

Die Korallenriffe.

Von

PROF. DR. FRANZ TOULA.

Vortrag, gehalten am 20. Februar 1878.



In meinem letzten Vortrage habe ich es versucht, in kurzen Zügen eine Vorstellung zu geben von dem Wirken der gewaltsamsten unter den Kräften der Natur; heute dagegen habe ich mir vorgenommen, von Vorgängen zu sprechen, die, was ihre Allmähligkeit und Gemessenheit anbelangt, nichts zu wünschen übrig lassen; von den Vorgängen nämlich, welche zur Entstehung der Korallenriffe führen.

Wenn wir die Wirkungen jener grossartigen Gasexplosionen bewunderten und uns dabei einem gewissen Gefühl des Bangens nicht ganz entziehen konnten, so zwingt uns doch auch das Resultat der unermüdlichen, ruhigen Arbeit des Verdauens, von unzähligen Generationen meist winziger Bauleute einen nicht weniger hohen Grad von Bewunderung ab, wenn wir nur erst ein wenig darüber nachdenken.

Dieser Vorbedingung wollen wir denn auch gerecht werden und uns über den zu besprechenden Gegenstand volle Klarheit zu verschaffen suchen.

I.

Zwischen den Wendekreisen und über diese nur wenig hinausgreifend finden wir, hauptsächlich im stillen und im indischen Ocean eine grosse Anzahl von Eilanden, von Riffen und Untiefen, die der Hauptsache nach aus kohlensaurer Kalkerde (Kalkcarbonat) bestehen und ihre Entstehung hauptsächlich dem Lebensprocess der Korallenthierc oder Polypen verdanken und deshalb Koralleninseln oder Korallenriffe genannt werden.

Dana, dem wir ein wichtiges Werk über diesen Gegenstand verdanken,¹⁾ gibt an, dass sich allein im stillen Ocean nicht weniger als 290 grosse Koralleninseln befinden — die kleineren sind bis nun ungezählt — die im Ganzen eine Oberfläche von circa 50.000 Quadrat-Kilometer besitzen.

Am weitesten nach Norden gerückt sind die Bermuda-Riffinseln im atlantischen Ocean (32 Grad n. Br.), die im Bereiche des warmen Golfstromes liegen. Im grossen Ocean reichen die Korallenriffe nur an wenigen Stellen über den 28. Grad nördlicher Breite, im Rothen Meere sogar bis zum 30. Grad. Südlich vom Aequator reichen sie aber nur wenig über die Tropenzone hinaus, was seine Erklärung zum Theile in der im allgemeinen viel niedrigeren Temperatur des Meerwassers auf der südlichen Hemisphäre findet. Die geographische Verbreitung der Korallenbauten hängt nämlich vor allem

¹⁾ Dana: „On Corals and Coral Islands“ 1872.

Andern ganz besonders von dem Temperaturgrade des Meerwassers ab. Dort wo diese unter 20 Grad C. (68 Grad Fahrh.) sinkt, ist eine Korallenriffbildung nicht mehr möglich; um aber üppig zu gedeihen, verlangen die Korallenthierc einen noch etwas höheren Temperaturgrad. Dana gibt an, dass die Isocryme (Linie der gleichen Oberflächentemperatur des Meerwassers während des kältesten Monats) von 74 Grad Fahrh. (= 23.3 Grad C.) die eigentliche Korallenriffsee begrenze.

Sehr auffallend ist das Fehlen der Korallenriffe in weiten Districten der tropischen Meere. So gibt es im mittleren tropischen Theile des atlantischen Oceans ausser den schon erwähnten Bermuda-Riffen und den Riffen in Westindien keine Korallenbauten, desgleichen sind auch manche Inseln im stillen Ocean frei davon. Zum grossen Theile wird sich diese Thatsache durch kalte Meeresströmungen erklären lassen, so z. B. gilt dies für die Westküste von Südamerika und die Galopagos-Inseln; auch vulkanische Thätigkeit soll nach Dana's Meinung einen schädigenden Einfluss auf das Wachsthum der Polypen ausüben. Auf jeden Fall haben auch die Bodenverhältnisse des Meeresgrundes sowohl in Bezug auf Niveau, als auch in Bezug auf die daselbst stattfindenden Ablagerungen einen Einfluss. Immerhin bleibt in dieser Beziehung noch manches Räthsel ungelöst.

Bevor wir uns nun mit den Erscheinungsformen der Korallenbauten eingehender beschäftigen, wollen wir die kleinen Bauleute etwas näher betrachten und bei ihrem Wirken belauschen.

Die Korallenthierc oder Polypen sind Thiere von sehr einfachem Baue, meist von walzenförmiger Gestalt, die kein geschlossenes Verdauungsrohr, sondern nur eine verhältnissmässig weite Leibeshöhle besitzen, in welche ein kurzes Rohr, der Magenschlauch, hineinführt. Um die Mundöffnung herum stehen Hautausstülpungen, welche man Tentakeln nennt. Diese können ausgestreckt und wieder zurückgezogen werden und stehen mit eigenthümlichen Kammern in Verbindung, die dadurch entstehen, dass sich die Körperwand im oberen Theile nach inwärts gegen das Magenrohr hin faltet. Diese Faltung geht gesetzmässig, mit grösster Regelmässigkeit vor sich, indem bei den steinbildenden Polypen, die uns heute fast ausschliesslich interessiren, nach der Sechszahl angeordnet, immer neue Falten entstehen, so dass die später gebildeten weniger weit nach einwärts reichen, als die früher entstandenen. Bei den felsbildenden Korallen sondert die Körperhaut durch eine Art von Ausschwitzung die Stoffe ab, welche im Laufe der Zeit zur Entstehung der Riffe führen.

Auf diese Weise entsteht am unteren Ende des einzelnen Polypenthieres zuerst die sogenannte Fussplatte, während der obere walzliche Theil des Thierkörpers vom Mauerblatt umgeben ist. Aber auch die nach einwärts gefalteten Hautfalten scheiden an den einander zugekehrten Seiten Harttheile ab, welche zur Entstehung von plattenförmigen, wie die Radien eines Kreises oder die Speichen eines Rades verlaufenden Lamellen, den sogenannten Sternleisten führen.

Es ist dies ein Process, den wir als eine Skelettbildung bezeichnen müssen, wobei aber das Skelet ein äusseres Gerüste bildet.

Betrachten wir dieses bei irgend einer Einzelkoralle, so finden wir, dass es im Allgemeinen eine Art von Kelch oder Becher bildet, der nur im tiefsten Theile manchmal einen leeren Raum enthält, aber nach oben zu durch die erwähnten Sternlamellen höchst regelmässig gekammert ist.

Wächst die Koralle in die Länge weiter, so verlängert sich vor Allem die äussere Wand am oberen Rande und damit Schritt haltend, wachsen auch die Sternleisten. Das Thier selbst zieht sich nach oben. Der untere Theil des Kelches aber wird, wenn das Wachsthum allmählig erfolgt, mit kleinen Kalktäfelchen, die ein feinzelliges Gewebe bilden oder mit weiter abstehenden horizontalen Tafeln erfüllt, wodurch sodann eine solche Koralle auch im Längsschnitt gekammert erscheint.

So ist es bei Einzelkorallen. Uns interessiren aber in noch höherem Grade diejenigen Formen, welche Colonien bilden, da nur diese zur Entstehung der grossen Korallenbauten Veranlassung geben. Betrachten wir eine derartige Colonie von Korallenthierchen, so finden wir, dass ein jedes Glied der Gesellschaft seinen eigenen Mund, seine eigenen Fangarme (Tentakeln) und seinen eigenen Magenschlauch besitzt, und doch sind sie alle aus demselben Einzelwesen durch Vervielfältigung entstanden.

Die Art dieses Vorganges ist sehr verschieden bei verschiedenen Arten. Wir wollen nur die wichtigsten

Vorgänge ins Auge fassen, die bei den eigentlichen riffbildenden Korallen vorkommen. Vor Allem unterscheidet man zweierlei Vorgänge: 1. die Knospenbildung, und 2. die Selbsttheilung.

1. Knospung. Bei den Madreporen bilden die Colonien eine Art von Stamm mit verzweigten Aesten, an welch' letzteren die Kelche der einzelnen Thiere, knospenähnlich gedrängt nebeneinander stehen. Ein solcher Korallenstock entsteht auf die Weise, dass aus der Seitenwand eines Stammthierchen fort und fort die neuen Kelche hervorsprossen, die bis zu 1 Centimeter Grösse nach aufwärts wachsen und zum Theil wieder zu Stammthierchen werden können, aus deren Seitenwänden neue Thierchen hervorkommen und so fort und fort.

Dabei kommt es auch vor (z. B. bei *Goniopora*), dass diese Knospenbildung nur nach gewissen Richtungen hin erfolgt, die neu entstehenden Kelche wachsen sodann nach dieser Richtung (meist nach oben) weiter, während die unteren in demselben Maasse absterben, so dass nur in einer bestimmten Region eines derartigen Stockes Leben herrscht, während alles Uebrige ein starres, lebloses Gestein vorstellt, welches nicht selten sofort derart verändert wird, dass man oft keine oder kaum eine Spur der organischen Structur zu erkennen vermag.

Aehnlich so ist es auch bei der für die Riffbildung so überaus wichtigen Gattung *Porites*, bei welcher die einzelnen Knösplinge unter einander durch eine sehr poröse Masse verbunden sind. Auf diese Weise können auch kugelige und halbkugelige Massen entstehen, wenn

nämlich das Wachsthum gleichmässig auf der ganzen Oberfläche erfolgt. — Tausende von Einzelthierchen leben dabei gleichzeitig an der Oberfläche des Stockes, der oft 3 bis 5 Meter Durchmesser erreicht. (Bei *Porites*, werden von Dana Stockmassen von 20 Fuss Durchmesser angegeben.)

2. Theilung. Ganz anders verhält sich die Sache, wenn durch Selbsttheilung aus einem Polypenthiere zwei neue Thiere entstehen, die demnach gleichalterig sein können, während bei der Knospung die neuen Kelche immer jünger sind, als die Zweige, auf denen sie entstehen. Bei der Theilung entsteht zuerst auf der mit Tentakeln besetzten Mundscheibe neben dem schon vorhandenen Munde eine neue Mundöffnung und bildet sich sodann auch ein neuer Magenschlauch. Zwischen den beiden Mundöffnungen aber wachsen neue Tentakeln hervor, bis endlich bei weiterem Wachsthum zwei Individuen neben einander stehen. Diese können nun entweder frei sein, wodurch verästelte Stämmchen entstehen, oder sie sind seitlich mit ihren Wänden verschmolzen, wodurch massige Formen entstehen. Auf diese Weise bilden sich z. B. auch die Stöcke der *Astraeen*.

Besonders interessant ist der Vorgang dann, wenn keine vollständige Separation der einzelnen Thiere eintritt, sondern die Mundscheibe sich nur einfach in einer Richtung verlängert und ein neuer Mund nach dem anderen sich öffnet bis endlich eine ganze Reihe von Mündungen in einer oft vielfach geschlängelten Furche neben einander stehen, wie dies bei den *Meandrinen* der

Fall ist, bei welchen förmliche Netzwerke von vertieften Rinnen vorkommen, in deren Tiefen die Kelchmündungen stehen, die beiderseits von Tentakeln eingesäumt sind. —

Die oft so imposante Grösse der Korallenstöcke, seien es nun massige oder baumartig verzweigte Formen, würde nicht erreicht werden, wenn das Wachsthum nicht in so eigenthümlicher Weise erfolgen würde, so zwar, dass auf den abgestorbenen Generationen und ihren Bauten neue weiter leben und weiter bauen. — Hat doch jedes Korallenthier, wie wir oben gesehen haben, die Gabe, an dem einen Ende, sich stetig verjüngend, fortzuwachsen und am anderen Ende in demselben Maasse absterben zu können, so dass ein lebendes Polypenthier, das kaum 5 Millimeter lang ist, am Ende eines oft über einen Decimeter langen Astes stehend gefunden werden kann.

Das Innere der Korallenstöcke ist in der Regel vollkommen abgestorben, so dass z. B. bei einem etwa 3 Centimeter dicken Madreporen-Stämmchen nur eine kaum 2 Millimeter dicke Schichte als lebend bezeichnet werden kann. Bei *Astraea*-Stöcken von 3—5 Meter Durchmesser ist kaum eine 15 Millimeter dicke Schichte, ja bei *Porites*-Stöcken von ähnlicher Grösse nur eine 4 Millimeter dicke Schichte an der Oberfläche lebend.

Wenn wir bei irgend einem Lebewesen eine Art Ahnung von Unsterblichkeit bekommen können, so sind es gewiss die Riesenstöcke von *Astraea* und *Porites*. So hat Ehrenberg die Meinung ausgesprochen, dass die Korallenstöcke des Rothen Meeres von den directen Ab-

kömmlingen der ersten Ansiedler belebt seien, die somit aus der Zeit der alten Aegypter bis in unsere Tage fortgesprosst haben müssen. — Viele alte Polypen vermehren vor ihrem Absterben ihre Absonderung derart, dass alle Poren ihres Gewebes erfüllt werden, und in den abgestorbenen Theilen oft keine Spur der organischen Structur mehr zu erkennen ist. Dazu trägt auch der Umstand bei, dass sich an solchen Korallenstöcken sofort verschiedene andere Thiere und zum Theil auch Pflanzen ansetzen und durch ihre Absonderung auch die frühere Gestalt vollständig verhüllen.

Ausser den stockbildenden Korallen tragen aber auch andere Lebewesen mit bei zur Bildung der Korallenriffe, ja unter Umständen können sogar gerade diese Nichtkorallen eine Hauptrolle beim Aufbau der Riffe spielen. Vor Allem wichtig sind in dieser Beziehung die Milleporiden, das sind kleine Thierchen, welche mit den Korallen in eine und dieselbe grosse Hauptabtheilung des Thierreiches (zu den Darmlosen), aber wegen ihrem verschiedenen anatomischen Bau in eine andere Unterabtheilung gehören.

Nach den neuesten Untersuchungen (von Moseley) leben auf einem Milleporen-Stocke zweierlei Thierchen, und zwar solche, die mit einem Munde versehen sind und solche, welche mundlos sind und als „Taster“ functioniren.

Von diesen Milleporiden-Stöcken sei nur erwähnt, dass sie mehr oder weniger plattige Massen bilden, die oft in grosser Zahl neben einander stehen und förm-

liche Fachwerke bilden, die in ihrer Form an Bienenwaben erinnern können. Sie haben eine glatte Oberfläche, die ohne eigentliche Kelche zu tragen, ganz feine Zellen besitzen, in welchen die winzigen nesselnden Thierchen stecken. Der ganze Stock ist von äusserst zartem zelligem Bau. Aehnlich so verhalten sich auch die ästig verzweigten Pocilloporen, welche gleichfalls eine wichtige Rolle beim Aufbau der Riffe spielen.

Schliesslich müssten noch die Nulliporen angeführt werden. Es sind dies gar merkwürdige Lebewesen aus der Abtheilung der Algen, Pflanzen also, aber solche, welche die Fähigkeit haben, Kalk abzusondern. Sie wachsen theils ähnlich so wie die Flechten in der Form von dünnen Ueberzügen, theils bilden sie steinige Knollen, die entweder lose neben einander liegen oder durch Zweige unter einander verkittet sind. Von der wichtigen Rolle, die sie beim Aufbau der Korallenriffe unter Umständen spielen können, soll später noch eingehender gesprochen werden.

Was die Art und Weise anbelangt, wie und vor Allem woraus das Kalkcarbonat, aus welchem die Stöcke vorherrschend bestehen, gebildet wird, so kann es gar keinem Zweifel unterliegen, dass es aus dem Meere stammt.

Es kann aber auch keinem Zweifel unterliegen, dass das Kalkcarbonat (oder der kohlen saure Kalk) der Thier- und Algengerüste durch Vorgänge des Lebensprocesses ausgeschieden wird. Die Kalkquelle aber ist der im Meerwasser gelöste Gyps (Kalksulphat). Die Kohlensäure ist,

wie wir heute in Folge der Tiefseeforschungen genau wissen, in allen Tiefen des Meeres in weitaus hinreichender Menge vorhanden und braucht man nicht mehr eigene Kohlensäure-Quellen vulkanischen Ursprunges anzunehmen, wie man dies früher für nothwendig erachtete.

Die wichtigsten Lebensbedingungen der riffbauenden Korallenthier sind: klares Wasser, eine Wassertemperatur von mindestens 20 Grad C. (bei 29 bis 30 Grad C. gedeihen sie am besten und nehmen bei abnehmender Temperatur an Grösse und Artenverschiedenheit ab), eine geringe Tiefe unter dem Spiegel des Meeres (höchstens 100—120 Fuss)¹⁾ und fortwährende Wasserbedeckung. Sehr merkwürdig ist auf jeden Fall, dass sie sich dort am wohlsten befinden und am üppigsten entwickeln, wo sie dem unausgesetzten Anstürmen der brandenden Wellen ausgesetzt sind.

Dabei muss hervorgehoben werden, dass gewisse Gattungen der riffbildenden Korallen auf bestimmte Tiefenzonen beschränkt sind. So leben zu unterst bis zu etwa 50 Fuss unter dem Meeresspiegel die massigen *Astræen*, zwischen 50 und 12 Fuss die plattig-massi-

¹⁾ Es muss dabei wohl betont werden, dass diese Angabe nur die riffbildend auftretenden Korallen betrifft. Tiefseekorallen gibt es nichtsdestoweniger auch, doch sind sie wenig zahlreich und Einzelkorallen, so z. B. ist *Caryophyllia borealis* aus 705 Faden, *Ceratocyathus ornatus* aus 704 Faden, und die viel verbreitete *Lophohelia prolifera* aus 150 bis 500 Faden Tiefe bekannt.

gen Bänke der Meandrinen und erst in der obersten Region, im Einwirkungsbereiche der Brandung, die mannigfaltigen verzweigten Formen der Madreporen, Milleporen, Pocilloporen etc.

Die Geschwindigkeit, mit der Korallenbauten ausgeführt werden, wird ausserordentlich variabel sein, da sie ganz und gar von dem Maasse der günstigen Umstände abhängig ist; genauere Daten fehlen uns über diese Frage fast vollständig. So viel aber ist gewiss, dass das Wachsthum im Grossen und Ganzen als ein langsames bezeichnet werden muss.

Um so mehr müssen wir erstaunen über die grandiosen Bauwerke, welche durch die Lebensprocesse dieser Thiere hergestellt werden. Bis über 2000 Meter hohe Mauern wurden aufgeführt, grosse Ländermassen, so z. B. ein etwa 80.000 Quadrat-Kilometer grosser Theil von Florida und viele andere Gebiete, verdanken der Hauptsache nach den Polypenthieren ihre Entstehung.

II.

Nachdem wir uns auf diese Weise mit einigen von den wichtigsten der unermüdlichen Bauleute und mit ihrem Baumaterial vertraut gemacht haben, wollen wir uns die Korallenbauten der heutigen Oceane etwas genauer betrachten und sodann von den heut zu Tage entstehenden Korallenbauten auf die, längst vergangener Tage übergehen.

In drei Hauptformen treten die Korallenbauten auf:
1. als Ringinseln oder Atolle (auch Laguneninseln genannt) mit einer ruhigen Wasserfläche innerhalb des Riffes;

2. als Barrieren-, Damm- oder Kanal-Inseln: um eine hohe Insel herum ein Wall von Riffen, zwischen beiden ein Kanal von ruhigem Wasser, und

3. als Saum- oder Strandriffe; nahe dem Ufer, aus seichtem Wasser erheben sich Riffe mit keinen eigentlichen Kanälen zwischen den Riffen und dem Ufer.

Von diesen haben stets die merkwürdigen Ringinseln, welche kaum über den Meeresspiegel aufragen, das Interesse, ja das Staunen der Reisenden im höchsten Grade erweckt.

Einer der Ersten, dem wir eine genaue Schilderung von solchen Ringinseln verdanken, war der liebenswürdige Dichter und verdiente Naturforscher Chamisso. In den Bemerkungen und Ansichten über seine Reise um die Welt (1815—1818, Chamisso's Werke, zweiter Band, S. 167) sagt er: „Wir denken uns eine Inselgruppe dieser Bildung als eine Felsenmasse, die sich mit senkrechten Wänden aus der unermesslichen Tiefe des Oceans erhebt und oben, nahe dem Wasserspiegel, ein überflossenes Plateau bildet. Ein von der Natur ringsum am Rande dieser Ebene aufgeführter breiter Damm wandelt dieselbe in ein Becken um. Dieser Damm, das Riff, ist meistens auf der Seite des Umkreises, die dem Winde zugewendet ist, etwas erhöht, und ragt da bei der Ebbe gleich einer breiten Kunststrasse aus dem Wasser hervor.

Auf dieser Seite und besonders an den ausspringenden Winkeln sammeln sich die mehrsten Inseln auf dem Rücken des Dammes an. Unter dem Winde hingegen taucht derselbe meist unter das Wasser. Er ist da stellenweise unterbrochen, und seine Lücken bieten oft selbst grösseren Schiffen Fahrwege dar, durch welche sie mit dem Strome in das innere Becken einfahren können“. An einer anderen Stelle heisst es: „Der Theil des Rifves, der aus dem Wasser ragt oder untersucht werden kann, besteht aus fast wagerechten Lagern eines harten schwer zerbrechlichen Kalksteins, der aus bald gröberem, bald feineren Madreporen-Trümmern mit beigemengten Muscheln und Echinus- (Seeigel-) Stacheln zusammengesetzt ist. . . . Der Stein enthält die Lithophyten (Steinpflanzen, Korallen) nur als Trümmer und nirgends in der Stellung worin sie gewachsen sind und gelebt haben“.

Die hierin ausgesprochenen Beobachtungen wurden später durch Darwin bestätigt, ergänzt und zum Theile wohl auch berichtigt. Lassen Sie uns der Beschreibung, die Darwin von dem Bau eines Atolls gibt, in kurzen Zügen folgen. Das Keelings Atoll im indischen Ocean, im Südwesten von der Insel Java, dient als Beispiel. Das Atoll misst circa 15 Kilometer im Durchmesser, die Breite des Dammes aber etwa einen Kilometer. Ein Durchschnitt durch diesen Damm lässt mehrere Regionen unterscheiden. Betrachten wir zunächst den äusseren Steilabsturz, so ist derselbe zwar nicht so ganz vertical, wie Chamisso meinte, sondern fällt, wie Darwin angibt, unterhalb 150 Fuss Tiefe

unter einem Winkel von 45 Grad in die Tiefen des Oceans ab, der Abfall muss jedoch in grösserer Tiefe ein noch steilerer sein, denn schon in einer Entfernung von 2000 Meter vom Rande des Riffes fand Capitän Fitz Roy bei circa 2300 Meter Tiefe noch keinen Grund!

Auf diesem Steilabhange ist, aus den grössten Tiefen herauf bis in die vorhin hervorgehobene Tiefe von höchstens 120 Fuss, der Boden im Grossen und Ganzen glatt und zum Theil mit Kalksand bedeckt, der vorherrschend aus Korallenfragmenten besteht. Zwischen 120 und 70 Fuss konnten bei den Sondirungen schon Korallen neben der Sandbedeckung nachgewiesen werden. Von hier bis zum Wasserspiegel beim Ebbestand ist der Boden ausserordentlich zerklüftet und hier auf dieser wenig geneigten Plattform ist ein Hauptfeld des Korallenlebens. Porites, Madreporen, Milleporen (*M. alcicornis*) und *Astraeen* sind die Hauptformen desselben. Hier wächst das Riff und der Hauptsache nach stammt alles, was über das Meeresniveau aufragt, aus dieser Region.

An der obersten Grenze fand Darwin fast nur die unregelmässig abgerundeten Stockmassen von Porites, die durch Kanäle getrennte unterseeische Hügel bilden. Zwischen ihnen finden sich die plattigen „honigwabenartige“ Massen bildenden Milleporen (vorzüglich *Millepora complanata*) und neben diesen die verschiedenen verzweigten Formen.

Diese Region ist es, von der uns die manchmal wohl etwas überschwänglichen Berichte erzählen, dass sie mit

reichen Blumenbeeten zu vergleichen seien, oder mit einer im buntesten Blüthenschmucke prangenden Wiese, geschmückt mit Millionen bunter Blumen — den ausgestülpten Korallenthierchen — die in ihren weissen, rothen, gelben, grünen, violetten, blauen und braunen Farben einen wahrhaft paradiesischen Anblick gewähren müssen. Freilich genügt eine leichte ungewohnte Beunruhigung des Wassers, um alle diese Pracht geheimnissvoll verschwinden zu machen. —

Ueber den Ebbestand erhebt sich eine 100 bis 300 Meter breite Fläche von Korallengestein, an deren äusserem Rande sich ein etwas höherer Rand befindet, eine Art von Wall, von zerklüfteten Spitzen und convexen Hügeln, die, merkwürdig genug, der Hauptsache nach aus Nulliporen bestehen, und „wie ein künstlicher Wellenbrecher“ zum Schutze der Riffe und Riffinseln nicht wenig beitragen.

Dort wo die Wellen beim Hochwasserstande branden, zieht sich eine blendend weisse, niedrige Stufe hin, die aus fest verkitteten Korallenbruchstücken besteht, und, wie schon Chamisso hervorgehoben hat, geschichtet ist. Erst über dieser erheben sich die kleinen, sechs, höchstens zwölf Fuss hoch über den Fluthstand aufragenden, aus Korallenfragmenten bestehenden Inselchen, die durch Sturmfluthen zusammengetragen worden sind. Gegen die Lagune hin fallen sie ganz allmählig ab.

Die Lagune selbst ist beim Keelings-Atoll auffallend seicht, da sie zum grössten Theil mit Schlamm und

Korallen erfüllt ist. (Bei den meisten anderen Atollen beträgt die Tiefe 20—40 Faden = circa 40—80 Meter.) Die Korallen der Lagune sind ungemein artenreich und gehören meist dünnverzweigten Formen an. Sie bilden auch keine derartig festen Massen wie die in der Brandung lebenden.

Recht bezeichnend ist das schlammartige Material, welches ausser den Korallen den Boden der Lagune deckt. Es ist getrocknet ein feiner, kreideartiger Sand, der seine Entstehung zum weitaus grössten Theile der Lebensthätigkeit verschiedener, sich von Korallenthieren nährenden Thiere: Fische, Holothurien (Seegurken), Schnecken u. a. verdankt.

Eine Eigenthümlichkeit vieler Atolle ist das Vorkommen einer Stufenbildung in der Lagune. „Meist“, so sagt Chamisso (l. c. S. 168), „fällt innerhalb und längs dem Riffe das Senkblei von 2—3 Faden Tiefe unmittelbar auf 20—24, und man kann eine Linie verfolgen, auf welcher man von einer Seite des Bootes den Grund sieht, und von der anderen die dunkle, blaue Tiefe.“ Auf die Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung werde ich bei einer späteren Gelegenheit zurückzukommen haben. Es würde viel zu weit führen wollte ich hier auf die verschiedenen Ausbildungsformen der Atolle eingehen. Nur ein schönes Beispiel einer Ringinsel sei noch erwähnt, des Steward-Atoll nämlich, das im Jahre 1858 von der Novara-Expedition besucht wurde.

Die Koralleninsel Sikayana, die Steward-Insel im Osten des Salomon-Archipels ist ein halbmondförmiges Korallenriff von sechszehn Seemeilen Umfang, mit einer tiefen Lagune in der Mitte und fünf kleinen, bewaldeten Inseln auf dem Riff: Sikayana, Fáole, Manduiloto, Barena und Maduawe.

Die beiden ersten grösseren liegen, wie dies zumeist der Fall ist, auch hier an vorspringenden Ecken der Riffe, wo durch die von zwei Seiten anstürmende Brandung Korallenbruchstücke und Sand angehäuft wurden.

Das Korallenriff der Insel Sikayana fällt ringsum steil ab. Eine furchtbare Brandung tobt auch bei ganz ruhigem Wetter zwischen den Riffen, so dass das ruhige Binnenbecken der Lagune nur an einer einzigen Stelle, an der Nordwestseite des Riffes unter dem Winde für Boote zugänglich wird, durch einen etwa 100 Meter langen, schmalen Kanal. „Der Anblick des Riffes“, schreibt Scherzer, „ist überraschend. Korallen von allen Formen, Astraeen, Maeandrinen, Madreporen wachsen wie Buschwerk auf einer Wiese. Dazwischen schwimmen buntfärbige Fische, während prachtvoll indigoblaue Seesterne und Muscheln den Grund bevölkern.“

Hier an der Einfahrt ragen auch die seltsamen, bis gegen drei Meter hohen, schlanken, oben breiteren und dicht bewachsenen Felsen auf, die man mit riesigen Blumentöpfen vergleichen könnte. Eine der merkwürdigsten Eigenthümlichkeiten bilden aber die hoch über dem höchsten Fluthstande vorkommenden Bimssteingerölle, die einen ganz eigengearteten Charakter der

Vegetation bedingen, indem nur dort, wo diese Gerölle vorkommen, hochstämmige Laubbäume und eine etwas reichere Flora sich finden, während auf dem reinen Kalkboden des Riffes nur die Kokospalme gedeiht, die Spenderin fast aller Lebensbedürfnisse der Riffinselbewohner. Das Auftreten des Bimssteines, der das Product vulkanischer Eruptionen ist, muss auf Sturmfluthen oder auf Erdbebenwellen zurückgeführt werden, durch deren Ueberfluthungen das leichte, schwammähnliche Gestein (ein blasenreiches natürliches Glas) herbeigeführt und abgesetzt wurde.

Viel kürzer kann ich mich nun bei der Betrachtung der Canal- oder Barrièrenriffe halten. Wir könnten dieselben mit Balbi als Atolle bezeichnen, in deren Lagune sich eine hohe Insel erhebt; die Uebereinstimmung im ganzen Aufbaue des Riffwalles mit dem im Vorhergehenden geschilderten Bau der Atolle ist überraschend. Auch bei den Kanalriffen erhebt sich die Aussenseite steil aus den grössten Meerestiefen, auch hier finden wir die verschiedenen Regionen, dieselbe Beschaffenheit der Riffinselchen, ja selbst die Lagunenkanäle können in jeder Beziehung mit den Lagunen der Atolle verglichen werden; sie erreichen ganz ähnliche Tiefen. Als ein neues Moment kommt nur hinzu, dass an ihrer Ausfüllung auch die Erosionsproducte der eingeschlossenen Insel beitragen, von welcher die Riffe $1\frac{1}{2}$ bis 5 Kilometer weit entfernt sein können. Freilich wird der grösste Theil dieser Sedimente durch die besonders während der Ebbe heftige Strömung aus dem Lagunen-

kanal in die offene See hinausgetragen. Die Durchbrüche in den Riffwällen liegen daher auch zumeist den grösseren Thälern gegenüber, da sowohl durch die Strömung selbst, als auch durch die dabei nach aussen getragenen Sedimente, das Wachsthum der Riffe an solchen Stellen gehemmt wird, indem die Korallenthier in einem getrübten Wasser absterben.

Ein ganz ausgezeichnetes Beispiel für ein Kanal- oder Barrièrenriff bilden die einem Ringwalle vergleichbaren Riffe, welche die Insel Puynipet in der Südsee umsäumen. Eine gute Vorstellung von dem landschaftlichen Charakter dieser Insel gibt v. Hochstetter in seinem Bilderwerke: „Geologische Bilder der Vorwelt und der Jetztwelt“. (Esslingen 1873, S. 35, Bd. XXIII.)

Lange bevor man von dem Riffwalle eine Spur wahrnimmt, sind bereits die hoch aufragenden Berge der Insel sichtbar (dieselben sind, wie dies bei den hohen Inseln der Südsee in der Regel der Fall ist, vulkanischen Ursprungs). Das bei weiterer Annäherung sich darbietende Schauspiel beschreibt Scherzer (Reise der österreichischen Fregatte Novara) folgendermassen: „Allmählig wurden zu beiden Seiten der Insel am Horizonte dunkle Punkte sichtbar, die nach und nach sich mehrend und näher an einander rückend, gleich einer dicht über dem Horizont in der Luft ausgespannten Perlenschnur sich ausnahmen; und daneben erhoben sich plötzlich und verschwanden wieder eben so schnell, feine, weisse Wölkchen über der dunklen schwarzblauen Meeresfläche, hier und da aufflackernd wie Flammen. Es war dies

das erste Erscheinen der Riffinseln und der brandenden Wellen wie sie sich durch den Effect der Luftspiegelung überall zeigen, wo, wie in den tropischen Meeren fast gewöhnlich, die Temperatur des Wassers an der Oberfläche und in Folge dessen auch jene der zunächst darüber liegenden Luftschichte eine wärmere ist, als die der höheren Schichten.“

Näherkommend fliessen die dunklen Punkte zu grünen Kokoshainen zusammen und die Wölkchen erscheinen als zusammenhängende Streifen der furchtbar aufschäumenden, blendend weissen Brandung, welche den wogenden Ocean von dem lichterem, ruhigen Wasser Spiegel des Kanals trennt, der sich zwischen den Riffen und der Insel ausdehnt.

Die grossartigsten Barrièrenriffe liegen an der nordöstlichen Küste von Australien und an der Westküste von Neu-Caledonien. Das erstere ist 1100 englische Meilen (1760 Kilometer) lang, seine mittlere Entfernung vom Festlande aber beträgt 20—30 englische Meilen (circa 30—50 Kilometer), der Lagunenkanal ist zumeist 10 bis 25 Faden und nur im südlichen Theile 40—60 Faden tief. Das letztere ist 400 englische Meilen (circa 650 Kilometer) lang und zumeist 8 englische Meilen (13 Kilometer) vom Ufer der Insel entfernt.

Die Strand- oder Saumriffe endlich zeigen auf den ersten Blick manche Aehnlichkeit mit den Kanalriffen, doch sind sie in den meisten Fällen schmärer, der Kanal ist sehr seicht, auch steigen die Aussenwände nicht aus grossen Tiefen empor, sondern die

Basis dieser Riffe liegt in der Regel in einer Tiefe, in welcher die Polypen ihren Bau fortsetzen können. Auch hier liegt jedem Flusse und Bache eine Unterbrechung des Riffes, ein Durchlass gegenüber, durch welchen der Schlamm ins Meer hinausgeführt wird. Zu den Strandriffen gehören z. B. die Riffe an der Ostküste von Afrika, im nördlichen Theile des Rothen Meeres, an der Küste von Madagaskar, an den Sunda-Inseln und im westindischen Archipel. (Bahama-Inseln und an der Küste von Florida.)

III.

Nachdem wir nun auch die drei wesentlichsten Erscheinungsformen, in denen die Korallenbauten auftreten, betrachtet haben, wollen wir auch den geologischen Theil, die Frage nach der Art der Entstehung dieser Bauten in Betracht ziehen. Wenn wir nämlich die früher betonte Thatsache ins Auge fassen, dass riffbauende Korallenthierc nur in ganz mässiger Tiefe leben können, so wird das Auftreten mächtiger, mauerartig aus den grössten Tiefen aufsteigender Wände nicht wenig räthselhaft erscheinen müssen. Die älteren Versuche, die Frage zu lösen, sind hinfällig und sind überflüssig geworden seit Darwin mit bewunderungswürdiger Sorgfalt seine einfache Theorie entwickelt hat, so einfach wie die Geschichte vom Ei des Columbus.

So wurde früher vielfach die Meinung ausgesprochen, die Atolle seien auf Kraterrändern erbaut. Welche ungeheure Anzahl von Krateren, alle mit ihren Rändern fast gleich weit aufragend, müssten da angenommen werden. Diese Ansicht entspricht gewiss noch viel weniger als die von Chamisso ausgesprochene, dass nämlich Sandbänke die Basis für die Korallenthier gebildet haben könnten, die dann, aussen in der Brandung viel stärker wachsend, die Ringinseln erzeugt haben müssten. Dabei wurde sogar von einem anderen Theile die Meinung laut, dass die Korallenthier ihre Kreiswälle nur darum ausführen, um dann in ihrem Innern ruhig und ungestört leben zu können. Wir haben früher gehört, wie wohl sich die Korallenthier gerade dort befinden, wo die Wogen ununterbrochen anprallen.

Dadurch dass Darwin nicht nur die Entstehung der Atolle, sondern auch die der Kanal- und Strandriffe zugleich zu erklären sich bemühte, kam er zur richtigen Lösung. Von der Betrachtung ausgehend, dass Kanalriffe, wenn sie allmählig so weit untergetaucht wurden, dass die mittlere Insel unter das Meeresniveau sinkt, bei gleichzeitig fortdauerndem nach oben Wachsen der Korallenthier, war nur noch ein Schritt zu dem Ausspruche: Atolle sind nichts Anderes, als versunkene oder versinkende Kanalriffe. Kanalriffe müssen aber durch einen ähnlichen Process aus Strandriffen gebildet worden sein.

Zuerst war eine Insel vorhanden, an deren allmählig abfallendem Ufer in entsprechender Entfernung und

Tiefe der Bau begann und so ein Strandriff sich bildete mit allen im Vorhergehenden geschilderten Eigenschaften. Begann nun das Land zu sinken und zwar so langsam, dass die Korallenthier mit ihrer Arbeit Schritt halten konnten, so wird in einer zweiten Periode aus dem Strandriff ein, weit von der kleiner gewordenen, zum Theil überflutheten Insel abliegendes Barrièrenriff entstanden sein, das durch einen noch immer seichten Lagunenkanal vom Festland getrennt ist.

Die Durchbrüche werden an vielen Stellen, besonders an der Windseite, geschlossen worden sein, da der schädliche Einfluss der Sedimente bei der Weite des Kanals geringer wurde. Unter dem Winde aber werden sie zum Theil erhalten bleiben, weil dort die Fluthwässer aus dem Kanale ausströmen und auch die Sedimente hinaus getragen werden.

Denken wir uns das Sinken des Meeresgrundes fortgesetzt, so kommen wir in einer dritten Periode auf ein Atoll. Die Insel ist versunken, aus dem Kanal ist eine beckenförmige seichte Lagune geworden, begrenzt durch einen nur stellenweise wenig über das Meeresniveau aufragenden Wall; oder mit anderen Worten, es bildet sich ein, der Oberfläche nach kleines, in der Mitte seicht muldig vertieftes Plateau.

Dass bei diesen angenommenen Senkungsvorgängen verschiedene Modificationen vorkommen können, ist selbstverständlich, so lassen sich die stufenförmigen Abstürze im Innern der Lagunen, von welchen oben die Rede war, durch plötzliche ruckweise Senkungen in

grösserem Betrage leicht erklären. Aber auch viele andere Erscheinungsformen finden ihre Erklärung durch das theilweise Absterben der Korallenthier oder durch stellenweise grössere Schlamm- und Sandabsätze.

Die Annahme solcher Senkungen des Meeresbodens hat durchaus nichts Befremdendes, sie entspricht im Gegentheile ganz und gar unseren Vorstellungen von den Niveauveränderungen, die auf der Erdoberfläche vorgehend angenommen werden. Den Senkungsgebieten stehen Zonen gegenüber, in welchen die Niveauverhältnisse entweder unverändert bleiben oder sogar in langsamer Hebung, also Aufwärtsbewegung begriffen sind, welcher Gegensatz noch schärfer hervortritt, wenn man die Vertheilung der Vulkane mit ins Auge fasst. Diese treten nämlich niemals in den Senkungsgebieten auf, sondern sind immer an Hebungslinien gebunden. Sehen wir zu, welcher Art die Korallenriffe sind, die an vulkanischen Inseln oder vulkanischen Küstenlinien auftreten, so sind es immer und überall nur Saum- oder Strandriffe. Eine Zone der Senkung, durch Atolle gekennzeichnet, läuft z. B. von den Carolinen gegen Südost über die Gilbert-Inseln bis nach den niedrigen Inseln in einer Länge von circa 12000 Kilometer. Ein zweites grösseres Senkungsgebiet liegt an der Ostseite von Australien während zwischen beiden eine stationäre oder sogar eine Hebungszone zu verlaufen scheint, freilich nicht ohne einige dazwischen auftretende kleinere Senkungsgebiete (z. B. bei den Viti-Inseln). Ein drittes Hauptsenkungsgebiet endlich bildet der ganze mittlere Theil des indischen

Oceans. Die grösste Region der Hebung ist dagegen der zwischen den beiden letztgenannten Niedergangsgebieten gelegene ostindische Archipel, der zugleich durch seine grossartige vulkanische Thätigkeit (die Reihenvulkane von Java und auf den kleinen Sunda-Inseln) ausgezeichnet ist.

Nur einige Thatsachen mögen angeführt werden, welche den Beweis liefern, dass Hebungen in ganz beträchtlichen Beträgen in — geologisch gesprochen — jüngster Zeit eingetreten sein müssen. Die bedeutendsten Erhebungen dürften die Philippinen erfahren haben, wo Dr. Drasche (Fragmente zu einer Geologie der Insel Luzon, Wien 1878, S. 43) nicht nur allerorts an den Küsten gehobene Korallenriffe constatirte, sondern im Innern der Insel junge, vielleicht recente Korallenriffe bis zu 4000 (!) Fuss gehoben, angetroffen hat. Aber auch für Java wurden durch Junghuhn und v. Richt-hofen, für die Nordküste von Neu-Guinea durch Lesson (Madreporen-Schichten bis 150 Fuss über dem Meerespiegel), für Mangaia im Cook's Archipel durch Wilson (300 Fuss hoch gehoben und auf der Plateauhöhe soll noch die Vertiefung der ehemaligen Lagune zu erkennen sein) und für viele andere Punkte sehr beträchtliche Hebungen nachgewiesen.

Wir sehen in der gegebenen Darstellung abermals, welch' grossen Wandlungen die Niveauverhältnisse der Kruste unseres Planeten unterworfen sind.

Wir sehen hier Theile der Kruste mit den Zeugen ihres früher viel tieferen Standes hoch emporgehoben,

andererseits aber finden wir ungeheure Senkungsfelder in welchen früher vielleicht zu Tage gestandene Festländer und Inseln bis in ungeheure Tiefen versenkt sind, so dass uns nur noch die Korallenbauten Fingerzeige geben, woraus wir auf die frühere Existenz von Festlands-Massen zu schliessen berechtigt sind. „Jedes Atoll ist daher der Grabstein einer versunkenen Insel und die vielen Atollinseln des grossen Oceans erzählen uns von einem untergegangenen Continent der Südsee.“

IV.

Korallenbauten in ganz ähnlicher Grossartigkeit, wie sie heute in den grossen Senkungsdistricten der Südsee und des indischen Oceans vor sich gehen, wurden auch in vergangenen Epochen der Erdgeschichte aufgeführt. Sie erscheinen uns jetzt als grandiose Kalkgebirge mit steil abstürzenden Mauern und mit mehr weniger flachen, plateauartigen Höhen.

Um diese Kalkgebirge mit den heutigen Korallenbauten vergleichen zu können, wollen wir uns vorerst eine Atollregion gehoben vorstellen. Dadurch würden wir, da die Atolle meist in Reihen auftreten, im allgemeinen ziemlich gleichmässig hohe, steilwandige Kalkgebirge mit flachen plateauartigen Höhen vor uns sehen, die in ihrer Breite sehr variabel sein würden, etwa zwischen 10 und 100 Kilometer schwankend. Im unteren Theile würden sie ein zusammenhängendes Ganzes dar-

stellen, während die Plateauhöhe durch verschieden breite Einsenkungen geschieden sein werden. Könnten wir ein solches Atoll im Durchschnitt betrachten, so würden wir ohne Zweifel finden, dass es der Hauptsache nach aus einem zum Theil recht deutlich geschichteten Kalkgestein besteht das seinerseits wieder seine Entstehung aus verkitteten Bruchstücken erkennen lassen wird. Die Korallenstöcke werden nur an einzelnen, der Erhaltung der Structur besonders günstig gewesenen Stellen zu erkennen sein; wir wissen ja, dass die nach oben noch fortwachsenden, unten aber absterbenden Korallen durch Kalkabsatz ihre organische Structur oft vollständig verwischen, ja dass sie zuweilen selbst vollkommen in krystallinisch späthigen Kalk umgewandelt erscheinen. Die verkittende Masse ist dabei sehr hart und klingt unter dem Hammer. In dem Kalkgestein eingeschlossen werden wir aber auch unzählige Bruchstücke von Muschelschalen, Seeigelgehäusen, Seeigelstacheln u. dgl. finden. Die Absätze der inneren Theile der Lagune werden wir an den Stöckchen von verzweigten Korallen, an den Resten von zarteren Thieren, sehr verschiedener Art erkennen, die wir in einem feineren, aus Kalkschlamm und Kalksand bestehenden Gestein eingeschlossen finden werden. Aber auch am Fusse der Kalkgebirge werden wir weithin die Spuren der Korallenriffformation finden, da Theile der feineren Absätze weithin ausgebreitet werden. Vergessen wir dabei auch nicht, dass auf solche gehobene Kalkmassen die zerstörende Einwirkung der Atmosphärlilien umgestaltend

einwirken wird, so erhalten wir in der That eine Vorstellung von der Bildung gar vieler Kalkgebirge unserer Erde.

Der erste, der die Korallenrifftheorie auf die Kalkgebirge, und zwar mit bestem Erfolg anwendete, war Freiherr v. Richthofen. Die betreffenden, mit entsprechender scharfer Hervorhebung des vergleichenden Momentes verfassten Darstellungen finden sich in seinem klassischen Werke: Geognostische Beschreibung der Umgebung von Predazzo, St. Cassian und der Seisser-Alpe in Südtirol (Gotha, Justus Perthes, 1860, S. 293—306), einem Fundamentalwerke ersten Ranges. — Es sind hiebei freilich nur die im Osten von Bozen gelegenen Kalkgebiete, so z. B. der Schlern und der Langkofl ins Auge gefasst, ganz ähnliche Verhältnisse dürften aber auch bei vielen anderen alpinen Kalkmassen der Triasformation obwaltend haben. Richthofen nimmt an, dass eine langsame Senkung eingetreten sei, während welcher die Korallenthier und ihre Arbeitsgenossen ununterbrochen an dem Aufbaue der Riffe gearbeitet haben müssen. Die Gestalt des Schlern mit seinen etwa 1000 Meter hohen, steil abfallenden Wänden, verbunden mit der örtlich beschränkten Ablagerung des betreffenden Gesteins, lassen keine andere plausible Entstehungsursache zu. Eine Schwierigkeit bildet dabei freilich die stoffliche Zusammensetzung des Schlerngesteines. Dasselbe ist nämlich kein reines Kalkcarbonat, sondern besteht aus Dolomit, das heisst, es ist ein Doppelcarbonat von Kalk und Magnesia. Wenn nun auch die

Stöcke der gegenwärtig riffbauenden Korallen, wie die Analysen Forchhammer's ergeben haben, nicht unbedeutende Mengen von Magnesiacarbonat enthalten, so ist doch die grosse Menge davon in den Schlerndolomiten (bis über 21 Gewichtstheile Magnesia in 100 Gewichtstheilen des Gesteins) ein bis nun noch immer nicht gelöstes Räthsel, das sich vielleicht durch noch weiter ausgedehnte Analysen recenter oder doch jüngerer Riffgesteine der Lösung näher bringen lassen wird. Richthofen geht bei seinem diesbezüglichen Erklärungsversuche von der Meinung aus, dass in einem Meerestheile, in welchem durch Zersetzungen von gewissen vulkanischen, magnesiareichen Gesteinen (Augitporphyrtuffen) grössere Mengen von Magnesiaverbindungen sich im Meerwasser befinden werden und dass auch die Korallenthier, indem sie sich diesen Verhältnissen accommodiren, an Magnesiacarbonat reichere Secretionen bilden werden. Da jedoch dieses Moment noch nicht zur Dolomitbildung hinreicht, so nimmt Richthofen noch Auslaugungsvorgänge in den so gebildeten Gesteinen zu Hilfe, wodurch Kalk weggeführt werden soll, und da auch dies noch nicht ausreicht, so wird überdies noch eine directe Zufuhr von Magnesia von aussen her angenommen.

Bedenken wir, dass fast alle Kalksteine kleine Mengen von Magnesiacarbonat enthalten, ja dass bis zu den echten Dolomiten viele Uebergänge bekannt sind (man vergleiche die Analysen von Dölter und Hörnes, Jahrb. d. Geol. Reichsanstalt, 1874, S. 316—323), und dass wir auch ohne Zersetzungsprocesse von vulkani-

schen Gesteinen (von Richthofen) ohne Annahme von eigenen magnesiahaltigen Quellwässern (Scheerer) im Meerwasser selbst schon an und für sich vollkommen ausreichende Mengen an Magnesiumsalzen vorfinden,¹⁾ die in Folge von Anreicherungsverfahren, — nach Art der auch heute im abgeschlossenen Meeresbecken ohne Süßwasserzuflüsse vorhandenen, — gewiss ganz eigenartige Mischungsverhältnisse zur Folge haben können, durch welche entweder ein grösserer Reichthum an Magnesiumcarbonat in den entstehenden Ausscheidungsproducten gewisser Organismen (vielleicht grössere Entwicklung von Algen) resultiren kann, oder dass das nöthige Material reichlich vorhanden ist, um die im anderen Falle nothwendigerweise anzunehmenden Umwandlungen einzuleiten — so ergibt sich schliesslich die Erkenntniss, dass die betreffenden Vorgänge noch unter Wasserbedeckung entweder gleichzeitig mit der erfolgten Absonderung oder sehr bald darauf stattgefunden haben dürften. Eine nachträgliche, vielleicht erst in folgenden geologischen Perioden vorgegangene Umwandlung erscheint weniger wahrscheinlich, da die natürlichen Magnesiumquellen im Meerwasser selbst zu suchen sind. Dass, wie Scheerer angibt (Beiträge zur Erklärung der Dolomitbildung, S. 25), magnesiahaltiges Meerwasser bereits während der allmählichen Senkung des Bodens und des dadurch veranlassten

¹⁾ Das Meerwasser enthält unter gewöhnlichen Umständen 3·5 Procent feste Bestandtheile und nach Bischof in 100 Theilen derselben neben 4·6 Theilen Kalksulphat, 5·6 Theile Magnesiumsulphat und 9·2 Theile Chlormagnesium.

Aufthürmens von Korallenbauten unausgesetzt seinen dolomitisirenden Einfluss auf letztere ausübte, kann wohl, als ausser allem Zweifel stehend angenommen werden. Wie verschieden zur Zeit der Bildung der betreffenden Gesteine die physikalischen Verhältnisse waren, geht schon aus der einen Betrachtung hervor, dass die benachbarten gleichalterigen Kalkmassen in Südtirol einen sehr verschiedenen Grad der Dolomitisirung zeigen.

Es würde hier viel zu weit führen, wenn ich diese wichtige und noch immer dunkle Frage weiter erörtern wollte. Halten wir die Richthofen'sche Ansicht fest, dass die steilwandigen Massen von dolomitischem Kalk und Dolomit auf keine andere Weise besser erklärt werden können, als durch die Annahme, dass sie Korallenbauten aus früheren Erdperioden sind, so wird uns dadurch eine weite Perspective eröffnet. Bergrath Stur war einer der ersten, der die Korallenrifftheorie adoptirte und die mit steil abstürzenden Wänden und mit ausgedehnten Hochflächen versehenen Kalkzüge der nördlichen Kalkzone, z. B. die grossen Massen von Dachsteinkalk und die älteren Triaskalke, für mehr oder minder veränderte Reste von Korallenriffen erklärte. (Geologie d. Steiermark, S. 334 und 414.)

Sie bilden eine förmliche Zone längs des Nordrandes der Centralkette der Alpen. „Am Dachstein haben diese rhätischen Korallenriffe die grösste Mächtigkeit aufzuweisen, geringer wird sie im Allgemeinen in der östlichen Fortsetzung, am geringsten auf der Strecke Mariazell-Wien“. Der Schneeberg und die Rax wären demnach

die östlichsten grösseren Riffsteinmassen. Stur spricht (l. c. S. 418) die Meinung aus, dass die Centralkette der Alpen zur Triaszeit sowohl, als auch zur rhätischen Zeit von Korallenriffen umkreist war, welche trotz der Nähe des Festlandes aus reinem Kalk aufgebaut wurden. — Man müsste dabei an Kanalriffe denken, etwa denjenigen vergleichbar, welche heute die Nordostküste von Australien begleiten.

Die Schichtung, welche viele der für Korallenbauten zu haltende Kalkmassen, sowie auch der Dolomit des Schlern zeigen, bildet den Haupteinwurf, den Gümbel der Korallenrifftheorie Richthofen's machte. (Sitzgsb. d. math.-phys. Cl. d. k. Akad. zu München, 1873, S. 71 bis 76.) Bedenkt man jedoch, dass schon Darwin, und lange vor diesem Chamisso auf das Bestimmteste die Schichtung in den heutigen Korallenbauten betont haben und dass man auch, besonders an gehobenen Riffen, an vielen Punkten deutliche Schichtung gefunden hat — (Richthofen hat derartige Bildungen an der Südküste von Java, Dräsche neuerlich auch auf Luzon beobachtet) — so verliert dieser Einwurf gar viel von seiner Bedeutung, um so mehr, wenn man (wie v. Mojsisovics hervorhebt) bedenkt, dass wir überhaupt nicht viel Sicheres über die Entstehungsursachen der Plattung und Schichtenabsonderung wissen.

Eine der wichtigsten Beobachtungen Richthofen's ist der Nachweis des Auftretens der gleichzeitigen Zwischenriffablagerungen zwischen den Korallenstöcken Südtirols, die ganz und gar den auch heute zwischen den

Riffen der Südsee erfolgenden Absätzen entsprechen. Bergrath von Mojsisovics hat diese Verhältnisse weiter verfolgt und nachgewiesen, dass an vielen Punkten die Ablagerungen der Dolomit-Facies und der Zwischenriffabsätze in Wechsellagerung vorkommen, dass an gewissen Stellen die beiden Ablagerungsarten zungenförmig in einander greifen, wie dies R. Hörnes (Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1875, S. 15), am westlichen Abhange des Plattkofls gegen die Seisser Alpe hin, so schön zu beobachten Gelegenheit hatte. Auch für diese Erscheinung würden uns die steilen Abhänge und die benachbarten Theile des Meeresgrundes an den recenten Korallenstöcken, nach den im vorhergehenden erörterten Umständen, sicherlich viele analoge Fälle bieten können. — Auch die dünnen, oft nur hautähnlichen Mergelschichten, welche Gumbel zwischen den Schlerndolomit-Schichten erwähnt, die wohl zum Theil die Hauptanhaltszeichen für die Erkennung der Schichtung überhaupt bilden, lassen sich auf Vorgänge an heutigen Riffen zurückführen. So werden grössere Sturmfluthen nur zu oft die Veranlassung bieten zu einer tieferen Aufwühlung des Schlammes der Kanallagunen, dadurch eine Trübung des über die Riffe strömenden Wassers, und in Folge dessen Mergelabsätze auf der Riffebene verursachen, die wohl sogar zu einem zeit- und stellenweisen Absterben der Polypen führen mögen. Auch sind Zwischenmittel in der That schon beobachtet worden. Drasche erwähnt sie beispielsweise in den Korallenkalkklippen bei Sabagan auf Luzon. Interessant für die Parallele zwischen den heutigen Korallenriffen, mit jenen der

alpinen Trias sind die Angaben, welche v. Mojsisovics — (Ueber d. Ausdehnung u. Structur des südtirol. Dolomitst. Sitzb. d. k. Akad. d. W. 1875, S. 13 d. Sep.-Abdr.) — über die Structur der grössten Hauptmassen des Schlern-dolomits macht. Während nämlich die obersten Partien eine ausgezeichnete Schichtung zeigen, ist die untere Hauptmasse derselben nicht eigentlich geschichtet, sondern zeigt nur „stellenweise schichtungähnliche Absonderungsstufen“, welche nicht auf längere Erstreckung anhalten. Wohl aber zeigen sich nicht selten wellige und welligzackige Trennungsflächen, welche auf vorübergehende Unterbrechungen im Absatze hindeuten. —

Der Dolomit besteht übrigens häufig aus, durch Dolomit (oder auch durch Mergel und Tuffmassen) cementirten, grossen abgerundeten Dolomitblöcken oder Klumpen, weshalb Mojsisovics von „Conglomeratstructur“ spricht. Eine zweite Erscheinungsform, die von Mojsisovics hervorgehoben wird, ist eine Art von transversaler Schichtung gewisser Partien, die aber keine Begrenzung von parallelen Flächen zeigen. „Ich kann keinen besseren Vergleich finden“, heisst es in der citirten Abhandlung, „als wenn ich auf dicke, zähflüssige Massen hinweise, welche bei ziemlich bedeutender Neigung und in successiven, die Vorsprünge und Vertiefungen der älteren Lagen überziehenden und ausfüllenden Ergüssen übereinander“ erstarrten. „Uebergussstructur“ oder „Ueberguss-schichtung“ wird diese Erscheinung genannt. An den Stellen, wo diese Structur beobachtet wurde, fand sich ein überraschender Reichthum an noch wohl erkennbaren

Korallenstöcken in weissem Dolomit. Richthofen führt überdies unter dem Namen „Kalkstein von Cipit, an Korallen“ - und anderen Thierresten reiche, zum Theil aus Kalkbruchstücken bestehende Kalke an, welche am Rande der Dolomitstöcke auftreten. Stellen wir diesen Angaben einen Satz aus Darwin's Werk (l. c. S. 116) des Vergleiches wegen gegenüber, so werden wir von der Richtigkeit der Annahme von Korallenriffablagerung wenigstens für den Schlerndolomit noch weiter überzeugt. „Die Schichtung“, so heisst es an der erwähnten Stelle, „wird im Ganzen betrachtet horizontal sein; aber die auf dem äusseren Riffe ruhenden Conglomeratschichten und die Sandsteinschichten auf den Ufern der Lagune und auf den äusseren Seiten des Riffes werden wahrscheinlich zahlreiche, unter beträchtlichen Winkeln nach verschiedenen Richtungen hin geneigte Lagen bilden.“ Auch sei in Bezug auf die wohlgeschichteten Kalkmassen der alpinen Korallenriffe auf Darwin's Bemerkung hingewiesen (l. c. S. 117), dass die innerhalb der Lagune von Atollen und der Lagunenkanäle der Kanalriffe, zum grossen Theil aus sedimentären Substanzen gebildeten Schichten länger erhalten bleiben werden, als die äusseren soliden, aus massigen Korallen aufgeführten Theile der Riffe, wengleich von diesen letzteren die Existenz und das Wachsthum der Atolle und Kanalriffe abhängen.

Auch möchte ich hier noch auf die Thatsache hinweisen, dass die Korallen nicht immer und zu allen Zeiten die Hauptmasse der Materialien für die Bildung des Riffsteines liefern, sondern dass auch Nulliporen,

Bryozoen und Schalenthiere sehr verschiedener Art, — vor Allem hat G ü m b e l mit Recht auf gewisse riesige Formen von Foraminiferen hingewiesen — zur Riffbildung in verschiedenem, oft sehr beträchtlichem Maasse beitragen werden.

Wenn die Entstehung eines grossen Theiles der Triaskalke der Alpen hauptsächlich auf die Thätigkeit riffbauender Korallenthiere zurückgeführt werden kann, so ergibt sich daraus auch der Schluss auf einen, von dem heutigen ganz verschiedenen physikalischen Zustand des Alpengebietes in jenen Zeiten. Es müssen Perioden grossartiger, aber ruhiger Senkung gewesen sein. In den darauf folgenden Zeiten verbreiteten sich sodann die Korallenbildungen über ganz Europa; so sind z. B. Korallenriffbildungen der ausgezeichnetsten Art im Jura-gebirge der Schweiz und in Süddeutschland bekannt. Während der Kreideformation begann dann eine Umänderung der Verhältnisse und zogen sich die Korallen in die tropische Region zurück, die dermalen das Feld ihrer Entwicklung bildet, einer Entwicklung, die an Grossartigkeit nichts zu wünschen übrig lässt.
