

# Über die Lagerungsform und das Alter des Adamellotonalites.

VON Prof. Dr. WILHELM SALOMON  
in Heidelberg.

(Vorgelegt von Hrn. KLEIN.)

Im Jahre 1901 erhielt ich von der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin eine dritte Unterstützung behufs Fortführung und Beendigung der geologisch-mineralogischen Untersuchungen der Adamellogruppe.<sup>1</sup> Ich spreche ihr dafür meinen ehrerbietigen Dank aus und möchte an dieser Stelle auf Grund einiger Ergebnisse der im vorigen Jahre ausgeführten Reise<sup>2</sup> neue Mittheilungen über die Lagerungsform und das Alter der Tonalitmasse machen, da sich das Erscheinen der Gesamtmonographie in Folge der vor zwei Jahren erfolgten Übernahme der Begründung eines Institutes in Heidelberg noch etwas verzögern wird.

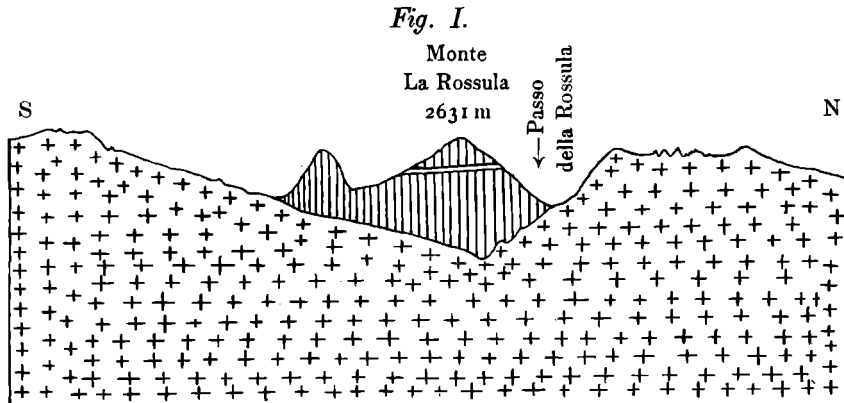
Schon frühere Untersuchungen hatten ergeben, dass an einigen Stellen noch Reste der alten, den Tonalit ursprünglich bedeckenden Sedimentkruste erhalten sind. Ja, im Val Blumone im Süden und in Val Gallinera im Nordwesten hatten sich steil aufgerichtete Schichtzonen aus dem Sedimentgebiet bis weit in den Tonalit hinein verfolgen lassen.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Vergl. diese Berichte 1896, S. 1033—1048; 1899, S. 27—41; 1901, S. 170—185 und 729—747, ferner verschiedene Abhandlungen in TSCHERMAK'S Mittheilungen, der Zeitschr. d. Deutschen geolog. Gesellsch. und dem Neuen Jahrb. für Mineralogie.

<sup>2</sup> Ich hatte die Freude, auf dieser Reise, wie schon vor vier Jahren, von meinem alten lieben Freunde, Ingenieur OSKAR HÖRICH, begleitet zu werden und spreche diesem auch hier meinen herzlichsten Dank für alle Unterstützung aus.

<sup>3</sup> Diese Berichte 1899, S. 36/37. — Ich möchte bei dieser Gelegenheit hervorheben, dass ich bei nochmaligem Besuche der Malga Blumone di sopra zu der Überzeugung gekommen bin, dass die steil aufgerichteten Schichten dort nicht, wie ich früher glaubte, eine Synklinale, sondern grade umgekehrt eine Antiklinale bilden, was übrigens an der Bedeutung der Zone nichts ändert. Zur sicheren Feststellung wäre eine Begehung der steilen Gehänge auf dem linken Ufer zwischen Blumone di sopra und Blumone di mezzo nöthig, die ich leider auch in diesem Jahre wegen Ausgelien der Lebensmittel nicht mehr ausführen konnte.

Die im vergangenen Jahre ausgeführten Begehungen haben nun aber an einer Reihe von Punkten eine merkwürdige Thatsache erkennen lassen. Während nämlich die Deckschichten der nordamerikanischen<sup>1</sup>, böhmischen<sup>2</sup>, skandinavischen<sup>3</sup>, einiger anderer alpinen<sup>4</sup>, der kaukasischen<sup>5</sup> und endlich der indischen<sup>6</sup> Lakkolithen der Oberfläche der Intrusivmassen concordant und auf dem Scheitel in flacher



Trias am M. La Rossula. Von den zahlreichen meist flachen aplitisch-pegmatischen Gängen ist nur einer schematisch und zwar stark übertrieben eingezeichnet.

Maassstab etwa 1:13200.

Lagerung aufliegen, schneiden am »Monte la Rossula« und an der »Cima di Blumone« (der italienischen Karte in 1:25000) die steil aufgerichteten Sedimentschichten an der flach wellig unter ihnen verlaufen-

<sup>1</sup> Vergl. ausser den bekannten Arbeiten von GILBERT (1877), PEALE (1877), ENDLICH (1878) auch CROSS, 14 annual Report of the Director U. S. Geol. Survey 1895; WEED and PIRSSON, Bull. geol. Soc. America 6, 1895, 389—422; dieselben, American Journ. of Science 12, Juli 1901; dieselben, American Journ. of Science 1895, 50, 467—479; J. E. WOLFF, Northern Transcontinental Survey 1885; derselbe, Neues Jahrb. f. Min. 1890, I, 192—193; derselbe, Bull. geol. Soc. America 1892, 3, 445—452; TH. A. JAGGAR, JR. und E. HOWE, 21 annual Report of the Director U. S. Geol. Survey 1899/1900, part III, 163—303. Hier auch ausführliche Citate fast der gesammten amerikanischen Litteratur.

<sup>2</sup> F. LÖWL, Die Granitkerne des Kaiserwaldes bei Marienbad, Prag 1885 bei Dominicus. Derselbe, Verhandl. k. k. geol. Reichsanst. Wien, 1884, S. 346. HIBSCH, Sitz.-Ber. Lotos. 1898, Nr. 4. TSCHERMAK'S Mittheil. 19, 1899, S. 5, 13, 19, 28/29 und 21, 1902, S. 472, 525, 571 u. a. a. O.

<sup>3</sup> BRÜGGER, Zeitschr. f. Krystallogr. 16, 1890, S. 73.

<sup>4</sup> F. LÖWL, Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. Wien 1895, S. 615—640. Zeitschr. d. Deutsch. und Österr. Alpenvereins. 1897, 28, S. 34—51. PETERMANN'S Mittheil. 1893, Heft 4—5.

<sup>5</sup> Guide des excursions du VII. Congrès géol. Internat. St. Petersburg 1897. Vergl. auch RIVA, Atti Soc. Ital. Scienze naturali 37, 1898, S. 6/7 des Sonderabdrucks, und COHEN, Mittheil. des Naturw. Vereins f. Neuvorpommern und Rügen, Greifswald 31, 1890, 12 Seiten.

<sup>6</sup> BLAKE, Quart. Journ. Geol. Soc. London 54, 1898, S. 12.

den, zum Theil prachtvoll aufgeschlossenen Oberfläche der Tonalitmasse beinahe rechtwinklig ab.

Das gleiche Verhalten ist auch für den Monte Zincone und für einige andere Punkte der südlichen Adamellogruppe anzunehmen, wenn auch nicht mit ebenso absoluter Bestimmtheit zu erweisen.

In dieser Hinsicht verhält sich also der Adamellotonalit wie ein echter Stock und nicht wie ein Lakkolith. Nun hat er aber noch eine weitere Eigenschaft, die ihn von den typischen Lakkolithen GILBERT's unzweifelhaft unterscheidet. Während nämlich von GILBERT, WOLFF, JAGGAR, LÖWL und Anderen die horizontale Lagerung oder doch noch während der Intrusion horizontale Lagerung der den Untergrund ihrer Lakkolithen bildenden Schichten an einigen Stellen mit Sicherheit nachgewiesen, an anderen sehr wahrscheinlich gemacht wurde<sup>1</sup>, schiessen die Sedimente der Adamello-Presanellagruppe, gleichgültig, welches Alter sie haben und mit nur wenigen und zum Theil auch nur scheinbaren Ausnahmen rings um das gewaltige Massiv unter die Tonalitmasse ein. Dieses seltsame Verhalten wurde zuerst von LEPSIUS<sup>2</sup> und ED. SUESS<sup>3</sup> an einigen Stellen beobachtet und konnte später von mir an zahlreichen Punkten der Peripherie nachgewiesen werden. Es ist nicht auf die Adamellogruppe beschränkt, sondern auch an anderen Centralmassiven der Alpen nachweisbar.<sup>4</sup> Von einer Vereinigung des Adamellotonalites mit den Lakkolithen ist unter diesen Umständen entschieden abzusehen. Aber auch von den echten Stöcken unterscheiden ihn nicht nur das eben hervorgehobene trichterförmige Fallen der Sedimente rings um ihn herum, sondern auch zwei weitere sehr wichtige Eigenthümlichkeiten, die sonst als Characteristica der Lakkolithen und Intrusivlager gelten. Erstens nämlich wechselt das Niveau der unter das Tiefengestein einschliessenden und mit ihm in Primärcontact tretenden Schichten gewöhnlich nur sehr langsam, so dass oft auf weite Strecken hin derselbe Schichtcomplex mit ihm in Berührung ist. Zweitens weisen die Schichtflächen der ihn unmittelbar umgebenden Sedimente, soweit sie nicht schon lange vor der Intrusion des Tonalites von der carbonischen Faltung ergriffen waren wie die krystallinen Schiefer im Norden und Osten, einen oft sehr weitgehenden Parallelismus mit der Contactfläche auf. Ja, selbst bei den vorher gefalteten

<sup>1</sup> Den von mir im Jahre 1899 (diese Berichte S. 33) ausgesprochenen Zweifel an der horizontalen Unterlage dieser echten Lakkolithen ziehe ich nach wiederholtem Studium der einschlägigen Litteratur zurück.

<sup>2</sup> Das westliche Südtirol, S. 213, 222 u. a. a. O.

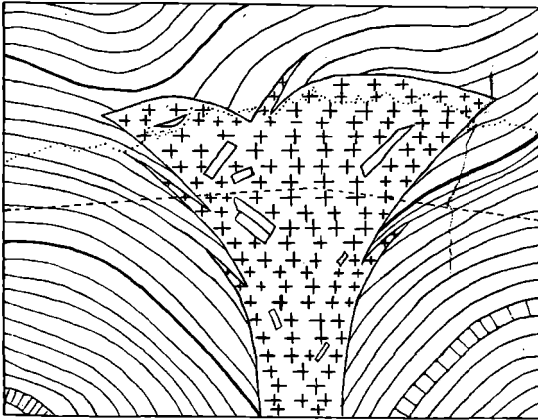
<sup>3</sup> Antlitz der Erde, I, S. 314—317.

<sup>4</sup> Vergl. z. B. das Gotthardmassiv. Diese Berichte 1899, S. 32/33. Auch das Vredfortmassiv in Südafrika scheint hierher zu gehören. Vergl. MOLENGRAFF, Bull. Soc. géol. France 1901, S. 20. Karte und Profil I.

krystallinen Schiefen ist, wie ich von vielen Stellen gezeigt habe, ein auffälliges Bestreben vorhanden, in der Nähe des Contactes die geologischen Richtungen der Schieferungsflächen<sup>1</sup> denen der Contactfläche anzupassen.

Dieses verschiedenartige Verhalten, das theils eine Annäherung an die echten Lakkolithen bedingt, theils mehr mit dem geologischen Auftreten der Stöcke übereinstimmt, veranlasste mich noch 1897 dazu, den Adamellotonalit als ein Übergangsglied zwischen Lakkolith und Stock zu bezeichnen<sup>2</sup>, obwohl ich im Zweifel darüber war, ob es nicht richtiger sei, für seine Lagerungsform einen besonderen Namen zu schaffen. Das Bestreben, nicht unnütz unsere Terminologie mit neuen Namen zu belasten, hielt mich indessen davon ab. Mittlerweile aber

Fig. II.



Ethmolith, im Verticalschnitt, schematisch, auf Grund der Lagerungsverhältnisse in der Adamellogruppe.

haben sich mir Erwägungen über die Ursachen der Verschiedenheit der Tiefengesteins-Lagerungsformen aufgedrängt, die es mir jetzt als gradezu nothwendig erscheinen lassen, einen besonderen Namen zu wählen. Ich schlage daher für Tiefengesteinsmassen, die sich nach unten trichterförmig verjüngen und unter deren Ränder die Sedimentschichten in der Weise einschneiden, dass die jüngsten Schichten

in Berührung mit dem Tiefengestein stehen, den Namen »Ethmolith« vor, von  $\acute{\omicron}$  ἠθμός, der Trichter.

Die beistehenden Profile II und III sind schematische Verticalschnitte durch einen solchen Ethmolithen, der recht genau den Verhältnissen der Adamellogruppe entspricht.

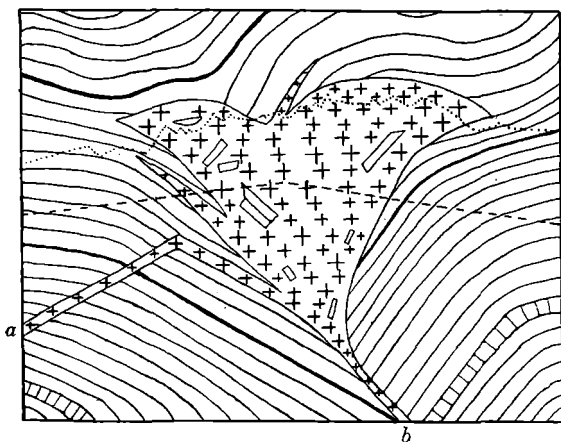
Was sich in den beiden Durchschnitten über der punktierten und unter der gestrichelten Linie befindet, ist Construction. Die punktirte Linie entspricht einer idealen Kammoberfläche, die gestrichelte etwa dem Niveau, bis zu dem die Erosion in den Thälern den Gebirgstheil angeschnitten hat. Die schraffierte Schicht ist auf beiden Seiten gleichalterig gedacht. Es sind absichtlich drei verschiedene Constructions der Zufuhrkanäle ausgeführt, eine in Profil II, zwei von einander un-

<sup>1</sup> »Schichtflächen« will ich vorsichtigerweise nicht dafür sagen, obwohl sie sicher vielfach den Schichtflächen entsprechen.

<sup>2</sup> TSCHERMAK'S Mittheilungen, 1897, S. 172/173.

abhängig gedachte (*a* und *b*) in Profil III. In II verjüngt sich der Trichter ganz allmählich nach unten. Er ist, wie der Vergleich der Schichtlinien rechts und links zeigt, auf einer Verwerfung, die sich nach oben verliert, emporgedrungen. In III entspricht der schmale Zufuhrkanal *b* derselben Verwerfung. Er hat hier den Charakter eines normalen Ganges, wie sie JAGGAR (a. a. O.) gleichfalls vielfach bei den Lakkolithen der Black Hills als Zufuhrkanäle annimmt. In IIIa durchbricht dagegen der Kanal nur zuerst als normaler Gang die Schichten, geht dann in einen Lagergang über, ohne indessen auf seinem Wege die Umgebung wesentlich zu verwerfen. Welche dieser drei Erklärungsversuche für die Adamellogruppe richtig ist, wage ich zur Zeit nicht zu ~~unter~~<sup>ent</sup>erscheiden. Möglich scheinen sie mir sämtlich zu sein.

Fig. III.



Ethmolith, im Verticalschnitt, schematisch, auf Grund der Lagerungsverhältnisse in der Adamellogruppe.

Sehen wir von den in gewöhnlichen und Lagergängen auftretenden Tiefengesteinen, sowie von den mir immer noch sehr hypothetisch erscheinenden Batholithen ab, so haben wir also drei, in der Natur selbstverständlich nicht scharf von einander abgegrenzte Lagerungsformen der plutonischen Massen zu unterscheiden.<sup>1</sup> Für die Stöcke ist es charakteristisch, dass ihre Contactflächen keine regelmässige Beziehung zu

den Schichtflächen benachbarter Sedimente aufweisen, für die Lakkolithen sind die flache Unterlage, die Aufwölbung der überlagernden Schichten zu mehr oder weniger regelmässigen Kuppeln und der freilich wohl auch nie ganz verwirklichte Parallelismus zwischen Contact- und Schichtflächen der umgebenden Sedimente die Hauptmerkmale, für die Ethmolithen die vorher angegebenen Eigenschaften.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Von SEDERHOLM's »Taphrolithen« sehe ich nach den Ausführungen von COHEN und DEECKE ab. IDDING's »Bysmalithen« sind nach meiner Auffassung nur stockähnliche Ausfüllungsmassen der Zufuhrkanäle eines Lakkolithen oder Vulcanes; vergl. Monographs U. S. Geol. Survey 32, Theil II, 1899, S. 16 und JAGGAR a. a. O., S. 289.

<sup>2</sup> Dieselben Lagerungsformen sind auch bei Intrusionen in präexistirendem Eruptivmaterial, besonders in Tuffen und Systemen von Lavadecken unterscheidbar. Die Schichtflächen der Tuffe, die oberen und unteren Flächen der Lavadecken, die Structurflächen plattig abgesonderter Eruptivgesteine werden dann die Rolle der »Schichtflächen« übernehmen.

Es ist nun von vorn herein klar, dass Lakkolithen von typischer Form nur im ungefalteten Gebirge entstehen können, da nur in diesem die Erhaltung einer horizontalen Basis denkbar ist. Von Stöcken aber könnte man sich vielleicht auch, theoretisch wenigstens, Bildung im ungefalteten Gebirge denken. Doch war es mir bisher nicht möglich, in der Litteratur derartige unbestrittene Fälle wirklich aufzufinden. So zeigen z. B. HIBSCH's bereits citirte treffliche Untersuchungen in Nordböhmen, dass in ursprünglich ungestörtem Gebirge nach vorausgegangener Bildung von Lakkolithen und vielfacher Dislocation dann neben neuen Lakkolithen auch Stöcke entstehen können. Es handelt sich aber in diesem Falle eben um Schichtsysteme, die, wenn auch nicht durch tangentielle Bewegungen der Erdkruste, so doch durch lakkolithische Auffaltung oder Aufwölbung, wie man das nun nennen will, und durch Verwerfungen eine zum Theil weitgehende Störung erfahren haben. Man wird deshalb, sobald man echte Stöcke im gefalteten Gebirge beobachtet, wohl in den meisten Fällen ohne Weiteres, in den anderen mit ziemlich grosser Wahrscheinlichkeit annehmen dürfen, dass wenigstens eine erste Faltung der Schichten der Intrusion vorausgegangen ist. Und umgekehrt erscheint der Schluss berechtigt, dass in Schichten, die Lakkolithen enthalten, eine Faltung erst nach der Intrusion eingetreten sein kann.<sup>1</sup> Derartige Erwägungen bestimmten denn auch bereits den um die Erforschung der geologischen Verhältnisse böhmischer und alpiner Tiefengesteinsmassen sehr verdienten FERDINAND LÖWL<sup>2</sup> dazu in dem Parallelismus zwischen den Contactflächen und den Schicht- oder Schieferungsflächen der umgebenden Gesteine, insbesondere aber in der Aufwölbung regelmässiger Kuppeln der letzteren über den Intrusivbildungen einen Beweis dafür zu sehen, dass die Intrusion vor Eintritt einer Faltung erfolgt sei. Diese Annahme ist indessen nicht in ihrer ganzen Ausdehnung zutreffend. Freilich, regelmässige Schichtkuppeln werden in der That nur in ungefalteten Schichtsystemen entstehen können. Dass aber auch in Schichtcomplexen, die lange vor der Intrusion gefaltet waren, noch nachträglich eine weitgehende Anpassung der Schichtstellungen an die Contactflächen stattfinden kann, dafür ist der Beweis in sehr ausgiebiger Weise grade für den Adamellotonalit erbracht worden.<sup>3</sup> Es kann höchstens strittig sein, ob diese Anpassung der Schichten während der Intrusion durch den Druck des eingepressten Magmas oder aber nach

<sup>1</sup> Dabei wird natürlich von der durch die Intrusion selbst bewirkten Aufwölbung der Schichten abgesehen.

<sup>2</sup> A. a. O.

<sup>3</sup> TSCHERMAK's Mittheilungen 17, 1887, S. 129/130 und an vielen anderen Orten, besonders in diesen Berichten 1901, S. 175/176.

ihr durch allgemeine Gebirgsbewegungen stattgefunden hat. Ich habe mich am angegebenen Orte bereits darüber ausgesprochen und möchte hier nur hervorheben, dass ich beiden Factoren in dieser Hinsicht eine Wirkung zuschreibe, den magmatischen Druck aber für den bei Weitem überwiegenden Hauptfactor halte.

Diese Betrachtungen leiten nun von selbst zu der weiteren Frage über, unter welchen Bedingungen denn die hier geschilderte ethmolithische Lagerungsform zu Stande gekommen sein mag. Die Antwort auf diese Frage scheinen mir die Lagerungsverhältnisse der den Mantel des Adamellomassivs bildenden Sedimente zu geben.

Die in unserem Gebiete selbst und in seiner weiteren Umgebung auftretenden Perm- und Triasschichten haben nachweislich vor der Tertiärzeit keine Faltungen durchgemacht. Sie sind in der weiteren Umgebung des Massivs nur in relativ unbedeutende, nicht sehr steile Faltenzüge geworfen. Um so auffälliger ist es, dass diese aus den Bergamasker Alpen her ungefähr ost westlich heranzustreichenden Falten in der directen Umgebung des Tonalites aus ihren Richtungen abgelenkt werden und dass dort regelmässig steile Schichtstellungen und Falten auftreten. Besonders auffällig aber ist es, dass in der Nähe des Tonalites ganz besonders die Schichten des mächtigen unteren Muschelkalkes in ausserordentlich complicirter Weise zickzackartig gefaltet sind, und zwar in viel höherem Maasse als die nächst jüngeren und älteren Schichten. In dieser Hinsicht liefern die riesigen Wände der Schlucht östlich der Malga Valbona<sup>1</sup> am Fusse des Monte Frerone ein sehr lehrreiches Beispiel, das sich aber von zahlreichen anderen Punkten nur durch die besonders grossartigen Aufschlüsse unterscheidet. Die am weitesten vom Tonalit entfernte Stelle, an der ich derartig complicirte Faltung des unteren Muschelkalkes beobachtete, liegt westlich von Losine am Fusse des Concarena. Aber schon bei Esine, südlich von Breno, und auf dem Monte Elto, westlich von Cedegolo, zeigt der untere Muschelkalk nur die relativ unbedeutenden Falten der ihn unter- bez. überlagernden Schichtsysteme. Zum Theil beruht diese seltsame Erscheinung<sup>2</sup> darauf, dass der untere Muschelkalk der Val Camonica im Gegensatz zu seiner judicarischen Facies durch eine ausserordentlich dünnsschichtige Wechsellagerung reinerer schwarzer Kalke mit dünnen ~~Ebenen~~<sup>eben</sup>flächen ~~oder~~<sup>igen</sup> knolligen thonigen Lagen ausge-

<sup>1</sup> Nicht zu verwechseln mit Val Buona östlich der Val Daone.

<sup>2</sup> Dass es sich hier nicht um die mir wohlbekannten, neulich von KOKEN beschriebenen gekröseartigen Falten in horizontalen Schichten handelt, die mit der Gebirgsfaltung nicht in Beziehung stehen, geht schon aus ihrem Fehlen in grösserer Entfernung von dem Tonalit hervor. Vergl. Neues Jahrb. für Mineralogie, Centralblatt 1902, S. 74—81.

zeichnet ist, eine Eigenschaft, die offenbar eine höhere Plasticität hervorruft und complicirte Faltung begünstigt. Diese Thatsache allein erklärt aber nicht das Fehlen der letzteren in grösserem Abstände vom Tonalit. Sie kann möglicherweise darauf beruhen, dass sich der Tonalit innerhalb der Schichthöhe des plastischeren Muschelkalkes seitlich mehr ausgedehnt hat als in den über- und unterlagernden Schichten und ihn darum unter Auflüftung der höheren Schichtsysteme stärker als diese in Falten warf.

Wie das aber auch sein mag, jedenfalls zeigt auch der Unterschied in der Faltungsintensität des Perm und der übrigen Triasschichten in Nähe und Ferne vom Contacte, dass die Intrusion und die steilen Stellungen der dem Tonalite benachbarten Schichten in einem untrennbaren Zusammenhange stehen.

Diese Annahme findet eine weitere Bestätigung darin, dass, wie schon erwähnt, die im Carbon lange vor der Intrusion des Tonalites gefalteten krystallinen Schiefer in der Nähe des Contactes gleichfalls ein sehr auffälliges Bestreben zeigen, ihre geologischen Richtungen denen der Contactfläche anzupassen. Es kann also kein Zweifel darüber bestehen, dass die intensive Aufrichtung und Faltung der den Tonalit-Ethmolithen unmittelbar umgebenden Schichten und dessen Intrusion gleichzeitig stattgefunden haben.

Die nächste sich unmittelbar hieran anknüpfende Frage ist nun die, ob die von der Intrusion unabhängige flachere Faltung der Bergamasker und Südtiroler Schichtsysteme des Perms und Mesozoicums in der weiteren Umgebung der Adamellogruppe vor, nach oder während der Intrusion stattgefunden hat, eine Frage, deren Entscheidung natürlich auch für die Altersbestimmung des Tonalites fundamental ist, da diese Faltung zweifellos im Tertiär<sup>2</sup> erfolgte.

Die erste Annahme, dass die Faltung vor der Intrusion stattgefunden habe, scheint mir im Hinblick auf die Schichtstellungen der Sedimente in der Umgebung und auf der Oberfläche des Tonalitmassivs an sich wohl möglich zu sein. Nun habe ich aber bereits früher zu zeigen gesucht, dass Intrusionen derartig grosser Tiefengesteinmassen nur im Zusammenhang mit energischen Bewegungen der Erdkruste stattfinden können, da ich trotz der geistvollen, aber bisher vollständig in der Luft schwebenden Hypothese STÜBEL's und der sehr interessanten, aber bisher doch auch nur hypothetischen Darlegungen von ROTHPLETZ<sup>1</sup> noch immer keine andere Ursache von plutonischen

---

<sup>1</sup> Über die Möglichkeit, den Gegensatz zwischen der Contractions- und Expansionstheorie aufzuheben. Sitzungsber. der Münchener Akad. der Wissenschaften 1902, S. 311—325.



Intrusionen als hydrostatischen, durch relative Verschiebungen von Erdkrustenschollen erzeugten Druck anerkennen kann. Dazu reichen aber auch die continentalen Auf- und Abschwankungen, wie sie sich in Transgressionen aussprechen, nicht aus. Und so bliebe in unserem Falle als Zeit der Tonalitintrusion nur die Zeit der zweiten tertiären Alpenfaltungsphase, das Miocän, übrig. Dieser Annahme widerspricht indessen das passive Verhalten des Tonalites gegenüber der Judicarien- und Tonalelinie, da wenigstens zur Zeit, trotz des gelegentlichen Auftretens von Erdbeben in der Nähe dieser gewaltigen Störungslinien, doch keine Gründe vorliegen, die die Fortdauer grösserer Verschiebungen an ihnen bis zum heutigen Tage wahrscheinlich machten.

Deshalb will ich die Möglichkeit dieser ersten Annahme zwar nicht ganz bestreiten, halte sie aber für recht unwahrscheinlich.

Anders liegt es bei dem zweiten Falle. Hat die Intrusion vor den tertiären<sup>1</sup> Faltungen stattgefunden, lagen also die Sedimentschichten bei der Intrusion horizontal, dann verstehe ich nicht, wie die im Eingange dieser Arbeit geschilderten Schichtstellungen der auf der Oberfläche des Tonalitmassivs erhaltenen Sedimente der Rossula, der Cima di Blumone und des Zincone zu erklären sind. Es handelt sich bei diesen steil aufgerichteten Schichten, wie schon hervorgehoben, ja nicht etwa um isolirte Schollen, die ursprünglich ganz vom Tonalit umschlossen waren und erst später durch die Denudation oberflächlich freigelegt wurden.<sup>2</sup> Es sind vielmehr unzweifelhafte Reste der alten Kruste des Tonalites, die sich von der Cima di Blumone bis in das zusammenhängende Sedimentgebiet ausserhalb des Tonalitmassivs verfolgen lassen. Auch die primäre Natur des Contactes im Gegensatz zu der etwaigen Annahme flacher Überschiebungen ist durch Contactmetamorphose der Sedimente und Apophysen des Eruptivgesteins in ihnen sicher festgestellt. Lagen diese Schichten wirklich bei der Intrusion horizontal, so hätten sie zu regelmässigen Kuppeln aufgewölbt werden müssen. Nicht ein Ethmolith, ein Lakkolith wäre entstanden.

Aber auch noch aus einem anderen Grunde ist die zweite Annahme nicht zu halten. Existirte das Adamellomassiv vor den tertiären Faltungen des Gebirges, so musste die riesige starre Tonalit-

<sup>1</sup> Anzeichen cretaceischer Faltung fehlen in dem hier in Frage kommenden Gebiete der Südalpen ganz, während sie in den Nordalpen bekanntlich nachweisbar sind. Vergl. ROTHPLETZ, Querschnitt durch die Ostalpen, S. 193—200.

<sup>2</sup> Diese Annahme ist für die grossen Schieferschollen, die auf den erzgebirgischen Granitmassen auftreten, gemacht worden und dort zwar nicht zu beweisen, aber wohl auch nicht zu widerlegen.

masse, wie das früher auch thatsächlich behauptet worden ist, als ein stauender die ost-west streichenden Faltenwellen des Sedimentgebirges stören. Der Zusammenschub hätte sich westlich des Massivs in anderer Weise vollziehen müssen als in seinem Meridian. Eine Zerreissung der Sedimentfalten oder wenigstens eine stark ausgeprägte Auslenkung wäre unvermeidlich gewesen. Etwa in der Val Camonica zwischen Edolo und Breno sollten wir eine nord-süd streichende Blattverwerfung oder ein Flexurblatt<sup>1</sup> finden.

Von alledem aber ist nichts vorhanden. Die gewaltige Trias-Perm-Mulde zwischen Monte Elto im Norden und Concarena im Süden lässt sich genau im Streichen bis unmittelbar an den Tonalit heran verfolgen, und erst in dessen nächster Nähe tritt die vorher geschilderte Umbiegung und Umfaltung der Schichten auf. Aus allen diesen Gründen muss ich die zweite Annahme für unmöglich erklären.

Es bleibt nur noch die dritte zu besprechen. Kann die Faltung der Schichtsysteme gleichzeitig mit der Tonalitintrusion stattgefunden haben? Ich muss bekennen, dass mir diese Annahme alle Schwierigkeiten der beiden anderen auf die einfachste und natürlichste Weise zu beseitigen und die in der Natur beobachteten Lagerungsverhältnisse am leichtesten, ja gänzlich ungezwungen zu erklären scheint. Es ist das aber genau dieselbe Annahme, die ich schon 1899<sup>2</sup> ausgesprochen habe.

Ich will nur noch kurz auf einige Einwände eingehen, die seitdem gegen meine Anschauungen erhoben worden sind, obwohl ich mir eine ausführlichere Behandlung der einzelnen Einwürfe erst an anderer Stelle werde erlauben können.

Auf mündlichem Wege wurde mir von einer beachtenswerthen Seite ausgesprochen, dass ein sicherer Beweis für das tertiäre Alter des Tonalites überhaupt nur dadurch zu geben sei, dass man Einschlüsse unzweifelhaft tertiärer Gesteine im Tonalit auffände. Vor einem derartigen Nachweis sei ein tertiäres Alter unglaublich.

Ich muss nun gestehen, dass mir dieser Einwand nicht stichhaltig erscheint. Die Bezeichnung »Tiefengestein« rührt davon her, dass das betreffende Magma im Erdinnern tief unter den Sedimenten erstarrte, die sich gleichzeitig an der Erdoberfläche bildeten. Unmöglich konnten also Bruchstücke von ihnen in das Tiefengestein gelangen. Ich würde umgekehrt aus Einschlüssen eines bestimmten Sedimentes den Schluss ziehen, dass das Tiefengestein jünger sein muss als das Sediment, meist sogar wohl wesentlich jünger. Im Übrigen scheint

<sup>1</sup> Vergl. HEIM und MARGERIE, Die Dislocationen der Erdrinde, S. 75. Zürich 1888

<sup>2</sup> Diese Berichte 1899, S. 88.

mir bei dieser Vorstellung noch immer die alte wohl verständliche, aber nicht mehr berechtigte Tradition eine Rolle zu spielen, wonach granitische Gesteine alt sein müssen. Nur mit Widerwillen oder nur ausnahmsweise, oder doch nur für »exotische« Länder, wird bei diesem Standpunkt die Möglichkeit des Auftretens jüngerer Granite und ihnen verwandter Tiefengesteine zugegeben.

Ich stehe nun keineswegs auf dem umgekehrten Standpunkt. Ich wende mich vielmehr nur dagegen, dass man beim gänzlichen Fehlen von Beweisen für hohes oder junges Alter stets ein hohes annimmt und beim Fehlen stricter Beweise den Wahrscheinlichkeitsbeweisen nur, wenn sie für hohes Alter sprechen, eine Berechtigung zugehen will.

Weitere Einwände gegen meine Auffassung sind von einem der besten Kenner der Adamellogruppe, dem um ihre Erforschung hochverdienten LEPSIUS, in einem gedankenreichen Aufsätze erhoben worden.<sup>1</sup> Zum Theil beruht die LEPSIUS'sche Kritik indessen nur auf einem scheinbaren Gegensatze. Mein Schluss war nicht, wie LEPSIUS meint, einfach der folgende: »Da die Triasschichten der Südalpen vor der tertiären Alpenfaltung keine grösseren Gebirgsbewegungen durchmachten, und da die Triasschichten unzweifelhaft contactmetamorph verändert sind, also vor dem Tonalit vorhanden waren, so ist der Tonalit tertiären Alters.« Ich stützte mich vielmehr darauf, dass zwei steilstehende Zonen von Triassedimenten in den mit ihnen in Primärcontact befindlichen Tonalit viele Kilometer weit in einer Weise eindringen, dass sie »ihre steile Schichtstellung entweder zur Zeit der Tonalitintrusion schon besessen oder gleichzeitig mit ihr erhalten haben« müssen. Ihre Aufrichtung zu der für sie charakteristischen Stellung schien mir aber schon damals nur zur Zeit der tertiären Alpenfaltung möglich zu sein, und die in dieser Arbeit beschriebenen neuen Beobachtungen bestätigen diese Auffassung. Unter »grösseren Gebirgsbewegungen« verstand ich auch nicht das langsame Auf- und Abwärtschwanken der ganzen Erdkrustenregion, wie es in den von LEPSIUS herangezogenen Faciesänderungen des gesammten Mesozoicums in verticaler Richtung zum Ausdruck kommt, sondern ich meinte damit Faltung und Schollenbildung durch Verwerfungen, brachte das auch auf S. 40/41 der betreffenden Arbeit zum Ausdruck. LEPSIUS hebt nun sehr zutreffend hervor, dass schon während des Mesozoicums eine Zerstückelung der südalpinen Sedimentplatte durch Verwerfungen stattfand und dass die verschiedenen Schollen verschieden stark absanken. Er fügt hinzu: »Die Mechanik der Bewegungen eines absinkenden

---

<sup>1</sup> Notizblatt des Vereins für Erdkunde zu Darmstadt 4, 1898, S. 50—55.

Schollengebirges scheint mir nun ganz besonders geeignet zu sein, tief durchgreifende Spalten und horizontal ausgebreitete Hohlräume zu erzeugen — grade im Gegensatz zu der Mechanik des Faltengebirges, durch welche die betroffenen Erdmassen vielmehr zusammengepresst statt aufgespalten und aufgeblättert werden . . . . Wenn das Gewölbe hängen bleibt in der Stauung . . . ., so erhalten wir einen Hohlraum zwischen dem oberen hängengebliebenen und dem unteren tiefer gegen den Mittelpunkt der Erde eingesunkenen Theil der Scholle. Der obere Theil der Scholle befindet sich alsdann in derjenigen schwebenden Lagerung, welche wir in der Regel über der Oberfläche eines Lakkolithen beobachten, während der tiefer abgesunkene Theil der Scholle die Unterlage des Lakkolithen bilden würde.“

Grade dieser Gedankengang beweist nach den in der vorliegenden Arbeit neu mitgetheilten Beobachtungen über die Lagerungsverhältnisse in der Adamellogruppe, dass die Entstehung des Tonalitmassivs nicht auf diese Weise erfolgt sein kann. Die Deckschichten liegen nicht horizontal oder auch nur flach, sondern sie stehen steil und schneiden an der Tonalitoberfläche vielfach beinahe rechtwinklig ab. Die Unterfläche der Tonalitmasse ist nicht flach oder einseitig geneigt, sondern, obwohl der Primärcontact an den allermeisten Stellen für sie unzweifelhaft erwiesen ist, trichterförmig gestaltet. Eine stockförmige seitliche Begrenzung, wie sie bei der von LEPSIUS vorausgesetzten Entstehung vorhanden sein müsste, ist nirgends nachweisbar. Es ist aber zuzugeben, dass der Gebrauch des Namens »Lakkolith« für die Adamellotonalitmasse derartige, nicht mit den thatsächlichen Verhältnissen im Einklange stehende Vorstellungen hervorrufen muss. Das ist ja grade einer der Gründe, warum ich an dieser Stelle für so abweichend gestaltete Massen die Bezeichnung »Ethmolith« in Vorschlag gebracht habe.

Vergleicht man aber die klaren und in ihren allgemeinen Folgerungen entschieden zu berücksichtigenden Darstellungen der LEPSIUSschen Arbeit mit den in der vorliegenden Untersuchung gemachten Erwägungen, so drängt sich wohl unabweislich die Vermuthung auf, dass die Entstehung der ethmolithischen Lagerungsform geknüpft ist an die Vereinigung und den gleichzeitigen Eintritt von Faltung und Intrusion, wobei indessen selbst vorangehende frühere Faltungen, wie die krystallinen Schiefer der nördlichen Adamellogruppe zeigen, die Herausbildung der Trichtergestalt keineswegs zu verhindern brauchen.

Es ist mir leider nicht möglich, an dieser Stelle bereits auf eine Reihe von weiteren, zum Theil sehr interessanten und wichtigen Beob-

achtungen bez. Darlegungen einzugehen, die von BALTZER<sup>1</sup>, DE STEFANI, OGLVIE-GORDON, ROMBERG, TRENER und VON WOLFF veröffentlicht worden sind und für die Altersfrage der peradriatischen granitisch-körnigen Massen berücksichtigt werden müssen. Sie sollen bei der ersten Gelegenheit eine eingehende Besprechung erfahren.

---

<sup>1</sup> Soeben geht mir die neue Arbeit von BALTZER: »Die granitischen Intrusivmassen des Aarmassivs« (Neues Jahrb. f. Miner. Beilage, Bd. 16, 1903, S. 292—324), Dank der Freundlichkeit des Verfassers, zu. Ich konnte sie, da die vorliegende Arbeit bereits abgeschlossen war und zum Druck abgesendet werden musste, leider nicht mehr berücksichtigen.

---

Ausgegeben am 19. März.