

Die Tiefbohrungen auf der Koralleninsel Funafuti

Seit Charles Darwins epochemachenden Studien über die Entstehung der Korallriffe ist über diesen Gegenstand keine Publikation von ähnlicher Bedeutung erschienen wie der kürzlich von der Royal Society in London veröffentlichte Bericht über die Ergebnisse der Tiefbohrungen und der geologischen und biologischen Unternehmungen auf dem Atoll Funafuti.¹⁾

Schon Darwin selbst hatte den lebhaften Wunsch ausgesprochen (Life and letters, vol. III, p. 184), daß zur Prüfung der Stichhältigkeit der von ihm geäußerten Ansichten über den Bau der Korallriffe eine Bohrung auf einem Atoll bis zur Tiefe von mindestens 500 Fuß ausgeführt werden möge. Darwins Ansichten, denen sich Dana angeschlossen hat, haben bekanntlich seither in Murray, Rein, Semper, Agassiz u. a. sehr verschiedene Gegner gefunden. Der Hypothese Darwins und den auf dieselbe gegründeten Schlußfolgerungen gewaltiger positiver Verschiebungen der Strandlinie im Tropengürtel steht die Meinung gegenüber, daß die Riffbauten der Korallen überhaupt nur geringmächtige Krusten über einem Kern von (zumeist vulkanischem) Grundgebirge bilden, ihre Bildung daher keinen Schluß auf wesentliche Verschiebungen der Strandlinie gestatte. Ein neues Beweismaterial in diesem Kampfe der Meinungen konnte nur durch eine Bohrung auf einer ozeanischen Koralleninsel gewonnen werden. Das Projekt eines solchen Unternehmens wurde im Jahre 1894 durch einen Briefwechsel zwischen Prof. Sollas in Oxford und Prof. Anderson Stuart in Sidney eingeleitet, der von der Regierung in Neu-Südwaies die Zusicherung finanzieller Beihilfe, insbesondere durch Überlassung eines Diamantbohrers erhielt. Im Jahre 1895 setzte die Royal Society ein besonderes Komitee ein,

¹⁾ The Atoll of Funafuti. Borings into a coral reef and the results. Being a report of the Coral reef committee of the Royal Society, London 1904.

das mit der Durchführung des Unternehmens betraut wurde. Man beschloß im Jahre 1896, das Kriegsschiff „Penguin“ nach dem Atoll Funafuti in der Gruppe der Ellice-Inseln nördlich von Fiji zu senden. Zum Leiter der Expedition war Prof. Sollas ausersehen. Im Juni 1896 wurde der erste Bohrversuch am Rande der Lagune unternommen. Er kam schon in 105 Fuß Tiefe zu Ende, da so viel Sand in dem Bohrloch nachfiel, daß ihn die Pumpe nicht zu bewältigen vermochte. Aus der gleichen Ursache scheiterte ein zweiter Versuch auf der ozeanischen Seite des Atolls in einer Tiefe von 72 Fuß. Wohl wurde die Kenntnis des Atolls selbst durch die geologischen und biologischen Untersuchungen von Sollas und Finkh und durch die zahlreichen Tiefseemessungen von Kapitän Field erheblich bereichert, aber der eigentliche Zweck der Expedition, die Anlage einer Tiefbohrung, um über die wahre Mächtigkeit der koralligenen Riffbildung ins klare zu kommen, war infolge der ganz unerwarteten technischen Schwierigkeiten nicht erreicht worden. Auf Kosten der Regierung von Neu-Südwaies wurde daher im Jahre 1897 eine neue Expedition unter der wissenschaftlichen Leitung von Prof. Edgeworth David nach Funafuti entsendet, ausgerüstet mit Bohrapparaten, die der Bewältigung des losen Materials und der kavernen Korallenkalke besser gewachsen waren. Diesmal gelang die Bohrung auf dem Atoll. Sie wurde vom Juli bis zum November 1897 bis zu einer Tiefe von 698 engl. Fuß geführt, im Jahre 1898 fortgesetzt und bis zu einer Tiefe von $1114\frac{1}{2}$ Fuß niedergebracht. Gleichzeitig wurden zwei Bohrungen mit kleinerem Durchmesser auf dem Boden der Lagune des Atolls, die eine bis 245 Fuß (144 Fuß unter dem Boden der Lagune), die andere bis 214 Fuß (113 Fuß unter dem Boden der Lagune) gestoßen. Alles Material an Bohrkernen wurde nach London geschickt und dort von verschiedenen Beobachtern untersucht. Die gesamten Ergebnisse der Untersuchung sind von der Royal Society in einem stattlichen Prachtbände, reich illustriert mit Karten und Tafeln, vereinigt worden. An dieser Stelle sollen nur jene, die für den Geographen von besonderem Interesse sind, hervorgehoben werden.

Der Bau von Funafuti ergibt sich aus den Darstellungen von Sollas, Edgeworth David und den Lotungen des Kapitäns Field. Funafuti ist ein typisches Atoll, das sich als ein isolierter Bergkegel 17.000 Fuß aus den Tiefen des Ozeans erhebt. Es besitzt den Umriß eines ungleichmäßigen Vierecks mit einer

NNO—SSW gerichteten großen Achse. Die gleiche Richtung der Längsachse findet sich bei den meisten Atollen der Ellice-Gruppe und sehr vielen anderen Atollen des Stillen Ozeans. Kraemer hat sie auf die herrschenden Windrichtungen zurückführen wollen. Edgeworth David widerspricht dieser Meinung. Er teilt mit, daß auf Funafuti vom März bis November SO-Passate, vom Dezember bis Februar NW-Monsune wehen, die Hauptachse von Funafuti daher fast rechtwinklig zu der herrschenden Windrichtung liegt. Ebensowenig können Meeresströmungen den Bau des Atolls beeinflußt haben, da sie im ganzen Ellice-Archipel sehr unregelmäßig ohne eine ausgesprochene Richtung auftreten. Vielleicht entspricht die Konfiguration dem Auftreten einer vulkanischen Zone. Auf einen vulkanischen Kern weisen gewisse magnetische Störungen auf der Insel hin.

Von 2000 Faden bis zur Tiefe von 700 Faden steigt das Atoll sehr langsam an. Seine Neigung beträgt zwischen 700 und 600 Faden 22° , zwischen 600 und 500 Faden 25° , ebensoviel zwischen 500 und 400 Faden, aber nur infolge des Auftretens einer sehr flachen Stufe in diesem Gürtel. Wenn man von dieser Stufe absieht, beträgt die mittlere Neigung 29° und an der Nordseite sogar 48° . Hier befindet sich in dem Nordprofil der Insel der tiefste Steilabsturz mit einer Basis von 2820 Fuß unter dem Meeresspiegel und einer Höhe von 330 Fuß. Auf der Strecke von 400 Faden bis zur Meeresoberfläche fällt die Insel in den meisten Profilen mit 40° Neigung ab. Sehr steile Abstürze sind häufig. Der höchste und steilste weist eine Neigung von 78° bei einer Höhe von 300 Fuß auf. Nur das Südprofil der Insel ist flacher (26°), doch wächst auch hier die Neigung zwischen 220 und 65 Faden auf 40° . Zwei Steilabstürze von zusammen 270 Fuß Höhe (65° und 57°) unterbrechen hier die Böschung. Rund um das Atoll besteht der Meeresboden aus Korallendetritus bis zur Tiefe von 800 Faden, an einer Stelle reicht er sogar bis 1354 Faden. Die tiefste Stelle wurde mit 25 Faden ausgelotet.

Ein Profil quer über das Atoll vom Ozean zur Lagune läßt folgende Verhältnisse erkennen.

An dem äußeren Riffande gegen den offenen Ozean hin befindet sich zunächst die durch die lebhaft rote Färbung auffallende Lithothamnionkante, eine Kalkabsonderung von Rasenalgen, die einen Fuß über der tiefsten Ebbe liegt. Nach einer rinnenförmigen Vertiefung folgt eine flache Plattform, die nur bei tiefster Ebbe

teilweise trockengelegt wird und allmählich zu einem Glacis ansteigt, das bis zur Hochflutmarke reicht. Plattform und Glacis bestehen aus einem sehr harten Kalkstein, der aus Korallenblöcken, Foraminiferensediment und dem Absatz von Kalkalgen, insbesondere *Lithothamnion* und *Halimeda* besteht. In dem Glacis herrschen Foraminiferenkalke bei weitem vor. Der feste Riffkalk wird weiter landeinwärts gegen die Lagune zu von losen Korallenkalcken und Geröllen überlagert. Dieser lose Detritus bildet zwei Rücken: einen höheren äußeren, den „Hurricane beach“, und einen inneren, der der Lagune zugekehrt ist. Der unterlagernde feste Riffkalk trägt eine geschichtete, aus zementierten Blöcken gebildete Kruste, die ungefähr der gegenwärtigen Niveaudifferenz zwischen den Höhen der mittleren Flut und der Springflut entspricht. Diese geschichtete, brecciöse Kruste muß entstanden sein unter dem Einflusse der Meereswellen, die über das Atoll hinübergespült haben, als noch kein Rücken aus losem Material über dem Riffkalk lag. Die jüngste Phase in der Geschichte des Atolls ist also eine solche einer geringen negativen Strandverschiebung. In der Lagune herrscht ein sehr üppiges Korallenleben. *Heliopora* und *Porites* wachsen pilzförmig bis zum Niveau der Ebbe empor.

Sehr interessant sind die Studien von Finkh über das Tierleben auf dem Atoll. Kalkalgen und Foraminiferen nehmen an dem Aufbau der oberflächlichen Teile des Rifffes einen größeren Anteil als Korallen. Die Korallen wachsen zwar weit rascher als die Kalkalgen, gleichwohl trägt ein einzelner Korallenstock zum Bau des Rifffes nur in demselben Maße bei wie ein einzelner Baum durch sein Wachstum zur Vergrößerung des Waldes. Die *Lithothamnion*stöcke überwuchern die Korallenkolonien und ersticken dieselben, so daß viele zugrunde gehen, ehe sie nur bescheidene Dimensionen erreicht haben. Unter den Foraminiferen sind einige sehr ausgeprägte Litoralformen (*Calcarina*, *Orbitolites*) charakteristisch. Unter den Riffkorallen sind an dem Bau des Atolls die nachstehenden Typen in der folgenden Ordnung am meisten beteiligt: 1. *Heliopora coerulea*, 2. *Millepora*, 3. *Porites*, 4. *Madrepora*, 5. *Pocillopora*.

Über die Materialien, die bei der Hauptbohrung (1114 $\frac{1}{2}$ Fuß) zutage gefördert wurden, berichtet Prof. Judd:

Von der Oberfläche bis zu einer Tiefe von 748 Fuß war das Gestein so wenig verfestigt, daß neun Zehntel zu Pulver zermahlen wurden und nur ein Zehntel der Bohrkerne fester Kalkstein war.

Das aus dem Bohrloch zutage geförderte lose Material zeigte niemals Spuren von Wasser- oder Windwirkung. Es entstand aus dem Zusammenbruch des kavernösen Riffkalkes unter der Einwirkung des Bohrmeißels. Durch das Zirkulationswasser werden die aus Arragonit bestehenden Skeletteile der Korallen aufgelöst und fortgeführt. Dadurch wird der Riffkalk löcherig und reich an Höhlungen. Das untere Drittel der Bohrung verlief in festem Kalkstein oder Dolomit. Nirgends wurde in den Bohrkernen eine Spur von Bimsstein oder von vulkanischer Asche angetroffen. Zwei Regionen innerhalb des Bereiches der Bohrung erwiesen sich als durch hohen Magnesiumgehalt ausgezeichnet. Die eine nahe der Oberfläche (10—35 Fuß) wies einen Gehalt von 9—16% Magnesiumkarbonat, die andere, viel ausgedehntere, in der Tiefe von 637—1114 Fuß einen solchen von durchschnittlich 35—40% auf. Das Gestein in der Tiefe des Bohrloches ist daher als ein Dolomit zu bezeichnen. Über die Ursache der Dolomitierung des Riffkalkes ist eine befriedigende Erklärung noch ausständig.

Das wichtigste Kapitel des Reports ist wohl die Abhandlung von Hinde über die organischen Reste in den Bohrkernen.

Der Kalk und Dolomit des Atolls ist ein ausschließlich organogenes Sediment. Allenthalben findet man in demselben die Reste von Foraminiferenschalen, Kalkalgen und Korallen, daneben Seeigelstacheln, Annelidenröhren, Krebspanzer, Spongiennadeln, Schnecken- und Muschelschalen. Die Zwischenräume zwischen den Bruchstücken der noch als solche erkennbaren organischen Reste sind ausgefüllt mit kristallinischem Kalkspat oder Dolomit. Viele organische Fragmente sind nach der Zementierung aufgelöst worden und an ihrer Stelle treten Hohlräume im Gestein auf. Am meisten sind die Korallen von dieser Auflösung betroffen worden. In einer größeren Tiefe als 180 Fuß sind ihre Kelche fast durchwegs zerstört und nur Ausgüsse derselben als Steinkerne erhalten geblieben.

Von der Oberfläche bis 150 Fuß Tiefe ist nur ungefähr ein Fünftel des Riffkalkes Korallenkalk im strengsten Sinne, nämlich bloß aus Korallensediment bestehend. Vier Fünftel sind Lithothamnionkalk und Foraminiferensediment. *Heliopora coerulea*, jetzt die häufigste unter den Riffkorallen von Funafuti, wird in dem Bohrloch nur bis zu einer Tiefe von 210 Fuß angetroffen. Dagegen finden sich *Millepora*, *Madrepora*, *Pocillopora* und *Porites* in allen Tiefen bis 1114 Fuß. In den Tiefen von 150 bis

748 Fuß überwiegt Foraminiferensediment weitaus. Daneben spielen kalkabsondernde Algen der Gattung *Halimeda* eine wichtige Rolle. Korallen treten sehr zurück. Im unteren Drittel der Bohrung wechseln Lagen von Foraminiferensediment mit solchen, in denen Riffkorallen überwiegen. Doch bestehen zwischen beiden nirgends scharfe Grenzen. Auch zeigen sich nirgends Anzeichen für eine Unterbrechung in der Ablagerung des Riffkalkes, der eine kontinuierliche Bildung darstellt. Unter 27 Korallengattungen, die in den Bohrkernen angetroffen wurden, kommen die meisten heute noch lebend auf dem Riff und in der Lagune von Funafuti und die übrigen lebend an anderen Riffen des Stillen Ozeans vor. Ebenso sind sämtliche 35 Foraminiferengattungen, deren Reste sich in den Bohrkernen fanden, Elemente der rezenten Riffauna. Sieben derselben sind als ausgezeichnete Sedimentbildner von besonderer Bedeutung, nämlich: *Amphistegina*, *Polytrema*, *Orbitolites*, *Heterostegina*, *Carpenteria*, *Gypsina*, *Calcarina*.

Bei den Bohrungen auf dem Boden der Lagune fand sich bis 70 Fuß Tiefe die Kalkalgengattung *Halimeda* weitaus vorherrschend. Weiter abwärts überwiegen dieselben Typen von Korallen und Foraminiferen, die in den höheren Schichten der Hauptbohrung nachgewiesen werden konnten.

Der vorliegende Report beschränkt sich auf die Mitteilung der tatsächlichen Ergebnisse der Tiefbohrungen auf Funafuti, ohne auf deren Bedeutung für die verschiedenen Theorien über die Entstehung der Korallenriffe näher einzugehen. Diese Bedeutung springt von selbst in die Augen. Eine Mächtigkeit des Riffkalkes von über 300 m erscheint durch die Bohrung erwiesen. Noch an der Zusammensetzung der tiefsten Lagen des Riffkalkes sind Korallen beteiligt, die nur bis zu einer Tiefe von 30 Faden leben können. Die Ansicht, daß das Korallenriff nur eine dünne Kruste des eigentlichen vulkanischen Atollkernes bilde, erscheint vollständig widerlegt und die Darwinsche Hypothese, die die Entstehung der Atolle durch eine langsame positive Bewegung der Strandlinie erklärt, wieder zu Ehren gebracht. Der Nachweis, daß die Riffkorallen an dem Aufbau der Atolle nicht den Hauptanteil nehmen, sondern als Sedimentbildner hinter den Kalkalgen und Foraminiferen zurückstehen, bestätigt die Erfahrungen der holländischen Siboga-Expedition in der Sunda-See, die den innigen Zusammenhang von Algen- und Korallenriffen kennen gelehrt haben.

C. Diener.