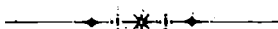


Ueber einige Einschlüsse metamorpher Gesteine  
im Tonalit.

Von

**Wilhelm Salomon** in München.



Stuttgart.

E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung (E. Koch).

1891.

# Ueber einige Einschlüsse metamorpher Gesteine im Tonalit.

Von

**Wilhelm Salomon** in München.

---

Auf neuen im Sommer 1890 in dem Adamellogebiet unternommenen Bergfahrten fand ich an zwei verschiedenen Stellen in dem Tonalit Einschlüsse eigenthümlicher Gesteine auf. Um einen Einblick in die Structurverhältnisse derselben zu erhalten, wurden sie einer eingehenden mikroskopischen Untersuchung unterworfen. Es gelang dabei, mehrere auffällige Erscheinungen zu beobachten, die im Folgenden beschrieben werden sollen.

Verfolgt man von Saviore (oberhalb Cedegolo, mittleres Val Camonica) den zum Lago di Salarno führenden Weg ins Salarnothal hinein, so erreicht man bald eine mächtige Zone metamorpher, grossentheils Andalusit und Cordierit führender Gesteine, welche ähnlich wie an dem 11 km in der Luftlinie entfernten Monte Aviolo den Tonalit begleitet und als Fortsetzung der Contactzone dieses Berges zu betrachten ist. Dort, wo man steil zur ersten Thalstufe emporsteigt, liegen zahlreiche Stücke eines weissen grobkörnigen Marmors umher. Weiterhin gelangt man zur Alpe Macesso di sotto, durchschreitet den flachen Thalboden, an dem diese gelegen ist, und erreicht am Ende desselben den Tonalit. Gleich hier unmittelbar am Wege sieht man vielfach in dem Eruptivgestein Schollen einer geschichteten Felsart. Man erkennt, dass diese aus abwechselnden, theils hellgefärbten, theils dunkel schwarzgrünen, hornblendereichen Lagen besteht. Irgend

eine Ähnlichkeit mit den REYER'schen „Schlierenknödeln“, jenen dunklen sphäroidalen Körpern, welche in dem Tonalit so häufig zu beobachten sind, ist nicht vorhanden. Die einzelnen Lagen schneiden scharf an dem umgebenden Tonalit ab. Es kann kein Zweifel darüber walten, dass wir es hier mit fremden Einschlüssen zu thun haben. — Ganz ähnliche Verhältnisse beobachtet man auf dem Wege, der von Paspardo (oberhalb Capo di Ponte) hoch am Berghang entlang zum Lago d'Arno führt. Auch hier durchschreitet man eine Zone von Contactgesteinen, die wiederholt von Tonalitgängen durchbrochen werden, gelangt endlich in den Tonalit selbst hinein und bemerkt in ihm kurze Zeit, bevor man den Seeauslauf erreicht, unmittelbar am Wege eine wohl mehrere Cubikmeter haltende Scholle eines geschichteten Gesteins. Man unterscheidet auch hier wieder dunkel schwarzgrüne, wesentlich aus Hornblende bestehende, von schmutzigbraun- oder graugrünen Lagen und anderen, welche neben gefärbten auch ungefärbte Silicate in grosser Menge führen. In die Scholle schiebt sich von oben her etwa in der Mitte eine keilförmig nach unten verjüngte Tonalitmasse hinein, den Zusammenhang der beiden Theile fast gänzlich lösend. In der Nähe der grossen Scholle schwimmen einige kleinere, meist rundliche Brocken in dem Eruptivgestein. — Diese Stelle ist in der Luftlinie etwa 7 km von der erst beschriebenen entfernt.

Die mikroskopische Untersuchung ergibt, dass den drei bereits makroskopisch durch ihre Färbung von einander abweichenden Lagen auch drei von einander verschiedene Mineralcombinationen entsprechen. Es bestehen nämlich die dunkelgrünen Lagen fast ausschliesslich aus Hornblende, die helleren, aber immer noch lebhaft gefärbten wesentlich aus Augit, die ganz hellen aus Quarz, dem Feldspath, Hornblende und etwas dunkler Glimmer in verschiedenen Verhältnissen beigemischt sind.

Die Hornblende ist meistens schlecht conturirt, da die einzelnen Individuen so dicht gedrängt zusammenliegen, dass sie sich gegenseitig in der Formentwicklung hemmen mussten; und auch dort, wo sie mit den übrigen Gemengtheilen zusammenstösst, zeigt sie gewöhnlich keine Krystall-

conturen. Nur selten erkennt man daher die charakteristische sechsseitige Umrandung ihrer Querschnitte. Ihre Spaltbarkeit, sowie die Art der Auslöschung verweisen mit Bestimmtheit auf eine monokline Hornblende. Ihr Pleochroismus ist deutlich, aber nicht besonders stark. Der Farbenwechsel geht von meist nicht sehr dunklem zu hellerem, oft etwas gelblichem Grün. Mitunter sind ringsum kleine, stark lichtbrechende Einschlüsse, wahrscheinlich Zirkone, dunkler grüne, pleochroitische Höfe zu beobachten, die in normaler Weise dann das Maximum ihrer Intensität besitzen, wenn eine Elasticitätsaxe des Krystalls der Schwingungsrichtung des Polarisators parallel geht<sup>1</sup>. — In den meisten Lagen erreichen die Hornblendeindividuen nur ausnahmsweise 1 mm Länge; in manchen werden sie allerdings noch erheblich grösser; im allgemeinen aber schwanken sie um 0.5 mm herum. Sie sind in allen Präparaten mehr oder weniger häufig, gewöhnlich aber in einer ausserordentlich auffallenden Weise von zahlreichen farblosen, meist rundlichen Körnchen durchbrochen, welche ihnen einen eigenthümlichen, charakteristischen Habitus verleihen, wie er von den Hornblenden normaler archaischer Gesteine nicht bekannt ist. Die Zahl der bald kreisrunden, bald mehr in die Länge gezogenen und dann unregelmässiger gestalteten Interpositionen kann stark wechseln. Manche Krystalle sind fast frei von ihnen; andere enthalten sie in so grosser Anzahl, dass das einzelne Individuum aus im Durchschnitt vollkommen getrennt erscheinenden Fetzen und Lappen besteht, deren Zusammengehörigkeit man nur an der übereinstimmenden Färbung bei gekreuzten Nicols erkennt. Im allgemeinen aber herrschen die einschlussreichen sieb- oder skelettartig durchbrochenen Krystalle so stark vor, dass man bei dem Anblick eines von ihnen zusammengesetzten Präparates ein von dem Aussehen normaler Amphibolite der archaischen Formation durchaus verschiedenes Bild erhält. Die eigenthümliche Structur, welche diese Erscheinung hervorruft, ist zweifellos dieselbe, welche ich bei der Untersuchung der Contactgesteine des Monte Aviolo besonders schön am

---

<sup>1</sup> Eine ausführliche Beschreibung dieser Höfe in der Hornblende gab R. SCHWERDT, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 38. 204. 1886.

Cordierit, Andalusit und Feldspath, weniger deutlich, aber immerhin bemerkbar am Muscovit und Turmalin beobachtete<sup>1</sup>. Ich bezeichnete sie damals als „Contactstructur“, weil sie in den von mir untersuchten Gesteinen für die durch die Contactmetamorphose neugebildeten Mineralien charakteristisch war. Auch hier glaube ich berechtigt zu sein, die Contactstructur als Kennzeichen der metamorphen Natur der Hornblende in Anspruch zu nehmen, um so mehr, als eine ebenso struirte Hornblende wiederholt in den Contactbildungen des Lausitzer Granites von den sächsischen Landesgeologen<sup>2</sup> beobachtet und als metamorph nachgewiesen worden ist. In der von mir untersuchten Hornblende bestehen die Interpositionen gewöhnlich aus Quarzkörnchen, demnächst aus kleinen rundlichen Augitkryställchen. Aber ausser diesen beiden Mineralien findet man auch noch recht häufig Glaseinschlüsse in grösserer oder geringerer Anzahl, ganz in gleicher Weise wie die Quarz- und Epidotkörnchen an der Erzeugung der Contactstructur theilhaftig. Es ist das eine in so hohem Maasse auffällige Erscheinung, dass eine ausführliche Beschreibung derselben nothwendig ist.

Die Glaseinschlüsse sind im allgemeinen rundlich oder eiförmig gestaltet, mitunter auch mehr in die Länge gezogen, so dass sie ein schlauchförmiges Aussehen erhalten. Der grösste gemessene besitzt 0.054 mm Länge, 0.045 mm Breite. Solche von 0.030 mm Länge und entsprechender Breite sind schon häufiger; die meisten aber bleiben noch dahinter zurück und lassen sich erst bei über 200facher Vergrösserung bequemer untersuchen. Fast alle besitzen ein rundliches Bläschen, dessen dunkelschwarze Umrandung in auffälligem Gegensatz zu der zarten, den Glaseinschluss selbst begrenzenden Linie steht. Eine Bewegung der Bläschen wurden niemals, auch nicht bei Erschütterung oder Erwärmung wahrgenommen. Mehrmals gelang es, in den Präparaten Einschlüsse aufzufinden, deren Libellen von der Schnittebene getroffen und daher bei der Einbettung des Präparates in Canadabalsam

<sup>1</sup> W. SALOMON, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1890. 487—490.

<sup>2</sup> Vgl. Erl. zur geol. Specialkarte. d. Kgr. Sachsen: E. WEBER, Section Königsbrück. 14. O. HERRMANN, Section Pulsnitz. 31. G. KLEMM, Section Neustadt-Hohwald. 13.

von diesem erfüllt wurden. Man beobachtet daher in ihnen innerhalb der zarten Contur des Einschlusses eine gleichfalls zarte, kreisförmige Linie, welche die Stelle des früher dort vorhandenen Bläschens bezeichnet, ganz wie dies von ZIRKEL beschrieben und durch Abbildung erläutert worden ist<sup>1</sup>. Das Verhältniss der Dimensionen des ganzen Einschlusses und der Libelle wechselt sehr stark. Mitunter nimmt man nur noch ein Bläschen wahr, ohne indessen mit Sicherheit sagen zu können, ob nicht vielleicht doch noch rings um dasselbe herum eine hauchdünne Glashaut vorhanden ist. Da endlich bei gekreuzten Nicols, wenn das einschliessende Mineral auf Dunkel eingestellt ist, die Einschlüsse stets gleichfalls dunkel und demnach jedenfalls auch isotrop sind, so kann kein Zweifel darüber bestehen, dass wir es wirklich mit Interpositionen von Glas zu thun haben. Überdies beobachtet man nicht selten innerhalb der Einschlüsse neben den Libellen winzig kleine dunkle Körnchen, die man nur als Entglasungsproducte deuten kann. — Die Vertheilung der Einschlüsse innerhalb der Hornblende ist eine ganz unregelmässige. Bald liegen mehrere in demselben Durchschnitt zusammen, bald finden sie sich isolirt; bald trifft man sie im Centrum des Krystalls, bald mehr in der Nähe des Randes. Auch ihre Zahl ist sehr wechselnd. In manchen Präparaten ist es leicht, mehrere Hundert zu zählen; in anderen sah ich, trotz längeren Suchens, nur ganz vereinzelt. Im allgemeinen scheinen die Präparate, welche, aus Contactstücken angefertigt, auf der einen Seite aus Tonalit, auf der anderen aus dem Hornblendegestein bestehen, reicher daran zu sein als andere, deren Stücke aus grösserer Entfernung von dem Tonalit stammen. Doch ist der Unterschied oft nur ein geringer und mitunter überhaupt nicht wahrnehmbar. — Zum Schluss sei noch kurz gesagt, dass die Hornblende bei der Zersetzung Epidot und Quarz ausscheidet, die theils an Ort und Stelle liegen bleiben, theils fortgeführt die Spältchen des Gesteins erfüllen.

Das zweite Mineral, welches sich an der Zusammensetzung der vom Tonalit umschlossenen Schollen betheiligt,

---

<sup>1</sup> F. ZIRKEL, Die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine. 71. Leipzig 1873.

die oben erwähnten grau- und braungrünen Lagen fast ausschliesslich zusammensetzt, ausserdem aber in kleinerer Menge auch in den übrigen Gesteinspartien vorkommt, ist ein Augit, der seiner ganzen Erscheinungsweise nach jedenfalls zum Malakolith zu rechnen ist. Die einzelnen Individuen dieses Minerals sind ebenso wie die der Hornblende sehr verschiedenartig gestaltet. Dort nämlich, wo es in grösseren, mitunter 1 mm Länge erreichenden Durchschnitten beobachtet wird, sind sie meist ganz unregelmässig umrandet. Wo es in dichten Zusammenhäufungen kleinerer Körner auftritt, ist die Begrenzung gern eine geradlinig polygonale, wobei indessen die einzelnen Linien durchaus nicht immer Krystallflächen entsprechen; nur ausnahmsweise findet man die charakteristischen achtseitigen Querschnitte des Augits. In diesen letzteren pflegt das Prisma stärker entwickelt zu sein, als die Pinakoide, wie aus dem Verlauf der Spaltrisse hervorgeht. Mitunter sind die Krystalle nach der c-Axe etwas stärker entwickelt als nach den übrigen und lassen dann gern eine radialstrahlige Anordnung um ein Centrum herum erkennen, ähnlich wie man es mitunter bei dem Andalusit mancher Hornfelse beobachtet. Nur in dickeren Präparaten erscheinen die Durchschnitte schwach grün gefärbt, ohne indessen jemals Pleochroismus wahrnehmen zu lassen. Im allgemeinen sind sie vollkommen farblos und dort, wo gut conturirte Schnitte mit typischer Augitspaltbarkeit fehlen, im parallelen polarisirten Licht nicht von farblosem Epidot zu unterscheiden. Indessen ergibt die Untersuchung im convergenten polarisirten Licht, dass in allen gerade auslöschenden, also aus der orthodiagonalen Zone stammenden Schnitten, welche den Austritt einer Axe oder wenigstens Axenbalken zeigen, die Axenebene der Längsentwicklung und Spaltbarkeit des Minerals parallel geht, dass also Augit und nicht Epidot vorliegt. Auch dieser Augit nun zeigt in zahlreichen Präparaten dieselbe Contact-structur, die oben von der Hornblende beschrieben wurde. Er ist dann von so zahlreichen Quarzkörnchen durchbrochen, dass ein förmliches Maschennetz entsteht, in welchem die Substanz der Maschen dem Augit, die der Hohlräume zwischen denselben dem Quarz angehört. Ausser den Quarzkörnchen enthält er nicht selten und in manchen Präparaten

häufig auch wieder Glaseinschlüsse. Dieselben brauchen hier nicht noch einmal beschrieben zu werden, da sie in allen wesentlichen Eigenschaften mit denen der Hornblende übereinstimmen und nur an Zahl etwas hinter denselben zurückstehen. Bemerkt sei noch, dass eine secundäre Entstehung der Hornblende aus diesem Augit ganz ausgeschlossen ist.

Titanit tritt immer in kleinen Mengen mit der Hornblende zusammen auf. Seine meist unregelmässig umrandeten Körner besitzen ungefähr 0.1 mm Länge; ausnahmsweise erreichen sie bis 0.4 mm. Sie sind hellgelb gefärbt und unterscheiden sich schon durch ihre starke Lichtbrechung von allen anderen mit ihnen zusammen auftretenden Mineralien. Der grösste Theil der Durchschnitte ist gleichfalls von mehr oder minder zahlreichen kleinen Quarzkörnchen durchbrochen, wodurch nicht selten ein skelettähnlicher Habitus erzeugt wird. Ich stehe nicht an, diese Erscheinung ebenso wie oben bei der Hornblende und dem Augit in dem bereits mehrfach erläuterten Sinne als Contactstructur zu bezeichnen. Sie ist hier um so auffälliger, als ja der Titanit der Eruptivgesteine, wenn er überhaupt Interpositionen birgt, nicht Quarz, sondern noch vor ihm selbst ausgeschiedene accessorische Gemengtheile umhüllt, der Titanit der krystallinen Schiefer aber gerade durch Armuth an Einschlüssen ausgezeichnet ist. Glaseinschlüsse wurden in ihm nicht beobachtet.

Der Biotit hat in den untersuchten Gesteinen nur eine untergeordnete Bedeutung. Er findet sich in den Quarz-Feldspath-reichen Lagen in kleineren Mengen, ist braun gefärbt und durch seinen starken Pleochroismus (zwischen hellgelb und dunkelbraun) zur Genüge charakterisirt. Auch bei ihm ist die Contactstructur ausgebildet, wenn auch nicht in so auffälliger Weise, wie dies bei den drei vorher beschriebenen Mineralien der Fall ist. Die Zahl der eingelagerten Quarzkörnchen ist nämlich nicht besonders gross, so dass die Erscheinung erst dadurch auffällig wird, dass ein so ausserordentlich hoher Procentsatz der Blättchen stets jene Interpositionen führt.

Der Quarz tritt in zwei verschiedenen Weisen auf. Erstens ist er, wie bereits aus der vorhergehenden Beschrei-



bung ersichtlich, als Einschluss in anderen Mineralien weit verbreitet. Zweitens kommt er selbständig vor und bildet dann in der Regel gemeinsam mit Feldspath theils einzelne Partien in den Hornblende- und Augit-reichen Lagen, theils eigene durch ihre helle Farbe von diesen unterschiedene Gesteinsblätter. Seine Körner sind, wie man aus der Form der Durchschnitte schliessen kann, nach allen drei Dimensionen gleichmässig ausgebildet, nicht etwa plattenförmig gestaltet, wie dies so oft in normalen krystallinen Schieferen der archaischen Formation zu beobachten ist. In der zuerst angeführten Ausbildungsart sind sie meist ausserordentlich klein und erreichen gewöhnlich noch nicht 0.01 mm. Dort aber, wo sie als selbständiger Gemengtheil auftreten, schwankt ihr Durchmesser um 0.1 mm herum. Sie bilden in diesem Fall im Verein mit Feldspathkörnern ein ganz eigenthümliches Mosaikpflaster, dessen einzelne Steinchen nicht in jener für normale krystalline Schiefer charakteristischen Weise mit zackigen Vorsprüngen in einander eingreifen, sondern meist geradlinig polygonale Umrandung besitzen. Nur ausnahmsweise findet man erheblich grössere und dann unregelmässig gestaltete Individuen. Aber während in den Körnern des Mosaikpflasters Flüssigkeitseinschlüsse so gut wie gar nicht auftreten, sind diese grösseren Individuen in der Regel reich daran; und es scheint mir daher nicht ausgeschlossen, dass sie vielleicht eine verschiedene Entstehungsart besitzen. — Noch ein anderer Unterschied besteht zwischen den grossen und den kleinen Quarzindividuen. In jenen finden sich ausser den Flüssigkeitseinschlüssen kaum noch andere Interpositionen. Die kleinen Quarze des Pflasters aber umschliessen überaus oft mehr oder minder zahlreiche gefärbte und farblose Körnchen und Blättchen und zwar in jener für Contactgesteine charakteristischen Weise, welche zuerst von SAUER, später auch von anderen Geologen der sächsischen Landesuntersuchung von dem Quarze metamorpher Grauwacken bezw. Chloritgneisse beschrieben wurde<sup>1</sup>. Diese Interpositionen erzeugen also hier wieder eine Contactstructur, ebenso wie man

<sup>1</sup> Vgl. Erl. zur geol. Specialkarte d. Kgr. Sachsen: SAUER, Section Meissen. 66—67. BECK, Section Berggiesshübel. 46. — HERRMANN und WEBER, dies. Jahrb. 1890. II. 187—189.

als eine solche jedenfalls auch die eigenthümliche und charakteristische Anordnung und Begrenzung der Quarze in dem mosaikartigen Pflaster ansehen muss. Wir werden später noch einmal auf diese Erscheinung zurückkommen. — Die vom Quarz umhüllten Mineralien sind Biotit, Hornblende, Augit und in geringer Menge wohl auch Zirkon. Wenigstens deutet die starke Lichtbrechung mancher Körnchen auf diesen letzteren. Ob Apatit vorhanden ist, liess sich bei den geringen Dimensionen der Objecte nicht mit Sicherheit feststellen. Es bleibt noch zu erwähnen, dass vereinzelt auch Glaseinschlüsse aufgefunden wurden, einmal sogar in einem seinerseits wieder von Hornblende umhüllten Quarzeinschluss. Dieselben sind hier und in dem Augit sicher farblos, während die lebhaft Färbung der Hornblende eine Bestimmung der Eigenfarbe des Glases nicht gestattet.

Der Feldspath gehört sehr wahrscheinlich fast ganz und gar zum Plagioklas. Er tritt in derselben Weise wie der Quarz als Bestandtheil jenes Mosaikpflasters auf, ist meist ganz frisch, fast immer ohne Spaltbarkeit und lässt sich daher nur dann mit Sicherheit von dem Quarz unterscheiden, wenn er durch Zwillingsstreifung oder zonaren Bau ausgezeichnet ist. Wie gross seine Menge im Verhältniss zu der des Quarzes sein mag, konnte nicht festgestellt werden, weil es fraglich ist, wie viel von den nicht gestreiften Körnern zu ihm gehören. In Bezug auf Begrenzung und Erfüllung mit Interpositionen verhält er sich ebenso wie der Quarz. Mitunter tritt er in grösseren Individuen auf, ist dann unregelmässig conturirt und fast immer polysynthetisch verzwillingt. Bei seiner Zersetzung entsteht neben grauen, pulverigen, selbst mit stärkster Vergrösserung nicht auflösbaren Producten gelblicher Epidot.

Zirkon ist in sämmtlichen Gesteinslagen in kleinen Mengen verbreitet.

Soviel ist über die Einschlüsse zu berichten. Der dieselben umgebende Tonalit zeigt bei der mikroskopischen Untersuchung wenig Bemerkenswerthes. Es scheint, als ob er stellenweise in ihrer Nähe sehr arm an gefärbten Silicaten ist. Wenigstens stimmen die Hornblenden und Titanite, welche man in ihm in der Nachbarschaft der Einschlüsse

auffindet, so vollständig in ihrer ganzen Structur mit den Gemengtheilen dieser letzteren überein, dass man nicht daran zweifeln kann, dass sie lediglich losgelöste Theile derselben sind. Nicht selten beobachtet man auch zwischen den grossen Feldspäthen und Quarzen des Tonalits einzelne Partien jenes feinkörnigen, mosaikartigen Quarz-Feldspathpflasters. In ihrer Nähe sind dann mitunter die Feldspathindividuen des Tonalits mit runden kleinen Quarzkörnchen erfüllt, eine sonst nicht in ihm zu beobachtende Erscheinung. Glaseinschlüsse habe ich in Gemengtheilen des Tonalits nicht auffinden können. Flüssigkeitseinschlüsse sind im Quarz und Feldspath in ziemlicher Menge vorhanden.

Die im vorhergehenden beschriebenen Beobachtungen veranlassten mich dazu, auch einige andere, wesentlich aus Kalksilicaten bestehende Stücke zu untersuchen, die nicht als Einschlüsse im Tonalit, sondern in der Nähe des Contactes anstehend aufgefunden waren. Es gelang dabei, in zwei derselben gleichfalls unzweifelhafte Glaseinschlüsse zu beobachten<sup>1</sup>. Das erste der Stücke stammt von der im südöstlichen Theil der Adamellogruppe gelegenen Uza. Es ist eine der Silicatknauern, welche dort oft in den zu Marmor umgewandelten Schichten des Wengener Horizontes vorkommen. Es besteht wesentlich aus einem fast farblosen Augit, der in allen Eigenschaften mit dem oben beschriebenen Malakolith der Einschlüsse übereinstimmt, aus etwas grüner, monokliner Hornblende und nicht unbeträchtlichen Mengen von lebhaft grünem Spinell. Dieser letztere besitzt dieselbe Farbe wie der Spinell der Cordierit-Contactfelse des Monte Aviolo (l. c. p. 525), lässt mitunter quadratische Querschnitte erkennen und tritt bald als Einschluss in den beiden übrigen Gemengtheilen, bald selbständig auf. Die Hornblende und der Augit sind stets unregelmässig umrandet. Der letztere führt an mehreren Stellen typische Glaseinschlüsse, die in allen Eigenschaften mit den oben beschriebenen übereinstimmen. Das zweite Stück, gleichfalls eine Silicatknauer aus Wengener Marmor, wurde am Südrhang des Cornone (süd-

---

<sup>1</sup> Ich verdanke diese Stücke Hrn. H. FINKELSTEIN in Leipzig, der sie an Ort und Stelle sammelte und mir zur Untersuchung überliess.

westliche Adamellogruppe) auf dem Wege vom Lago della Vacca nach Malga Blumone, wenige Meter vom Tonalit entfernt gefunden. Es besteht aus schwach grünem, im Schliiff farblosen Malakolith und etwas bläulich-grünem Glimmer. Dieser letztere ist deutlich zweiaxig, im Schliiff gleichfalls nur noch schwach gefärbt und daher auch nur wenig pleochroitisch. Sein Farbenwechsel geht von hell bläulichgrün zu hell röthlichgelb. Beide Mineralien sind stets unregelmässig conturirt. Auch hier ist es wieder der Augit, welcher nicht selten Glaseinschlüsse führt. Eine Contactstructur wurde weder in diesem Stück noch in dem erst beschriebenen an irgend einem Mineral wahrgenommen. Die Fundorte der beiden Stücke sind in der Luftlinie über 12 km von einander, über 10 km vom Lago d'Arno, dem Fundort der oben des Näheren beschriebenen Einschlüsse entfernt.

Fassen wir unsere Beobachtungen kurz zusammen, so finden wir Folgendes: An zwei weit von einander entfernten Stellen des Tonalitmassivs wurden in dem Eruptivgestein nahe dem Contact mit dem Schiefergebirge Fragmente einer geschichteten Felsart aufgefunden. Dieselbe wird aus drei petrographisch verschiedenen Lagen zusammengesetzt, von denen die eine wesentlich aus Hornblende, die zweite aus Augit, die dritte aus Quarz, Feldspath (Plagioklas) und Hornblende mit wenig Glimmer und Augit besteht. Man könnte nun vielleicht denken, dass dieselben bereits vor ihrer Umschliessung durch den Tonalit Amphibolit, bezw. Pyroxenit und Amphibolgneiss gewesen seien. Allein die neuerdings gewonnene Erkenntniss, dass in sehr vielen Fällen die Neubildungsproducte der Contactmetamorphose von Tiefengesteinen eigenthümliche, für sie charakteristische Structurformen besitzen, gestattet den Nachweis zu führen, dass die hier untersuchten Gesteine metamorpher Natur sind. Denn fast sämmtliche Mineralien, welche an ihrem Aufbau teilnehmen, nämlich Hornblende, Malakolith, Quarz, Plagioklas, Biotit, Titanit besitzen jene charakteristischen Structurformen der durch Contactmetamorphose neu entstandenen Mineralien. Wir können daher die drei an dem Aufbau der Einschlüsse beteiligten Gesteine nicht als „Amphibolit, Pyroxenit und Amphibolgneiss“ bezeichnen, da sonst genetisch ganz ungleichwerthige Felsarten

denselben Namen erhalten würden. Ich bediene mich deshalb auch hier der von mir an anderer Stelle<sup>1</sup> vorgeschlagenen und ausführlich begründeten Bezeichnungen „Contact-Amphibolit“, „Contact-Pyroxenit“ und „Amphibol-Contactgneiss“. Diese Namen sollen ausdrücken, dass die vorliegenden Gesteine, wenn man auf ihre Entstehung keine Rücksicht nehmen würde, nach ihrem Mineralbestand als Amphibolit, Pyroxenit und Amphibolgneiss zu bezeichnen wären, aber ihrer Genesis nach zu den erst contactmetamorphischen Processen ihre jetzige Beschaffenheit verdankenden „Contactgesteinen“ gehören. — Suchen wir bei dieser Gelegenheit auch einen Überblick über die Characteristica dieser Gesteine zu gewinnen, so müssen wir die im Vorhergehenden und in anderen Arbeiten beschriebenen Structurformen der Contactmineralien zusammenstellen und ordnen. Es ist dabei von vorn herein klar, dass, wie immer die Einwirkung der bei der Contactmetamorphose herrschenden physikalischen Verhältnisse auf den Krystallisationsprocess der sich neu bildenden Mineralien sein mag, jedenfalls die Einwirkung sich in doppelter Weise äussern wird, erstens nämlich in der Art des inneren Baues des einzelnen Mineralindividuums, zweitens in der Zusammenlagerung der Mineralindividuen zum Aggregat. Alle hierher gehörigen Erscheinungen fallen unter den Begriff der „Contactstructuren“; aber man muss entsprechend dem eben Gesagten zwischen zwei verschiedenen Gruppen derselben unterscheiden. Zu der zweiten Gruppe gehört die oben geschilderte eigenthümliche Art der Aggregierung von geradlinig conturirten Quarz- und Feldspath-Individuen zu einem mosaikartigen Pflaster, offenbar dasselbe Phänomen, welches die sächsischen Geologen in umgewandelten Grauwacken beobachteten und mit der Structur von Bienenwaben verglichen. Für solche Fälle ist der Name „bienenwabenähnliche Contactstructur“ berechtigt. Doch ist er eben nur dann anwendbar, wenn die einzelnen Individuen des betreffenden Aggregates wirklich regelmässig sechsseitige Umrisse haben. Da dies indessen nach meinen persönlichen Erfahrungen nicht sehr

<sup>1</sup> W. SALOMON, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1890. 485—486.

häufig vorzukommen scheint, so dürfte der Name „pflaster-ähnliche Contactstructur“, weil allgemeiner, wohl noch geeigneter sein. Zu der ersten Gruppe der Contactstructuren rechne ich all die Structurformen, welche durch die Durchdringung eines einzigen Mineralindividuums von mehr oder minder zahlreichen kleinen Interpositionen erzeugt werden. Die einschliessenden Mineralien erhalten dabei, wie dies im vorhergehenden und in den übrigen citirten Arbeiten ausführlich beschrieben ist, je nach ihrer Natur und je nach Natur, Menge und Grössenverhältnissen der Interpositionen ganz verschiedenartige Erscheinungsweisen. Man wird daher bald von einer siebähnlichen, bald von einer skelettartigen oder schwammigen Contactstructur sprechen können, womit aber nicht etwa gesagt sein soll, dass diese Namen die Erscheinungsformen der einzelnen mit Contactstructuren auftretenden Mineralien erschöpfend ausdrücken. Besonders hervorheben möchte ich auch noch an dieser Stelle, dass ich es sehr wohl für möglich halte, dass ähnliche Structurphänomene mitunter auch in Mineralien und Mineralaggregaten von nicht contactmetamorpher Entstehung vorkommen können. So besitzen z. B. die von K. A. LOSSEN<sup>1</sup> beschriebenen und abgebildeten Aggregate von secundärem Albit eine gewisse Ähnlichkeit mit der hier geschilderten pflasterartigen Contactstructur des Quarz-Plagioklasaggregates. Indessen werden in diesem und in jedem anderen Falle, wo man derartige Structuren beobachtet, selbstverständlich auch die übrigen Kriterien, welche über die Entstehung eines Gesteins zu entscheiden geeignet sind, heranzuziehen sein, wenn man sichere Resultate bekommen will. — Die Mineralien, von welchen Contactstructuren bisher beschrieben wurden, sind: Cordierit, Andalusit, Orthoklas, Plagioklas, Quarz, Muscovit, Biotit, Hornblende, Augit, Titanit, Turmalin. Vielleicht gehört auch die schwammige Structur der durch und durch von Quarz durchdrungenen Staurolithe mancher Fundorte hierher. Wenigstens stammen die enorm interpositionsreichen Staurolithe der Bretagne aus Gegenden, in

<sup>1</sup> K. A. LOSSEN, Studien an metamorphischen Eruptiv- und Sedimentgesteinen, erläutert an mikroskopischen Bildern. (Jahrb. preuss. geolog. Landesanst. 1883. Taf. XXIX. Fig. 2.)

welchen contactmetamorphe Gesteine eine ausserordentliche Verbreitung besitzen, während die sicher nicht contactmetamorphen Staurolithe des St. Gotthardt fast vollkommen einschlussfrei sind <sup>1</sup>.

Nachdem wir den Nachweis geführt haben, dass die als Einschlüsse im Tonalit aufgefundenen Gesteine ihre jetzige Structur und mineralogische Zusammensetzung einer von dem Eruptivgestein ausgehenden Contactmetamorphose verdanken, müssen wir auch auf die Frage eingehen, aus welchem ursprünglichen Material denn die vorliegenden Gesteine entstanden sind. Eine sichere Antwort lässt sich darauf nicht geben; aber der Reichthum der Einschlüsse an dem kalkreichen Malakolith, die völlige Übereinstimmung dieses letzteren mit dem Malakolith der aus metamorphem Wengener Marmor stammenden Stücke und die Thatsache, dass sowohl am Lago d'Arno wie im Salarnothal mitten in dem umgewandelten Schiefergebirge auch Marmorlager auftreten <sup>2</sup>, dies alles weist darauf hin, dass es kalkreiche Zwischenlagen des Schiefergebirges waren, welche in den flüssigen Tonalit gerathen durch umwandelnde Vorgänge zu unserem Contact-Amphibolit, bezw. Pyroxenit wurden. Nähere Angaben über die Natur der Urgesteine zu machen bin ich vorläufig nicht im Stande. Jedenfalls aber beweisen diese und die vorhergehenden Erörterungen, dass die jetzt vorliegenden und oben beschriebenen Mineralien erst Producte der Contactmetamorphose sind. Man kann daher nicht gut annehmen, dass die Glaseinschlüsse etwa nach vollendeter Krystallisation der sie jetzt umhüllenden Mineralien secundär entstanden seien. Denn es ist gewiss kein Grund dafür aufzufinden, warum dieselben physikalisch-chemischen Vorgänge erst jene Mineralien erzeugen und dann wieder durch Einschmelzung einzelner Theile partiell zerstören sollten. Ich glaube deshalb, dass

<sup>1</sup> Ich ersehe dies aus einigen Präparaten, die mir Hr. F. ZIRKEL gütigst zur Verfügung stellte. Es geht das aber auch bereits zur Genüge aus der Schilderung des Stauroliths hervor, welche sich in „F. ZIRKEL, Die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine“, Leipzig 1873, 201—204, findet.

<sup>2</sup> Vergl. Einleitung dieser Arbeit und die Beschreibung, welche ESCHER v. D. LINTH in STUDER's Geologie der Schweiz, I, 292—295, gibt.

man jene Glaseinschlüsse nicht als secundär bezeichnen kann. — Umgekehrt aber beweist die Structur unserer Contactgesteine, dass es ebenso unberechtigt wäre an eine Ausscheidung der an ihrer Zusammensetzung beteiligten Gemengtheile aus einem Schmelzflusse, ähnlich dem der Magmen von Eruptivgesteinen, zu denken. Da demnach Analoga der hier beobachteten Erscheinung nicht bekannt sind, so bleibt uns nichts anderes übrig, als das unsichere Gebiet der Hypothese zu beschreiten und die folgende Annahme zu machen: Unter den bei der Contactmetamorphose herrschenden physikalischen Bedingungen war die Hitze gerade gross genug, um einzelne Theile jener in Umwandlung begriffenen Substanzen in einen schmelzflüssigen Zustand zu bringen. Diese, infolge ihres relativ niedrigen Schmelzpunktes bei abnehmender Temperatur auch schnell wieder erstarrenden Partikel wurden von den erst durch die umwandelnden Agentien ihre jetzige räumliche Anordnung erhaltenden Moleculargruppen der sich bildenden Krystalle umschlossen. Ausdrücklich möchte ich aber noch einmal hervorheben, dass ich die Substanzen dieser letzteren nicht etwa in schmelzflüssigem, sondern in festem Zustande voraussetze und ihnen trotz dieses letzteren eine gewisse Beweglichkeit zuschreiben zu müssen glaube. Beweist doch die Thatsache, dass bei der Umwandlung von ursprünglich gleichmässig durch fremde Substanzen verunreinigten Kalksteinen nicht selten reiner Marmor entsteht, in dem jene fremden Bestandtheile in Form von „concretionär“ angehäuften, wohlkrystallisirten Silicaten gesondert auftreten; mit völliger Sicherheit, dass bei den contactmetamorphischen Processen sogar Wanderungen einzelner Substanzen stattfinden. Allerdings kann ich nicht leugnen, dass die Erklärung dieser Vorgänge auf grosse Schwierigkeiten stösst. — Dass übrigens die Beweglichkeit jener Substanzen ein gewisses Maass nicht übersteigt, das zeigt die bekannte Beobachtung, dass umgekehrt oft die feine Wechsellagerung verschiedenartiger Gesteinsblätter primärer Felsarten trotz völliger Umkrystallisirung bei der Contactmetamorphose vollständig erhalten wird.

Nach diesen Auseinandersetzungen stehe ich nicht an, die beschriebenen Glaseinschlüsse als primär in dem er-



läuterten Sinne zu bezeichnen. Bedenken wir nun, dass sich dieselben in Mineralien der Contactzone eines echt plutonischen, holokrystallinen Gesteins<sup>1</sup> finden, so erkennen wir sofort, welch hohe Bedeutung ihr Auftreten für unsere Anschauungen nicht nur über contactmetamorphische Processe, sondern auch über die physikalischen Zustände in den Magmen von Tiefengesteinen besitzen muss. Eine analoge Beobachtung ist bisher nur ein einziges Mal gemacht worden und zwar von BECKE<sup>2</sup>. Dieser Forscher fand in dem Batrachit der Contactzone des Syenits von Predazzo gleichfalls Glaseinschlüsse auf und wies bereits auf die grosse Wichtigkeit dieser Wahrnehmung hin, ohne sich indessen über die Entstehung der Glaseinschlüsse auszusprechen. Seine bisher alleinstehende Beobachtung ist nun an vier von einander viele Kilometer, von dem Fundort jenes Batrachits viele Meilen entfernten Punkten wiederholt worden. In allen fünf Fällen treten die Glaseinschlüsse theils in Kalksilicaten, theils in deren Nähe auf. Dieser Umstand ist bemerkenswerth, da ich in den unter ähnlichen Bedingungen aufgefundenen, aber kalkarmen und magnesiareichen Einschlüssen von Cordierit-Contactfels im Tonalit des Monte Aviolo keine Glaseinschlüsse

<sup>1</sup> Ich kann mich der von REYER (dies. Jahrb. 1881. Beil.-Bd. I. 419—450) ausgesprochenen Ansicht, dass die im Val Daone und an der Uza in der Nähe des Tonalites auftretenden Gebilde Tuffe seien, nach persönlichem Besuch dieser Gebiete nicht anschliessen und glaube, dass der Tonalit des gesammten Adamellomassivs in derselben Weise, wie dies bereits FINKELSTEIN (Zeitschr. D. u. Ö. Alpenver. XX. 316) für den von ihm untersuchten südwestlichen Theil desselben annahm, unter einer mächtigen, älteren Sedimentkruste erstarrte, dieselbe überall im Contact veränderte und erst durch Denudation und Erosion von ihr befreit wurde. — Bei dieser Gelegenheit kann ich es nicht unerwähnt lassen, dass Herr R. LEPSIUS mir kürzlich briefliche Mittheilung davon machte, dass er unabhängig von meiner Arbeit über den Monte Aviolo durch erneuten Besuch der Adamellogruppe schon vor längerer Zeit dazu gekommen ist, seine Meinung über das Alter des Tonalits und die Entstehung der Contactzone desselben zu ändern. Er vertritt jetzt gleichfalls die von mir ausgesprochene und bewiesene Anschauung, dass der Tonalit als Eruptivmagma und zwar als Tiefengestein auf die durchbrochenen Sedimente einwirkte. Auch hat er Gänge von Tonalit und zwar in umgewandeltem Muschelkalk beobachtet.

<sup>2</sup> FR. BECKE, Glaseinschlüsse in Contactmineralien von Canzacoli bei Predazzo. (Min.-petr. Mitth. V. 174. 1882.)

sah. Es scheint demnach so, als ob das Auftreten derselben an das Vorhandensein von Kalksilicaten geknüpft ist. Jedenfalls ist es ausserordentlich wahrscheinlich, dass die fünf nunmehr bekannten Beobachtungen von Glaseinschlüssen in Contactproducten von Tiefengesteinen nicht die einzigen bleiben werden, dass man vielmehr unter gleichen Bedingungen auch das gleiche Phänomen wieder finden wird. Schon jetzt aber betrachte ich es als erwiesen, dass die umwandelnden Prozesse, welche die Contactzonen der plutonischen Gesteine erzeugen, sich bei sehr hohen Temperaturen vollziehen.

---



CARL GRÜNINGER, STUTTGART.