

**Petrology.** — *Cordieritpseudomorphosen in Sanidin-Albit-Rhyoliten von Tandjoeng Illipoi, Wetar (Niederl. Ost-Indien).* Von J. HEERING.  
(Communicated by Prof. H. A. BROUWER.)

(Communicated at the meeting of December 28, 1940.)

### *Einleitung.*

Als Teilnehmer an der Geologischen Expedition der Universität Amsterdam nach den Kleinen Sunda Inseln im Jahre 1937 unter Leitung van Prof. Dr. H. A. BROUWER hatte ich u.m. Gelegenheit die östliche Hälfte der Insel Wetar zu untersuchen.

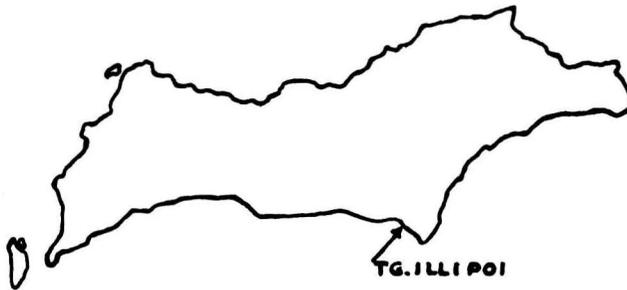


Abb. 1. Die Insel Wetar, mit Tandjoeng Illipoi. Maszstab 1 : 150000.

In der Mitte der Insel, an der Südküste, liegt Tandjoeng<sup>1)</sup> Illipoi, wo Sanidin-Albit-Rhyolite zusammen mit Graniten bis Granodioriten vorkommen.

### *Die Sanidin-Albit-Rhyolite.*

Es kommen zwei verschiedene Typen von Sanidin-Albit-Rhyoliten vor, in denen Cordieritpseudomorphosen auftreten.

Der erste Typus (H. 177 $\times$ , H. 167, H. 133, H. 134) ist hellgrau bis graugrün gefärbt und hat eine porphyrische Struktur. Makroskopisch zeigt er in einer felsitischen Grundmasse ziemlich viele Einsprenglinge von Quarz, Feldspat, Biotit, chloritisiertem Biotit und Cordieritpseudomorphosen. Quarz ist etwas reichlicher vorhanden als Feldspat. Es gibt sowohl Quarze mit schöner idiomorpher Begrenzung, als solche, die magmatisch korrodiert sind, mit abgerundeten Ecken und Einbuchtungen, während hier und da nur skelettartige Individuen übrig geblieben sind. Die Feldspäte sind idiomorph entwickelt; sie sind zum Teil nach dem Albit- und Karls-

---

<sup>1)</sup> Tandjoeng (malaisch) = Kap.

bader Gesetz, seltener nach dem Periklingesetz, verzwillingt, zum Teil aber auch unverzwillingt. Die Plagioklase wurden bestimmt als Albit <sup>2)</sup>). Daneben gibt es auch, nur selten nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingte, Kalifeldspäte. Bestimmungen mit dem Universal-Drehtisch erwiesen, dass die Kalifeldspäte optisch zweiachsig negativ sind mit sehr kleinem Achsenwinkel ( $2V = 6^\circ$ ). Der Kalifeldspat ist also Sanidin. Die meisten Plagioklase, sowie die Sanidine, sind im Dünnschliff zum Teil durch Kaolinisierung bräunlich gefärbt. Umwandlung in Sericit und Karbonat ist häufig. Die Biotite sind zum grössten Teil umgewandelt in Chlorit (oft Pennin).

In der Grundmasse tritt Albit in kleinen leistenförmigen Individuen auf, aber der grösste Teil wird aufgebaut von einem sehr feinkörnigen Aggregat von Quarz und Alkalifeldspat, zwischen denen viele kleine Sericitschuppen und Karbonatkörner vorkommen. Magnetit ist nur spärlich vorhanden, während accessorisch Apatit in kleinen idiomorphen Säulchen vorkommt. Als Sekundärbildungen können Karbonat, Epidot-Zoisit, Sericit, Chlorit und Kaolin erwähnt werden.

Der zweite Typus (H. 173, H. 175 $\times$ , H. 70 $\times$ ). In soweit gibt es eine Uebereinstimmung mit dem ersten Typus, dass dieselben Einsprenglinge in beiden Typen vorkommen. Auch hier sind die Einsprenglinge Quarz, saurer Plagioklas, Kalifeldspat (Sanidin), z.T. in Chlorit umgewandelter Biotit und Cordieritpseudomorphosen. Die Sanidine sind aber in dem zweiten Typus viel grösser. Das Zentrum der, bis 8 m.m. grossen, Feldspatindividuen ist wasserhell und wird umgeben von einem ziemlich breiten Rand von mattweissem Albit. Ursache dieser Erscheinung ist ein Albitisierungsprozess, der möglicherweise der Entstehung aller Albite in den Illipoi-Gesteinen zu Grunde liegt. Einige Feldspatindividuen zeigen sekundäre Perthitbildung. Die Menge an Quarzeinsprenglinge ist ungefähr wie im vorigen Typus, letzterer enthält aber weniger Chlorit und chloritisierten Biotit. Die Grundmasse ist was ihre Struktur anbelangt recht verschieden vom vorigen Typus; die Zusammensetzung aber ist ungefähr dieselbe. Z.T. wird die Grundmasse gebildet von einer Art granophyrischer Verwachsung von Quarz und Alkalifeldspat (oft nur wahrnehmbar mit starker Vergrösserung). Bisweilen umsäumt ein breiter Rand Granophyr die Quarz-Einsprenglinge. Kleine leistenförmige Albite kommen reichlich vor. Die Grundmasse dieses Typus ist phanerokristallin. Auch in diesem Gestein ist accessorisch Apatit vorhanden, sowie die Sekundärbildungen Kaolin, Sericit, Karbonat, Epidot-Zoisit, Leukoxen, Limonit und Chlorit.

#### *Die Cordieritpseudomorphosen.*

Die Cordieritpseudomorphosen bilden in diesen Sanidin-Albit-Rhyoliten gute idiomorphe Kristalle. Schon makroskopisch sind die kurz-säulen-

---

<sup>2)</sup> Wenn von Albit die Rede ist, so handelt es sich oft um Plagioklase mit wechselnder Zusammensetzung von Albit bis Albit-Oligoklas.

förmigen, maximal 6 bis 7 m.m. grossen Cordieritpseudomorphosen zu unterscheiden. Ihre Farbe ist immer bläulichgrün bis graugrün. Im Längsschnitt sind die Pseudomorphosen viereckig, im Querschnitt sechseckig, dann vielfach mit abgerundeten Ecken. Zwillinge sind ziemlich häufig. Viele Individuen zeigen auf der Basis die bekannte Teilung in sechs Feldern. Die Trennung der einzelnen Felder verläuft meist geradlinig, scharf, es kommen aber auch Fälle vor, wo die einzelnen Felder mehr oder weniger regelmässig begrenzte Fetzen der Nachbarindividuen einschliessen. Diese pseudo-hexagonalen Drillinge nach (110) sind ziemlich verbreitet. Bereits wurde erwähnt dass nur Pseudomorphosen nach Cordierit vorhanden sind; jedoch wurde in einem Individuum, im zentralen Teil, unveränderter Cordierit gefunden. Mit dem Universal-Drehtisch wurde bestimmt, dass der Cordierit zweiachsig negativ ist mit  $2V = 76^\circ$ . Die Doppelbrechung ist niedrig, ungefähr wie Quarz. Pleochroismus wurde nicht beobachtet. Als Einschlüsse in den Cordieritpseudomorphosen findet man hauptsächlich Apatit, weniger Zirkon, etwas Erz (Magnetit) und selten Rutil. Zum Teil wird Rutil als dünne Stäbchen von den Apatitkörnern eingeschlossen. In einigen Pseudomorphosen kann man dunkel gelbbraune Ränder um die kleinen Zirkonkristalle beobachten. WEINSCHENK<sup>3)</sup> gibt an, dass pleochroitische Höfe in den Pseudomorphosen der Cordierite oft noch als gelbbraune Flecken erhalten bleiben.

Die Umwandlung der Cordierite, die zu verschiedenen Pseudomorphosen führt, ist von vielen Autoren untersucht worden, hauptsächlich von WICHMANN<sup>4)</sup> und GAREISS<sup>5)</sup>, die beide zu ungefähr gleichen Resultaten kamen. WICHMANN untersuchte den ganzen Verlauf des Prozesses und fand, dass der Cordierit sich nicht sofort in Muskovit umwandelt, sondern dass zwischen dem frischen Cordierit und dem Endprodukt ein Stadium liegt, in dem das ursprüngliche Mineral isotrop wird. Die in diesem Stadium sichtbare isotrope Masse nannte er „Zwischensubstanz“. Im allgemeinen stimmt der Umwandlungsprozess mit dem von WICHMANN und GAREISS beobachteten überein. Die isotrope bis sehr schwach anisotrope „Zwischensubstanz“ kann man an verschiedenen Pseudomorphosen beobachten. Diese Substanz ist immer gelbgrau bis gelbbraun, bisweilen sehr dunkelbraun. Die meisten Cordierite sind aber weiter zersetzt worden und haben mehr oder weniger breite Ränder und Adern von muskovitischer (sericitischer, pinitischer) und chloritischer Substanz gebildet, während im Zentrum noch Kerne dieser „Zwischensubstanz“ erhalten sind (Abb. 2). Auch serpentinartige Umwandlungsprodukte können in mehreren Pseudomor-

<sup>3)</sup> E. WEINSCHENK, „Die gesteinsbildenden Mineralien“, Freiburg i/B. 1915, S. 222; auch: K. CHUDOBA, „Mikroskopische Charakteristik der gesteinsbildende Mineralien“, Freiburg i/B. 1932, S. 123.

<sup>4)</sup> A. WICHMANN, „Die Pseudomorphosen des Cordierits“. Zeitschr. D. Geol. Gesel. Bd. 26, 1874, S. 675.

<sup>5)</sup> A. GAREISS, „Ueber Pseudomorphosen nach Cordierit“. Tscherm. Min. und Petr. Mitt. Bd. 20, 1901, S. 1.

phosen beobachtet werden. Viele Cordierite sind vollkommen umgewandelt in die Endprodukte. Im Dünnschliff ist ihre Farbe grüngelb bis braun. Der grösste Teil der Pseudomorphosen wird zweifellos von grünlich bis bräunlich gefärbten chloritischen Fasern mit kleinen Auslöschungswinkeln und mit niedriger Doppelbrechung gebildet (gelegentlich mit auf Pennin deutenden anomalblauen Interferenzfarben und mit positivem Charakter der Hauptzone). Meistens liegen die Blättchen oder Fasern ziemlich wirr durcheinander, zuweilen sind in bestimmten Partien die Fasern parallel gerichtet oder besteht die ganze Pseudomorphose aus parallel angeordneten Fasern, sodass eine fast vollständig gleichzeitige Auslöschung zwischen gekreuzten Nikols stattfindet. (Abb. 3). Bräunlich gefärbte, limonitische Substanz bildet gelegentlich die Randzone der Pseudomorphosen. Aehnliche Cordieritpseudomorphosen erwähnt H. DE JONG<sup>6)</sup> von Cordieritgesteinen des Kaibobogebietes (West-Ceram).

In H. 177<sup>x</sup> ist an einer Cordieritpseudomorphose Folgendes zu beobachten (Abb. 4). Eine ziemlich breite Randzone besteht aus Alkalifeldspat (sehr wahrscheinlich Albit) und grünen, stark pleochroitischen Chloritblättchen. Auf der Grenze zwischen dieser Zone und dem Kern folgt ein schmaler Rand Sericit; der Kern selber ist aufgebaut von abwechselnd schmalen Fasern farblosen Sericits und gelb bis sehr dunkelbrauner chloritischer und isotroper Substanz.

In H. 134 wurden zwei Cordieritpseudomorphosen beobachtet; die eine ist ein Durchkreuzungsdrilling, während die andere einen kurzprismatischen Schnitt, gebildet von schönen radialstraligen Mineralien der Epidotgruppe, zeigt. Epidot (Pistazit) mit lebhaften Interferenzfarben und auch Zoisit mit sehr niedriger Doppelbrechung kommen vor. Zwischen den nach „b“ säulenförmigen Durchschnitten der Mineralien der Epidotgruppe und den Schnitten senkrecht zur Säule mit sechseckigen oder rhombenähnlichen Umrisen sind wiederum eine sehr schwach anisotrope, bräunliche Substanz und Chlorit vorhanden. Apatitkörner sind auch hier, wie in fast allen Cordieritpseudomorphosen, eingeschlossen. (Abb. 5.)

Es ist wahrscheinlich dass zuerst das ganze Cordieritindividuum umgewandelt wurde in den muskovitischen und chloritischen Produkten, ausserhalb im Zentrum, wo vielleicht noch etwas isotrope und chloritische Substanz vorhanden ist. Dass nachher die albitisierenden Lösungen diese Pseudomorphose weiter angegriffen haben, scheint hervorzugehen aus der Umwandlung in Albit. Z. B. BENSON<sup>7)</sup> beschreibt aus dem Tamworth-Distrikt Keratophyre mit Albitpseudomorphosen nach Pyroxen. Auch in unserem Fall haben ähnliche metasomatische Prozesse stattgefunden.

Auch die Pseudomorphose von Epidotmineralien nach Cordierit (H. 134)

<sup>6)</sup> H. DE JONG, „Studien über Eruptiv- und Mischgesteine des Kaibobogebietes“. Rutten-Hotz Geol. Petr. and Palaeont. Results of Expl. in the island of Ceram, 1923.

<sup>7)</sup> W. N. BENSON, „The Geology and Petrology of the Great Serpentine Belt of New South Wales“. Part V. „The Geology of the Tamworth District“. Proc. Linnean Soc., N. S. W., vol. XL, 1915, S. 596.

kann in ähnlicher Weise erklärt werden; auch hier ist es wahrscheinlich dass der Cordierit in den muskovitischen und chloritischen Produkten

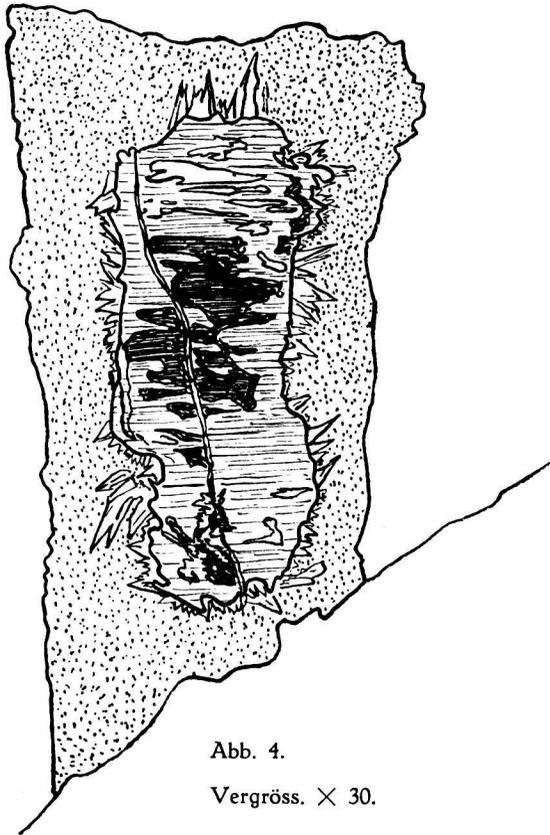
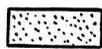


Abb. 4.

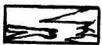
Vergröss.  $\times 30$ .



Rand von Albit und Chlorit.



Dunkelbraune }  
Gelbraune } chloritische Substanz.



Farbloser Sericit.

umgewandelt worden ist, und dass nachher die Epidotminerale gebildet wurden. Leider wurde nur eine einzige derartige Pseudomorphose angetroffen, während in den anderen Cordieritpseudomorphosen gar keine Mineralien der Epidotgruppe vorhanden sind. Als Sekundärbildung im Gestein wurde Epidot-Zoisit schon erwähnt, sodass es sich in diesem Fall möglicherweise lokal um eine Konzentration von Epidot handelt. Das für die Bildung des Epidots benötigte Kalzium kann geliefert sein von den albitisierten Plagioklasen, die möglicherweise ursprünglich im Gestein

vorhanden waren. Ungenügend erklärt bleibt dabei weshalb nur eine einzige derartige Pseudomorphose in den zwanzig untersuchten Schlifften angetroffen wurde.

#### *Entstehung der Cordierite.*

Um die Entstehung der Cordierite zu erklären, möchte ich zuerst auf einige andere Vorkommen von cordieritführenden Gesteinen hinweisen. SCHROEDER VAN DER KOLK<sup>8)</sup>, VERBEEK<sup>9)</sup> und besonders BROUWER<sup>10)</sup> erwähnen cordieritführende Dazite von Ambon. H. DE JONG<sup>11)</sup> gibt eine ausführliche Beschreibung von den bereits erwähnten Cordieritgraniten von Ceram. In beiden Gebieten handelt es sich um zweierlei Einschlüsse: um homoeogene und enallogene Einschlüsse (Systematik von A. LACROIX<sup>12)</sup>). Erstere sind in ihrem stofflichen Bestand eng mit dem einschliessenden Gestein verbunden, während die enallogenen Einschlüsse keine Beziehung zum einschliessenden Gestein zeigen. Es sind mitgerissene Stücke des Nebengesteins.

Diese Einteilung lässt sich auch anwenden auf die Einschlüsse der Cordieritandesite von Hoyazo (Cabo de Gata), wie dies von HETZEL<sup>13)</sup> und später von BURRI und PARGA PONDAL<sup>14)</sup> getan worden ist, sowie auf die Cordieritführenden Laven von Mazarron, die von PATIJN<sup>15)</sup> in gleicher Weise erklärt wurden. Auch SUGI<sup>16)</sup> erwähnt derartige Erscheinungen in cordieritführenden Graniten im Tsukuba-Distrikt, während die neulich von BAKER<sup>17)</sup> beschriebenen Cordieritgranite von Victoria ähnliche Erscheinungen zeigen wie die von mir untersuchten Illipoi-Sanidin-Albit-Rhyolite.

Diese Rhyolite sind frei von homoeogenen und enallogenen Einschlüssen. Für den Cordierit muss direkte Auskristallisation aus dem Magma ange-

<sup>8)</sup> J. L. C. SCHROEDER VAN DER KOLK, „Mikroskopische Studien über Gesteine aus den Molukken“. I. Gesteine von Ambon und den Uliassern. Jaarb. v. h. Mijnwezen in Ned. O. Indië. 1895. Wetensch. II en Techn. Adm. Gedeelte.

<sup>9)</sup> R. D. M. VERBEEK, „Geologische beschrijving van Ambon“. Jaarb. v. h. Mijnwezen in Ned. Indië. 1895. Wetensch. gedeelte.

<sup>10)</sup> H. A. BROUWER, „Over insluitsels en cordierietgehalte van Bronziet-biotiet-dacieten van het eiland Ambon“. Verh. v. h. Geol. Mijnb. Gen. v. Ned. en Kol. Geol. serie, dl. III, 1925.

<sup>11)</sup> H. DE JONG, loc. cit.

<sup>12)</sup> A. LACROIX, „Les enclaves des Roches volcaniques“. Mâcon 1893.

<sup>13)</sup> W. HETZEL, „Bijdrage tot de geologie van de Sierra Alhamilla (Provincie Almeria). Delft 1923.

<sup>14)</sup> C. BURRI & T. PARGA PONDAL, „Neue Beiträge zur Kenntnis des granatführenden Cordieritandesit von Hoyazo bei Nijar. (Prov. Almaria, Spanien)“. Schweiz. Min. und Petr. Mitt. Bd. XVI. Heft 1, 1936.

<sup>15)</sup> R. J. H. PATIJN, „Onderzoekingen in de oostelijke Betische Cordilleren“. Diss. Amsterdam 1937.

<sup>16)</sup> K. SUGI, „On the granitic rocks of Tsukuba-district and their associated Injection Rocks“. Jap. Journ. of Geol. and Geogr. Vol. VIII, 3, 1931.

<sup>17)</sup> G. BAKER, „Cordierite granite from Terip-Terip, Victoria“. Journ. of Min. Soc. of America, 1940, Vol. 25, 8.

nommen werden. Für diese Meinung spricht die idiomorphe Begrenzung von fast allen Kristallen. Diese pyrogenetische Entstehungsweise der Cordierite kann erklärt werden durch Assimilation von Tonerdesedimenten, also durch Aluminiumanreicherung des Magmas. In den oben erwähnten anderen Vorkommen von cordieritführenden Gesteinen sahen wir, dass immer Aluminiumanreicherung des Magmas durch Tonerdesedimente (z.B. Cordieritgneise, Cordierithornfelse) stattgefunden hat.

In den Illipoi-Rhyoliten gehören die Cordierite zu den ersten Mineralien, die aus dem Magma auskristallisiert sind, weil Cordieritpseudomorphosen von Quarz- und Sanidineinsprenglinge eingeschlossen werden. (Abb. 6).

Sporadisch sind die Cordierite korrodiert; die Einbuchtungen werden von Grundmassematerial, besonders Quarz und Albit, ausgefüllt.

Infolge der nachherigen Zufuhr von Mengen alkalisches Material aus dem Magma sind die verschiedenen Umwandlungsprodukte der Cordierite entstanden. Dass alkalische Lösungen im Gesteine cirkuliert haben, zeigen die schönen Albitisierungserscheinungen der Feldspäte, besonders der Sanidineinsprenglinge. Eine eingehendere Beschreibung dieser Erscheinungen wird in einer späteren Publikation gegeben werden.

*Amsterdam, Geologisches Institut.*

---



Abb. 2.

Längsschnitt einer Cordieritpseudomorphose.  
Die rechteckig begrenzten, hellen Teile im Zentrum werden gebildet von isotroper „Zwischensubstanz“, während der übrige Teil der Pseudomorphose von chloritischen und muskovitischen Fasern aufgebaut ist. (// Nikols; Vergröss.  $\times 71$ .)



Abb. 3.

Pseudohexagonaler Drilling von Cordierit, umgewandelt in Muskovit und Chlorit. Der grösste Teil der umgebenden Grundmasse ist Granophyr. (+ Nikols; Vergröss.  $\times 125$ .)

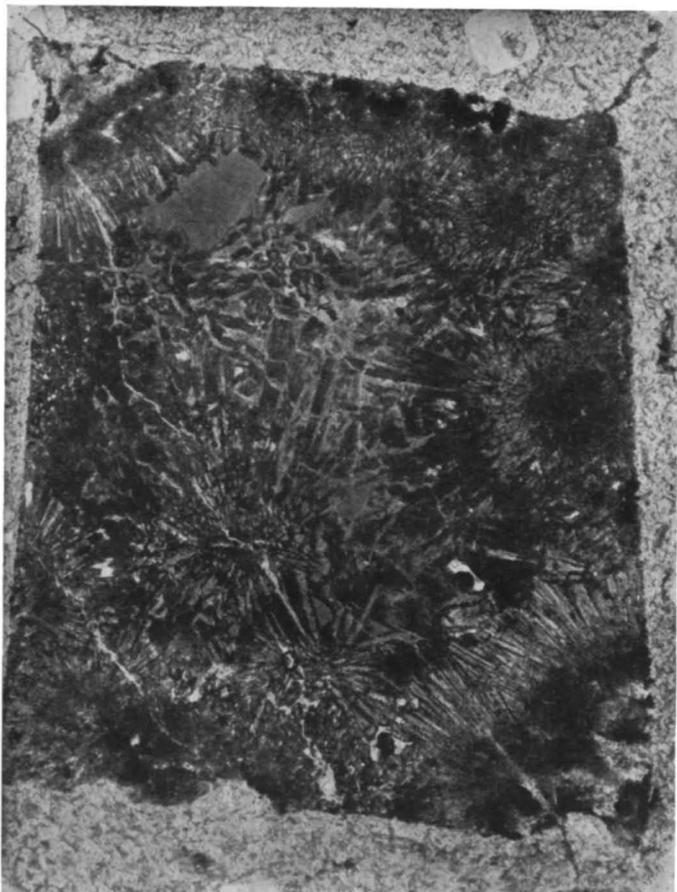


Abb. 5.

Pseudomorphose von Mineralien der Epidotgruppe nach Cordierit.  
(// Nikols; Vergröss.  $\times 37$ .)

Proc. Ned. Akad. v. Wetensch., Amsterdam, Vol. XLIV, 1941.



Abb. 6.

Sanidineinsprengling mit Albitrand.  
Unten ein Quarzindividuum. Links, in der Mitte, wird eine Cordieritpseudomorphose von dem Feldspat eingeschlossen.  
(+ Nikols; Vergröss.  $\times 17,5$ .)