

Original-Mitteilungen an die Redaktion.

Studien über Kontaktmetamorphose in Niederländ.-Ostindien.

Von **H. A. Brouwer** in Delft.

Mit 2 Textfiguren.

IV. Quarzkeratophyr-Kalksteinkontakte im Sibumbun-Gebirge, nördlich vom See von Singkarah (Sumatras Westküste), und das geologische Alter dieser Eruptivgesteine.

Geologisches.

Über meine Untersuchungen im geologisch und petrographisch sehr interessanten Sibumbun-Gebirge habe ich schon kurz berichtet¹. In dieser Mitteilung werden nur die Kontaktverhältnisse zwischen dem Quarzporphyr und den als carbonisch betrachteten Kalksteinen besprochen, während ich eine ausführliche Beschreibung der geologischen Verhältnisse später zu veröffentlichen beabsichtige.

Ein besonderes Interesse haben diese Kontaktverhältnisse, weil der Quarzporphyr von VERBEEK² als älter als die Kalksteine betrachtet wurde. Er erwähnt eine Stelle, wo der Quarzporphyr, in Gegensatz zu seiner früheren Meinung³, nur scheinbar gangförmig in den Kalkstein gedrungen ist, während diese Verhältnisse nach ihm besser erklärt werden können, indem angenommen wird, daß der Kalk auf einem unebenen Boden von Quarzporphyr abgelagert und später z. T. weggewaschen wurde. In der Nähe der von VERBEEK erwähnten Stelle, bei der Mündung des Baches Kapu in den Silaki, wurden aber von mir typische exomorphe Kontakterscheinungen im Kalkstein beobachtet, so daß auch die Quarzporphyre bestimmt ein jüngerer Alter haben müssen als das bis jetzt angenommene präcarbonische, wie es schon für granitische Gesteine aus benachbarten Gebieten in meinen vorigen Mitteilungen (I und II) nachgewiesen wurde. Die Quarzporphyre des Sibumbun-Gebirges kommen zusammen mit granitischen Gesteinen vor, und

¹ H. A. BROUWER, On the post-carboniferous age of granites of the highlands of Padang. *Proceed. Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam.* 18. p. 1518—1519.

² R. D. M. VERBEEK, *Topographische en Geologische Beschryving van een gedeelte van Sumatra's Westkust.* Batavia 1883. p. 196.

³ R. D. M. VERBEEK, *Geologische Beschryving van het Siboemboengebergte.* Jaarb. v. h. Mynwezen in Nederl. Indie. 1876. p. 51 e. v.

beide Gesteinsarten sind durch Übergänge miteinander verbunden. Sie sind wahrscheinlich nur strukturelle Modifikationen der Granite und von ungefähr gleichem Alter als diese.

Die Quarzporphyre haben im östlichen Teile des Sibumbun-Gebirges eine größere Verbreitung. Die von mir mikroskopisch untersuchten Gesteine aus der Umgebung des Kontaktes mit den Kalksteinen zeigen den Charakter der Quarzkeratophyre, und es ist möglich, daß dieser Quarzkeratophyrtypus eine viel größere Verbreitung hat. Im südlichen Teil dieses Vorkommens, an der rechten Uferwand des Silaki und etwa 10 m stromauf von der Mündung des Baches Kapu (Fig. 1), bildet der Quarzporphyr mit seinen Kontaktprodukten zwei zungenförmige Ausläufer in dem angrenzenden Kalkstein (Fig. 2). In den intrusiven Gesteinen in der Nähe des Kontaktes ist eine porphyrische Struktur viel weniger deutlich oder gar nicht mehr entwickelt.

Von der westlichsten der beiden Apophysen wurden zahlreiche Proben von intrusiven und Kontaktgesteinen mikroskopisch untersucht. Im südlichen Teil dieser, sich allmählich verschmälernden, Apophyse ist kein Intrusivgestein an der Oberfläche mehr sichtbar, aber die Kontaktgesteine setzen sich bis da fort, was an der starken Herauswitterung (besonders der granatreichen Kontaktgesteine) und an den Farbenunterschieden mit den Kalksteinen ohne Kontaktmineralien schon makroskopisch deutlich verfolgt werden kann. Beim südlichen Ende besteht der innere Teil aus herausgewittertem, rötlich gefärbtem, granatreichem Gestein, das weiter vom Ende, wo das Intrusivgestein in der Apophyse vorkommt, dieses auch nach beiden Seiten als innere Zone begrenzt. Die Farbe und der Granatgehalt dieser Zone ist wechselnd; wie wir bei der mikroskopischen Beschreibung näher aneinandersetzen werden, wechselt auch das Mineralgemenge dieser Zone sehr. Zwischen dieser oft granatreichen Zone und den weißen kristallinen Kalksteinen ohne Kontaktmineralien, die die Apophysen begrenzen, ist eine heller gefärbte Zone von wechselnder Breite entwickelt, die oft sehr reich ist an Wollastonit; beim südlichen Ende der Apophyse, wo die westliche Randzone z. B. mikroskopisch untersucht wurde, besteht sie ganz aus grobkörnigem, divergentstrahligem Wollastonit. Daß die genannten Zonen nicht einheitlich gebaut sind und daß zahlreiche Variationen im Mineralgemenge vorkommen, wird unten näher gezeigt werden. Wie sehr oft im Sibumbun-Gebirge, sind auch hier diese weißen Kalksteine ohne Kontaktmineralien makroskopisch deutlich kristallin. Daß diese schon deutlich makroskopisch sichtbaren Kontakterscheinungen nur vereinzelt an dem Quarzkeratophyr-Kalksteinkontakt vorkommen, geht schon aus dem oben erwähnten, von VERBEEK als normale Überlagerung gedeuteten Falle hervor. Auch schon etwa 1 m stromab vom nördlichen Teil der beschriebenen Apophyse ist die Fortsetzung des Kontaktes an



Quarzporphyr (Quarzkeratophyr).



Kristalline Kalksteine.



Hornfelse (metamorphe Ton- und Mergelschiefer).



Alluvium.

A Apophysen-Kontakt.

Fig. 1. Umgegend des Quarzkeratophyr-Kalksteinkontaktes im Sibumbun-Gebirge. 1:15000. (Nach R. D. M. VERBEEK in Jaarb. Mynwezen 1876 und eigenen Beobachtungen.)

einem kleinen Steilabhang am rechten Ufer des Silaki sichtbar. Hier ruht der Quarzporphyr auf Kalkstein, die Kontakterscheinungen mit reichlicher Entwicklung von makroskopisch sofort auffallendem Wollastonit, Granat etc. kommen auch hier nicht vor; höchstens zeigt sich der Kalkstein in einer 10—20 cm breiten Zone am Kontakt gefärbt (bisweilen dunkel grün am direkten Kontakt), während Pyrit und auch Granat dort, bisweilen ziemlich häufig, im Kalkstein vorkommen. Mikroskopisch kann die Kontaktmetamorphose auch hier deutlich nachgewiesen werden. Auch hier zeigt das Eruptivgestein in der Nähe des Kontaktes eine viel weniger

deutlich entwickelte porphyrische Struktur mit einer, in geringer Menge anwesenden, Grundmasse.

Einige Meter stromauf von diesen Kontaktstellen kommen in den, im Silaki anstehenden, Kalksteinen Adern und Linsen mit Pyrit vor, die eine viel dunklere Farbe als die umgebenden Kalksteine zeigen und die durch einen mikroskopisch nachweisbaren Granatgehalt gekennzeichnet sind.

Im folgenden werden nacheinander die Quarzkeratophyre in größerer Entfernung und in der Nähe des Kontaktes, die stark metamorphen und die weniger oder nicht metamorphen Kalksteine besprochen werden.

Die Quarzkeratophyre und ihre mehr granitische Randfazies.

Die Gesteine, die im Silaki in größerer Distanz vom Kontakt gesammelt wurden, zeigen deutlich die porphyrischen Quarze in einer dichten, rötlichgrauen bis fleischfarbigen Grundmasse. Den mikroskopisch untersuchten Gesteinen fehlt eine Glasbasis gänzlich, sie enthalten Einsprenglinge von Quarz und Feldspat in einer feinkristallinen Grundmasse, die hauptsächlich besteht aus einem Gemenge von Quarz und Feldspat; daneben kommen auch farbloser und grüner Glimmer und Chlorit vor, während das spärlich vorkommende Erz z. T. in eine bräunlichgelbe Substanz oder in Leukoxen umgewandelt ist. Durch die holokristalline Ausbildung der Grundmasse nähern sich diese Gesteine den Grautporphyren. Die Quarzeinsprenglinge bilden oft Aggregate von gegeneinander durch gerade Linien oder ziemlich unregelmäßig begrenzten Individuen, die zusammen in einzelnen Fällen eine mehr oder weniger idiomorphe Ausbildung zeigen. Die Individuen dieser Verwachsungen löschen nicht einheitlich aus, besonders die mehr oder weniger parallel zur Hauptachse getroffenen Individuen mit der stärksten Doppelbrechung zerfallen in zahlreiche Felder, die zu zwei, an der kleinen Differenz der Auslöschungsschiefe deutlich zu erkennenden Individuen gehören. Die Begrenzung der Felder ist oft mehr oder weniger der Hauptachse parallel. Bei wenig deutlicher Felderteilung zeigen die Quarze oft eine der unzulösen Auslöschung ähnliche Erscheinung, während in einigen Quarzen auch mehr als zwei verschieden orientierte Individuen anwesend sein könnten. Die einheitlich gebanten Quarzeinsprenglinge zeigen meist eine starke Abrundung der Formen und deutliche Korrosionserscheinungen. — Die Feldspateinsprenglinge bestehen, wenn nicht alle, dann zum allergrößten Teil aus Albit mit deutlichen polysynthetischen Zwillinglamellen und Zwillingen nach dem Karlsbader Gesetz. Die Auslöschung in Schnitten senkrecht zu c beträgt ungefähr 20° gegen die Spaltrisse nach P , in Schnitten annähernd senkrecht zu a wurden Auslöschungen von 12° gemessen. Im Gegensatz zu den klaren Quarzen haben die Albite ein trübes Aussehen; sie enthalten

zahlreiche sehr feine Einschlüsse und zeigen oft eine anfangende Umwandlung in Sericit. Dasselbe gilt auch für die Albite der Grundmasse. Die Feldspäte der Grundmasse zeigen sehr oft polysynthetische Zwillingslamellierung, und Orthoklas wurde nicht mit Bestimmtheit nachgewiesen, die Struktur der Grundmasse ist mikrogranitisch. Die Grundmasse baut in den untersuchten Gesteinen etwas mehr, die Einsprenglinge etwas weniger als die Hälfte des Gesteins auf.

In einem bei *h* in Fig. 2 gesammelten Gestein, das in einer Entfernung von etwa 20 cm vom Kontakt mit den Kalksteinen vorkommt, hat die Menge der Grundmasse stark abgenommen. Das Gestein besteht aus einem mittelkörnigen Quarz-Feldspatgemenge, zwischen dem sich sehr untergeordnet ein feinkristallines Gemenge derselben Mineralien befindet. Die größeren Quarze und sehr sauren Plagioklase (z. T. sicher Albit) zeigen dieselben Eigenschaften wie im vorigen Gestein, im Albit ist die polysynthetische Zwillingslamellierung bisweilen nur auf Teile der Kristalle begrenzt. Die Grundmasse zeigt an einigen Stellen granophyrische Struktur, primäre dunkle Mineralien wurden nicht beobachtet, nur die sekundären Mineralien Calcit, Epidot und Chlorit. Zum Teil in Leukoxen ungewandeltes Erz kommt in der Grundmasse vor.

Ein bei *g* in Fig. 2 gesammeltes Gestein der Apophyse, das in direktem Kontakt mit granatreichen metamorphen Kalksteinen vorkommt, ist dem vorigen sehr ähnlich. Auch hier ist nur ein kleiner Teil als Grundmasse ausgebildet. Ein besonderes Interesse hat aber das ziemlich reichliche Vorkommen von Granat, Epidot und Zoisit in diesem Gestein vom direkten Kontakt. Der Granat bildet kleine Kriställchen, die sich oft, allein oder zusammen mit Epidot, zu verlängerten Aggregaten vereinigen. Die Aggregate setzen sich quer durch die Feldspatkristalle des Gesteins fort, und kleine Granat- und auch Epidotkristalle mit wechselnder Doppelbrechung findet man isoliert in den Feldspäten. Die Granate zeigen eine hellbräunliche Farbe und sind fast immer unregelmäßig ausgebildet ohne idiomorphe oder annähernd idiomorphe Kristallbegrenzung. In Innern der einheitlich gebauten Quarzkristalle kommen diese Einschlüsse und Adern nicht vor, wohl an der Grenze von verschiedenen orientierten Quarzindividuen. Die oben genannten Aggregate von Granat oder von Granat und Epidot scheinen hauptsächlich gestreckt zu sein in einer Richtung senkrecht zur Kontaktgrenze zwischen Eruptiv- und Kontaktgestein. Aus dem oben Erwähnten geht hervor, daß die Quarzkeratophyre in der Nähe des Kontaktes in der Apophyse deutliche Strukturänderungen zeigen, die Grundmasse ist hier nur sehr untergeordnet zwischen dem mittelkörnigen Quarzfeldspatgemenge vorhanden, und die Gesteine am Kontakt sind fast Granite oder Granitporphyre mit spärlicher Grundmasse. Der Granatgehalt des Intrusivgesteins am direkten Kontakt weist auf endomorphe Kontaktwirkung hin.

Etwa 1 m stromab vom nördlichen Teil der Apophyse, wo das Intrusivgestein auf dem Kalkstein ruht, wurden vom erstgenannten Gestein verschiedene Proben in der Nähe des Kontaktes mikroskopisch untersucht. Ein Gestein in einer Entfernung von 35 cm vom Kontakt besteht zum kleinsten Teil aus Grundmasse, die an manchen Stellen schön granophyrisch ausgebildet ist, während auch die größeren Feldspat- und Quarzkristalle oft schriftgranitisch miteinander verwachsen sind. Sericit und Calcit, z. T. als Umwandlungsprodukt der Feldspäte, Leukoxen und eine braungelbe eisenreiche Substanz kommen als sekundäre Produkte im Gestein vor. Wo Quarzkristalle ganz von Grundmasse umgeben sind, wurden keine idiomorphen Kristallbegrenzungen, meistens unregelmäßige oder höchstens abgerundete Formen beobachtet. Schön idiomorph ist aber der Quarz an einzelnen Stellen ausgebildet, wo er von größeren Calcitpartien mit einer Art poikolitischer Struktur umschlossen wird. In diesen Calcit-Quarz-Verwachsungen kommt kein Feldspat vor, wir betrachten diesen Calcit nicht einfach als eine sekundäre Bildung, aber glauben, daß diese Verwachsungen von Calcit mit idiomorphem Quarz sich viel früher, vor der Bildung der sekundären Produkte, vielleicht in einem späten Kristallisationsstadium und unter Mitwirkung von endomorpher Kontaktmetamorphose, gebildet haben.

Aus einer Entfernung von 15 cm vom Kontakt wurde ein Gestein untersucht, in dem die Grundmasse nur sehr spärlich vorhanden ist. Die schriftgranitähnlichen und granophyrischen Verwachsungen von Quarz und Feldspat wurden hier nicht beobachtet, und die Struktur der Gesteine scheint also schon in geringer Entfernung einigermaßen zu wechseln. Sericit und Calcit kommen häufig als Umwandlungsprodukte der Feldspäte vor.

Vom direkten Kontakt mit den Kalksteinen stammt ein Gestein mit ziemlich viel Grundmasse ohne granophyrische Struktur, in dem Calcit sehr reichlich vorkommt. Die Feldspäte sind z. T. sericitisiert und der Calcit ist auch wohl z. T. sekundären Ursprungs, könnte aber da, wo er in größeren Individuen vorkommt, gegen die der Quarz oft idiomorphe Begrenzung zeigt, in einem früheren Stadium gebildet sein. Granophyrische oder schriftgranitähnliche Struktur wurde auch hier nicht beobachtet, und diese Strukturen sind also keineswegs charakteristisch für die Gesteine, die in der Nähe des Kontaktes vorkommen. Unter den untersuchten sind besonders die Gesteine vom direkten Kontakt durch einen großen Calcitreichtum gekennzeichnet.

Die kontaktmetamorphen Kalksteine.

Wie schon oben erwähnt wurde, ist der Kalkstein in einiger Entfernung vom Kontakt weiß und kristallin. Den kristallinen Charakter ohne Neubildung von Kontaktmineralien zeigen die Kalk-

steine des Sibumbun-Gebirges sehr oft. Im folgenden sind die Gesteine mit Kontaktmineralien näher beschrieben, sie kommen bei den untersuchten Kontakten nur bis auf geringe Entfernung vom Intrusivgestein vor. Nacheinander werden die Kontaktprodukte bei den Apophysen und die beim weiter stromab gelegenen Kontakt näher besprochen werden.

Der Apophysenkontakt.

Vom Ende der Apophyse (bei *a* in Fig. 2) wurden die ausgewitterte, zentrale, rötliche Granatzone und die westliche divergentstrahlige und hell gefärbte Wollastonitrandszone untersucht. Die Granatzone besteht fast ausschließlich aus einer mikroskopisch farblosen Granatmasse, in der etwas Calcit und, besonders in der Nähe der Wollastonitzone, auch etwas Wollastonit beigemischt vorkommen. Der Calcit füllt zahlreiche Äderchen, die mit abwechselnder Breite die Granatmasse in allen Richtungen durchsetzen, aus. An der Grenze mit der Wollastonitzone kommt ein schmales Band vor, das aus einem sehr feinkörnigen Gemenge von kleinen Wollastonitkriställchen besteht; dieses Gemenge setzt sich an einigen Stellen auch bis auf eine geringe Distanz in die Granatmasse fort.

Die Wollastonitzone besteht aus einem grobkörnigen Gemenge von Wollastonitsäulen mit deutlicher Spaltbarkeit nach (100). Die Ebene der optischen Achsen liegt in der Symmetrieebene und senkrecht zur Längsrichtung und zu den Spaltrissen, der optische Achsenwinkel ist klein ($2E = \pm 50^\circ$), Zwillingsbildung nach (100) wurde häufig beobachtet. Die Kristalle sind nicht idiomorph ausgebildet, sondern miteinander verwachsen zu den, besonders makroskopisch deutlich sichtbaren, divergentstrahligen Aggregaten. Spärlich kommen, quer durch die Wollastonitkristalle, mit Calcit gefüllte Äderchen vor und einige kleine Diopsidkörner werden umschlossen.

Weiter vom Ende der Apophyse (bei *b* in Fig. 2) wurde vom zentralen, hier mehr weißlichen Teil der Apophyse eine Probe gesammelt, die sich mikroskopisch aus verschiedenen Zonen zusammengesetzt zeigt. Von diesen Zonen wurden untersucht:

Eine Granatzone, die der oben beschriebenen vom südlichen Ende der Apophyse ähnlich ist; sie besteht fast ausschließlich aus mikroskopisch farblosem Granat.

Die anschließende Zone besteht in der Nähe des Granatgesteins aus einem etwa 5 mm breiten Gemenge, das ziemlich arm ist an Granat, während die nächstfolgende Zone wieder sehr reich an diesem Mineral ist, mit dem ein prehnitähnliches Mineral und weniger Quarz beigemischt vorkommen.

Die an die Granatzone grenzende Zone besteht aus sehr viel Wollastonit und weniger Calcit, Quarz und Granat. Die Verwachsung dieser Mineralien ist eine sehr innige, Quarz und Calcit schalten sich zwischen strahligen Wollastonitaggregaten ein und

in unregelmäßigster Weise sieht man größere Wollastonitindividuen mit den genannten Mineralien verwachsen. Hierauf folgt eine sehr feinkörnige Zone mit schnell abnehmendem Wollastonitgehalt, die hauptsächlich aus unregelmäßig verwachsenen sehr kleinen Quarzindividuen besteht, mit denen Calcit, Granat und Wollastonit beigemischt vorkommen.

Ohne Übergangszone geht dieses Mineralgemenge, wenn auch nicht geradlinig davon abgegrenzt, über in die nächstfolgende Zone, die besteht aus mikroskopisch farblosem Granat, einem prehnitähnlichen Mineral, wenig Quarz und etwas Titanit. Das prehnitähnliche Mineral zeigt eine deutliche Spaltrichtung, die Ebene der optischen Achsen steht senkrecht zu den Spaltrissen, der optische Charakter ist positiv mit großem Achsenwinkel, die Lichtbrechung ist mäßig stark. Die genannten Eigenschaften stimmen überein mit denen des Prehnits, nur ist die Doppelbrechung schwächer als die des letztgenannten Minerals und auch wurden geringe Auslöschungsschiefen beobachtet, die vielleicht durch die häufig beim Prehnit vorkommenden optischen Anomalien erklärt werden könnten.

Noch weiter vom Ende der Apophyse zeigte sich eine Probe von der östlichen Randzone (bei *c* in Fig. 2), die hier makroskopisch eine weißliche Farbe und ziemlich dichte Beschaffenheit zeigt, mikroskopisch aus einem Gemenge von Calcit, Quarz, Augit und Granat zusammengesetzt. Größere Calcit- und Quarzindividuen sind oft auf das Innigste miteinander verwachsen. Der Granat bildet einige größere, unregelmäßig begrenzte Individuen, die viel Calcit, Quarz und Augit umschließen, und kommt auch in kleinen isolierten Kriställchen vor; der Augit bildet nur kleine, mehr oder weniger abgerundete, in einer Richtung verlängerte Kriställchen mit deutlichen Spaltrissen und großen Auslöschungsschiefen, die Kriställchen sind oft zu Aggregaten vereinigt.

Mehr von der Randzone entfernt nimmt der Granatgehalt stark zu und die Struktur ist verschieden, das Mineralgemenge besteht hier erst aus großen Granatkristallen und viel Calcit in einem sehr feinkristallinen Quarzgemenge mit wenig Augit, und daran grenzen Granatgesteine, die nur wenig Calcit und sehr wenig Quarz und Augit enthalten.

Im inneren Teil der Apophyse kommen hier hellgefärbte, makroskopisch dichte Gesteine vor, die in mineralogischer Zusammensetzung der schon oben beschriebenen grauatreichen Zone mit dem prehnitähnlichen Mineral ähnlich sind. Sie bestehen aus einem Gemenge von diesen beiden Mineralien mit Quarz und weniger Wollastonit, Calcit und Titanit. Das prehnitähnliche Mineral zeigt bisweilen optische Anomalien durch Teilung in Felder, die nicht gleichzeitig auslöschen. Die Verwachsung der verschiedenen Mineralien ist eine sehr unregelmäßige, manchmal sind Granat und das prehnitähnliche Mineral ohne Beimengung von anderen Mineralien

miteinander verwachsen, und isolierte Partien von beiden Mineralien werden von anderen Mineralien der Verwachsung umschlossen. Kleinere, mehr oder weniger idiomorphe Granatkriställchen werden auch ganz vom prehnitähnlichen Mineral umschlossen. Dasselbe gilt für, mehr oder weniger idiomorphe, kleine Quarzkriställchen, die Verwachsung

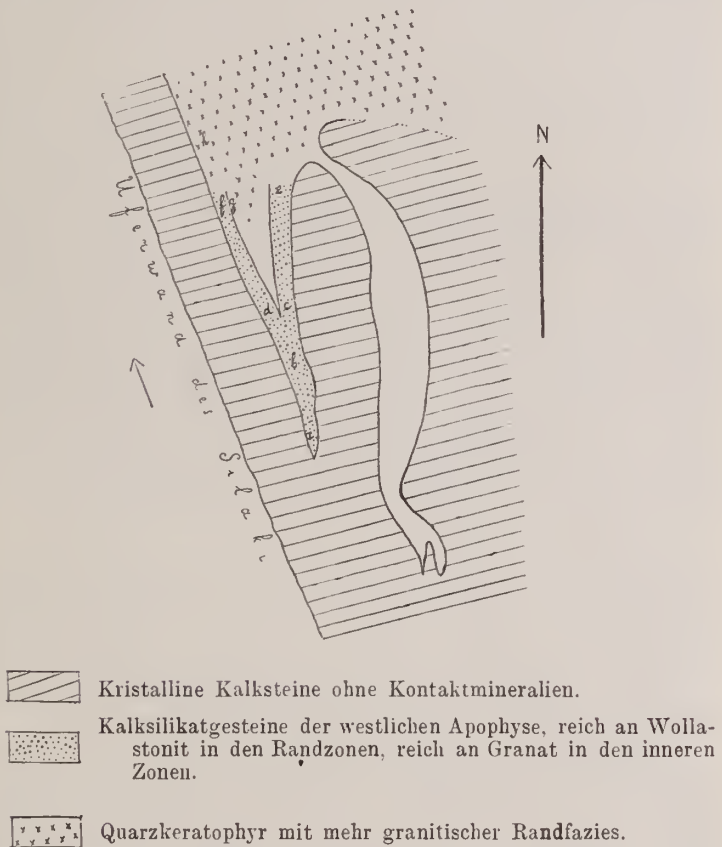


Fig. 2. Apophysen von Kalksilikatgesteinen in den kristallinen Kalksteinen ohne Kontaktmineralien. ($\pm 1:75$.)

mit Quarz kann aber auch eine sehr unregelmäßige sein. Mehrere Titanitkriställchen mit deutlichem Pleochroismus sind zusammen angehäuft, sie sind oft z. T. idiomorph ausgebildet und mit den anderen Mineralien des Gesteins (auch Calcit) verwachsen oder kommen darin eingeschlossen vor. In größeren Granatpartien kommen alle übrigen Bestandteile des Gesteins eingeschlossen vor.

Mehr in der Nähe des westlichen Teils der Apophyse (bei *d* in Fig. 2) folgen sehr granatreiche Gesteine, in denen wieder verschiedene Zonen unterschieden werden können. Erstens eine 7 mm breite Zone, die fast ausschließlich aus einer trüben, isotropen Granatmasse besteht, in der sehr wenig Wollastonit, Quarz und Calcit beigemengt vorkommen. Schmale Adern, die ganz mit einem Gemenge von Calcit und Quarz mit kleinen Granatindividuen ausgefüllt sind, kommen in der Granatmasse vor. An diese Zone schließt eine, wenigstens 1½ cm breite Zone an, in der der Wollastonitgehalt bald zunimmt, und dieses Mineral kommt in einiger Entfernung von der Granatzone in ungefähr gleicher Menge wie der Granat vor. Dieses Granat-Wollastonit-Gestein enthält nur spärlich Quarz und Calcit, das letztgenannte Mineral kommt auch als Umwandlungsprodukt des Wollastonits vor und füllt schmale Äderchen im Granat, allein oder zusammen mit Quarz, aus. Der Wollastonit ist bisweilen divergentstrahlig ausgebildet, die Längsrichtung ist bald positiv, bald negativ, die Auslöschungsschiefe erreicht mehr als 30°, die optische Achsenebene steht senkrecht zu den Spaltrissen in Längsschnitten und zu der Zwillingsgrenze in den Zwillingen nach (100). Der optische Achsenwinkel $2E = \pm 75^\circ$. Die äußerste westliche Grenze der Apophyse wurde an dieser Stelle nicht mikroskopisch untersucht, es ist aber wahrscheinlich, daß hier der Wollastonitgehalt noch mehr zugenommen hat; die Wollastonitzone des westlichen Endes der Apophyse haben wir schon oben kennen gelernt.

Vom oberen Teil der Apophyse wurden schon die Intrusivgesteine vom direkten Kontakt mit den kontaktmetamorphen Kalksteinen beschrieben. Nach beiden Seiten grenzen an das Intrusivgestein kontaktmetamorphe Gesteine mit rötlichem Granat, während zwischen diesen granathaltigen Zonen und den hellen kristallinen Kalksteinen ohne Kontaktminerale noch eine wollastonitreiche Zone von wechselnder Breite vorkommt.

Die östliche granathaltige Zone (bei *e* in Fig. 2) ist nur stellenweise sehr granatreich, vielfach sieht man makroskopisch die Granate in der Calcitmasse zerstreut, in der auch grünliche Partien auffallen. Granatreiche Teile bestehen mikroskopisch aus einem Gemenge von Granat und Calcit mit Quarz. Die Mineralien sind meistens sehr unregelmäßig gegeneinander begrenzt, und Quarz tritt hauptsächlich als Aggregat von sehr kleinen und unregelmäßig begrenzten Individuen auf. In der Granatmasse kommt häufig sehr viel Calcit und auch Quarz eingeschlossen vor, sie hat dann ein trübes Aussehen, und von den beiden letztgenannten Mineralien, besonders vom Calcit, werden auch zahlreiche Adern ausgefüllt, die die Granatmasse in allen Richtungen durchsetzen. Die Granate zeigen bisweilen eine Neigung zu idiomorpher Ausbildung, außerhalb der größeren Massen dieses Minerals ist ein großer Teil des

Granats als Aggregat von sehr kleinen Individuen ausgebildet. An einigen Stellen im Gestein ist der Quarz etwas grobkörniger ausgebildet; zahlreiche, z. T. schön idiomorphe Granatkriställchen werden vom Quarz umschlossen, indem auch viele unregelmäßig begrenzte Granate, wie auch Calcit, zwischen den Quarzen vorkommen. Im Quarz wurden hier auch einige kleine Angitsäulchen mit starker Doppelbrechnng und großer Auslöschungsschiefe wahrgenommen. Der Granat läßt mikroskopisch eine sehr hell rötlich-branne Farbe erkennen. Granatarne Teile bestehen fast ganz aus Calcit und zeigen die typische Struktur der körnigen Kalke mit ziemlich gleichgroßen Calcitindividuen, die polysynthetische Zwillinge nach $-\frac{1}{2}R$ zeigen. Hier und da kommt Quarz und auch Pyrit in der Calcitmasse vor.

Die grünlichen Partien, die schon makroskopisch im Gestein sichtbar waren, zeigen sich mikroskopisch als größtenteils zersetzte Granate, isolierte Reste des Granats liegen in einem Gemenge von Chlorit und Calcit zerstreut.

In der Nähe der wollastonitreichen Zone, die die Grenzzone bildet gegen die körnigen Kalke ohne Kontaktminerale, kommt in der Granatmasse neben Calcit, Quarz und wenig Diopsid, auch Wollastonit vor, während der Diopsid besonders bei der Grenze mit der Wollastonitzone stark angehäuft vorkommt.

Die Wollastonitzone besteht aus großen Kristallen von diesem Mineral ohne idiomorphe Begrenzung, Zwillinge nach (100) kommen vor. Diopsid wird in geringer Menge von Wollastonit umschlossen, Calcit kommt auch ziemlich häufig vor, ist aber z. T. wohl sekundären Ursprungs, denn unregelmäßige Adern im Wollastonit werden von Calcit angefüllt. Der Calcit verteilt die Wollastonitkristalle oft in zahlreiche isolierte Teile, die zu gleicher Zeit auslöschten. Von den kristallinen Kalksteinen ohne Kontaktminerale ist diese östliche Wollastonitzone wieder scharf abgegrenzt.

Westlich der Intrusivgesteine, im oberen Teil der Apophyse (bei *f* in Fig. 2), wurde erstens eine Zone beobachtet, die aus sehr viel klarem Quarz mit wenig trübem Feldspat und Calcit und zahlreichen Kontaktminerale besteht, besonders Epidot und Granat, und auch ein Mineral, von dem die festgestellten Eigenschaften übereinstimmen mit denen des Prehnits. Daß zahlreiche isolierte Quarzindividuen, die von Granat umschlossen werden, bisweilen gleichzeitig auslöschten, so daß eine Verwachsung von großen Quarz- und Granatkristallen vorliegt, beweist, daß auch der Quarz z. T. zu den Kontaktbildungen gehört, was schon aus der sehr großen Menge dieses Minerals abgeleitet werden konnte. Offenbar hat sich hier in der Nähe des Kontaktes von Intrusivgestein und Kalkstein ein sehr kieselsäurereiches Produkt gebildet.

Nach außen, im eigentlichen Kontaktgestein, verschwindet der Quarz fast ganz, das Mineralgemenge besteht hier aus viel, mikro-

skopisch bräunlichem, Granat und Prehnit, während zwischen diesen Mineralien nur sehr wenig kleine Quarze beigemischt vorkommen. An anderen Stellen ist der Quarz auch etwas reichlicher vorhanden, der Prehnit kann auch fehlen, während Calcit in großen Fetzen mit Granat und weniger Quarz Teile des Gesteins aufbauen. Das Mineralgemenge kann also auf geringe Distanzen bedeutend wechseln. In einer Entfernung von etwa $1\frac{1}{2}$ cm vom Intrusivgestein tritt Wollastonit unter den Bestandteilen auf, hauptsächlich ist aber das Gestein sehr granatreich ausgebildet.

Die Grenze gegen die körnigen Kalksteine ohne Kontaktmineralien wird auch hier von einer schmalen, bisweilen fehlenden, Wollastonitzone gebildet. Die granatreiche Zone zwischen dem Intrusivgestein und dieser Wollastonitzone hat hier eine Breite von 5—7 cm. In der Nähe der Wollastonitzone kommt an der direkten Grenze mit den granatreichen Gesteinen ein schmales, mosaikähnlich ausgebildetes Band vor, in dem Diopsid sehr reichlich vorkommt. Diopsid und Wollastonit kommen auch weiter von der Grenze in den Granatgesteinen vor, die in der untersuchten Probe bis auf 2 cm von der Wollastonitzone fast nur aus Granat mit etwas Calcit und wenig der genannten Mineralien bestehen.

Die Wollastonitzone besteht wieder aus großen Wollastonitkristallen, in denen sehr viel Calcit beigemischt vorkommt und die kleine Diopsidkörner umschließen.

Der Kontakt an der Uferwand des Silaki.

Die Kalksteine, die 1 m stromab vom nördlichen Ende der Apophyse am Kontakt gesammelt wurden, zeigen makroskopisch eine weniger deutliche Metamorphose.

In Intrusivgesteinen am direkten Kontakt wurde schon die Umwandlung von Feldspäten in Calcit und Sericit erwähnt. Nach der Seite der Kalksteine wurde beobachtet, daß der Calcit- und Sericitgehalt des Mineralgemenges sehr stark zunimmt, der Feldspat verschwindet, und es finden sich Gemenge von viel Calcit mit Sericit (und Chlorit) und wenig Quarz. Örtlich fehlen Calcit und Quarz fast ganz, und in diesem Sericitaggregat erreichen die einzelnen Individuen ziemlich große Dimensionen. Bräunlich schwarze und gelbliche Verwitterungsprodukte von Erz kommen hier auch ziemlich häufig vor.

Silikatfreie und feinkristalline bis fast dichte Kalksteinpartien mit Pyritkristallen wechseln in der Nähe des Kontaktes ab mit silikatreichen Partien. Die letztgenannten bestehen aus einem Gemenge von Calcit, Quarz, Augit, Granat und, größtenteils in eine trübe Substanz umgewandeltem, Erz.

Größere Granat- und Augitkristalle kommen miteinander verwachsen, einander durchdringend, vor. Calcit und Quarz kommen

in geringer Menge in diesen Verwachsungen eingeschlossen vor, andere Granatkristalle umschließen Calcit, Quarz und kleine Augitkörner, noch andere sind ganz frei von Einschlüssen. Die Granate sind deutlich hell bräunlich gefärbt. Größere Augite kommen auch mit Calcit allein verwachsen vor.

Noch andere Partien in der Nähe des Kontaktes enthalten große, mikroskopisch sehr hell bräunlich gefärbte Granate ohne idiomorphe Begrenzung und mit wenig Einschlüssen von kleinen Augitkörnern, Calcit und Quarz. Diese Granate liegen in einem feinkristallinen Gemenge von Quarz und Calcit, in dem auch zahlreiche kleine, z. T. idiomorphe, Augitkriställchen zerstreut liegen. Es kommen auch kleine Partien von Granatfels vor in Gesteinen, die übrigens als feinkristalliner Kalkstein mit wenig Quarz und ziemlich viel dunkelgrünem Chlorit ausgebildet sind. Größtenteils verwittertes Erz kommt in all diesen Gesteinen vor. Sie bilden eine schmale Zone von wechselnder Breite zwischen den Quarzkeratophyren und den zuckerkörnigen, hellen kristallinen Kalksteinen, die auch hier mikroskopisch nur aus Calcitkristallen, mit polysynthetischer Zwillingsbildung nach $-\frac{1}{2}R$, bestehen.

Die dunklen Partien im kristallinen Kalkstein.

Was schließlich die mineralogische Zusammensetzung der dunklen, pyritreichen Adern und Linsen betrifft, die in den hellgefärbten zuckerkörnigen kristallinen Kalksteinen im Silaki, einige Meter stromauf von den beschriebenen Kontaktstellen, vorkommen, so zeigte die untersuchte Probe sie mikroskopisch hauptsächlich aus Granat zusammengesetzt. Außer viel Pyrit kommen auch ein prehnitähnliches Mineral, Quarz, Calcit, Chlorit und Körner von Diopsid, Pistazit und Zoisit vor. Der Granat bildet keine, voneinander isolierten Kristalle, sondern die Hauptmasse des Gesteins.

Daß die oben beschriebenen Kontaktprodukte aus sehr reinem Kalkstein hervorgegangen sind, weist auf den pneumatolytischen Charakter, mit Stoffzufuhr aus dem intrusiven Magma, dieser Metamorphose hin.

An erster Stelle muß unter den zugeführten Stoffen die Kieselsäure erwähnt werden, die für die Bildung der Wollastonitgrenzzone, abgesehen von den spärlichen eingeschlossenen Diopsidkörnern, ausreicht. Was die Zufuhr von Eisen, Magnesium und Aluminium betrifft, so liegen keine chemischen Analysen vor, um zu entscheiden, ob die Granate und Pyroxene dem Grossular und dem Diopsid nahestehen, oder ob bedeutende Mengen von Andradit und Hedenbergit beigemischt vorkommen. Die Auslöschungsschiefen mancher Pyroxene weisen mehr auf Diopsid hin. Die Epidote gehören z. T. zu den schwach doppelbrechenden eisenarmen Varietäten. Daß die

Menge des zugeführten Al und Fe im Verhältnis zu der Kieselsäure nicht sehr bedeutend gewesen ist, beweist die große Verbreitung des Grossulars und das häufige Vorkommen von Quarz. Alkalien scheinen im Apophysenkontakt nicht zugeführt zu sein; Albit, Skapolith, Kalifeldspat und Muscovit fehlen unter den Neubildungen ganz. Auch Wasser scheint bei dieser pneumatolytischen Kontaktmetamorphose keine sehr große Rolle gespielt zu haben, sonst wäre das Vorkommen von Vesuvian in den Kontaktprodukten, wo Granat und Wollastonit zusammen vorkommen, zu erwarten gewesen. Prehnit oder ein prehnitähnliches Mineral kommt nur in der inneren Kontaktzone vor.

Die Bildung der Wollastonit-Randzone entspricht folgender Gleichung:



In der äußersten Randzone der Apophyse scheint also fast ausschließlich Kieselsäure zugeführt zu sein. Wir haben aber erwähnt, daß an der Grenze von der Wollastonitzzone und den granathaltigen Gesteinen bisweilen ein Pyroxenband vorkommt. Hier ist also außer Kieselsäure noch MgO und, soweit im Pyroxen das Hedenbergitmolekül vorkommt, auch noch eine entsprechende Menge Fe als Oxydul zugeführt.

Soweit die Granate Eisen enthalten, wurde das Eisen als Oxyd zusammen mit dem Al_2O_3 erst weiter von der Randzone der Apophyse gebunden, während die Randzone als granatfreies Wollastonitgestein ausgebildet ist. Daß in den inneren Zonen Quarz und Calcit häufig nebeneinander und miteinander verwachsen vorkommen, beweist, daß hier die Silikatbildung nur bis zu einem bestimmten Stadium hat stattfinden können, was mit dem Erreichen des Gleichgewichtsdrucks der Kohlensäure, bei der Temperatur der Metamorphose, in Verbindung gebracht werden kann¹.

Auf endomorphe Kontaktmetamorphose weist der Gehalt an Calcit und bisweilen von Granat, Epidot und Zoisit der granitischen Gesteine in der Nähe des Kontaktes hin.

Was schließlich die Strukturänderungen der Intrusivgesteine in der Nähe des Kontaktes betrifft, so ist die starke Abnahme der Grundmasse in bezug auf den pneumatolytischen Charakter der Metamorphose verständlich, indem die magmatischen Gase, die die Stoffzufuhr in die Kalksteine bewirkten, in der Randzone des angrenzenden Intrusivgesteins eine vollständigere Kristallisation ermöglichten.

¹ V. M. GOLDSCHMIDT, Die Kontaktmetamorphose im Kristianiagebiet. 1911. p. 144.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1918

Band/Volume: [1918](#)

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

Artikel/Article: [Studien über Kontaktmetamorphose in Niederländ.-Ostindien. 169-182](#)