

Die vulkanischen und tektonischen Erscheinungen der Insel Mull.

Von **K. Hummel** (Gießen).

Vor einiger Zeit wurde in dieser Zeitschrift (Bd. XVI, 1925, S. 254) auf die neuen Veröffentlichungen der Schottischen Geologischen Landesanstalt über die Geologie der Insel Mull ¹⁾ kurz hingewiesen. Inzwischen ist in der Zeitschrift für Vulkanologie (Bd. IX, S. 127—141) ein ausführlicher Bericht von HAWKES über den Inhalt dieses Werkes erschienen. In diesem Bericht treten jedoch einige Tatsachen nur sehr wenig hervor, welche von großer allgemein-geologischer Bedeutung sind; sie betreffen sowohl den Aufbau des Vulkans von Mull als auch besonders die Beziehungen zwischen Vulkanismus und Tektonik. Auch im Hauptwerk ist ein großer Teil dieser wichtigen Tatsachen unter einer Fülle von Einzelangaben versteckt; da eine klare, ohne Kenntnis des ganzen Werkes verständliche Zusammenfassung fehlt, so ist man genötigt, das ganze über 400 Seiten starke Werk und das zugehörige Kartenblatt durchzuarbeiten, wenn man sich über die Grundzüge des geologischen Baus und über den Ablauf der vulkanischen Ereignisse unterrichten will. Die folgenden Zeilen sollen auch demjenigen, der nicht in der Lage ist, sich so eingehend mit dem Originalwerk zu beschäftigen, mit dem wichtigsten Inhalt dieser allgemeingeologisch sehr wertvollen Arbeit bekannt machen ²⁾; selbstverständlich muß bei der folgenden Darstellung in vieler Hinsicht etwas schematisiert werden, für alle Einzelheiten muß auf das Originalwerk verwiesen werden.

Die Insel Mull ist schon lange bekannt als Beispiel für eine Vulkan-Ruine, in welcher die Beziehungen zwischen Oberflächenvulkanismus und Tiefengesteinsintrusionen besonders deutlich erkennbar sind; sie bietet für die Erkennung dieser Beziehungen besonders günstige Bedingungen dar, weil sie trotz starker Abtragung noch sehr bedeutende Höhen aufweist — in dem rings vom Meer umschlossenen, etwa kreisförmigen Vulkangebiet von kaum 25 km Durchmesser sind eine ganze Anzahl von Bergen mit 700—1000 m Höhe vorhanden —

¹⁾ Tertiary and posttertiary Geology of Mull, Loch Aline and Oban. Edinburgh 1924.

²⁾ Die folgenden Ausführungen beruhen auf einem Vortrag, welchen der Verfasser am 25. 1. 1926 im Geologischen Kolloquium in Gießen gehalten hat.

und weil auf einem großen Teil des Umkreises der Vulkan-Ruine die Sediment-Unterlage der vulkanischen Gesteine gerade noch über den Meeresspiegel herausragt, so daß man die vulkanischen Ereignisse vom Beginn bis zum Ausklang verfolgen kann. Die älteren Anschauungen über den Bau dieses Vulkangebietes beruhen hauptsächlich auf den Forschungen von JUDD; sie sind kurz zusammengefaßt in einer Skizze, welche V. WOLFF (Der Vulkanismus, 1914, Bd. I, S. 335) wiedergibt. Die neuen Untersuchungen der Schottischen Landesanstalt haben zwar die Grundtatsache bestätigt, daß auf der Insel Mull gewisse Beziehungen zwischen Tiefenvulkanismus und Oberflächenvulkanismus erkennbar sind, das Gesamtbild des Vulkans gestaltet sich jedoch wesentlich verwickelter als JUDD dies angenommen hat.

Die Unterlage des Vulkanbaues wird von Gneisen sowie paläozoischen und mesozoischen Gesteinen mit anscheinend ursprünglich ziemlich ebener Oberfläche gebildet. Tertiäre Sedimente spielen keine große Rolle; die zeitliche Festlegung des Beginns der vulkanischen Tätigkeit beruht auf den pflanzenführenden Schichten von Ardtun, welche nahe der Basis der vulkanischen Gesteine auftreten; sie machen es wahrscheinlich, daß der Beginn der Eruptionen in die Eozänzeit zu verlegen ist. Innerhalb der vulkanischen Serie fehlen Sedimente fast vollkommen.

Die vulkanischen Erscheinungen beginnen mit der Bildung einer ausgedehnten, lateritisch verwitterten Tuffdecke (Mudstone) von geringer, nur selten 3 m erreichender Mächtigkeit. Nach dieser Anfangs-Explosion folgt der fast explosivfreie Erguß einer großen Serie von Basalt-Decken, welche Plateau-Basalte genannt werden. Es sind überwiegend basische, olivinreiche Basalte. Die einzelnen Ströme sind 15—60 m mächtig; sie sind oberflächlich rot verwittert und zeigen eine nach der Tiefe hin an Regelmäßigkeit zunehmende säulige Absonderung. Diese Plateau-Basalte erreichen eine Gesamtmächtigkeit von 500—1000 m; mit der Entfernung vom Eruptionszentrum vermindert sich die Gesamtmächtigkeit; sie erstrecken sich weit über das Gebiet des nachher zu schildernden Zentral-Vulkans hinaus und bedecken die ganze Insel Mull, sowie einige kleinere Inseln und benachbarte Teile des Hauptlandes; zu ihnen gehören auch die bekannten Säulen-Basalte der Insel Staffa, die allerdings in der Gesteinsbeschaffenheit zu den etwas kieselsäurereichen Basalten der nächsten Phase gehören.

Die Produkte der nächsten Phase der vulkanischen Tätigkeit sind nur noch in der Nähe des Zentral-Vulkans, in einem Umkreis von etwa 15—17 km Durchmesser vorhanden, und zwar gruppieren sie sich um das südöstliche der beiden Ausbruchs-Zentren, um die Südost-Caldera. Sie werden Zentral-Basalte genannt und unterscheiden sich von den Plateau-Basalten durch etwas höheren Kieselsäuregehalt

und Zurücktreten oder Fehlen des Olivins; sie haben also einige Ähnlichkeit mit den Trappgesteinen des Vogelsberges.

Bis hierher haben wir es mit einem Vulkan von Kilauea-Typus zu tun, der ohne Explosionen gewaltige Lavamassen förderte. Nun tritt aber eine gründliche Änderung der vulkanischen Tätigkeit ein, die bedingt ist durch den Wechsel der Gesteinsbeschaffenheit. Es werden saure Magmen gefördert. Die basischen Magmen der vorhergehenden Phase bildeten überwiegend Oberflächenergüsse; Intrusionen (Gabbros und Dolerite) sind zwar bekannt, spielen aber keine große Rolle. Die sauren Magmen der dritten Phase treten jedoch entsprechend ihrer größeren Dickflüssigkeit hauptsächlich als Granophyr-Intrusionen auf; wo das saure Magma der Oberfläche genügend nahe kam, erfolgten Explosionen, deren Zeugen in Gestalt mächtiger Agglomerat-Massen vorhanden sind; die Agglomerate sind teils Oberflächenbildungen, teils Spaltenausfüllungen.

In dieser Granophyr-Phase tritt ein Ereignis ein, welches sonst im Zusammenhang mit Vulkan-Eruptionen nur selten beobachtet wurde, nämlich eine regelrechte Faltung. Die älteren vulkanischen Gesteine und ihre Sedimentunterlage wurden in Falten gelegt, welche sich in fast geschlossenem, nur durch die jüngere NW-Caldera unterbrochenem Kranze um das Eruptionszentrum der Granophyre, die Südost-Caldera, herumlegen. Der Durchmesser dieses Faltenkranzes beträgt etwa 20 km, die Breite des gefalteten Gürtels etwa 2—5 km. Eine Haupt-Sattel- und Muldenzone kann über die ganze Länge des Faltenkranzes verfolgt werden; sie wird an mehreren Stellen, namentlich dort, wo der Granophyr besonders nahe an den Faltenkranz herantritt, auf größere Strecken von anderen Sätteln und Mulden begleitet. Durch die Faltung sind die Sedimente z. T. nahezu senkrecht (75—80°) aufgerichtet. Der Betrag der senkrechten Aufsattelung muß stellenweise mehrere hundert Meter erreicht haben.

Das Alter dieser Faltungen ist ziemlich einwandfrei festgestellt dadurch, daß einerseits die Basaltdecken der vorhergehenden vulkanischen Phase mitgefaltet sind, andererseits Gänge, welche der nächst jüngeren vulkanischen Phase angehören, die Falten ungestört durchsetzen. Nur die Altersbeziehung zu den oben erwähnten Agglomeraten ist etwas zweifelhaft; da diese jedoch ungefähr gleichaltrig sind mit den Granophyr-Intrusionen, so wird dadurch die Gleichaltrigkeit der Faltungen mit diesen Intrusionen bestätigt. Der konzentrische Verlauf der Falten und die Gleichzeitigkeit von Faltenbildung und Intrusion ist kaum anders zu deuten als durch die Annahme, daß die Faltung durch das Aufdringen der magmatischen Massen bedingt wurde.

Während sich die dünnflüssigen basischen Magmen der früheren Phasen mehr oder weniger weit in der Umgebung verbreiteten, haben die zähflüssigeren sauren Schmelzflüsse der zuletzt besprochenen Phase

einen Zentralvulkan aufgebaut, der sich vermutlich hoch über das jetzige Erosions-Niveau erhob. An die Granophyr-Intrusion und die begleitenden Agglomerate, die teilweise noch Oberflächenbildungen sind, schließen sich daher in der nächsten Phase erstmalig Bildungen an, welche offenbar dem Unterbau eines Stratovulkans angehören. Es sind die sogenannten „Cone-sheets“; STEINMANN übersetzt diesen Ausdruck in seinem oben erwähnten Referat mit „kegelförmige Gangplatten“. Es sind Gänge, deren Streichrichtungen konzentrisch zum Mittelpunkt des Vulkans angeordnet sind und die im allgemeinen mit etwa 30—40° nach diesem Mittelpunkt hin geneigt sind. Die einzelnen Gangplatten haben meist nur wenige Meter Mächtigkeit; die nachher zu erwähnenden basischen Gangplatten können jedoch eine Gesamtmächtigkeit von mindestens 1500 m erreichen. Die Entstehung dieser kegelförmig angeordneten Gangplatten wird von den Verfassern des Originalwerkes auf die Einwirkung eines von unten kraftvoll aufsteigenden Magma-Pfropfes zurückgeführt. Welche Gebilde sich oberflächlich an die Gangplatten anschlossen, wird nicht erörtert; es ist jedoch anzunehmen, daß wir es hier mit den Zufuhrkanälen von parasitären Seitenkratern zu tun haben, wie sie ja vom Aetna in großer Zahl bekannt sind. Mit dieser Annahme stimmt die Tatsache überein, daß die kegelförmigen Gangplatten erstmalig auftreten, nachdem durch die oben erwähnten Granophyr-Intrusionen und die Agglomerat-Anhäufungen ein mächtiger, jetzt größtenteils wieder abgetragener Zentral-Vulkan entstanden war.

Die frühesten Cone-sheets bestehen, ebenso wie die ihnen unmittelbar vorhergehenden Intrusionen und Agglomeratbildungen, aus sauren und intermediären Magmen; sie sind ebenso wie alle früheren Eruptionsprodukte konzentrisch zur Südost-Caldera angeordnet. Sie bilden um diese Caldera einen ziemlich weit nach außen verschobenen Kranz von 15—17 km Durchmesser, so daß anzunehmen ist, daß der zugehörige Zentral-Vulkan eine noch größere Basisfläche und entsprechende Höhe besaß.

Die Förderung kieselsäurereicher Magmen hält jedoch nun nicht mehr lange an; es erfolgt ohne erkennbare Ursache ein schroffer Wechsel in der Magmaförderung, die olivinreichen, basischen Basalt-Magmen der Anfangsphase kehren wieder. Der Vulkanbau jedoch behält den aus der vorhergehenden Phase übernommenen Charakter bei, wir finden daher das basische Magma in dieser Phase nicht in Gestalt von Decken, wie zur Zeit der Plateau-Basalte, sondern in Gestalt von größeren Intrusivkörpern (Gabbro) und Cone-sheets, die in der Gesteinsstruktur ebenfalls die Erstarrung in der Tiefe erkennen lassen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß sich an diese Zufuhrkanäle in einem höheren, jetzt abgetragenen Niveau weit ausgedehnte Basalt-Decken anschlossen; sie sind jetzt nicht mehr zu sehen und nur selten haben die durch vulkanische Explosionen in

dieser Phase erzeugten Schlotbreccien usw. bis in das jetzige Erosions-Niveau hinab gereicht.

Die frühen basischen Cone-sheets wurden offenbar während eines verhältnismäßig langen Zeitraumes gefördert, denn sie erreichen eine bedeutende Gesamtmächtigkeit. Sie sind konzentrisch zur Südost-Caldera angeordnet, die bis gegen Ende dieses Abschnittes der vulkanischen Tätigkeit das herrschende Eruptionszentrum blieb.

Das geförderte Magma verändert sich dann allmählich in derselben Weise wie in den Anfangsphasen, der Kieselsäuregehalt nimmt zu, und in der nächsten Phase wird ein Magma gefördert, welches in der Zusammensetzung den oben erwähnten, trappartigen Zentral-Basalten der zweiten Phase entspricht. Zugleich verschiebt sich das Eruptionszentrum allmählich etwa um 6 km nach Nordwesten. Die Ursache dieser Verschiebung ist ebenso unerfindlich wie die Ursache des oben erwähnten plötzlichen Wechsels in der Beschaffenheit des Magmas; man könnte an Verstopfung des alten Eruptionskanals denken, dann müßte aber der neue Eruptionspunkt plötzlich und durch eine gewaltsame Explosion entstehen; die Verschiebung erfolgt aber allmählich und ohne daß der Eruptionscharakter sich merklich ändert.

In dem auf diese Weise außer Funktion gesetzten südöstlichen Eruptionszentrum treten nun erstmalig anders gestaltete Intrusiv-Körper auf, deren Entstehung offenbar damit zusammenhängt, daß an dieser Stelle die aufwärtsdrängenden Kräfte des Magmas nachlassen.

Es sind die sogenannten Ring-dykes, Ring-Gänge, die sich in mehr oder weniger geschlossenem, unregelmäßigem Kranze um das alte Eruptionszentrum herumziehen¹⁾. Abgesehen von besonderen Differentiationserscheinungen innerhalb dieser Ringgänge entsprechen sie in ihrem Material den gleichzeitig geförderten Cone-sheets; infolge langsamer Erstarrung zeigen sie mehr oder weniger vollständigen Tiefengesteinshabitus; in ihrer Gestalt unterscheiden sie sich wesentlich von den Cone-sheets, sie besitzen größere Mächtigkeit und größere streichende Erstreckung als der einzelne Cone-sheet, außerdem sind sie nicht nach dem Eruptionszentrum hingeneigt, sondern die Gangwände stehen senkrecht oder sind sogar steil nach außen geneigt. Ihre Entstehung wird mechanisch erklärt durch das Nachlassen des von unten wirkenden Magmadruckes; dies führt zur Bildung offener Spalten von der Gestalt der Ring-dykes; das Magma drang von unten her passiv in diese ringförmigen Spalten ein.

Die Bildung der Ring-dykes war verbunden mit einer Einsenkung der Oberfläche; das verlassene südöstliche Eruptions-

¹⁾ Aus der Schilderung von W. PENCK (N. Jahrb. f. Min. usw., Beil.-Bd. 32, 1911, S. 239 ff.) ist zu entnehmen, daß auch die Tiefengesteine des Vulkans von Predazzo in Süd-Tirol Ring-dyke-artige Gebilde sind.

zentrum wandelt sich zur Einbruchs-Caldera von 8—9 km Durchmesser; der Ausdruck Caldera wurde zwar oben schon mehrfach angewandt, sollte aber dort nur den Ort des alten Eruptionszentrums bezeichnen, die Caldera war in früheren Phasen offenbar noch nicht vorhanden. Es ist begreiflich, daß wir in diesem abgesenkten Gebiet wieder Oberflächenlaven finden, und zwar sind sie großenteils als Kissen-Laven (Pillow-Lava) entwickelt, was darauf hinweist, daß in der Caldera längere Zeit ein See vorhanden war, in welchen sich die Lavaströme ergossen; denn die Kissen-Laven, die wir auch von den mitteleuropäischen Diabasen kennen, werden meist als Anzeichen der Erstarrung unter Wasser betrachtet. Die Altersstellung dieser Kissen-Laven ist freilich nicht ganz einwandfrei ermittelt; nach ihrer petrographischen Beschaffenheit gehören sie zum Typus der Zentral-Basalte, die Verfasser des Originalwerkes scheinen daher zu vermuten, daß es sich um Ergüsse der oben erwähnten 2. Phase handelt. Der Referent hält es jedoch (soweit aus der Ferne ein Urteil möglich ist) für wahrscheinlicher, daß diese Kissen-Laven gleichaltrig sind mit den jüngeren basischen Cone-sheets, die ja den gleichen Magmen-Typ besitzen und die konzentrisch zum neuen Eruptionszentrum zum Durchbruch kamen, als die Südost-Caldera sich gerade gebildet hatte.

Nachdem die vulkanische Tätigkeit der jüngeren basischen Cone-sheets und der mit diesen gleichaltrigen größeren Intrusivkörper längere Zeit angedauert hatte, beginnt auch bei dem neuen, nordwestlichen Eruptionszentrum die vulkanische Kraft zu erlahmen und schließlich bildet sich auch um diesen Mittelpunkt eine Einbruchs-Caldera, deren Entstehung mit Ring-dyke-Bildung verbunden ist. Die Veränderung des Magmamaterials ist inzwischen weitergegangen, deshalb bestehen diese jüngsten Ring-dykes wieder aus sauren Gesteinen (Felsite und Granophyre); einer dieser Ring-Gänge, der Lochba-Felsit, ist als fast vollkommen geschlossener Ring erhalten geblieben. In seinen höheren Teilen steht dieser ringförmige Gang in Verbindung mit Tuffschloten; das Magma ist also hier passiv in eine durch Einsenkung entstandene ringförmige Gangspalte eingedrungen, es konnte aber trotzdem in seinen oberflächennahen Teilen explosive Durchbrüche herbeiführen.

Mit dem Aufdringen dieser sauren Magmen endet die Tätigkeit des großen Zentral-Vulkans der Insel Mull, der Zyklus von basischem zu saurem Magma wird also gerade zweimal durchlaufen. Die vulkanische Tätigkeit des Gesamtgebietes ist jedoch damit noch nicht beendet, es kommt vielmehr zu einer neuen Rückkehr basischer Magmen; diese bauen aber nun nicht mehr einen Zentral-Vulkan auf, sondern erfüllen die zahllosen nordweststreichenden Gänge, welche in einem 10—15 km breiten Schwarm von der Insel Mull auf mehr als 100 km Entfernung nach Südosten hin bis über den Firth of Clyde hinausziehen. Diese Gänge sind nicht alle gleich-

aldrig; ein Teil gehört schon früheren vulkanischen Phasen an; ein großer Teil jedoch gehört zur letzten Phase vulkanischer Tätigkeit in unserem Gebiet. Die alten Eruptionspunkte von Mull haben den Verlauf dieses Gangschwarms deutlich beeinflußt, man kann eine Scharung der Gänge nach dem Ausbruchspunkt hin erkennen. Außer dem Hauptschwarm in NW-SO-Richtung strahlen von dem Ausbruchszentrum von Mull noch anders streichende Gänge in geringerer Zahl aus. Die jungen Gänge sind also nicht ganz unabhängig von den früheren vulkanischen Vorgängen, sie gehören aber zu einem ganz anderen Typus vulkanischer Tätigkeit. Die Gänge stehen stellenweise in Zusammenhang mit gleichaltrigen Tuffschloten, es ist also zu vermuten, daß sie Zufuhrwege für eine große Zahl kleiner Reihen-Vulkane gewesen sind. Vermutlich ist dieser Gangschwarm das Produkt einer Zerrung, das Magma dürfte passiv in die Zerrspalten eingedrungen sein und ist nur (ähnlich wie in den Ring-dykes) nahe der Oberfläche stellenweise explosiv durchgebrochen.

Auf die Einzelheiten der petrographischen Verhältnisse soll hier nicht eingegangen werden; auf die zweimal wiederholte gesetzmäßige Magmenfolge wurde schon oben hingewiesen; nähere Angaben finden sich außer im Originalwerk auch in dem Referat von HAWKES in der Zeitschrift für Vulkanologie. Außer der allgemeinen zeitlichen Aufeinanderfolge verschiedener Magmen, die wahrscheinlich mit Differentiationsvorgängen in der Tiefe zusammenhängt, sind von großem Interesse die örtlichen Differentiationserscheinungen, die in verschiedenen Intrusiv-Körpern, namentlich in den Ring-dykes, in geringerem Maße auch in anderen Gängen auftreten. An einem daraufhin näher untersuchten Ring-dyke konnte festgestellt werden, daß in einem vertikalen Abstand von 3—400 m ein allmählicher Übergang von olivinführenden Quarz-Gabbro (spez. Gew. 3,1) zu Granophyr (spez. Gew. 2,5) vorliegt; die verschieden schweren Differentiationsprodukte sind der Schwere nach übereinander angeordnet; es handelt sich jedoch nach Ansicht der Verfasser nicht um eine einfache Gravitations-Differentiation, sondern um Absinken schwerer Bestandteile, verbunden mit Auspressen leichter, saurer Bestandteile (Filtrations-Differentiation nach HARKER). In den Cone-sheets und den NW-Gängen sind verschiedene Differentiationsprodukte in der Regel in der Weise vereinigt, daß der Rand des Ganges aus basischerem Gestein besteht, während die Gangmitte von saureren Nachschüben erfüllt ist.

Von Interesse sind auch die Zersetzungs-Erscheinungen durch postvulkanische Prozesse; im englischen Text werden diese Erscheinungen als „Pneumatolysis“ bezeichnet, es handelt sich jedoch überwiegend um hydrothermale Vorgänge (Albit- und Epidot-Bildung, Zersetzung des Olivins). Die Zersetzungs-Erscheinungen haben rings um die Haupt-Ausbruchsmittelpunkte in einem Kreis von etwa 20 km

Durchmesser so intensiv gewirkt, daß fast kein frischer Olivin zu finden ist, und daß auch die roten Verwitterungsdecken der Basaltströme vollkommen entfärbt wurden. Die postvulkanischen Prozesse haben die Ausbruchs-Tätigkeit offenbar nicht sehr lange überdauert und haben außerdem ihren Mittelpunkt im Laufe der Entwicklung des Vulkans ebenso nach NW verschoben wie die Lava-Durchbrüche; denn man kann feststellen, daß die jüngsten Durchbrüche, die NW-streichenden Gänge, im Südosten noch eine Strecke weit ohne Zersetterscheinungen in den Kreis der zersetzten älteren Gesteine hineinreichen, während im Nordwesten die Grenze der Zersetterscheinungen gleichmäßig über die Nordwestgänge und die älteren Gesteine hinwegzieht. Als die Nordwestgänge gebildet wurden, war also die postvulkanische Tätigkeit im Umkreis der Südost-Caldera schon erloschen, während sie im Umkreis der jüngeren Caldera noch länger andauerte.

Insgesamt bietet uns somit das Vulkangebiet der Insel Mull ein klares Bild von der allmählichen Entwicklung eines großen Stratovulkanes. Es sind folgende Hauptphasen zu unterscheiden:

- | | | |
|------------------|---|---|
| I. Magma-Zyklus | } | <ol style="list-style-type: none"> 1. Erguß basischer Basaltdecken (Plateau-Basalte), 2. Erguß etwas saurerer „Zentral-Basalte“ (Trapp), 3. Intrusion und Explosion intermediärer und saurer Gesteine, Bildung ringförmiger Falten. Aufbau eines Stratovulkans. |
| II. Magma-Zyklus | } | <ol style="list-style-type: none"> 4. Rückkehr basischen Magmas. Cone-sheets; Zentral-Vulkan mit parasitären Seitenkratern, 5. Verschiebung des Eruptions-Zentrums nach NW; jüngere Cone-sheets (Trapp-Gesteine); Ring-dyke-Bildung unter der Einbruchs-Caldera des aufgegebenen Eruptions-Zentrums, 6. Letzte Phase des Zentral-Vulkanismus: Einbruchs-Caldera am neuen Eruptions-Zentrum, Bildung von Ring-dykes aus saurem Magma, 7. Rückkehr basischen Magmas; kleine Reihen-Vulkane auf den Nordwest-Gängen. |

Die Produkte der verschiedenen Entwicklungsphasen haben sich gegenseitig durchbrochen und überlagert; die starke Abtragung in der jüngeren Tertiärzeit bewirkte, daß jetzt die Oberflächengebilde der älteren Phase, von den jüngeren Phasen dagegen nur tiefere Teile des Vulkanberges aufgeschlossen sind. Das starke Relief der Insel gestattet, einen beträchtlichen Teil des Vulkanprofils zu übersehen. HAWKES betont in seinem Referat in der Zeitschrift für Vulkanologie, daß die vulkanische Tätigkeit überwiegend nicht explosiv gewesen sei; diese Annahme dürfte nur für die Anfangsphasen zutreffend

sein, die einem Vulkan von Kilauea-Typus entsprechen. Mit dem ersten Auftreten sauren Magmas beginnt eine lebhaft explosive Tätigkeit, deren Reste erhalten sind, weil sich die damalige Vulkanoberfläche noch nicht hoch über die jetzige Erosionsfläche erhoben hatte. In späteren Phasen werden zwar die jetzt sichtbaren Spuren explosiver Tätigkeit wieder geringer; die Explosionen mögen zeitweise, nach der Rückkehr basischer Magmen, tatsächlich etwas geringer geworden sein, so ruhig wie in der Anfangszeit ist der Vulkan in den späteren Phasen jedoch sicher nicht mehr gewesen. Wenn wir die Spuren der späteren Explosionen nicht mehr so deutlich erkennen können, so liegt dies vor allen Dingen daran, daß sich der Vulkan in jenen späteren Phasen hoch über die jetzige Erosionsfläche erhob; da die Explosions-Produkte meist nur ziemlich oberflächliche und leicht zerstörbare Gebilde sind, wurden sie größtenteils abgetragen.

Das größte Interesse bietet der Vulkan von Mull durch die oben beschriebene, unmittelbare, zeitliche und räumliche Verknüpfung von vulkanischer Intrusion mit Faltungerscheinungen. Die Frage, ob dem in der Sedimenthülle aufdringenden Magma eine aktive Kraft zukommt, hat schon in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts in der Geologie eine große Rolle gespielt (Erhebungs-krater v. BUCHS); nachdem man es längere Zeit abgelehnt hatte, tektonische Bewegungen durch aktiven Magmaaufstieg zu begründen, wird neuerdings die Möglichkeit magmatischer Hebungen wieder mehr erörtert; SALOMON hat kürzlich die wichtigsten hierher gehörenden modernen Theorien zusammenfassend behandelt (Magmatische Hebungen, Sitz.-Ber. der Heidelberger Akademie der Wissensch., Math.-nat. Klasse, 11. Abhandlg. 1925). Ferner hat KRENKEL von bedeutenden Schollenhebungen in Afrika berichtet, die er als magmatische Hebungen betrachtet (Centralblatt f. Min. usw., 1926, B, S. 50). Im Rahmen dieser Fragen verdienen auch die oben erwähnten Faltungerscheinungen auf Mull Beachtung.

Freilich beweist die Verknüpfung von Faltung mit Intrusion noch keineswegs eine wirkliche aktive Kraft des Magmas; denn das Magma könnte auch dann Falten erzeugen, wenn es nur als passiver Kraftüberträger wirkte, ähnlich wie das Wasser in der hydraulischen Presse. Daß wir es jedoch im vorliegenden Falle doch mit etwas anderen Erscheinungen zu tun haben, dürfte sich daraus ergeben, daß die großen Massen basischen Magmas der ersten und zweiten Phase keine Faltungen erzeugt haben; die tektonischen Erscheinungen sind ausschließlich an die viel geringeren Mengen sauren Magmas gebunden; dieses Magma zeichnet sich durch seinen Gasreichtum und daher durch die Neigung zu Explosionen aus, es ist also wohl zu aktiven Kraftäußerungen besonders befähigt.

Ringförmig um ein Vulkangebiet gelegte Faltenzüge sind in etwas größerem Maßstabe als auf Mull im Gebiet der Bearpaw Mountains

in Montana nachgewiesen¹⁾. REEVES bezeichnet die ringförmig angeordneten Störungen als Verwerfungen (faults), jedoch handelt es sich um Gebilde, welche den ejektiven Falten STILLES ähneln. Sie bilden einen Kranz von etwa 100 Meilen Durchmesser um das Vulkangebiet der Bearpaw-Berge; allerdings ist nur etwa $\frac{1}{3}$ dieses Faltenkranzes sichtbar, der Rest ist von Moräne bedeckt. REEVES stellt fest, daß die Störungen durch eine Kraft bedingt sein müssen, die im vulkanischen Zentrum ihren Sitz hatte; er vermutet, daß isostatische Senkung des Vulkangebiets die randlichen Aufpressungen bewirkte; es würde jedoch nichts der Annahme entgegenstehen, daß ähnlich wie auf Mull aktive Kraftäußerungen des Magmas vorliegen. Der Vulkanbau der Bearpaw-Berge hat auch sonst große Ähnlichkeit mit dem Mull-Vulkan²⁾.

Neben diesen allgemeinen Gesichtspunkten bietet die Schilderung des Vulkanbaues von Mull noch dadurch besonderes Interesse, daß sie das Verständnis für die deutschen Vulkane der Tertiärzeit erleichtert. Es zeigt sich, daß keines der deutschen Vulkangebiete so verwickelt gebaut ist wie die schottischen Vulkane. Am naheliegendsten wäre es, in den ausgedehnten Vulkangebieten des Vogelsberges und Westerwaldes nach ähnlichen Erscheinungen wie auf Mull zu suchen. Es zeigt sich jedoch, daß diese mitteldeutschen Vulkane sich nur an Ausdehnung mit den schottischen Vulkanen messen können; zu so gewaltigen Zentral-Vulkanen, wie sie in Schottland vorhanden waren, haben sich die deutschen Vulkane niemals entwickelt; sie sind im allgemeinen nicht über die Anfangsstadien der schottischen Vulkane, den Kilauea-Typus, hinausgekommen. Daher fehlen die größeren Tiefengesteinsintrusionen, die Überreste der Vulkane bestehen überwiegend aus Lava-Strömen und -Decken, also Oberflächengebilden. Wenn die Erosion tiefer greift, wie in der Rhön, erreicht sie bald die sedimentäre Unterlage des Vulkans; im Vogelsberg und Westerwald ist der Zusammenhang der vulkanischen Gebilde nur dadurch einigermaßen gewahrt worden, daß die postvulkanische Erosion längst nicht so stark war wie auf der Insel Mull. Die deutschen Vulkane waren durchweg einfacher gebaut und wohl auch kurzlebiger als die schottischen Vulkane.

¹⁾ Vgl. F. REEVES, *Geology and possible oil and gas resources of the faulted area south of the Bearpaw Mountains, Montana*. U. S. Geol. Surv., Bull. 751 C, Washington 1924. — F. REEVES, *Shallow folding and faulting around the Bearpaw Mountains*. Amer. Journ. of Sci., 5. ser., Bd. X, 1925, S. 187.

²⁾ Vgl. WEED und PISSON, *Amer. Journ. of Sci.*, 1896, Bd. 151 und 152.