

Segnesgebiet, wo nur die Masse der Bündnerschiefer an und über die autochthonen Falten und die Wurzelregionen der helvetischen Decken gedrängt worden sind. Eine Bearbeitung der südöstlich vom Klausenpass gelegenen Wurzelgebiete unserer parautochthonen Decken wird dartun, inwiefern die hier geäußerten Vermutungen zu Recht bestehen.

Zürich, Anfang Juni 1912.

Über Analogien zwischen der ersten Zone der Westalpen und benachbarten Massiven.

Von **Joh. Koenigsberger** (Freiburg i. B.).

Die äussere Umrandung der Alpen bietet für das analytische Studium des Gesteinsmetamorphismus eine besonders günstige Gelegenheit; denn wir können da sehen, wie die Gesteine in den Alpen gewesen sein müssen, bevor die tertiäre Umwandlung erfolgte. Schwarzwald und Vogesen sind im Norden wohl die nächsten Stellen, an denen der krystalline Kern auftaucht und an denen die mesozoischen Gesteine nahezu ungestört und nicht metamorph geblieben sind.

Die Analogien zwischen Montblanc-, Aare-, Pelvouxmassiv etc., also der ersten alpinen Zone einerseits, Vogesen und Schwarzwald andererseits sind etwa folgende: das Fehlen präkarbonischer Sedimente, die als solche erhalten wären, und statt dessen das Auftreten der Gneise und der zugehörigen krystallinen Schiefer mit älteren umgewandelten basischen Intrusiva; schwache Gebirgsbildung etwa im Anfang des Kulm und daher karbonische Konglomerate; das etwas spätere Alter der Granite und die zweite stärkere herzynische Faltung und in Zusammenhang damit die Diskordanz zwischen Perm-Mesozoicum und Paläozoicum.

Andererseits sind auch bedeutende Unterschiede vorhanden: Im Aarmassiv etc. fehlt meist das eigentliche Perm, die Trias ist schwach ausgebildet. Die Granitintrusion und die herzynische¹⁾ Faltung ist im Aarmassiv etc. zwischen Oberkarbon und unterer Trias erfolgt, und mit Rücksicht auf den Zusammenhang zwischen Porphyren und Aaergranit wohl als oberkarbonisch anzunehmen²⁾.

¹⁾ Die Bezeichnung „herzynisch“ scheint in der Literatur, z. B. auch bei R. LEPSIUS, eine doppelte Bedeutung zu haben. Einmal werden darunter tertiäre Bruchlinien von SO-NW-Richtung verstanden, andererseits, wie z. B. von M. LUGEON und hier, meist prämesozoische, etwa oberkarbonische Faltungen, in ähnlicher Richtung. Da auch der Ausdruck „variszisch“ einen ähnlichen Doppelsinn hat, ferner das „vindelizische Gebirge“ etwas ähnliches wie das herzynische ausdrückt, die vorhergehende kaledonische Faltung auch nicht scharf präzisiert ist, wäre eine Verständigung über diese Definitionen wohl wünschenswert.

²⁾ Vgl. J. KOENIGSBERGER, Erläuterungen z. geol. Karte des östl. Aarmassiv Freiburg i. B. 1910 und B. G. ESCHER, Über prätriasische Faltung etc. Dissert. Zürich 1911.

Im Schwarzwald sind die ersten Granite mittelkulkmisch, sie haben nach meinen Beobachtungen einerseits z. B. bei Badenweiler, Kulm¹⁾ metamorphosiert, andererseits lagert dort noch unveränderter Kulm auf ihnen. In den Vogesen ist, wie E. W. BENECKE angibt, der Granit später als Kulm und älter als die Konglomerate des Oberkarbons. Die stärkste Gebirgsbildung im Schwarzwald und die letzte Granitintrusion muss nach dem Karbon von Diersburg und vor dem Karbon von Varnhalt, also zu Beginn des Stephanien erfolgt sein. Die erste Gebirgsbildung erfolgte bei der Gneisintrusion und ist, wie die Kulm-Konglomerate zeigen, im Schwarzwald früh- oder präkulkmisch. Die Diskordanz zwischen nicht metamorphem Karbon und Gneissserie ist meist klein. Die sie bedingende Hebung bei der Gneisintrusion, die M. LUGEON²⁾ als phase ségalaunienne, von der Faltung bei der Granitintrusion, der phase allobrogienne unterscheidet, ist ebenso wie die letztere nicht an allen Orten Mitteleuropas synchron.

Längs des ganzen nordwestlichen Randes der Westalpen taucht erst in den Monts des Maures bei Toulon der kristalline Kern in Alpennähe mit fast ungestört auflagerndem Mesozoikum auf. Deshalb schien mir eine Vergleichung dort bei Le Plan de la Tour besonders interessant. Die Gegend ist sehr gut im Masstab 1:75000 von PH. ZÜRCHER kartiert unter Benutzung von unveröffentlichten Notizen von FOUQUÉ für die Gegend von Le Plan de la Tour. Mit den Monts des Maures und dem Esterel hat sich ferner eingehend F. WALLERANT³⁾ befasst. Hier sind nur hinsichtlich einiger Punkte wie Alter des Granit, Auffassung des Gneisgebirges andere Anschauungen geäußert.

Das Mesozoikum⁴⁾ und die Hauptmasse des Perm lagert fast horizontal und nicht metamorph auf den präpermisch gefalteten Gesteinen. Das Perm ist konkordant mit Trias, und dies Perm, das bei Antibes *Walchia pinniformis* führt, ist vollkommen von den kristallinen Schiefern verschieden, die in den Westalpen zum sogenannten Permokarbon, das schwach aber deutlich diskordant zur Trias ist, gestellt werden. Ebenso ist es durchaus von den von ZACCAGNA als Perm bezeichneten kristallinen Schiefern bei Carrara und von denen bei Massa maritima verschieden, die ebenfalls schwach diskordant zur Trias sind und die nebenbei bemerkt auch gar nicht dem Verrucano bei Pisa gleichen, wie bez. Carrara schon TORNQVIST⁵⁾

¹⁾ Bei Schönau sind die metamorphosierten Schichten z. T. vielleicht etwas jünger.

²⁾ M. LUGEON, C. R. **153**, p. 842 u. 948. 1911. Mir scheint eine schwache Diskordanz Karbon-Gneissserie überall vorhanden zu sein, wie auch die Konglomerate zeigen; sie wird aber nach dem Aussenrand der Alpen hin grösser.

³⁾ F. WALLERANT, Thèse faculté sciences Paris 1889. sér. A. No. 117.

⁴⁾ Man kann bei beschränkter Zeit die Exkursion von St. Maxime an der Bahnstrecke von Hyères bis Gonfaron an der Hauptlinie mit Post, Wagen und zu Fuss in einem Tag ausführen und alle Formationen bis zur oberen Trias durchqueren. Die Aufschlüsse sind häufig, das Gestein stellenweise allerdings sehr verwittert, doch sind zahlreiche kleine Steinbrüche mit frischem Gestein zu finden.

⁵⁾ A. TORNQVIST Bld. N. J. Min. **20**, p. 482. 1905.

bemerkt hat. Vielmehr scheinen diese Gesteine noch zur Gneissserie und Aufschmelzungszone zu gehören. — Das alpine sogenannte Perm, z. B. die besimauditischen Gesteine zwischen Altare und Finale Marina in den Seetalen scheint mir tektonisch und stratigraphisch zum Oberkarbon zu gehören. Vielleicht müsste man in diesen Gegenden Oberkarbon und die unterste Abteilung des Perm so zusammenfassen, wie es dem Stephanien nach de LAPPARENT entspricht. Das eigentliche Perm in den herzynischen Gebirgen der Westalpen (erste alpine Zone) ist wohl meist, weil auch die Versenkung in das Triasmeer spät einsetzt, von einer völligen Erosion in einer Anteperiode, wie sie CH. DARWIN nennt, entfernt worden. An den wenigen Stellen, wo es vorkommt, sind es m. E. rötlich-violette Schiefer konkordant mit Trias, an der Basis der Quarzite, so an der Dent de Morcles.

Das Oberkarbon bei Le Plan de la Tour durch die Funde von *Pecopteris Biotii*, *Calamites gigas* etc. nach den Beobachtungen von ZEILLER¹⁾ sichergestellt, schliesst sich aber andererseits wie *Walchia pinniformis* zeigt, eng an Perm an. Ähnliches gilt wohl für viele Oberkarbonvorkommen in den herzynischen Gebirgen. Oberhalb les Lions habe ich den Kontakt Granit-Oberkarbon verfolgen können; er ist ganz ähnlich wie der bei Badenweiler zwischen Kulm und Granit pneumatolytisch und mit Erzgängen verbunden. Geologisch ist das Alter des Granits zweifellos oberkarbonisch, weil derartige Erzgänge für die geologische Zeitrechnung gleichzeitig mit der Granitintrusion auftreten. Aber es ist nicht ausgeschlossen, dass erst der Granit empordrang und mit dünner Quarzporphyrschale erstarrte, dann durch Erosion die oberkarbonischen Konglomerate und Arkosen entstanden, und dann der noch heisse Granit oder seine Thermalquellen diese pneumatolytisch veränderte. Doch habe ich in den Konglomeraten nur Gneise, Gneisaplite, Glimmerschiefer, Quarzite, keine Granite und Quarzporphyre gesehen, und deshalb scheint mir der primäre Kontakt wahrscheinlicher. Mit dem Granitdurchbruch, der hier wie auch sonst²⁾ den Abschluss der Gneisintrusion bildet, erfolgte die herzynische Gebirgsbildung.

Ihr ging, wie die Konglomerate an der Basis des Karbon zeigen, die schwächere Gebirgsbildung bei der Gneisintrusion, also präoberkarbonisch, zuvor. Die Gneissserie ist vollständig wie im Fichtelgebirge. Sie fängt mit echten Orthogneisen (ganz analog den Schapbachgneisen) bei St. Maxime an. An diese grenzt bei Le plan de la tour Granit, dann Karbon, darauf bis zur Passhöhe an der Strasse nach La Garde Freinet Paragneise, die stellenweise auf Graphit³⁾ abgebaut wurden und dort noch gneismetamorphe kohlereiche Arkosen er-

¹⁾ Vgl. F. WALLERANT p. 76ff.

²⁾ Vgl. C. R. Congrès intern. geol. Stockholm. 1910. p. 401.

³⁾ Diesen hat schon E. DE BEAUMONT bemerkt und die hier geäußerte Auffassung bez. der Natur des Gneises als umgewandelte Schiefer und Grauwacken ausgesprochen.

kennen lassen. Man könnte vielleicht demgemäss für diesen Gneis kulmisches Alter annehmen.

An den Gneis schliessen sich die Glimmergneise, die allmählich bei La Garde Freinet in Glimmerschiefer, die mancherorts auch Andalusit, Staurolith etc. führen, übergehen. Die Hornblendegesteine scheinen mir etwas weniger ausgedehnt als auf der Karte angegeben.

Der Glimmerschiefer führt auch wieder stellenweise reichlich Graphit. Nach unten von La Garde Freinet abwärts nach Les Majons, folgt dann die Serie, wie mir scheint, in umgekehrter Richtung; der komplizierten herzynischen Tektonik entsprechend kehrt sich später die Schichtfolge abermals um, und man gelangt über Glimmerschiefer schliesslich bei Les Majons in den äusseren Kontakthof, in die Phyllite, die in meist flacher Lagerung bis Toulon reichen. Eine Linie von Toulon bis zum Gennargentu auf Sardinien gibt einen Teil der westlichen Begrenzung der kulmischen Aufschmelzungszone wie a. a. O. diskutiert. — Das Mesozoikum hat z. B. bei Gonfaron insofern noch Ähnlichkeit mit dem westalpinen, als der Buntsandstein wenig mächtig ist. Im übrigen ist die Analogie hinsichtlich der prämesozoischen Gesteine gross, obgleich Aare- und Montblancmassiv, weil mitten in der Aufschmelzungszone gelegen, in ihrer Gneisserie etwas mehr dem Schwarzwald gleichen. Was die Zeiten der Intrusionen und Faltungen anlangt, so dürfte gute Übereinstimmung zwischen den Monts des Maures und den betreffenden alpinen Massiven herrschen. Dieselben Analogien bestehen mit den Granitgneismassiven der Bretagne, die CH. BARROIS untersucht hat, und dem von MICHEL-LÉVY studierten Morvan. Man sieht also, dass die Entstehung der Gneisserie in den Alpen nichts mit den tektonischen Vorgängen im Tertiär zu tun hat. — In den Monts des Maures fehlt im Unterschied zu den Alpen die tertiäre Metamorphose, die Gesteine sind nicht zertrümmert; der Granit ist kein Protogin, die Aplite und die Pegmatite in den Gneisen zeigen keine Parallelstruktur und demgemäss fehlen auch alpine Kluftminerale vollständig.

Hier sei kurz die Frage diskutiert, warum in den Alpen z. B. im Gotthardmassiv, die Aplite, wie das W. SALOMON¹⁾ gefunden hat, eine Parallelstruktur erhalten haben, die mit der der umgebenden Gneise übereinstimmt. Man kann analoge Beobachtungen häufiger machen; am Wendenjoch bei Engelberg ruhen auf dem Erstfeldergneis, unter etwa 70° gegen ihn einfallend, die Quarzite und Dolomite der untern Trias. Beide zeigen, abgesehen von ihrer Schichtung, etwa 2m hoch eine Schieferung parallel der des Gneis, und dieser letztere eine ganz schwache Schieferung parallel der Schichtung des Mesozoikums. Die Trias am Piz Teggiolo zeigt eine schwache Parallelstruktur entsprechend der des umgebenden Antigoriogneis und doch hatte dieser, wie seine Gerölle gerade in der Basis der Trias zeigen,

¹⁾ W. SALOMON, Verh. Nathist. Med. Ver. Heidelberg 11. p. 225. 1912.

schon früher ein Paralleltexur. Die Erklärung in allen diesen Fällen gibt uns die Bewegung der Gesteine parallel den primären Schieferungsflächen unter der Einwirkung des Seitendruckes. Die primären Gneise, wie z. B. der Gamsboden- und Sellagneis am Gott-hard, werden bei der tertiären Faltung aufgerichtet, gepresst, und ihre Paralleltexur gab Veranlassung zu zahllosen kleinen Gleitbewegungen. Diese Verschiebungen haben wenig mächtige, ursprünglich massige Gänge geschiefert, wie ja überhaupt wohl die Bewegung im halbflüssigen oder festen Zustand, und nicht der Druck der massgebende Faktor für die Paralleltexur ist. Dagegen sind die grossen Massen des primären Gotthard-Granit wohl zertrümmert und chemisch dynamometamorph verändert, aber kaum geschiefert. Es ist nicht möglich an Handstücken von Granit des Pizzo Rotondo, des Lucendro, der Fibbia eine deutliche Paralleltexur zu erkennen.

Ich möchte anhangsweise noch eine merkwürdige Erscheinung im Perm bei Gonfaron erwähnen, die vielleicht ein Licht auf Klimaschwankungen werfen kann. Dass das Oberkarbon und unterste Perm, in Zusammenhang mit dem Durchbrechen der Erdkruste durch das Magma, eine heisse und feuchte Periode in diesen Gegenden war, ist kaum zu bezweifeln. Das obere Perm zeigt aber auf einer nach oben hin in Arkose übergehenden Konglomeratschicht einen Wechsel von roten, eisenoxydhaltigen Schiefeln oder tonigen Sanden und hellgrünen, gleichartigen, viel weniger mächtigen Schichten. Man kann da folgendes beobachten: Die grüne Schicht entsendet Apophysen in die roten Schichten. Wie tief diese reichen, habe ich nicht verfolgen können; sie sind aber, wie der Verlauf der Schichtfolge zeigt, keine weitklaffenden Risse gewesen, die von dem grünen Material erfüllt wurden; sondern es muss das Agens, welches die Rotfärbung oder Oxydation des Eisens an der Oberfläche in den grünen Schichten verhinderte, auf dieser Spalte zirkuliert haben. Wir sehen ferner, dass die letzten Tone an der Basis der wohl marinen triadischen Quarzite grün sind, und ebenso alle Schiefer der Trias. Dass die roten, lateritähnlichen Permschiefer in einem heissen trockenen Klima entstanden, ist wahrscheinlich, und demgemäss sind die grünen vermutlich durch feuchteres kühleres Klima bedingt.
