen einem so maschigen Balkenwerk füllen die Krebse aus. Jeder sterbende Seeigel, jede Muschel, jede Gastropodenschale wird von ihnen zerbrochen und zerkleinert, ja sie schonen ihre eigenen Verwandten nicht, zerbrechen den Panzer ihrer abgestorbenen Genossen, um die letzten Spuren organischer Substanz herauszusuchen. So schaffen sie jenen scharfkantigen Kalksand, welcher

die Lücken zwischen den Korallenästen und die Lücken zwischen den Korallenstöcken ausebnet. Das ist die geologische Thätigkeit der scheerentragenden Krebse.

Der Kalksand nimmt auf dem lebenden Riff, besonders in der südlichen Hälfte von Erg Tôr, ziemlich bedeutende Gebiete ein. Allein die Oberfläche des lebenden Riffes ist nicht recht geeignet, um mit Sicherheit zu beurtheilen, wieviel von der Riffmasse aus Korallenstöcken, wieviel aus Kalksand besteht. Nach einer Anzahl Einzel-skizzen von fossilen Riffen ist der Durchschnitt auf Tafel IV entworfen; man erkennt daraus, dass  $\frac{2}{5}$  der Riffmasse aus erhaltenen Korallen,  $\frac{3}{5}$  aus Kalkdetritus bestehen.

#### **4. Welche Veränderungen erleiden die Riffsedimente, wenn sie endgültig vom Wasser entblöst wurden?**

Wenn ein Zoologe sich anschickt zum Studium eines Korallenriffes, so beginnt er am Ufer, dringt immer weiter meerwärts ein in die Fülle des Korallenlebens, und auf der äussersten Riffkante, wo es am üppigsten entwickelt ist, dort wartet seiner das Endziel der Arbeit. Der Weg des Geologen führt von der Gegenwart zur Vergangenheit. Indem wir von dem bunten Korallengarten der Riffkante allmählich landeinwärts beobachten, verfolgen wir das Absterben des Riffes. Das formenreiche Thierleben tritt immer mehr zurück. Die weissen Detritusflecke werden immer grösser, die Korallenbänke immer kleiner. Mehr und mehr treten abgestorbene Stöcke auf, und endlich überziehen Pflanzenrasen und Mytiluscolonien den Boden des seichteren Wassers.

Nur im Niveau der Brandung treten abermals Korallen auf, aber es sind die Reste eines subfossilen Riffes, das die Wellenabrasion zerfrisst und zerstört. An manchen Uferstrecken bei Grüm und südlich davon bildet das subfossile Riffgestein eine 2 m breite horizontal abrasirte Stufe am Ufer. Das Seewasser löst die detritogene Füllmasse zwischen den Korallenstöcken leicht auf und enthüllt das Gefüge des Riffes. Dieses subfossile Riff hing wahrscheinlich einmal zusammen mit der jüngeren fossilen Riffmasse und nur die Brandung hat beide durch eine Art Strandlinie getrennt und räumlich geschieden. Dafür spricht der überaus gleichmässige Erhaltungszustand beider und die Beschaffenheit der Sedimente. Die Korallen sind farblos, ihr speci-



Steinkerne aus dem fossilen Rifflkalk.

(G. Hammam Musa 2. 6. 7. 8. 9. 10 und Ras Muhammed 1. 3. 4. 5.)



fisches Gewicht ist etwas grösser, die Füllmasse ist nicht verkittet. Die eingestreuten Thierreste tragen bisweilen noch die ursprüngliche Farbe. Die Lithothamniumknollen sind compact, aber ihre mikroskopische Structur zeigt keine Veränderung (Taf. VI, Fig. 4).

Vor Ablagerung der jüngeren fossilen Riffkalke muss die Bildung von Korallenriffen am Sinai einige Zeit unterbrochen oder wenigstens schwächer gewesen sein, denn die oft genannten Grussandsteine sind eine bezeichnende Zwischenbildung.

Indem wir wenige Meter an den steilen, schuttbedeckten Bergabhängen aufwärts steigen, tritt uns ein Riffgestein entgegen, das einen grundverschiedenen Habitus besitzt. Selbst wenn wir die violetten Korallenkalke vom Ausgang des Uâdi Hâscheb als eine jüngere Bildung betrachten, als die Dolomite des Râs Muhâmmad und des Hammâm Mûsa, so ist die Kluft doch keineswegs überbrückt. Trotzdem jeder Felsblock die Spuren von Korallenkelchen erkennen lässt, ist auch nicht die geringste Ähnlichkeit zwischen diesen und den jüngeren fossilen Riffsedimenten zu erkennen, und wir werden veranlasst, nach specifischen Ursachen dieser Metamorphose zu suchen. Die Thatsache lehrt uns, dass die Anschauung einer gleichmässigen und allmählichen Umwandlung der Kalkgesteine nicht überall als Erklärungsversuch eingeführt werden darf, und dass neben den Prozessen der chronischen Metamorphose auch acute Umwandlungsvorgänge im Laufe der geologischen Vergangenheit vorgekommen sind.

##### **5. Welche Veränderung hat Form und Verbreitung der Riffe im Laufe der geologischen Geschichte erlitten?**

Eine negative Strandverschiebung hat die Gebirge und mit ihnen die Korallenriffe der Sinaihalbinsel vom Wasser theilweise entblöst, und es liegt nahe zu fragen: ob diese Veränderung der Elementengrenze durch eine Hebung des Festlandes, oder durch den activen Rückzug des Meeres bedingt worden sei?

Die Sinaihalbinsel ist in der Tertiärzeit dislocirt worden; ob diese festländischen Bewegungen zu Ende des Eocän oder im Miocän erfolgten, habe ich mit Sicherheit nicht entscheiden können. Jedenfalls haben diese Bewegungen eine Anzahl Gebirgsglieder geschaffen und dieselben topographisch wie tectonisch isolirt. Die Áraba hängt

mit dem centralen Gebirgsstock nur durch eine schmale Brücke am Uâdi Firân zusammen. Der Höhenzug des G. Pharaûn bis G. el Nochel und Marchâ ist durch die Wüstenebene von Marchâ und Burdëss von der Âraba völlig getrennt. Endlich ist die felsige Südspitze der Halbinsel, das Râs Muhâmed, nur durch eine flache Sandbrücke mit dem übrigen Festland verbunden.

Die Verwerfungen, welche das Küstenland derartig zerstückelt haben, müssen theilweise eine Sprunghöhe von mehr als 800 m besitzen, denn so hoch steigen die sedimententblösten Granitwände des G. Marchâ und des G. Abû Dûrbâh aus der Sandebene empor.

Wenn ein so zerstücktes und in selbständige Glieder aufgelöstes Gebirgsland durch »Hebung« centrifugal bewegt wurde, so werden sich meiner Ansicht nach die einzelnen Theile in verschiedenem Maasse bewegen, und längs der grossen und kleinen Verwerfungen wird sich eine individualisirte Bewegung der Schollen geltend machen. Das Ausmaass solcher Bewegungen wird in der gleichen Zeit an verschiedenen Punkten der Küste ein verschiedenes sein; die durch gleichmässigen Habitus und identen Erhaltungszustand als gleichalterig erkannten jüngeren fossilen Riffterrassen halten aber längs der gesammten Küsten das gleiche Niveau ein. Mögen Verwerfungen, ein Wechsel des Küstengesteins oder Wüstenebenen das Riffband unterbrechen, immer tritt es wieder in demselben Niveau auf und zieht sich als markante Strandlinie an Berg und Thal entlang. Die älteren fossilen Riffkalke und Dolomite am G. Nakûs, G. Hammâm Mûsa und Râs Muhâmed sind nicht als Terrassen ausgebildet, sondern sind mantelförmige Hauben, welche die Bergrücken bedecken; sie können daher weder für, noch gegen eine Hebung angeführt werden und haben für die Entscheidung des besprochenen Problems keine Beweiskraft.

Aber die Lagerung der jüngeren fossilen Riffe und einige noch zu erwähnende weitverbreitete Erscheinungen an der Sinaihalbinsel können dafür angeführt werden, dass die negative Strandverschiebung nicht durch eine festländische Hebung, sondern durch eine regredirende Bewegung des Meeres bedingt sei.

Will man festländische Bewegungen an der Sinaihalbinsel annehmen, so wäre von meinen Beobachtungen nur das untere abgestorbene Saumriff bei Ghasulâni östlich von Râs Muhâmed zu nennen,

welches zwar für keine Hebung, aber für eine jüngere locale Senkung spricht, die jene Felsen um 6 m centripetal bewegte, da kein anderer Grund für das Vorhandensein zweier Schirmriffe aufgefunden werden konnte.

Die Fig. 4 der Tafel VIII zeigt mit Zugrundelegung des heutigen Festlandreliefs in allgemeinen Umrissen die Vertheilung von Wasser und Land zur Zeit des älteren fossilen Riffs. Am Nordfuss des G. Atakáh dringt westlich eine weite Bucht gegen Genéffe, östlich reicht das Meer bis an den Fuss des Tyhgebirges. Die Áraba bildet submarine Klippenzüge, nur die Aussenketten des G. Abù Dúrbáh und G. Abù Hóswáh ragen als langgestreckte Inseln über das Meer. Erst dort, wo dieser gewaltige Wellenbrecher endet und die Meereswogen frei an die Klippen des nubischen Sandsteins anschlagen, haben sich auf ihnen die Riffe des Nakús und Hammâm Mûsa angesiedelt. Das Thal von Abù Suère trennte wahrscheinlich schon damals die beiden Berge. Bis zum Ràs Muhámed ist der Granit riffrei geblieben. Dort aber auf den Dislocationsschollen des Sandsteins findet sich wiederum ein fossiles Riff.

Die Figur 2 links von dem eben beschriebenen Bild stellt dasselbe Gebiet zur Zeit der jüngeren fossilen Riffe dar. Der Strand hat sich vertical um 230 m verschoben und grosse Küstenstrecken sind vom Wasser entblöst. Eine Anzahl Felsenklippen, welche sich vorher in grosser Wassertiefe befanden, sind jetzt der Meeresoberfläche nahe gekommen und bieten den Korallen einen günstigen Untergrund. Das Riff südlich des Hammâm Pharaún siedelte sich auf Kalkbänken an, das Riff des Hammâm Mûsa ist bei der negativen Strandverschiebung an den Berggehängen herabgewachsen, dann bildete sich der Grussandstein und jetzt finden sich die jüngsten Korallensedimente an seinem Fuss. Auch das Riff am Ràs Muhámed ist von oben nach unten an dem Felsen herabgewachsen und hat sich dabei seitlich ausgebreitet.

Aber immer weiter schreitet die negative Verschiebung der Elementengrenze, und immer mehr submarine Klippenzüge rücken so weit an den Meeresspiegel herauf, dass sich Korallen auf ihnen ansiedeln können. Die Figur 3 der Tafel VIII spricht deutlicher als Worte, wieviel neue Riffzüge seitdem entstanden sind. An mehreren Stellen haben sich kleinere Riffstrecken zu ringförmigen Atollen ge-

geschlossen und gross ist die Mannichfaltigkeit der Riffformen; aber die allgemeine NW—SO-Richtung ist überall deutlich zu erkennen.

Das subfossile Riff am Strand lehrt uns, wie jene negative Bewegung des Strandes bis in die jüngste Vergangenheit hinein fort-dauert. Aber selbst wenn diese Riffe nicht wären, so sprechen doch viele andere Thatsachen unwiderleglich dafür, dass die negative Strandverschiebung an den Küsten der Sinaihalbinsel bis in die Gegenwart hineinreicht.

Alle jene Gebiete, welche ich auf der geologischen Karte als »Salzthon« ausgeschieden habe, sind nichts weiter als eingedampfte Lagunen und meerentblöster Strand. Ihr Sediment stimmt völlig überein mit jenem salzigen Schlamm, den die tiefe Ebbe auf dem Strande von Súes entblöst. Der seichte 10 qkm grosse Tümpel am Râs Djehân, die Lagune vom Râs Sibýlle, die Lagunen nordwestlich vom Râs Muhâmméd zeigen diesen Eindampfungsprozess noch heute. Das Chlornatrium bedeckt in halbzölligen weissen Krusten den Boden, die Abraumsalze entführt die Fluth. Eine arme Fauna fristet darin ihr Leben, nur *Cerithium* scheint sich darin wohl zu fühlen und kleine und grosse Arten leben in ganzen Schaaren am Boden des seichten Wassers. Der salzgetränkte lehmige Schlamm bildet breite Zonen längs des Meeresstrandes; die Dromedare gleiten aus und müssen 3 km landeinwärts gehen, wo sich Wüstensand über den Boden ausgebreitet hat, während man am Strand sich nur mühsam vorwärts bewegen kann.

Aber weit landeinwärts reichen die Spuren ehemaliger Lagunen, in den zahllosen *Cerithien*, welche an manchen Stellen, besonders am Râs Sibýlle, den Boden bedecken. Und selbst wenn Kies und Wüstensand den Salzthon verhüllen, macht doch das Salz sich immer noch bemerkbar, es efflorescirt bis zur Oberfläche und durchtränkt den Sand. Man wird nicht sehr irren, wenn man alle diejenigen Lagerplätze als Stellen jüngster Meeresbedeckung kartirt, an denen die Beduinen während der Nacht die Wasserschläuche auf Holz und Stricke legen, damit sie während der Nacht kein Salz aus dem Boden aufnehmen.

KLUNZINGER hat bei Kossér beobachtet, dass sich die Korallenriffe durch »Hebung des Landes« vergrössern, besser ausgedrückt: bei negativer Strandverschiebung. Meine eigenen Erfahrungen haben

mich dasselbe gelehrt. Aber das Wachsthum der Riffe im Rothen Meer ist kein Dickenwachsthum, wie es nach DARWIN bei positiver Strandverschiebung im pacifischen Archipel stattfindet, sondern es ist ein seitliches Flächenwachsthum. Die Riffe des Rothen Meeres können gar nicht in die Dicke wachsen, weil sie bald genug vom Seewasser entblöst werden. — Deshalb sind die lebenden und fossilen Korallenriffe der Sinaihalbinsel nur dünne Krusten auf felsigem Kern.

Bei negativer Strandverschiebung — mag dieselbe durch Hebung des Landes, oder durch den Rückzug des Meeres bedingt sein — wird ein Riff mehr in die Fläche als in die Dicke wachsen; bei positiver Strandverschiebung allein können sich Riffe bilden, deren Kalkmasse eine erhebliche Mächtigkeit erreicht.

Jena, im Juli 1888.

---

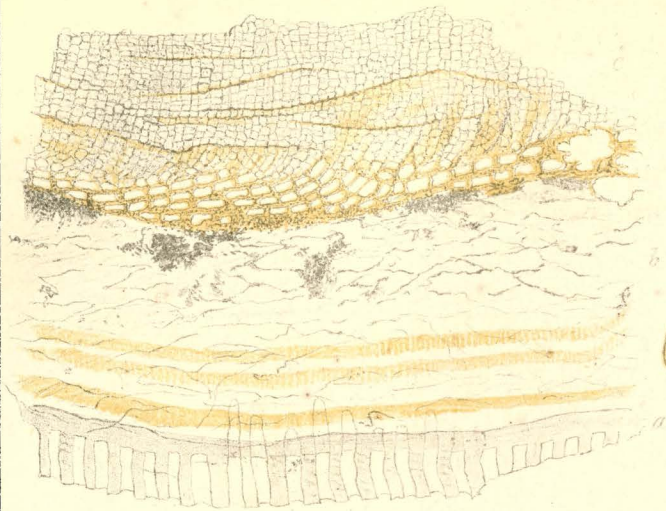
Die Zinkographien im Text wurden nach Federzeichnungen des Verfassers durch E. Meisenbach in München photographirt. Die Tafeln I, II, III, IV, VI, VII, VIII sind nach Aquarellen und Zeichnungen des Verfassers durch A. Gütsch in Jena lithographirt. Die Lichtdrucktafel V fertigte J. Klinkhardt in Leipzig. Die geologische Karte wurde in dem kartographischen Institut von Giesecke & Devrient in Leipzig in Kupfer gestochen und lithographirt.

---

# Inhalt.

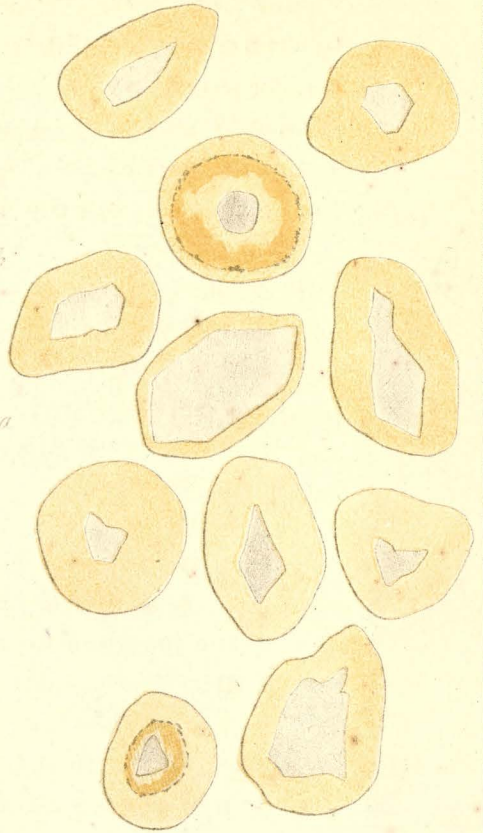
	Seite
I. Topographische Einleitung . . . . .	439
II. Der geologische Bau der westlichen Sinaihalbinsel . .	443
III. Die Vertheilung der Korallenriffe . . . . .	462
IV. Das lebende Riff und seine Sedimente . . . . .	463
1. Die Saumriffe . . . . .	463
2. Die pelagischen Riffe . . . . .	466
3. Die Sedimente des Riffes . . . . .	468
4. Marine Oolithe . . . . .	481
V. Die jüngeren fossilen Riffe . . . . .	484
VI. Die älteren fossilen Riffe . . . . .	488
VII. Bau und Bildung der Sinaitischen Korallenriffe . . .	494
1. Welche Mächtigkeit besitzen die Riffe? . . . . .	495
2. Wie ist der Untergrund beschaffen? . . . . .	496
3. Welche Rolle spielt das detritogene Füllmaterial auf dem lebenden Riff? . . . . .	499
4. Welche Veränderungen haben die Riffsedimente erlitten, nachdem sie endgültig vom Wasser entblöst wurden? . . . . .	500
5. Welche Veränderung hat Form und Verbreitung der Riffe im Laufe der geologischen Geschichte erlitten? . . . . .	501

1.



Limonenschale (a-Prismen, b-Perlmutter) überwachsen von Lithothamnium (c) vergr. 35x. (Golf von Neapel).

2.



Querschliffe durch Oolithkörner (Wadi Dehese) vergr. 35x.

3.



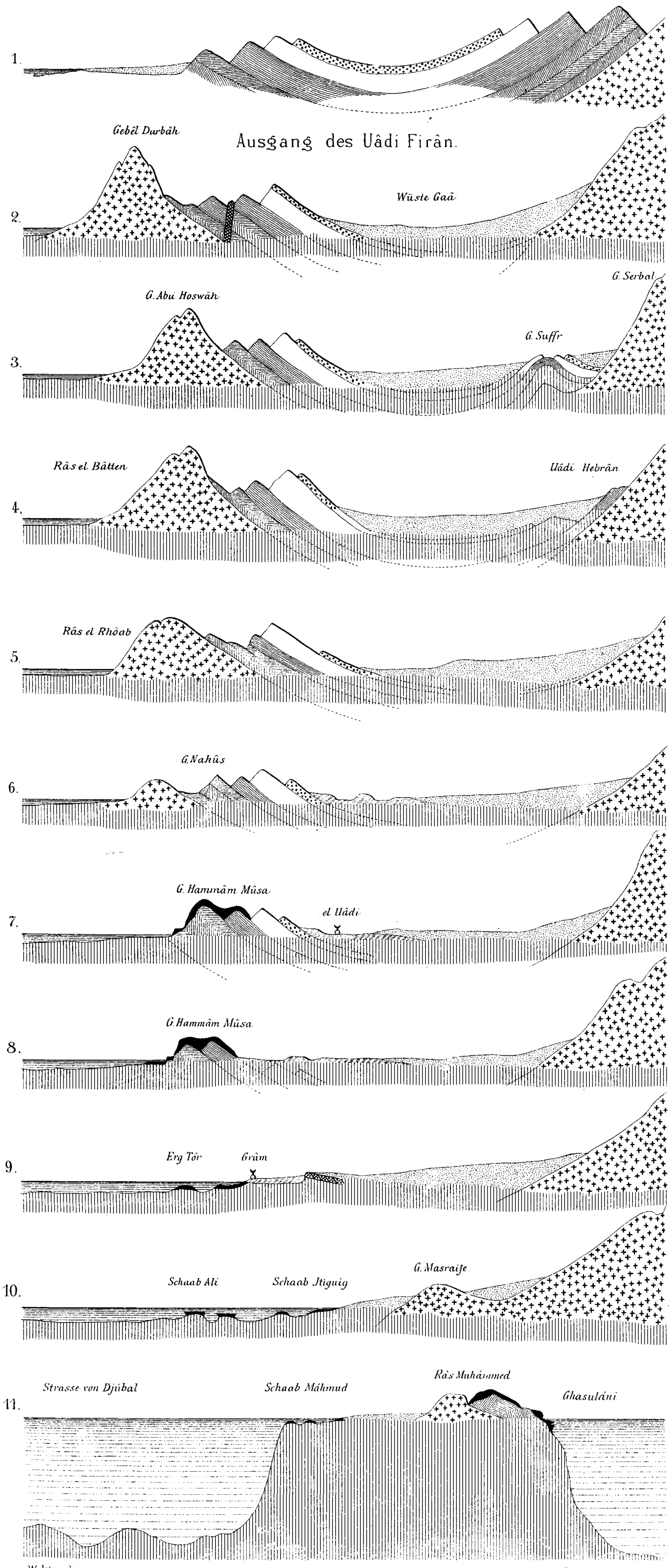
Querschliff durch eine dolomitisierte Tridacna (G. Hammam Mûsa) vergr. 20x.

4.



Querschliff durch eine jungfossile Kalkalge vergr. 20x. (G. Hammam Mûsa)

Aufeinanderfolgende (SW.-NO gelegte) Profile durch die Küstengebirge der westlichen Sinaihalbinsel.



Walther del.

Nach Anst. v. A. Göltses, Jena.

Erklärung der Zeichen:

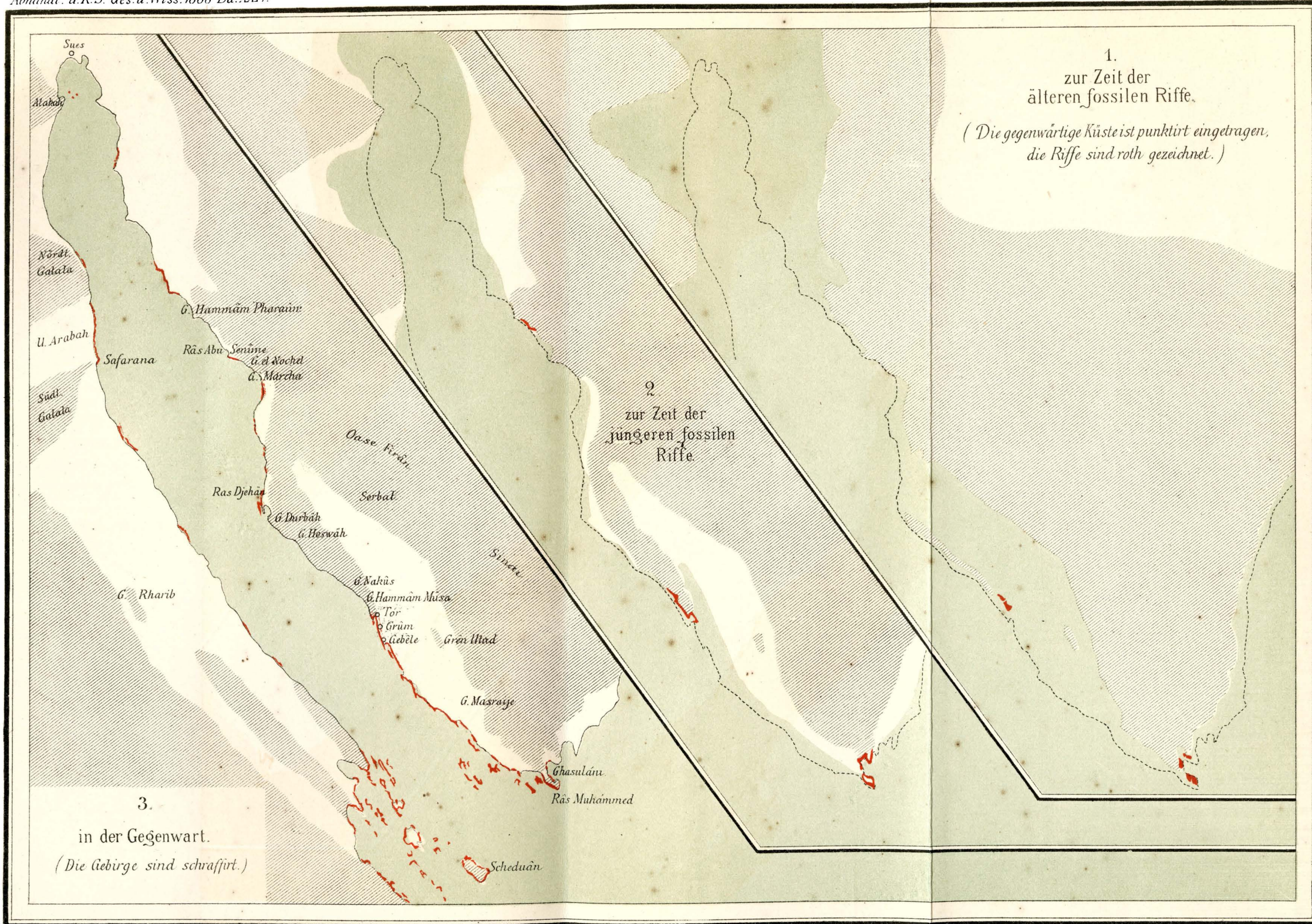
Granit.
 
 Nub. Sandstein.
 
 Exogyramergel.
 
 Flintkalk.
 
 Nuñulitenkalk.
 
 Basalt.



# DIE WESTKÜSTE DER SINAIHALBINSEL UND IHRE KORALLENRIFFE.

Abhandl. d.K.S. Ges.d.Wiss. 1888 Bd.XXVI.

Tab.VIII.



1.  
zur Zeit der  
älteren fossilen Riffe.  
( Die gegenwärtige Küste ist punktiert eingetragen,  
die Riffe sind roth gezeichnet. )

2.  
zur Zeit der  
jüngeren fossilen  
Riffe.

3.  
in der Gegenwart.  
( Die Gebirge sind schraffirt. )

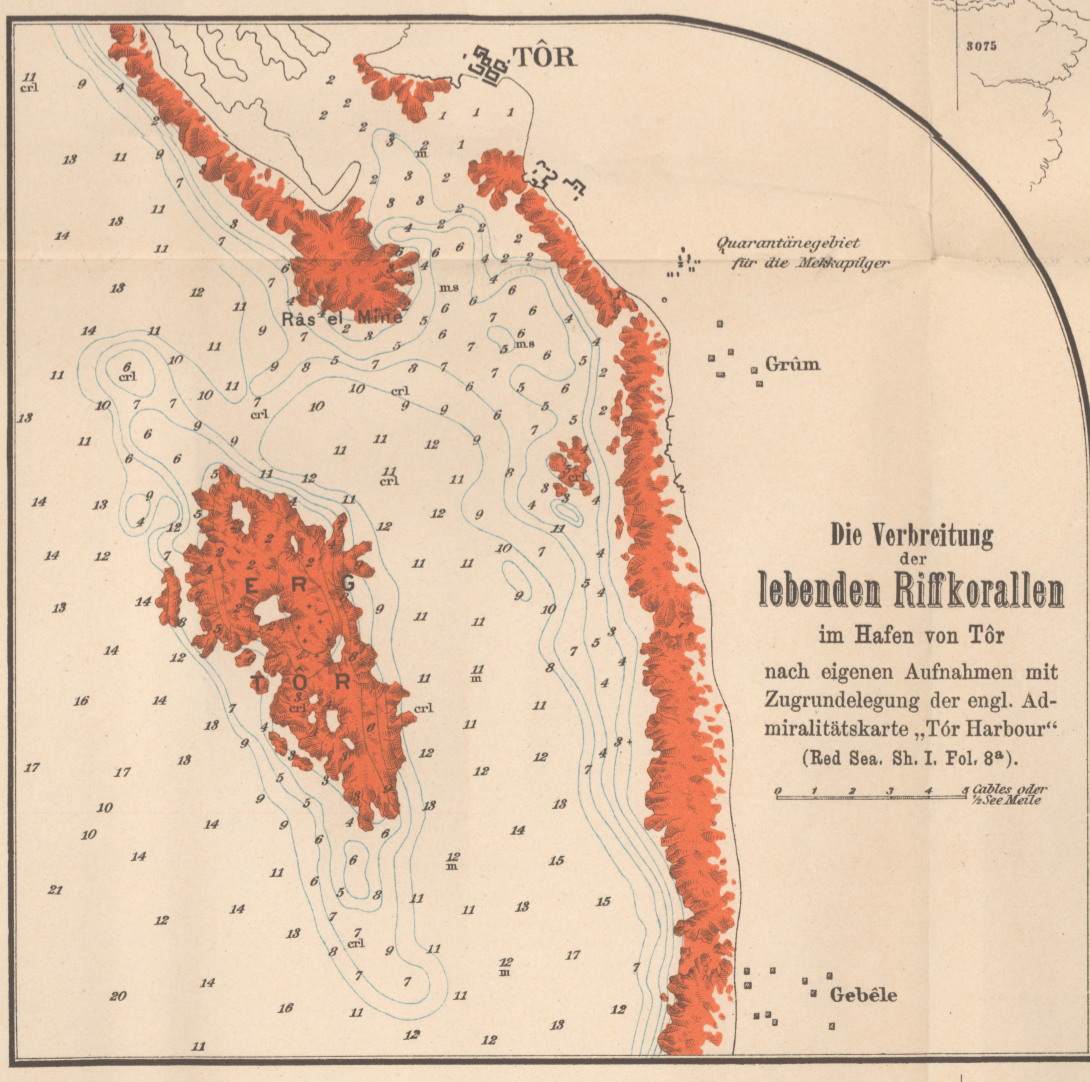
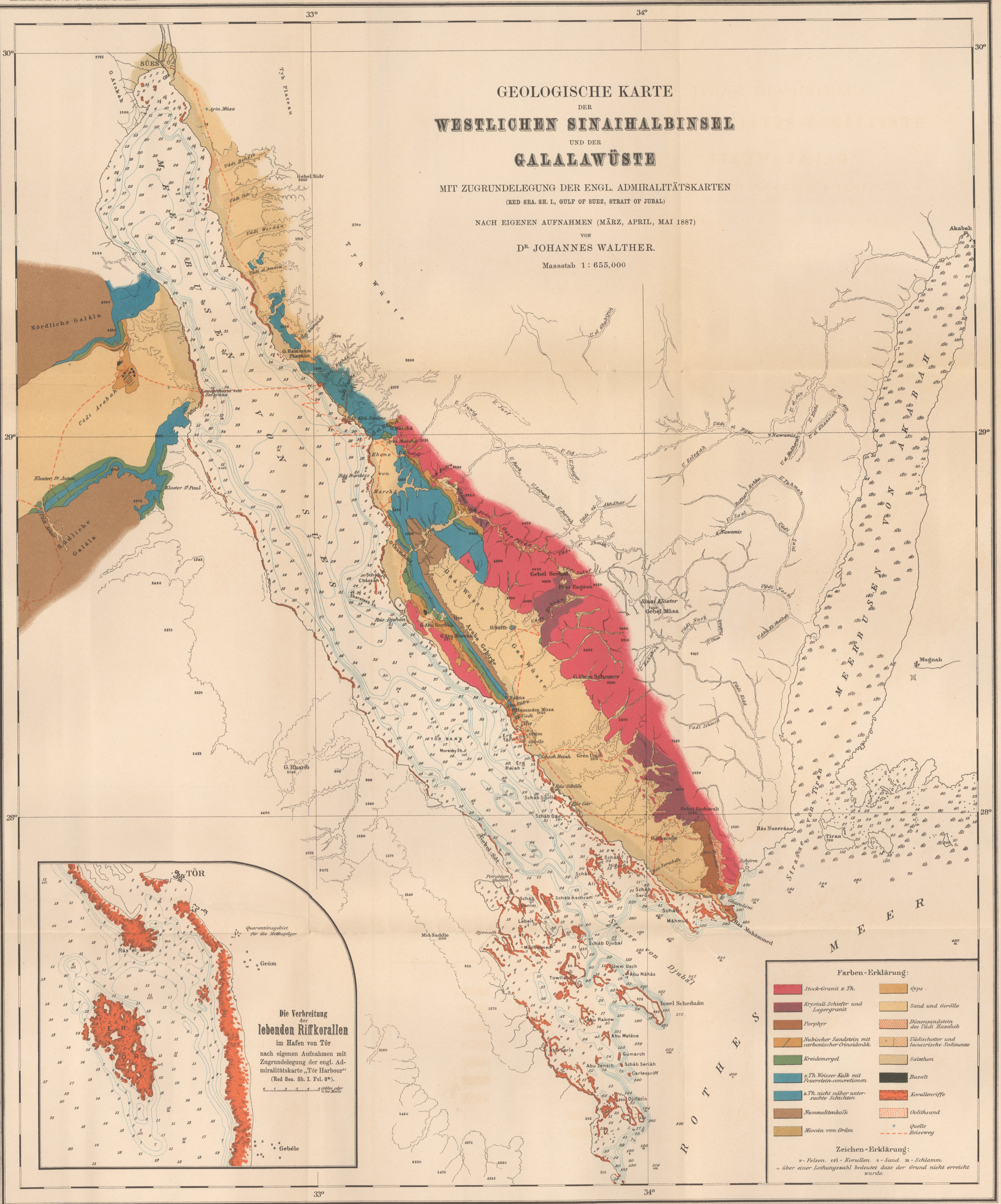
GEOLOGISCHE KARTE  
DER  
WESTLICHEN SINAIHALBINSEL  
UND DER  
GALALAWÜSTE

MIT ZUGRUNDELEGUNG DER ENGL. ADMIRALITÄTSKARTEN  
(RED SEA, SH. I., GULF OF SUZ, STRAIT OF JUBAL)

NACH EIGENEN AUFNAHMEN (MÄRZ, APRIL, MAI 1887)

VON  
DR. JOHANNES WALTHER.

Massstab 1: 655,000



Die Verbreitung  
der  
**lebenden Riffr Korallen**  
im Hafen von Tör  
nach eigenen Aufnahmen mit  
Zugrundelegung der engl. Ad-  
miralitätskarte „Tör Harbour“  
(Red Sea, Sh. I. Fol. 8<sup>a</sup>).  
0 1 2 3 4 5 Seilen oder  
1000 Meter

**Farben- Erklärung:**

	Stock-Granit z. Th.		Gyps
	Krystall Schiefer und Lagergranit		Sand und Gerölle
	Porphyr		Dünensandstein des Uadi Haschab
	Nubischer Sandstein mit carbonischer Grönoidenk.		Uadi-schotter und lacustrische Sedimente
	Ävidemergel		Salzhon
	z. Th. Weisser Kalk mit Feuerstein-concretionen.		Basalt
	z. Th. nicht näher unter- suchte Schichten.		Korallenriffe
	Nunmultenalk		Oolithsand
	Miocän von Grün		Quelle
			Reiseweg

**Zeichen- Erklärung:**  
r - Felsen, crl - Korallen, s - Sand, m - Schlamm.  
+ über einer Lothungszahl bedeutet dass der Grund nicht erreicht wurde.

Die Lothungszahlen bedeuten englische Faden (1 Fd. = 1,82 m.)  
Die Höhenzahlen sind englische Füsse  
Lothungszahlen liegend - Höhenzahlen stehend.

Kupferstich, Lithographie u. Druck von Giesecke & Devrient, Leipzig, Typ. Inst. Kartogr. Abthlg.