© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Über Gebirgsbildung und Vulkanismus in den Molukken.

Von **H. A. Brouwer** (Delft).

Mit 2 Figuren im Text.

Die ältesten Gesteine, die bis jetzt durch Fossilfunde in den Molukken bekannt geworden sind, sind jung-paläozoischen Alters. In mesozoischer Zeit wurden die Sedimente, zum Teil Ablagerungen des tiefen Meeres, gebildet, die in tertiärer Zeit zu einem Kettengebirge aufgefaltet wurden. Auch unter den permischen Versteinerungen kommen zahlreiche Tiergruppen vor, deren nächste Verwandten u. a. im Perm der Alpen und des Himalajagebirges vorkommen, so daß die Tethysgeosynklinale sich schon in permischer Zeit bis zum Niederländisch-Ostindischen Archipel ausdehnte, wo die permischen Ablagerungen auf der Insel Timor und auf den weiter östlich und westlich liegenden Inseln verbreitet sind[1]).

Viele der früher als archäisch oder altpaläozoisch betrachteten Ablagerungen sind jüngeren Alters. Mehrere Amphibolite, Amphibolschiefer, Epidotchloritschiefer usw. sind deutlich durch Druck veränderte basische Eruptivgesteine und sind z. B. auf Letti und Timor durch zahlreiche Zwischenformen mit den normalen, nicht metamorphen Gesteinen verbunden. Die basischen Eruptivgesteine sind zum Teil jungpaläozoischen, zum Teil mesozoischen und tertiären Alters, so daß auch unter den metamorphen Gesteinen Gesteine von ähnlichem Alter vorkommen können[2]). Dasselbe gilt für einen Teil der Gneise, die mit jüngeren Graniten verbunden sind. Glimmerschiefer und Phyllite kommen zum Beispiel auf Letti und Celebes in Zwischenlagerung mit den obengenannten basischen Eruptivgesteinen vor, auf Neuguinea sind phyllitische Tonschiefer von jurassischem Alter bekannt, während auf den westlichen Inseln des Archipels mesozoische

---

[1]) G. A. F. Molengraaff, L'expédition néerlandaise à Timor en 1910—1912. Archives Néerl. des Sciences exactes et naturelles. Série III B. Tome II. 1915. S. 395—404. — C. A. Haniel, Ammoniten aus dem Perm der Insel Letti. In: G. A. F. Molengraaff en H. A. Brouwer, De geologie van het eiland Letti. Jaarb. Mynw. Verhandel. 1914. Bd. I. S. 163. — Ders., Die Cephalopoden der Dyas von Timor. Stuttgart 1915. In: J. Wanner, Paläontologie von Timor. Lief. III. — F. Broili, Permische Brachiopoden der Insel Letti. In: G. A. F. Molengraaff en H. A. Brouwer, loc. cit., S. 206. — Ders., Die permischen Brachiopoden von Timor. In: J. Wanner, Paläontologie von Timor. Stuttgart 1916.

[2]) H. A. Brouwer, Over den ouderdom der eruptiefgesteenten in de Molukken. Versl. Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam. XXV. 1917. S. 1004.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

dynamometamorphe, den Bündner Schiefern der Alpen ähnliche Gesteine und Chlorit-, Talk-, Serpentin- und Glimmerschiefer, die als kretazeisch betrachtet werden, bekannt geworden sind. Daß verschiedene Gesteine nicht jünger als paläozoisch sein können, wurde öfters abgeleitet aus der Tatsache, daß sie in der Nähe von Graniten Kontaktmetamorphose zeigen. Das ist zum Beispiel der Grund, weshalb AHLBURG[1]) die mit Diabasen und Diabastuffen wechsellagernden Schiefer, Grauwacken, Quarzite und Marmore in Nordwest-Celebes als paläozoisch betrachtet, weil die Granite des Archipels nicht älter als paläozoisch sein würden. Jüngere, sogar tertiäre granitische Gesteine sind aber von zahlreichen Fundorten, z. B. Sumatra, Celebes, Sula-Inseln bekannt geworden[2]).

In Australien sind die Äquivalente der herzynischen Faltungen von Europa bekannt, aber in dem von uns betrachteten Gebiete der Molukken wird das tektonische Bild hauptsächlich von den tertiären Faltungen beherrscht. Auf der jetzt ziemlich gut bekannten großen Insel Timor kennen wir mit Gewißheit keine älteren als permische Gesteine, und MOLENGRAAFF[3]) schreibt über diese Insel: »The Fatu sheet is like the Thethys sheet, composed of rocks ranging in age from Permian to Eocene and probably to Miocene.«

Bei der Besprechung der gebirgsbildenden Vorgänge in den Molukken werden wir uns beschränken auf die jüngeren tertiären Faltungen, die im Miozän ihr Maximum erreichten, und auf die jüngsten gebirgsbildenden Vorgänge, während ältere Faltungen außer Betracht gelassen wurden.

Die tertiären gebirgsbildenden Vorgänge.

Unter diesem Namen sind Faltungserscheinungen, die in den miozänen Überschiebungen des südöstlichen Teiles des Archipels ihr Maximum erreichten, zusammengefaßt.

Nach SUESS[4]) sind vier Elemente im Ostindischen Archipel vereinigt:

1. das Ende des Burmanischen Bogens;
2. die südlichen Äste der Virgation der Philippinen;
3. die Fortsetzung des Kettengebirges von Neuguinea.
4. die Fortsetzung des Kettengebirges der Ostküste von Australien.

Was das Ende des Burmanischen Bogens betrifft, so setzt sich nur eine einzelne Kulisse bis in unser Gebiet fort. Auf Java findet man schon neben vulkanischen Gesteinen nur wenig Kreide und Tertiär,

---

[1]) J. AHLBURG, Versuch einer geologischen Darstellung der Insel Celebes. Geol. und pal. Abhandl. Neue Folge. XII. Heft 1. 1913. S. 29.

[2]) H. A. BROUWER, loc. cit.

[3]) G. A. F. MOLENGRAAFF, Folded mountain chains, overthrust sheets and block-faulted mountains in the East-Indian archipelago. R. C. du XIIe Congrès géol. internat. Toronto 1913. Ottawa 1915. S. 691.

[4]) E. SUESS, La Face de la Terre. III. 1. 1912. S. 301.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

während diese Kulisse im Barisangebirge auf Sumatra noch gut entwickelt war. Nach Osten sinkt diese immer mehr zerstückelte Kulisse bis auf Meereshöhe und kann bis an den Bogen der Vulkaninseln des Bandameeres weiter verfolgt werden. Die Kulisse der Inseln westlich von Sumatra (Nias-Engano) hat sich weiter östlich ebenfalls stark gesenkt und kann südlich von Java als ein untermeerischer Rücken weiter verfolgt werden, während die Meerestiefen zwischen diesem Rücken und Java schon viel größer sind als zwischen Sumatra und die Inseln westlich davon. Eine neue Kulisse tritt weiter östlich auf, sie kann von Sumba ab über Savu, Rotti, Timor und die Inseln östlich davon verfolgt werden, dann biegt sie um das Bandameer herum und ist auf den Inseln Ceram und Buru wieder gut entwickelt. Suess[1]) hat die Meinung entwickelt, daß das Kettengebirge von Neuguinea, wo alttertiäre Sedimente bis zu den Höhen von fast 5000 m aufgefaltet wurden, sich über Ceram und Buru fortsetzt, nach meiner Meinung mit wenig Recht, wie wir hierunter auseinandersetzen werden.

Im Timor-Cerambogen finden wir die Spuren von intensiven miozänen gebirgsbildenden Vorgängen. Die Insel Timor ist nach Molengraaff[2]) und Wanner[3]) durch Überschiebungstektonik mit Überschiebungen nach der Richtung des australischen Kontinents, gekennzeichnet, auf Letti, Babber und Ceram sind ähnliche tektonische Verhältnisse erwiesen oder wahrscheinlich gemacht[4]).

Auf Timor ist das Hauptstreichen ungefähr parallel zur Längsrichtung der Insel, das hohe Gebirge von Mittel-Ceram verläuft mit NW-SO-Streichen quer zur Längsrichtung, und ähnliche Streichrichtungen kommen auch in Ost-Ceram vor. Auf Timor weisen die starken Faciesunterschiede zwischen mesozoischen Ablagerungen vom selben Alter, die nahe beieinander vorkommen, auf Verfrachtungen über große Entfernungen; auf Ceram und Buru sind diese starken Faciesunterschiede bis jetzt nicht bekannt geworden, und es ist sehr gut möglich, daß hier die intensiv gefalteten Gebirge größtenteils autochthon sind, während die überschobenen Partien in viel geringerer Entfernung von ihrer »Wurzelregion« vorkommen, als auf den südlichen Inseln.

Die Insel Soemba[5]) zeigt diese intensiven tertiären Faltungen nicht

---

[1]) E. Suess, Id. III. 1. S. 318. III. 3. S. 1035.

[2]) G. A. F. Molengraaff, Folded mountain chains etc., loc. cit.

[3]) J. Wanner, Geologie von West-Timor. Geol. Rundschau. IV. 1913. S. 136.

[4]) G. A. F. Molengraaff, Geografische en geologische beschrijving van het eiland Letti. In: G. A. F. Molengraaff en H. A. Brouwer, loc. cit. S. 80. — F. A. H. Weckherlin de Marez Oyens, De geologie van het eiland Babber. Handel. XIVe Nederl. Natuur- en Geneesk. Congres. 1913. — H. A. Brouwer, On the tektonics of the eastern Moluccas. Proceed. Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam. XIX. S. 242. — Ders., Geologische Verkenningen in de oostelijke Molukken. Verh. Geol. Mynb. Gen. voor Ned. en Kol. III. 1916. S. 31.

[5]) H. Witkamp, Een verkenningstocht over het eiland Soemba. II. Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. XXX. 1913. S. 21.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

und schließt sich dadurch näher an die weiter nördlich gelegenen kleinen Soendainseln, wo auch keine sehr intensiven tertiären Faltungen bekannt geworden sind. Soemba liegt dann auch, wie die letztgenannten Inseln, weiter vom australischen Kontinent, d. i. das Vorland des Kettengebirges von Timor und benachbarten Inseln. Vielleicht gehören auch die Tenimberinseln, wenigstens zum Teil, zum überschobenen Kettengebirge, wie von uns a. a. O. näher auseinandergesetzt worden ist[1]. Was die Fortsetzung des Kettengebirges im Timor-Cerambogen westlich von Ceram betrifft, so würde nach Martin[2]) auch für Buru das Vorkommen von Überschiebungen nicht unvereinbar sein mit den Beobachtungen, die von diesem Forscher gemacht wurden; sehr intensive Faltungen kommen auf dieser Insel vor[3]). Die von Verbeek auf der Karte I seiner »Molukken Verslag«[4]) gezeichnete ellipsenförmige Zone von älteren Gesteinen biegt von Buru ab in südwestlicher Richtung um, aber für uns sind keine genügenden Gründe bekannt, um die Fortsetzung des Kettengebirges in dieser Richtung zu suchen. Hotz[5]) erwähnt im westlichen Teil des Ostarmes von Celebes Gesteine, die viel Ähnlichkeit zeigen mit Gesteinen, die auf Buru eine große Verbreitung haben (Burukalke von Martin), während auch die Tektonik verwickelter zu sein scheint als die des östlichen Teiles des Ostarmes, wo — wie auf den Sulainseln — einfache tektonische Verhältnisse vorherrschen. Aber eine sichere Andeutung in bezug auf eine eventuelle Fortsetzung des Kettengebirges von Ceram und Buru liefern auch diese Ergebnisse nicht.

Auf den östlich des Timor-Cerambogens gelegenen Keiinseln ist das Eozän nicht sehr intensiv, das Miozän schon nicht mehr gefaltet, das Streichen auf Groat-Kai ist ± NNO; in West-Neuguinea südlich des Mac Gluergolfes fanden wir eine nicht sehr intensive Faltung, auch in jüngeren Tertiärsedimenten, das Steichen ist hier ungefähr parallel zur Küstenlinie. Auf der Inselreihe Soelainseln—Obiinseln—Misool, nördlich von Buru und Ceram, ist sogar das Mesozoikum zum Teil nicht, oder nur schwach gefaltet, obwohl auch mehr intensivere Faltungen vorkommen[6]). An seiner Außenseite wird also das sehr intensiv gefaltete Kettengebirge des Timor-Cerambogens begrenzt durch ein Gebiet, in dem die mesozoischen und tertiären Ablagerungen viel schwächer, oft wenig oder nicht gefaltet sind, und auch die obengenannten Streichrichtungen weisen auf eine Bogenform dieses Kettengebirges hin. In

---

[1]) H. A. Brouwer, On the tectonics etc., loc. cit.

[2]) Vgl. G. A. F. Molengraaff, Verslag betreffende de wenschelijkheid etc. Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. XXXI. 1914. S. 611.

[3]) J. Wanner, Zur Geologie und Geographie von West-Buru. Neues Jahrb. f. Min. usw. Beil. Bd. XXIV. 1907. S. 133.

[4]) R. D. M. Verbeek, Molukken Verslag. Jaarb. Mijnwezen. 1908. Wet. Ged. Atlas.

[5]) W. Hotz, Vorläufige Mitteilungen über geologische Beobachtungen in Ost-Celebes. Zeitschr. der D. geol. Ges. LXV. 1913. Monatsber. S. 329.

[6]) H. A. Brouwer, Geologische Verkenningen etc., loc. cit. S. 46.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ostceram sind Kalksteine mit Hornsteineinlagerungen und Mergel, in denen die Foraminiferen auf ein tertiäres Alter hinweisen[1]), als ein einige Quadratkilometer großes Fenster sichtbar, sie werden von obertriadischen Ablagerungen in Flyschfacies umgeben und bedeckt. Diese Kalksteine und Mergel zeigen gleichmäßiges südwestliches Fallen von 20—30°, und ihr Facies ist dem der obengenannten tertiären Gesteine in West-Neuguinea, südlich des Mac Cluergolfes, ähnlich.

Nur der südwestliche Teil der Insel Groot-Obi und die Insel Gomoemoe der Obigruppe scheinen, was ihre geologische Zusammenstellung betrifft, der Inselreihe Soelainseln—Obiinseln—Misool anzugehören. Der nördliche Teil von Groot-Obi und die übrigen Inseln der Obigruppe zeigen, wegen der großen Verbreitung von verschiedenen Intrusiv- und Effusivgesteinen, u. a. von viel Serpentinen, und wegen der Entwicklung von tertiären Kalksteinen, Sandsteinen und Konglomeraten, Ähnlichkeit mit den nördlichen Molukken. Ein junges Kettengebirge, in dem die jungtertiären Ablagerungen intensiv gefaltet sind, setzt sich von Nordwest-Neuguinea über Waigeoe und Salawati bis in dieses Gebiet fort. Im Südostarm von Halmaheira fanden wir[2]) vorherrschendes Streichen der tertiären Schichten in der Längsrichtung des Armes, im Nordostarm fanden wir ein stark wechselndes Streichen und Fallen der Schichten, doch scheint ein NO.—SW. gerichtetes Streichen, also auch ungefähr in der Längsrichtung des Armes, vorzuherrschen. Auf den weiter östlich gelegenen Inseln Waigeoe und Salawati herrschen unter den bekannten Streichrichtungen WNW. bis OW. gerichtete vor[3]). Nördlich von dem von uns betrachteten Gebiet sind verschiedene langgestreckte Tiefseegräben bekannt, die wahrscheinlich mit Faltungserscheinungen in ursächlichem Verband stehen[4]). Diese Gräben sind bekannt: 1. östlich der Mariannen, dann um die Insel Guam hinbiegend und sich weiter fortsetzend in südwestlicher Richtung; 2. östlich der Insel Jap mit südsüdwestlicher Richtung; 3. östlich der Palauinseln, erst mit NS.-Richtung, dann umbiegend nach Südwest; 4. östlich der Talautinseln und der Philippinen. Sie markieren die östliche Grenze der asiatischen Faltungsbögen, von denen die beiden letzteren bis in oder bis in die Nähe von Halmaheira verfolgt werden können. Die südöstliche Halbinsel von Halmaheira findet ihre Fortsetzung über Gébée bis in die nördliche Halbinsel von Neuguinea.

Nach Halmaheira scheinen also die östlichen asiatischen und die nördlichen australischen Faltungsbogen zu konvergieren, der westlichste der hier erwähnten Bogen fällt zusammen mit dem östlichsten Ast der Virgation in den Philippinen. In bezug auf die tertiäre Faltung weisen

---

[1]) H. A. Brouwer, Geologische Verkenningen, loc. cit. S. 33.
[2]) H. A. Brouwer, Geologische Verkenningen, loc. cit. S. 49.
[3]) H. A. Brouwer, Id. S. 53.
[4]) A. Supan, Die Bodenformen des Weltmeeres. Peterm. Mitt. XLV. 1899. S. 177. Id., Die Sundagräben. Peterm. Mitt. LIII. 1907. S. 70.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

also die bekannten Tatsachen darauf hin, daß wir die folgenden Einheiten im östlichen Indischen Archipel unterscheiden dürfen:

1. das sehr intensiv gefaltete, z. T. überschobene Kettengebirge des Timor-Cerambogens;
2. die viel schwächer bis nicht gefaltete Zone: Inselreihe Soelainseln—Obiinseln—Misool—West-Neuguinea südlich des Mac Cluergolfes, wahrscheinlich auch die Keiinseln (und Australien), die an seine Außenseite grenzen;
3. die Inselreihe der kleinen Soendainseln mit Soembawa und Flores und sich fortsetzend in die bogenförmige Reihe von Vulkaninseln im Bandameer (mit Soemba);
4. die nach Halmaheira konvergierenden östlichen asiatischen und nördlichen australischen Faltungsbogen und das hohe Kettengebirge von Neuguinea.

Wie aus dem Obenerwähnten deutlich hervorgeht, haben die tertiären gebirgsbildenden Vorgänge seit langem nicht überall gleichzeitig stattgefunden oder gleich intensiv gewirkt.

Die jüngsten gebirgsbildenden Vorgänge.

Bei einer Senkung von 200 m des Meeres im Ostindischen Archipel würden Sumatra, Java und Borneo mit der Malaiischen Halbinsel, Cambodja und Siam eine Landmasse bilden, und dasselbe gilt für Australien, die Aroeinseln, das ausgedehnte Gebiet, das jetzt vom seichten Arafoerameer und vom Carpentariagolf bedeckt wird, Neuguinea und die Inseln Misool, Waigeoe, Batanta, Salawati westlich davon.

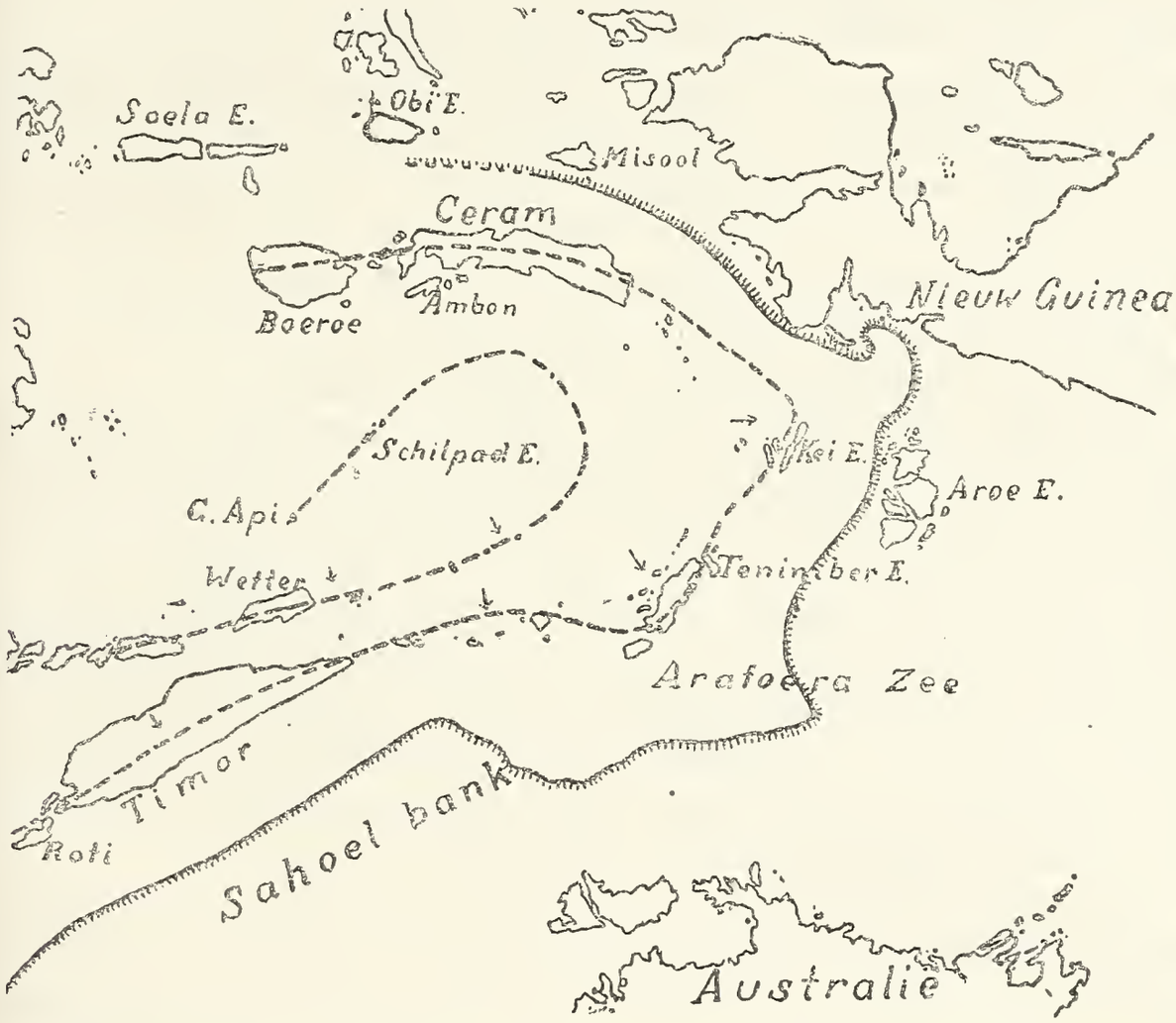
Zwischen diesen beiden Landmassen liegt ein Gebiet, wo tiefe Meeresbecken und gehobene Landmassen miteinander abwechseln. Die gehobenen Landmassen gehören zum Teil zu zwei Inselbogen (der Timor-Cerambogen und der Bogen der jungen Vulkaninseln des Bandameeres), und ähnliche Verhältnisse müssen auch in einem Teil der Geosynklinale des Mittelmeergebietes während eines Teiles der mesozoischen Periode geherrscht haben. In jurassischer Zeit bildeten sich im letztgenannten Gebiet verschiedene Geantiklinalen, die den ursprünglichen Geosynklinal in sekundäre Geantiklinale verteilte und in bezug auf den Parallelismus zwischen den Richtungen der (später gebildeten) alpinen Faltungsbogen und diesen sekundären Geosynklinalen hat z. B. Haug[1]) die Bildung der sekundären Geosynklinalen als eine Folge von anfangenden gebirgsbildenden Vorgängen betrachtet. Für die bogenförmigen Inselreihen der Molukken wurde eine derartige Entstehungsweise von Molengraaff[2]) aus verschiedenen Kennzeichen der gehobenen Inselreihen und der tiefen Meeresbecken abgeleitet. Über dem Alter dieser

[1]) E. Haug, Traité de Géologie. II. S. 1127.

[2]) G. A. F. Molengraaff, On recent crustal movements and their bearing on the geological history of the East-Indian Archipelago. Proc. Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam, 29. June 1912.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

jüngsten gebirgsbildenden Vorgänge erwähnt Molengraaff, daß, z. B. auf Timor, der Periode von intensiven Faltungen, die bis ins Miozän fortgedauert hat, eine lange Denudationsperiode gefolgt ist. Ein großer Teil der Insel war nachher wieder vom Meere bedeckt, und eine pliozäne Ablagerung, von der die ältesten Sedimente aus reinem Globerigerinenkalkstein ohne terrigene Bestandteile bestehen, ruht diskordant auf den älteren Formationen. In plio-plistozäner Zeit war ein großer Teil von Timor noch bedeckt von einem Meere voll Koralleninseln und Riffen, aus dem die höheren Berge als Inseln emporragten in ähnlicher Weise



--- Die beiden Geantiklinalen. ▭ Ungefähre Grenze des Vorlandes.

Fig. 1. Die jüngsten gebirgsbildenden Vorgänge in den bogenförmigen Inselreihen.

wie das jetzt noch der Fall ist weiter östlich, zwischen Moa und Babber. Diese Riffe wurden durch die jungen gebirgsbildenden Vorgänge, die wahrscheinlich jetzt noch fortdauern, emporgehoben, und man findet sie jetzt z. B. in Mitten-Timor bei Kapan bis zu einer Höhe von + 1200 m.

Die Formen der beiden Inselbogen in den Molukken sind verschieden, und auf den Unterschied wird hier etwas näher eingegangen werden. Der äußere Bogen hat im Teil Rotti—Timor—Babber seine konkave Seite dem australischen Kontinente zugekehrt, während der innere Bogen nach dieser Seite konvex ist. Dann biegt der äußere Bogen sich bei den Tenimberinseln und den Keiinseln auswärts um, gerade da,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wo im Vorlande (australischer Kontinent mit Sahoelbank und Arafoerameer) Vertiefungen vorkommen. Der innere Bogen zeigt diese Umbiegungen nicht, er hat einen regelmäßigen kreisförmigen Verlauf. Wenn wir also die Formen der beiden Bogen miteinander vergleichen, so hat der äußere Bogen sich den Formen des Vorlandes viel vollständiger angepaßt als der innere Bogen.

Die jungen Vulkane des Bandameeres liegen nach VERBEEK[1]) auf einer Ellipse, von der nur die Hälfte Vulkane verbindet, während auf der nördlichen Hälfte, zwischen Banda und dem Goenoeng Api nördlich von Wetter, keine Vulkane vorkommen. Nach meiner Meinung kann ebensogut angenommen werden, daß die Vulkaninseln auf einem untermeerischen Rücken vorkommen, der die Fortsetzung der Inselreihe bildet, zu der Sumbawa und Flores gehören, und der westlich von Banda stark umbiegt in der Richtung der Lucipara- und Schildpadinseln und des Goenoeng Api nördlich von Wetter. Nach dieser Annahme würde das Bandameer umgeben sein von zwei Rücken, die zum größten Teil mehr oder weniger konzentrisch verlaufen, aber von denen der innere Rücken sich am Ende sehr stark nach innen umbiegt.

Wir haben oben schon erwähnt, daß die intensiven miozänen Faltungen sich nicht auf den Keiinseln geäußert haben, während die jüngsten gebirgsbildenden Vorgänge an dieser Stelle kräftig zu wirken scheinen. Das Gebiet der intensiven Faltungen scheint sich also hier seit dem Miozän in der Richtung des Vorlandes verschoben zu haben, und diese Verschiebung fand gerade da statt, wo im Vorlande eine Vertiefung vorkommt. Das scheint eine ähnliche Erscheinung zu sein wie z. B. das Vordringen der penninischen Überschiebungsdecken der Alpen in die Vertiefungen zwischen den autochthonen herzynischen Massiven (wie zwischen Mont Blanc- und Aarmassiv).

Die gefalteten Gebirgsbogen des Mittelmeergebietes korrespondieren mit unregelmäßig verlaufenden Geosynklinalen, in denen sich im Mesozoikum und im Anfang des Tertiärs bathyale Sedimente angesammelt haben. Die jurassischen und kretazeischen Ablagerungen erreichen eine große Mächtigkeit, sie haben eine große horizontale Verbreitung; Fossilien aus der neritischen Zone sind selten, und das sind alle Kennzeichen, die den meistens wenig gestörten Ablagerungen des gleichen Alters außerhalb des Gebietes der alpinen Faltungsbogen fehlen. Zum Vergleich weisen wir auf die große Übereinstimmung zwischen den triadischen, jurassischen und wahrscheinlich noch jüngeren Ablagerungen des tiefen Meeres, die auf weit voneinander entfernten Inseln des Timor-Cerambogens (Rotti, Timor, Boeroe) eine große Verbreitung haben.

Im Mittelmeergebiet waren die herzynischen gebirgsbildenden Vorgänge gegen das Ende des Perms schon nicht mehr deutlich bemerkbar, und in der Triasperiode wird kein Aufleben dieser Bewegungen wahr-

---

[1]) R. D. M. VERBEEK, loc. cit. Atlas. Kaart I.

©Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

genommen. Was man aber wahrnimmt, ist die Bildung von Geosynklinalen, in denen die bathyale Trias zur Ablagerung kommt, an der Stelle der künftigen intensiven tertiären Faltungen. In der jurassischen Periode waren mehrere Geosynklinalen und Geoantiklinalen gebildet, und bei der Bildung der Geoantiklinalen können diese sich zum Teil über dem Meeresspiegel erheben, wobei Inselreihen mit — unter dafür günstigen Verhältnissen — Korallenbildungen, gerade wie jetzt im Ostindischen Archipel, aus dem Meere emporragen werden. In der kretazeischen Periode fanden im Mittelmeergebiet intensive gebirgsbildende Vorgänge statt, und das Fehlen von Horizonten in der Serie der kretazeischen Ablagerungen beweist die teilweise Erhebung über dem Meeresspiegel. In der alttertiären Zeit wurden schon wirkliche geographische Gebirgsketten gebildet, während hauptsächlich im Neogen die hohen Kettengebirge entstanden, wie die Alpen und der Himalaja, die unter dem Namen alpine Kettengebirge zusammengefaßt werden können.

Wir werden jetzt nicht versuchen, das Bild der Tethysgeosynklinale zu rekonstruieren, wie das in verschiedenen Perioden in dem von uns betrachteten Gebiete des Ostindischen Archipels gewesen ist. Ein großer Teil dieses, außerdem geologisch noch wenig bekannten Gebietes wird vom Meere bedeckt, und eine derartige Rekonstruktion würde unvollständig sein. Aber umgekehrt hat besonders Argand[1]) hervorgehoben, daß die Inselgirlanden von Ostasien und Ozeanien uns zeigen, wie der Zustand in früheren Perioden unter ähnlicher Verteilung von Wasser und Land in alpinen Kettengebirgen gewesen sein kann. Argand[1]) hat in seiner schönen Entwicklungsgeschichte die bogenförmigen Inselreihen der Molukken mit dem Zustande verglichen, in dem die Westalpen sich während ihrer Entwicklung in der Juraperiode befanden. Wir sehen hier ebenfalls zwei Geoantiklinalen und ein Vorland mit trennenden Geosynklinalen. In der Liasperiode wurde die Bildung von Geantiklinalen und Geosynklinalen deutlicher, und im mittleren Jura erhoben sich die Geantiklinalen über dem Meeresspiegel. Im oberen Jura folgt wieder eine mäßige Senkung unter dem Meere, und in der Kreide fangen die intensiven gebirgsbildenden Vorgänge an, die im Tertiär ihren Höhepunkt erreichen. Die Überschiebungsdecken bewegen sich in der Richtung des Vorlandes und schließlich über das Vorland, die Meeresbecken werden allmählich schmäler und verschwinden schließlich ganz. Aus dem Gebiete der bogenförmigen Inselreihen der Molukken sind ähnliche Schwankungen, wie die obenerwähnten der Juraperiode in den Alpen, bekannt. Nach der Bildung der Überschiebungen im Miozän trat eine lange Erosionsperiode ein, dann folgte eine Senkung unter den Meeresspiegel und Ab-

---

[1]) E. Argand, Sur l'arc des Alpes occidentales. Eclogae Geol. Helv. 14. 1916. S. 179. — Ders., La formation des Alpes occidentales. Id. Pl. 3.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

lagerung von pliozänen Sedimenten und schließlich wieder Erhebung über das Meer.

In bezug auf das Obenerwähnte können wir die jüngsten gebirgsbildenden Vorgänge in den bogenförmigen Inselreihen betrachten als die Wiederauflebung der intensiven miozänen gebirgsbildenden Vorgänge, und die Kennzeichen der südlichen Inselreihen scheinen darauf hinzuweisen, daß wieder Bewegungen stattfinden in der Richtung des Vorlandes, so daß in größerer Tiefe wahrscheinlich der Prozeß der Überschiebung fortdauert. Wir nennen in bezug hierauf nochmals die Umbiegung des Timor-Cerambogens bei den Keiinseln, während das miozäne überschobene Gebirge diese Umbiegung noch nicht gezeigt hat. Beim Fortdauern dieser Bewegungen werden die Inselreihen sich höher über den Meeresspiegel erheben und zur selben Zeit in der Richtung des Vorlandes bewegt werden, die Seebecken werden sich verschmälern, und schließlich werden die Massen der Inselreihen auf das Vorland (Australien mit Sahoelbank und Arafoerameer) geschoben werden.

Auch nördlich von den bogenförmigen Inselreihen wechseln tiefe Meeresbecken mit gehobenen Inseln ab, so z. B. in der Nähe von Halmaheira. Auf die jüngsten gebirgsbildenden Vorgänge in diesem nördlichen Gebiet wird hier jetzt nicht näher eingegangen werden.

Vulkanismus.

In prätertiärer Zeit haben in verschiedenen Perioden im Gebiete der Molukken vulkanische Eruptionen stattgefunden, besonders kräftig waren diese zum Beispiel im Perm, wie aus der Zusammenstellung der permischen Ablagerungen von Timor und benachbarten Inseln hervorgeht[1]).

In tertiärer Zeit fanden in einem großen Teile des östlichen Indischen Archipels vulkanische Eruptionen statt. In einem großen Teile von Celebes und Neuguinea, in einem Teile der Inselreihe Soelainseln—Obiinseln—Misool und im größten Teile des Timor-Cerambogens sind aber keine Spuren davon bekannt geworden. Die tertiären vulkanischen Gesteine können öfters nicht scharf geschieden werden von den jungvulkanischen Gesteinen, die den zum Teil noch tätigen Vulkanen angehören und deren Hauptmassive in quartärer Zeit gebildet wurden. Die älteren Teile der Kegelberge und die alten eingestürzten Kraterrande reichen bis ins jüngste Tertiär zurück. Als Verbreitungsgebiete von tertiären und jungvulkanischen Gesteinen können genannt werden die Reihe der kleinen Soendainseln, Halmaheira und die Inseln westlich davon, Celebes (besonders der nördliche und der südliche Teil). Tertiäre vulkanische Gesteine ohne junge Vulkane sind z. B. bekannt von Soemba, während die vulkanischen Gesteine, die von der Nordküste von Nieder-

---

[1]) J. Wanner, Geologie von West-Timor, loc. cit. — G. A. F. Molengraaff, Folded mountain chains etc., loc. cit.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ländisch-Timor, Wetter, Ambon und benachbarten Inseln, Hoeamoeal in Südwest-Ceram und Amblau (südlich von Boeroe) bekannt sind und die als eine größtenteils vom Meere bedeckte Zone an der Innenseite des Timor-Cerambogens verfolgt werden können, wahrscheinlich — wenigstens zum Teil — ebenfalls von tertiärem Alter sind.

Die Vulkane des östlichen Indischen Archipels (mit Celebes) können in die folgenden Gruppen verteilt werden:

1. Die Vulkane der kleinen Soendainseln, sich fortsetzend in die Vulkaninseln des Bandameeres (ohne tätige Vulkane zwischen Pantar und Dammer).
2. Die Vulkane der Sangiinseln, von Nord-Celebes und der Insel Oena Oena im Golfe von Tomini.
3. Die Vulkane im südlichen Teile von Celebes.
4. Die Vulkane von Halmaheira und benachbarten Inseln.

Der Zusammenhang von eruptiver Tätigkeit und Bewegungen der Erdkruste, sowohl in bezug auf die Zeit als die Stelle dieser Erscheinungen ist von allgemeiner Bekanntheit. Wir wollen hier den Zusammenhang zwischen Vulkanismus und tektonischen Bewegungen in einem Teile des behandelten Gebietes etwas näher erörtern.

Es ist eine auffallende Erscheinung, daß auf allen Inseln der Sundareihe: Sumatra, Java, Bali, Lombok, Soembawa, Flores, Lomblen, Pantar tätige Vulkane vorkommen, während diese, weiter östlich, den Inseln Alor, Kambing, Wetter und Roma fehlen, um dann noch weiter östlich wieder aufzutreten in der bogenförmigen Reihe der Vulkaninseln Dammer, Teon, Nila, Seroea, Manoek und Banda (Fig. 2).

Die Vulkane des Bandameeres liegen nach Verbeek[1]) auf einer Ellipse, die keinen Zusammenhang hat mit den Vulkanen der kleinen Soendainseln. Wir betrachten den Vulkanbogen des Bandameeres als die, größtenteils untermeerisch verlaufende, Fortsetzung der kleinen Soendainseln und dann ist das Fehlen der Vulkane in einem Teile dieser Reihe eine Erscheinung, die aus allgemeineren Ursachen erklärt werden muß.

In bezug hierauf nennen wir die folgenden Kennzeichen der beiden bogenförmigen Inselreihen im südöstlichen Indischen Archipel:

1. Die Vulkane sind auf den innern Bogen beschränkt.
2. Die tätigen Vulkane fehlen dem innern Bogen, wo die beiden Bogen sich am meisten nähern, das ist nördlich von Timor.
3. Auf dem Teile des innern Bogens, wo die tätigen Vulkane fehlen, haben vulkanische Produkte von jetzt nicht mehr tätigen Vulkanen eine große Verbreitung. Auf Alor und Kambing waren die Vulkanformen schon längere Zeit der Erosion ausgesetzt, und dasselbe gilt für Roma. Auf der in der Mitte dieser Inseln ohne tätige Vulkane gelegenen Inseln Lirang und

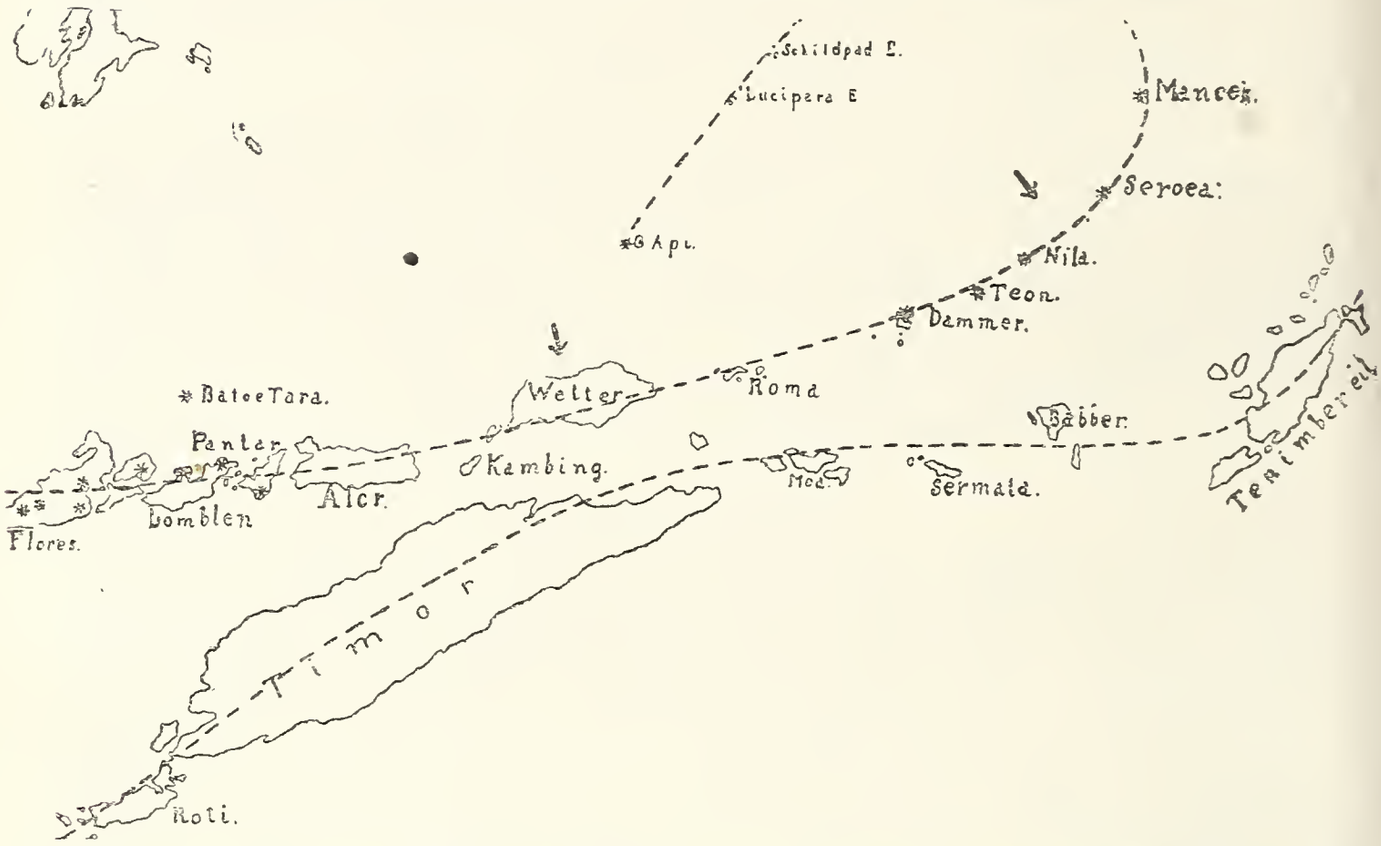
---

[1]) R. D. M. Verbeek, loc. cit.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Wetter sind gar keine Vulkanformen bekannt geworden, und hier sind schon Diabase, Gabbros und Granite durch langwierige Erosion sichtbar geworden. Bei Wetter nähert der innere Bogen sich am meisten dem Timor-Cerambogen, und die vulkanische Tätigkeit scheint im innern Bogen um so länger fortgedauert zu haben, je mehr die beiden Inselbogen sich nach beiden Seiten voneinander entfernen.

4. Die Verbreitung der gehobenen Korallenriffe, die den jüngsten Vulkanen fehlen, weist auf dieselbe Schlußfolgerung hin[1]).



— — — Die antiklinalen Wölbungen. * Centra der jüngsten vulkanischen Tätigkeit.

Fig. 2. Gebirgsbildende Vorgänge und vulkanische Tätigkeit im südöstlichen Teile des Niederländisch-Ostindischen Archipels.

Auf den Zusammenhang zwischen den jüngsten gebirgsbildenden Vorgängen in den bogenförmigen Inselreihen der Molukken mit Faltungserscheinungen in größerer Tiefe wurde schon oben hingewiesen. Bei faltenden Bewegungen werden bei der Wiederherstellung des Gleichgewichtes die Verschiebungen in der festen Erdkruste zusammen mit Bewegungen im flüssigen Magma stattfinden. In den Sattel- und Muldenbiegungen werden Zugspannungen auftreten, und das flüssige Magma wird vielleicht an diesen Stellen einen Ausweg finden können, so daß tätige Vulkane auf den antiklinalen Wölbungen der Gebirge (hier Insel-

[1]) H. A. Brouwer, Over het ontbreken van werkende vulkanen tusschen Pantar en Dammer in verband met de tektonische bewegingen in dit gebied. Versl. Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam. XXV. 1917. S. 995.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

reihen) auftreten. Anders werden die Verhältnisse, wenn der Zusammenhang der Schichten aufhört; die Zugspannungen in den Mulden- und Sattelbiegungen nehmen ab oder werden aufgelöst, und die Zufuhrkanäle des Magmas bis zur Oberfläche können allmählich abgeschlossen werden. Wenn sich Überschiebungen bilden, werden Schichten, die früher nebeneinander lagen, aufeinander geschoben, die Erdkruste wird an dieser Stelle an Mächtigkeit zunehmen, und auch aus diesem Grunde wird der Zutritt des Magmas zur Erdoberfläche erschwert werden können. Es kann auch vorkommen, daß der Zusammenhang der Schichten schon, ohne daß erst Biegung auftritt, aufhört. Es ist klar, daß dann schon sofort die Verschiebungen in der Erdkruste eine Zunahme der Mächtigkeit der Kruste zur Folge haben.

Wenn wir diese hypothetischen Betrachtungen anwenden auf die jüngsten gebirgsbildenden Vorgänge und die vulkanische Tätigkeit in den Inselbogen unseres Gebietes, so zeigt sich, daß während dieser gebirgsbildenden Vorgänge das Magma im äußeren Bogen die Oberfläche auf den antiklinalen Wölbungen nicht erreicht hat. Der Druck könnte sich aber auch dann — wenigstens im Anfang — sehr gut geäußert haben durch Faltung ohne Zerbrechung des Zusammenhangs der Schichten. Dasselbe gilt für die in der Nähe des äußern Bogens gelegene Insel Wetter des innern Bogens, insoweit hierüber aus den bis jetzt bekannten geologischen Tatsachen geurteilt werden kann. Im innern Bogen dauert die vulkanische Tätigkeit bis heutzutage fort, aber sie scheint gleichzeitig mit den jüngsten gebirgsbildenden Vorgängen allmählich zu erlöschen. Dieses Erlöschen hat später stattgefunden, je weiter dieser Bogen sich vom äußern Bogen und vom Vorlande entfernt. Wir haben schon oben erwähnt, daß bei den jüngsten gebirgsbildenden Vorgängen, wie bei den miozänen, Bewegungen in der Richtung des Vorlandes stattfinden, und bei diesen Vorgängen können wieder Überschiebungen gebildet werden. Die Annahme scheint gerechtfertigt, daß die faltenden Bewegungen zuerst in den dem Vorlande am nächsten gelegenen Teilen den obengenannten Charakter bekommen haben, durch den die Verbindung des Magmas mit der Oberfläche abgeschlossen wird, während dasselbe allmählich der Fall sein wird auf den weiter östlich und westlich gelegenen Inseln des innern Bogens, wenn die faltenden Kräfte fortdauern.

Im innern Inselbogen des südöstlichen Indischen Archipels hätten wir dann ein Beispiel von Auslöschung vulkanischer Tätigkeit während Auflebung gebirgsbildender Vorgänge.

Delft, März 1917.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: 8

Autor(en)/Author(s): Brouwer H. A.

Artikel/Article: Über Gebirgsbildung und Vulkanismus in den Molukken 197-209