
Separat-Abdruck
aus dem Centralblatt f. Min. etc. Jahrg. 1924.
No. 12. S. 366—373.

Zur Geologie der Tuffbildungen im Marmolatagebiet (Südtirol).

Von **H. P. Cornelius** und **M. Furlani-Cornelius**.

Der eigentliche Marmolatastock wird im Westen, Norden und Osten umgeben von einem weiten Kranz niedrigerer Berge, die durch die düsteren Farben ihrer Felsen lebhaft abstechen von den hellen Kalk- und Dolomitmauern und -türmen ringsum. Es ist das Hauptverbreitungsgebiet der mitteltriadischen Eruptivgesteine der Südalpen; diese sind das wichtigste, das für den landschaftlichen Charakter bestimmende Bauelement dieser Berge.

Während man aber nach früheren Schilderungen (MOJSISOVICS, SALOMON)¹ den Eindruck haben konnte, daß es sich bei diesen Eruptivbildungen großenteils um Ergüsse von Melaphyrlaven handle, haben uns geologische Begehungen im Sommer 1922 gezeigt, daß wenigstens in den Bergen zu beiden Seiten des Buchensteins, sowie deren südöstlicher Fortsetzung zwischen Marmolata und Cordevole (das Bufaure-Gebirge, westlich des Marmolata, haben wir nicht besucht; dort herrschen, nach der Beschreibung von W. PENCK², andere Verhältnisse) echte Laven eine ganz untergeordnete Rolle spielen, daß vielmehr das genannte Gebiet fast ganz — nach unserer Schätzung wohl zu 99% — aus Tuffen besteht. Dies Ergebnis steht im Einklang damit, daß Graf KEYSERLING³ in der Gegend von Caprile gleichfalls ausschließlich Tuffe und keine anstehenden Laven fand. Uns sind solche nur am NW-Rand des Gebiets, im oberen Buchenstein und N Canazei im Fassatal bekannt geworden.

Schon RICHTHOFEN⁴ hat unter den Südtiroler Tuffen Eruptivtuffe und Sedimentärtuffe unterschieden, je nachdem das Eruptivgestein an der Eruptionsstelle selbst zu Tuff zerspratz, oder seine Trümmer mechanisch vom Wasser fortgeführt wurden. Die Unterscheidung ist sehr gut durchführbar, wenn wir auch die Grenzen z. T. etwas anders ziehen als dies RICHTHOFEN getan, wie sich aus dem Folgenden ergeben wird.

¹ E. v. MOJSISOVICS, Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien. Wien 1879. — W. SALOMON, Geologische und paläontologische Studien über die Marmolata. Palaeontographica. XLII. 1895.

² W. PENCK, Die Melaphyerausbrüche von Bufaure. Mitt. Geol. Ges. Wien. V. 1912. p. 20.

³ H. Graf KEYSERLING, Geologisch-petrographische Studien im Gebiete der Melaphyre und Augitporphyre Südtirols. Jahrb. Geol. Reichsanst. Wien. 1902. p. 311.

⁴ F. Freih. v. RICHTHOFEN, Geognostische Beschreibung der Umgegend von Predazzo, St. Cassian und der Seiser Alpe in Südtirol. Gotha 1860.

Die obengenannten, düsteren Berge bestehen nun größtenteils aus Sedimentärtuffen. Schon von weitem fällt vielfach die schöne Schichtung auf, die sie fast durchgehends beherrscht — in einer Regelmäßigkeit, die manchmal etwa an nordalpine Molassebildungen erinnert. Wie in diesen, so liegt auch hier ein fortwährender Wechsel von mehr und von weniger widerstandsfähigen Lagen vor, der ein treppenförmig gestuftes Relief bedingt: es sind einerseits Tuffsandsteine (in denen, wenn auch selten, marine Fossilien gefunden worden sind; vgl. SALOMON a. a. O.); andererseits — genau wie in der Molasse — Bänke von Konglomeraten, die an Mächtigkeit die ersteren meist um ein Mehrfaches übertreffen. Sie sind es, die von früheren Beobachtern zumeist für Lavaströme gehalten wurden. So schreibt SALOMON (a. a. O. p. 20) von „Laven“ des Bergzuges zwischen Buchenstein und dem Fedajapaß: „Nicht selten weisen sie eine eigentümliche Konglomeratstruktur auf, die oft von Absonderungsvorgängen herzurühren scheint.“ Allein nach unseren Beobachtungen handelt es sich dort stets um echte Konglomerate.

Sie bestehen nahezu ausschließlich aus Eruptivmaterial: aus schön gerundeten Blöcken verschiedener Varietäten von Melaphyr. Sie zeigen meist ellipsoidische Formen und öfters recht ansehnliche Dimensionen: Durchmesser von $\frac{1}{2}$ m sind keine Seltenheit. Äußerlich verwittert, sind sie im Innern oft bemerkenswert frisch. Neben ihnen spielen sedimentäre Gerölle eine ganz verschwindende Rolle — abgesehen von der Nachbarschaft der Faziesgrenze gegen den Marmolatakalk und dessen Ausläufer, die z. B. auf der Südseite des Monte Padon die Einstreuung großer Kalkblöcke mit sich bringt; aber abseits von solchen Grenzzonen fanden wir nur auf der Südseite unter dem Mesolagipfel ein paar Brocken von grauem (? Buchenstein) Kalk in dem Konglomerat. Die Gerölle liegen, meist mit den längsten Durchmessern parallel zur Schichtung, in großer Menge eingebacken in einem sandigen Bindemittel von dunkelgrauer Farbe, das jedenfalls auch aus feinererriebenem Melaphyrmaterial besteht.

Aus dem Gesagten dürfte wohl unzweideutig hervorgehen, daß es sich hier nur um vom Wasser umgelagerte Gebilde handeln kann — mögen sie nun von Bächen transportiert oder von der Brandung bearbeitet sein. In beiden Fällen müssen vulkanische Massen über den Meeresspiegel aufgeragt haben, welche das für die Bildung dieser Sedimentärtuffe nötige Material geliefert haben. Man ersieht daraus jedenfalls, daß die Eruptionen der südalpiner Melaphyre nicht rein submarin verlaufen sein können, wie seit RICHTHOFEN zumeist angenommen wird, sondern daß sie Vulkankegel bis über den Meeresspiegel hinaufgebaut haben müssen.

Eine geringere, aber noch immer gleichfalls sehr ansehnliche Verbreitung besitzt eine Tuffbildung von in jeder Hinsicht ganz abweichendem Charakter. Sie enthält als stets wichtige, manchmal

weit überwiegende Bestandteile Trümmer von Sedimentgesteinen. Alle tieferen Triassschichten sind darunter reichlich vertreten: Werfener Schichten, Unterer Muschelkalk, Mendeldolomit, Buchensteiner Schichten, unter Umständen auch Marmolatakalk; dagegen haben wir vergeblich nach Fragmenten vortriadischer Schichtglieder Umschau gehalten. WELLER¹ erwähnt aus einem wohl gleichfalls hierher zu zählenden Vorkommen aus der Gegend nordwestlich Canazei ein einziges Stück von permischem Quarzporphyr. Melaphyrmaterial ist daneben stets, jedoch in sehr wechselnder Menge beigemischt, teils in größeren und kleineren Brocken, teils als grünes, oft infolge starker Zersetzung schwer bestimmbares Füllmaterial zwischen den größeren Elementen. Die Gestalt dieser letzteren ist unregelmäßig, meist eckig, doch auch häufig mehr oder minder gerundet. Ihre Größe geht von Bruchteilen eines Kubikzentimeters hinauf bis zu riesigen, nach Tausenden von Kubikmetern zu schätzenden Schollen; von solchen soll noch weiter unten die Rede sein. Irgend eine gesetzmäßige Anordnung nach der Größe läßt sich nicht erkennen — regellos liegen große und kleine Brocken durcheinander. Ebenso fehlt überhaupt im allgemeinen jede Spur von Schichtung.

Sehen wir uns die erwähnten riesigen Schollen etwas näher an! Das vielleicht schönste und bestaufgeschlossene Vorkommen von solchen befindet sich am Südabhang des Monte Chertz, oberhalb von Varda im Buchensteiner Tal. Es sind Werfener Schichten, Muschelkalk, Mendeldolomit, in unregelmäßig gestalteten eckigen Klötzen von z. T. gewaltigen Dimensionen — die größte Werfener Scholle zeigt eine Oberfläche von mehr als 20×50 m! Sie liegen ganz bunt, z. T. auf einem großen Knäuel aufeinandergehäuft, z. T. schwimmen sie in einiger Entfernung davon isoliert im Tuff. Jede Ordnung, jede Gesetzmäßigkeit der Lagerung fehlt: die Schichtung der einen Scholle streicht N—S, der anderen O—W — einmal mit flachem, einmal mit steilem Fallen. Alles wird umhüllt vom Tuff, der selbst mehr oder minder reichlich Brocken der nämlichen Gesteine umschließt. Er schneidet die Schichtung der einzelnen Schollen vielfach mit scharfer Diskordanz ab. Das Ganze kann man als eine Riesenbreccie bezeichnen. Es fehlen aber alle Anzeichen, die auf eine tektonische Natur dieser Riesenbreccie hinweisen könnten, wie Rutschflächen, Schleppungserscheinungen an den Gesteinsgrenzen, Linsenform der Komponenten. Nur leichte Fältelung der Werfener Schichten ist manchmal zu bemerken.

Jeder Versuch, dieses Chaos auf tektonischem Wege entstanden zu deuten, erscheint hoffnungslos. Der komplizierteste Apparat von

¹ O. WELLER, Zur Geologie der Langkofelgruppe in Südtirol. Diss. Tübingen 1920.

Faltungen, Gleit- und Bruchflächen (OGILVIE¹) genügt nicht, um die Erscheinungen zu erklären. — Eher könnte man daran denken, es handle sich um die Überreste einer großen Schuttrutschung aus der Wengener Zeit. Allein wie sollte eine solche die Schollen tieferer Triasgesteine hinauf bis in das Niveau der Wengener Schichten schaffen? Es bleibt also die Frage unlösbar, woher diese Massen stammen — denn eine entsprechende Aufragung älterer Trias, von der sie abzuleiten wären, gibt es nicht in der Umgebung. Die regional weite Verbreitung ähnlicher Erscheinungen bleibt gleichfalls unerklärbar, und ebenso gewisse Lagerungsverhältnisse — beides Punkte, auf die wir weiterhin noch zu sprechen kommen. Es besteht somit wohl nur die eine Möglichkeit: die Schollen sind mitsamt dem umgebenden Tuff auf eruptivem Wege aus der Tiefe heraufgefördert worden. Ähnliche Auffassungen hat W. PENCK² für das Bufauregebiet, KOKEN³ und WELLER (a. a. O.) für Vorkommnisse der Seiser Alp, des Durontales und der Gegend von Canazei im Fassatal geäußert — nur reden sie nicht von Tuff, sondern von Melaphyr, in welchem Riesenschollen, wie die oben beschriebenen, schwimmen, und von dem sie z. T. randlich injiziert werden; auch OGILVIE hat die hier beschriebenen Tuffe z. T. als Kontaktbildung eines auf Bruch- und Schubflächen eingedrungenen Magmas aufgefaßt⁴. Davon ist in unserem Fall nun nicht die Rede, wie aus dem Gesagten hervorgehen dürfte. Wir können uns die Entstehung der Schollen und des umhüllenden Tuffes einzig vorstellen als Ergebnis eines Explosionsvorgangs gewaltigen Ausmaßes. Für diesen Tuff könnte man die RICHTHOFEN'sche Bezeichnung „Eruptivtuff“ anwenden (RICHTHOFEN selbst würde ihn bei seinen „Reibungskonglomeraten“ eingereiht haben); wir ziehen (da schließlich jeder Tuff ein „Eruptivtuff“ ist) die noch präzisere Benennung „Explosivtuff“ vor.

¹ M. OGILVIE-GORDON, The torsion structure of the Dolomites. Quart. Journ. Geol. Soc. 1899. — Diese Arbeit enthält eine wohl auf die in unserem Text beschriebene Stelle bezügliche Abbildung (a. a. O. p. 584); dieselbe ist jedoch reichlich schematisiert und gibt das tatsächlich herrschende wilde Durcheinander nicht richtig wieder. Noch weniger stimmen wir überein mit dem letzten Profil, das dieselbe Verfasserin durch den Chertz gezeichnet hat (The Thrust-masses in the western district of the Dolomites. Transact. Edinburgh Geol. Soc. IX. 1909/10. Pl. III): zusammenhängende Lagen von Werfener Schichten und Mendeldolomit zwischen den Tuffen konnten wir dort ebensowenig sehen wie große Schubflächen!

² W. PENCK, a. a. O. — Nach PENCK sind manche ähnliche Schollen (um den Sass de Saliceng u. a.) mit dem Melaphyr aus der Tiefe gefördert, hernach durch submarine Gleitung mitsamt den umhüllenden Breccien an ihren heutigen Fundort gelangt.

³ E. v. KOKEN, Geologische Beiträge aus Südtirol. N. Jahrb. f. Min. etc. 1906. II.

⁴ M. OGILVIE-GORDON, a. a. O. 1899.

Solche Explosivtuffe sind uns nun mit allen oben genannten Eigentümlichkeiten in großer Verbreitung aus dem Gebiet der Marmolata bekannt geworden. Sie begleiten in einer Reihe von Vorkommnissen das obere Buchenstein auf der Nordseite von Renaz bis Arabba, auf der Südseite noch weiter aufwärts; sie treten in großen Massen im Fassatal bei Canazei, von dort aufwärts gegen Penia und längs dem Gehänge auf der Nordseite des Fedajapasses auf. Endlich ist uns auch ein Vorkommen im eigentlichen Marmolatastock, auf der NO-Seite von Val di Contrin, bekannt geworden.

Einige dieser Vorkommen zeigen nun vorzüglich das, was uns an dem oben geschilderten vom Südabhang des Monte Chertz verborgen geblieben ist: die Lagerungsbeziehungen zu den umgebenden Sedimenten. Es sind da zwei Fälle vertreten: einmal konkordante Auflagerung des Explosivtuffes auf Buchensteiner Schichten (Nordgrat von Le Forfes, SW Arabba) oder Marmolatakalk (Fedajapaß Nordseite), während das Hangende ebenso konkordant von den oben beschriebenen Sedimentärtuffen gebildet wird. Der Explosivtuff bildet hier also, mitsamt gelegentlichen Riesenblöcken von vielen Kubikmetern Inhalt, im Maximum etwa 30—40 m mächtig, ein Glied einer konkordanten Schichtfolge.

Wohl häufiger jedoch ist der zweite Lagerungstypus vertreten: diskordantes Durchgreifen durch die Sedimente. So sieht man im Hintergrunde von Val Pestort (SO Arabba) eine ganz normale, leicht N-fallende Schichtfolge von Werfener bis Buchensteiner Schichten. Gegen NW aber wird sie plötzlich jäh abgeschnitten durch einen Tuff von dem oben geschilderten Charakter. Er baut die Pala Meriang auf; durch diesen ganzen Berg hindurch stecken darin riesige Schollen von Mendeldolomit und Buchensteiner Schichten. Die steile Grenzfläche gegen die zuvor genannte normale Schichtfolge ist zwar nicht so aufgeschlossen, daß man sähe, es handelt sich um keine Verwerfung; allein ein anderer Umstand schließt diese Möglichkeit aus: die aufgeschlossene Mächtigkeit des Explosivtuffes an der Pala Meriang ist mindestens 5mal so groß als die größte der gleichartigen, konkordant den Sedimenten aufgelagerten Bildungen; an einer Verwerfung abgesunken sein kann er demnach nicht. Es muß also jene steile Grenze gedeutet werden als der Rand eines gewaltigen, mit Tuff erfüllten Schotes.

Ähnliche Erscheinungen wiederholen sich im Gebiet nördlich der Marmolata noch vielfach: fast überall dort, wo die Karte von Mojsisovics sedimentäre Schichtfolgen in unerklärlicher Weise an Wengener Eruptivbildungen abschneiden läßt. Es würde zu weit führen, hier alle Vorkommen zu besprechen; nur auf zwei von ihnen sei noch hingewiesen. Das eine befindet sich an dem bereits erwähnten Forfes-Nordgrat, bei etwa 2200 m Höhe (er wird dort von einem aus dem Krieg stammenden Weg gequert). Man sieht dort flach S-fallende Buchensteiner Schichten, durchbrochen

von einem regelrechten, steilen Gang eines größtenteils aus Kalkbrocken bestehenden Tuffes; gerade an dem erwähnten Sattel steckt darin auch eine mehrere Meter lange, aus der Tiefe heraufgeführte Scholle von roten Werfener Schichten.

Das andere Vorkommen, auf das noch hinzuweisen ist, ist jenes von Val di Contrin. Bevor der Weg zum einstigen Contrinhaus des D. und Ö. Alpenvereins die Westseite des Baches verläßt, sieht man gegenüber, in der von der Marmolata-Überschiebung überfahrenen Schichtreihe auf dem Gehänge unter der Punta di Cornate, in großer Ausdehnung die grünlichen Explosivtuffe anstehen, in komplizierter Weise verzahnt mit den Sedimenten, von denen auch hier riesige Schollen (besonders Mendeldolomit) im Tuff schwimmen. Steigt man längs dem wilden Graben empor, der gerade oberhalb der Brücke über den Contrinbach herabzieht, so sieht man unter der nordwärts am Gehänge entlangziehenden Mauer von Mendeldolomit bei ca. 2300 m den Tuff mit den Werfener Schichten in ihrem Liegenden verzahnt — insbesondere setzt ein langer Gang von Tuff in die Werfener Schichten hinein, und kleine Apophysen beobachtet man auch in dem Mendeldolomit. Es soll nicht bestritten werden, daß an den sehr großen Komplikationen dieses Abhangs auch tektonische Verschiebungen beteiligt sein mögen; allein SALOMON'S (a. a. O. p. 72) Auffassung, wonach es sich um ein äußerst zersplittertes Bruchfeld handelte, mit zahllosen, von Melaphyr injizierten Spalten — sie stößt auf dieselben Schwierigkeiten, die einer tektonischen Deutung der Vorkommen am Monte Chertz (und anderer) im Wege stehen. Nach unseren Aufnahmen handelt es sich auch hier um einen von Explosivtuff erfüllten Schlot, von ungefähr $\frac{1}{2}$ km Durchmesser. Seine Fortsetzung auf der anderen Seite von Val di Contrin wird auch von W. PENCK als „eine Art mißglückten Eruptionsversuchs“ bezeichnet.

Daß ähnliche Erscheinungen auch anderwärts im Dolomitengebiet vorkommen, aber in anderer Weise gedeutet worden sind, ergibt sich aus einer Bemerkung von M. OGILVIE¹ über das Fassaner Gehänge zwischen Campestrin und Mazzin. Sie schreibt: „... Porphyritgänge, welche mitten in den kalkigen Schichten stecken, haben oft das Ansehen von eingelagerten Tuffen, Tuffbreccien oder Tuffkonglomeraten, aber sie verlaufen quer durch die Schichtbänke.“ Solange es sich nur um lokale Aufschlüsse an schmalen Gängen handelt, mag tatsächlich die Deutung als normales, mit Nebengesteinstrümmern beladenes Eruptivgestein möglich sein. Bei den großen Dimensionen aber, welche die Erscheinungen in Val Contrin annehmen (in Buchenstein sind sie noch größer, aber in ihren Ausmaßen nicht genau feststellbar, da die

¹ M. OGILVIE-GORDON, Über Lavadiskordanzen und Konglomeratbildungen in den Dolomiten Südtirols. Verh. Geol. Reichsanst. Wien. 1911. p. 214.

zusammengehörigen Ränder nirgends so gut aufgeschlossen sind), ist eine derartige Durchsetzung eines Eruptivgesteins mit fremden Trümmern durch seine ganze Masse hindurch kaum annehmbar: Die enorme, jene des Eruptivmaterials vielfach weit übertreffende Masse von kaltem fremdem Material hätte bei so inniger Durchmischung zu einer sehr raschen Abkühlung und Erstarrung des ersteren führen müssen — oder, wenn dieses noch wesentlich über den Schmelzpunkt erhitzt war, wären Umwandlungs- und Einschmelzerscheinungen an den fremden Trümmern keinesfalls ausgeblieben. Allein dergleichen haben wir nie gesehen. Und der Melaphyr steckt ja auch selbst teilweise in Form von Blöcken in diesen Tuffen!

Wir müssen also bei der bereits ausgesprochenen Auffassung bleiben: es waren explosive Vorgänge größten Stils; welchen die geschilderten Durchbrüche und Tuffe ihre Entstehung verdanken. Die Tiefe, in der die Explosionen erfolgten, läßt sich aus der Art der mitgerissenen Gesteine schätzen zu etwa 250—500 m (= Mächtigkeit von Werfener Schichten z. T. + Unterer Muschelkalk + Mendeldolomit + Buchensteiner Schichten + Marmolatakalk z. T.). Die korkordant den Sedimenten eingelagerten Tuffe von gleicher Zusammensetzung und Beschaffenheit lassen sich ungezwungen erklären als aus den Schloten herausgesprengtes Material; an ihre nähere Umgebung sind sie, soweit unsere Untersuchungen reichen, im wesentlichen gebunden; mit stark verringerter Mächtigkeit (und Trümmergröße) aber verbreiten sie sich über größere Gebiete („Buchensteiner Agglomerate“ in Gröden, Enneberg etc.).

Noch ein Wort über die Beziehungen der Explosivtuffe zu den zuvor beschriebenen Sedimentärtuffen. Diese bilden stets das Hangende der ersteren, soweit es erhalten ist. Man könnte daher auf den Gedanken kommen, die gleichen Eruptionspunkte hätten das Material von beiden geliefert; zuerst in einer explosiven Phase, der die Sprengung der Austrittsstellen durch die starre Erdrinde zufiel, die Explosivtuffe — sodann in ruhigerer Tätigkeit mächtige Lavamassen, aus deren Zerstörung die Sedimentärtuffe hervorgegangen seien. Allein nicht nur ist die räumliche Verbreitung der letzteren sehr viel größer — in dem ganzen weiten Tuffgebiet östlich und südöstlich der Marmolata haben wir keine Explosivtuffe mehr gesehen; sondern es wäre in diesem Fall auch zu erwarten, daß über einem oder dem anderen Tuffschlote noch autochthone Laven und Tuffe, als Reste der Eruptionskegel, anzutreffen — daß diese nicht bis zum letzten Rest der Abtragung und Umlagerung zum Opfer gefallen wären. Wir haben jedoch nichts derartiges gesehen; und es ist uns folglich vorläufig wahrscheinlicher, daß das Material der Sedimentärtuffe von anderswoher stammt. In erster Linie möchte man eine Herkunft von den Eruptionsstellen im Gebiete des Fassatals vermuten. Jedenfalls

dürfte weder die Mächtigkeit noch die weite räumliche Verbreitung der Sedimentärtuffe ein Hindernis bilden für ihre Ableitung von einem oder einigen wenigen ganz großen Vulkanen. Zum Vergleich sei nur an die Dimensionen des Ätna erinnert: seine Basis würde ungefähr das ganze Land zwischen dem Eisack und dem Ampezzaner Tal bedecken! — Noch weiter verschwemmtes Eruptivmaterial liegt in den (z. T. pflanzenführenden) Wengener Tuffsandsteinen vor (Buchenstein, Enneberg etc.).

Es hat demnach den Anschein, als ob die vulkanische Tätigkeit an einer großen Anzahl von Punkten auf mächtige Explosionen beschränkt geblieben sei, denen keine Lavaergüsse folgten; nur in einzelnen, verhältnismäßig wenig zahlreichen Fällen kam es zu solchen.

Nur flüchtig erwähnt sei hier, daß es in dem Marmolatagebiet außer den im Vorhergehenden beschriebenen auch noch andere Varietäten von Tuffen gibt. Die konglomeratischen Sedimentärtuffe gehen unter Abnahme der Korngröße und vielfacher Wechsellagerung über in Tuffsandsteine und Wengener Mergel; grobe und feine Mischungen von (sedimentiertem) Tuff- und Kalkmaterial kommen vor; und auch rein aus eckigen Fragmenten von Melaphyr bestehende Tuffbreccien existieren.

So viel auch schon über die Geologie des Dolomitengebietes geschrieben worden ist, so viele Probleme harren dort noch der Lösung. Möchten die vorstehenden Zeilen eine solche für einige von ihnen anbahnen! Volle Klarheit wird jedoch auch hier erst geschaffen werden durch eine genaue Detailaufnahme, für die uns die Zeit fehlte.

Wien, Dezember 1922.

Eingegangen 2. I. 1924.