

# SEPARAT-ABDRUCK

AUS

TSCHERMAK'S

MINERALOGISCHEN UND PETROGRAPHISCHEN

# MITTHEILUNGEN

HERAUSGEGEBEN

VON

F. BECKE.

A. DANNENBERG. BEITRÄGE ZUR PETROGRAPHIE DER  
KAUKASUSLÄNDER.

Tschermak's Mineralog. und petrographische Mittheilungen.  
Bd. XIX, 3. Heft.

---

WIEN,

ALFRED HÖLDER,

K. U. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER,  
ROTHENTHURMSTRASSE 15.

# XIV. Beiträge zur Petrographie der Kaukasusländer.

(Aus dem mineralog. Institut der Technischen Hochschule zu Aachen.)

Von **A. Dannenberg.**

Die Untersuchungen, deren Ergebnisse im folgenden mitgetheilt werden sollen, haben ein zweifaches Material zum Gegenstande, welches — wenigstens der Hauptsache nach — in den Sammlungen der Technischen Hochschule zu Aachen vereinigt ist. Ein Theil wurde im Jahre 1894 von dem verstorbenen Professor Arzruni auf einer Reise durch Armenien zum Ararat gesammelt, den anderen brachte der Verfasser im Jahre 1897 von den im Anschluss an den VII. internationalen Geologencongress unternommenen Excursionen im Kaukasus und in Armenien mit. Die auf beiden Reisen gemachten Aufsammlungen betreffen zwar zum Theil dieselben Localitäten (z. B. am Ararat), da sich die Reiserouten vielfach deckten, und lieferten somit wesentlich identes Material, theilweise aber entstammen sie verschiedenen Gebieten, so dass sie einander in sehr erwünschter Weise ergänzen.

Die Bearbeitung des von Professor Arzruni gesammelten Materiales bildet ein Vermächtnis meines unvergesslichen Lehrers, dem es leider nicht mehr vergönnt sein sollte, diese Arbeit selbst durchzuführen und — wie es seine Absicht gewesen war — in Verbindung damit seine Beobachtungen über die vulcanischen Bildungen Armeniens, seines Heimatlandes, zu veröffentlichen.

Ich verdanke es zum grossen Theile der Liberalität des Nachfolgers Professor Arzruni's, Herrn Professor Klockmann's, der mir als Director des Aachener Instituts auch weiterhin die Benutzung des Materiales gestattete, dass es mir überhaupt möglich war, mich dieser Aufgabe zu entledigen. Für die hiedurch nicht nur, sondern auch sonst durch bereitwilligstes Entgegenkommen in jeder Beziehung meiner Arbeit geleistete Förderung möchte ich Herrn Professor Klockmann auch an dieser Stelle meinen besonderen Dank aussprechen.

## Literatur.

1830. Kupfer: Voyage dans les environs du Mt. Elbrous dans le Caucase, entrepris en 1829. Rapport fait à l'académie S. Pétersbourg.
1834. Parrot: Reise zum Ararat. Berlin.
1843. Abich: Ueber die geologische Natur des armenischen Hochlandes. Dorpat.
1851. Abich: Observations sur le mont Ararat. Bull. soc. géol. de France. 2. Ser. Bd. 8. 265.
1869. Kennigott: Beobachtungen an Dünnschliffen eines kaukasischen Obsidians. Verh. d. russ. min. Ges. 1869, 45.
1870. Kennigott: Weitere Mittheilungen über den kaukasischen Obsidian. Ibid., 1870, 1.  
Abich: Der Ararat in genetischer Beziehung betrachtet. Z. d. geol. Ges. 69.
1872. Tschermak: Felsarten aus dem Kaukasus. Mineral. Mittheil. 107.
1875. Abich: Geologische Beobachtungen auf Reisen im Kaukasus.
1876. Favre: Recherches géologiques dans la partie centrale de la chaîne du Caucase. Neue Denkschr. d. allg. schweiz. Ges. f. d. ges. Naturw. XXVII, Abt. I. Zürich.
1877. Abich: Das thrialitische Thermalquellensystem in Karthalinien vom geologischen Standpunkte betrachtet. Z. d. geol. Ges. 820.
1878. Lagorio: Die Andesite des Kaukasus.
1882. Abich: Geologische Forschungen in den kaukasischen Ländern. II. Geologie des armenischen Hochlandes. Westhälfte.
1887. Abich: Desgl.: Osthälfte.
1888. Schafarzik: Reisenotizen aus dem Kaukasus. Jahrb. d. kgl. ung. geol. Anst. für 1886. Budapest 1888, 227.
1890. Lacroix: Note sur quelques roches d'Arménie. Bull. soc. géol. de France. XVIII, 881.
1891. Melnikow: Petrographische Notizen: Obsidian und Augitandesit des Kaukasus. Verh. d. russ. min. Ges. 203.
1893. Melnikow: Petrographische Notizen: Basalte und Augitandesit des Kaukasus. Ibid., 381.
1896. Fournier: Description géologique du Caucase central.
1897. Guide des excursions du VII. congrès géologique international:  
XVII. Ronguévitch: Les eaux minérales du Caucase.  
XIX. Karakasch et Ronguévitch: Excursion géologique aux environs de Kislowodsk et de Kislowodsk à l'Elbrous.  
XXII. Löwinson-Lessing: De Wladikavkas à Tifis par la route militaire de Géorgie.  
v. Ammon: Das Gipfelgestein des Elbrus nebst Bemerkungen über einige andere kaukasische Vorkommnisse. Z. d. geol. Ges. XLIX, 450.
1898. Löwinson-Lessing: Études de pétrographie générale avec un mémoire sur les roches éruptives d'une partie du Caucase central.  
Riva: Escursioni nel Caucaso e nell' Armenia. Soc. Italiana di scienze naturali. XXXVII, Milano.

Ueber die geologischen Verhältnisse der Gegenden, welchen die hier zu besprechenden Gesteine entstammen, sind wir — vor allem durch die grundlegenden Forschungen Abich's — im allgemeinen in einer für unsere Zwecke ausreichenden Weise unterrichtet. Es kommen hier lediglich die vulcanischen Bildungen in Betracht, welche allerdings in einem grossen Theile des Landes — wenigstens an der Oberfläche — dominiren.

Ein besonderes Interesse bietet, meiner Ansicht, die grosse Mannigfaltigkeit, welche die hier untersuchten Eruptivvorkommen in Bezug auf ihr geologisches Verhalten zeigen. Es lassen sich in dieser Beziehung wenigstens drei Hauptgruppen unterscheiden, die auch petrographisch charakterisirt sind.

Die erste Gruppe wird gebildet von den Riesenvulcanbergen des Kaukasus und Armeniens: Elbrus, Kasbek, dem Grossen und dem Kleinen Ararat, an welche sich noch eine Reihe weniger bekannter Eruptivcentren anschliessen. Der für diese Gruppe charakteristische Gesteinstypus ist der Andesit. Nach dem Kieselsäuregehalt und der mineralogischen Zusammensetzung schwanken die hieher gehörigen Gesteine von mehr basischen Pyroxenandesiten, die jedoch niemals basaltähnlich werden, durch saurere, dann meist Hornblende führende Varietäten bis zum Dacit.

Die zweite Gruppe würde die ausgebreiteten Ergüsse des armenischen Hochlandes umfassen, welche nicht an Vulcanriesen gleich dem Ararat geknüpft sind, sondern vorwiegend in Form weit ausgebreiteter Decken, die wohl als „Massenergüsse“ aufzufassen sind, auftreten, sowie auch die kleineren, über diese vulcanische Hochfläche verstreuten Eruptivkegel zusammensetzen. In diese Gruppe würde freilich auch der mächtige, über 4000 Meter hoch aufragende Aragatz (-Alagös) gehören. Dass dieser trotz seiner gewaltigen Erhebung ein Eruptivgebilde anderer Art ist als die Vulcanberge der ersten Gruppe, darauf deutet schon seine gänzlich abweichende, flach schildförmige Gestalt, die nichts mit den kühnen Formen des Grossen Ararat, des Elbrus oder Kasbek gemein hat. In dieser Gruppe überwiegen basische Gesteine von basaltischer oder basaltähnlicher Natur. Untergeordnet treten daneben kieselsäurereichere Massen in Obsidianform auf. Demselben Gebiete gehören weit verbreitete Tuffe und die eigenthümlichen „Tufflaven“ an.

Die dritte Hauptgruppe endlich bilden die am Nordfusse des Kaukasus (bei Pjatigorsk, Essentuki etc.) auftretenden lakkolithischen Eruptivmassen, deren Material trachytischer Natur ist.

Wir wenden uns der Betrachtung der Gesteine der ersten Gruppe zu.

Die Eruptivmassen dieser Gruppe zeigen eine ausserordentliche Aehnlichkeit mit denen der grossen südamerikanischen Vulcane. Schon Abich<sup>1)</sup> hat die Gesteine des Elbrus, des Kasbek, der Araratgruppe mit solchen des Chimborazo und Pichincha verglichen. Heute sind wir in der Lage, mit entwickelteren Methoden und gestützt auf ein unvergleichlich reichlicheres Material, wie es namentlich die umfassenden Forschungen von Reiss und Stübel geliefert haben, diese Vergleichung intensiv und extensiv erheblich weiter zu führen. Je mehr wir dies thun, um so überraschender tritt die petrographische Verwandtschaft beider Vulcangebiete zutage. Die Uebereinstimmung ihrer Eruptivproducte erstreckt sich nicht nur auf die Zusammensetzung und Ausbildung der Gesteine im einzelnen, sondern, was mir noch wichtiger scheint, auch auf die Association der verschiedenen Typen, die Art, wie sie ineinander übergehen, bezw. sich auseinander entwickeln u. s. w.

Es ist gewiss nicht bedeutungslos, dass diese petrographischen Analogieen Hand in Hand gehen mit einer weitgehenden Uebereinstimmung im geologischen Auftreten. Wie die Riesenvulcane der neuen Welt als höchste Gipfel einem gewaltigen Kettengebirge aufgesetzt sind, so stehen auch Elbrus und Kasbek mit ihren Trabanten auf der Kette des Kaukasus. Auch der einen Plateaurand krönende Ararat nimmt, obwohl auf niedrigerer Basis stehend, nach der Darstellung Abich's vielleicht eine geologisch und tektonisch gleichwertige Stellung ein. Weitere Vergleichspunkte ergeben sich aus der Grösse und Form der Vulcanberge beider Gebiete, welche auf Uebereinstimmung in der Bildung und im Bau schliessen lassen.

Wenn wir auch nicht imstande sind, eine befriedigende Erklärung für diesen auffälligen Parallelismus der Erscheinungen hier und dort zu geben, so berechtigt uns das jedenfalls nicht, denselben für zufällig und bedeutungslos zu halten. Eine vergleichende Petrographie auf geologischer Grundlage wird vielleicht später zu

---

<sup>1)</sup> Ueber die geolog. Natur etc., 61.

einer Deutung dieser Verhältnisse führen können. Einstweilen müssen wir uns mit der Feststellung der Thatsache begnügen und können vielleicht sagen: Der Ararat und die grossen Vulcanberge des Kaukasus einerseits sowie die Vulcane Südamerikas (speciell die von Colombia und Ecuador) andererseits sind Gebilde gleicher geologischer Ordnung und kennzeichnen sich als solche auch durch die petrographische Uebereinstimmung ihrer Producte.

### 1. Hypersthen-Amphiboldacit des Elbrus.

Ueber Gesteine des Elbrus existirt bereits eine nicht ganz unbeträchtliche Literatur. In seiner Abhandlung über das Gipfelgestein dieses Vulcans hat kürzlich v. Ammon diese älteren Beobachtungen zusammengestellt, so dass ich mich hier mit diesem Hinweise begnügen darf. Unsere Kenntniss von den petrographischen Verhältnissen dieses grössten der Vulcanriesen des Kaukasus ist immerhin noch eine sehr bescheidene. Sie basirt auf wenigen, von drei Reisenden zu verschiedenen Zeiten gesammelten Proben. Die ersten Stücke brachte Kupfer im Jahre 1829 aus der Gipfelregion mit; sie wurden von ihm selbst und später eingehender von Abich und von Lagorio untersucht und beschrieben. Andere Stücke, jedenfalls von einem anderen Theile des Berges stammend, lagen Tschermak vor, sie waren von Favre gesammelt. Ein drittes ist das von Merzbacher der höchsten Spitze des Berges entnommene Stück, das der Beschreibung v. Ammon's zugrunde liegt. Seitdem war bei dem VIIten internationalen Geologencongress eine grössere Zahl von Geologen und Petrographen Gelegenheit gegeben, sich mit Stücken dieses interessanten Gesteins zu versehen. Alle diese Stücke, also auch diejenigen, auf welche sich die nachfolgenden Mittheilungen beziehen, entstammen dem Gebiete am obersten Theile des vom Elbrus nach Norden ziehenden Malkathales.<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Der Andesit besitzt hier eine erheblich grössere Ausdehnung nach Norden, als auf dem geologischen Uebersichtskärtchen in Nr. XIX des Führers für die Excursionen des Congresses angegeben. Namentlich erstreckt sich hier der gewaltige andesitische Lavastrom, den auch Schafarzik (Jahrb. kgl. ungar. geolog. Anst., 1886) beschreibt, im Malkathal weit abwärts, wo auf der Karte nur Granit verzeichnet ist.

Es liegen mir drei makroskopisch leicht unterscheidbare Varietäten dieser Lava vor:

1. Ein schwarzes compactes Gestein von glasigem Aussehen mit grossen (5—10 Millimeter) weissen Plagioklas-Einsprenglingen. Anderweite porphyrische Ausscheidungen sind seltener; hie und da sieht man kleine Biotittäfelchen und Hornblendenädelchen, vereinzelt auch kleine wasserhelle Körnchen von muscheligem Bruch: Quarz.

Im Bruch erscheint das Gestein sehr uneben; die ganze Masse ist bröckelig, anscheinend infolge einer Neigung zu perlitischer Absonderung. Makroskopisch stimmt diese Varietät augenscheinlich vollkommen überein mit den von Kupfer gesammelten Stücken, von denen dieser folgende anschauliche Beschreibung<sup>1)</sup> gibt: „Le trachyte, qui compose l'Elbrouz même tient le milieu entre le feldspath résinite et l'Obsidienne porphyrique. Sa masse, qui enveloppe beaucoup de cristaux blancs de feldspath vitreux d'un diamètre moyen de 2 à 3 lignes, est noir et opaque, d'un cassure raboteux et apre, et d'une aspect vitreux; . . . De petites paillettes d'amphibole noir, de mica noir ou bronzé, sont clairsemées dans la masse.“ Dagegen scheint v. Ammon ein etwas abweichendes, mehr schlackiges Gestein vorgelegen zu haben.

2. Ein ziemlich hellgraues Gestein, im Habitus von vorigem erheblich verschieden. Obwohl in der Hauptsache noch ziemlich compact, erhält es doch stellenweise durch kleine, parallel gestreckte Hohlräume ein etwas schlackiges Aussehen. Die Grundmasse erscheint weniger glasig, sondern eher „lithoidisch“. Es fehlt jede Andeutung perlitischer Absonderung, das Gestein ist daher fest, nicht bröckelig wie die schwarze Lava. Für die Einsprenglinge gilt im wesentlichen das bei jener Mitgetheilte. Die Plagioklase erreichen noch etwas grössere Dimensionen (bis 15 Millimeter), die farbigen Einsprenglinge treten nicht nur wegen der helleren Grundmasse deutlicher hervor, sondern sind auch reichlicher vorhanden. Ebenso sind die Quarzkörner entschieden häufiger und auch grösser. Ihre Zugehörigkeit zum Gestein kann allerdings hier fraglich erscheinen. Schon mit blossem Auge, besser mit der Lupe, kann man vielfach deutlich wahrnehmen, dass die Quarze von einem grünen Saume von Contactbildungen um-

---

<sup>1)</sup> Cit. nach Abich, Ueber die geologische Natur des armenischen Hochlandes, 49.

geben sind, ja dass einzelne Körnchen von diesen Neubildungen fast gänzlich aufgezehrt wurden, genau so wie man es an den Quarzeinschlüssen basaltischer Gesteine beobachtet. Auf diese Verhältnisse und die sich daraus ergebende Frage, ob der Quarz hier als Gesteinsgemengtheil oder als Einschluss aufzufassen ist, wird später zurückzukommen sein.

3. Die dritte mir vorliegende Varietät ist hauptsächlich durch einen fleckigen oder schlierigen Wechsel rother und schwarzer Partien ausgezeichnet. Die schwarzen Theile dieses Gesteins stimmen durchaus mit der zuerst beschriebenen schwarzen Varietät überein. Die rothe Gesteinsmasse unterscheidet sich davon ausser durch die Farbe vor allen Dingen durch den nicht glasigen Habitus der Grundmasse und durch die relative Seltenheit der Einsprenglinge. Namentlich ist hier der Plagioklas weit spärlicher als in der schwarzen und grauen Lava, dagegen sieht man hier ziemlich reichlich kleine, hell bronzefarbige oder fast goldgelbe Biotitschüppchen aufleuchten.

Das Interessanteste ist die Art des Verbandes der schwarzen und der rothen Gesteinsmasse. In einzelnen Fällen besitzen die schwarzen Theile allseitig scharfe Begrenzung bei unregelmässig eckiger Form, ohne irgendwo ausgesprochene vorherrschende Ausdehnung nach einer oder der anderen Richtung, kurz sie tragen vollkommen den Charakter fremder, von der Lava aufgenommener, aber nicht verarbeiteter Bruchstücke. Andere Exemplare zeigen diese schwarzen Einschlüsse deutlich nach einer Richtung in die Länge gezogen und dann meist in paralleler Anordnung, dabei aber immer noch ziemlich scharf begrenzt. Schliesslich finden sich Stücke, an denen man eine innige Verwebung der schwarzen und rothen Bestandtheile beobachtet. Beide bilden parallele Lagen, die von 1 Centimeter Dicke und mehr bis zur grössten Feinheit herabgehen. Wo eine schwarze Lage auskeilt, zieht sich oft als Fortsetzung ein dunkelbrauner Streifen noch weit in die rothe Masse hinein. Da zwischen diesen drei Ausbildungsweisen Uebergänge aller Art bestehen und zum Theil sogar innerhalb desselben Handstückes zu beobachten sind, kann es wohl nicht zweifelhaft sein, dass hier die schichtige und schlierige Structur nicht das Product einer Differenzirung ist, sondern durch Aufnahme von Bruchstücken einer älteren, schwarzen Lava entstand, die dann theilweise erweicht in der Flussrichtung in

die Länge gezogen wurden, ein ausgezeichnetes Beispiel einer euta-  
xitischen Agglomeratlava.<sup>1)</sup>

Da zwischen der älteren (schwarzen) und der jüngeren (rothen)  
kein erheblicher chemischer Gegensatz bestand, hat ausser der  
Schmelzung der Bruchstücke keine weitere Einwirkung stattgefunden.

Derartige Beispiele von „Schlierenbildung“ durch theilweise  
Einschmelzung von Fragmenten verwandter Gesteine findet man  
nicht selten unter den kaukasischen Laven; so treffen wir dieselbe  
Erscheinung beim Andesit des grossen Ararat und besonders schön  
beim Obsidian vom Berge Hadis bei Eriwan.

Das Mengenverhältnis der beiden Bestandtheile dieser fleckigen  
Elbruslava ist übrigens sehr wechselnd. In einzelnen Stücken über-  
wiegen die schwarzen Brocken an Masse, in anderen erscheinen sie  
nur vereinzelt, gleichsam verschwindend innerhalb der rothen Masse.

Das mikroskopische Bild ist, was Mineralzusammen-  
setzung und Ausbildung der einzelnen Gemengtheile betrifft, bei allen  
diesen Varietäten wesentlich übereinstimmend; die Unterschiede sind  
fast nur structureller Art. Ebenso sind auch gegenüber den von den  
früheren Autoren gegebenen Beschreibungen meist nur unerhebliche  
Abweichungen zu constatiren.

Als krystalline Ausscheidungen treten in der bald mehr, bald  
weniger reichlichen Glasbasis auf: Feldspath (stets Plagioklas),  
Hypersthen, Hornblende, Biotit, Augit. Die Reihenfolge dieser Haupt-  
gemengtheile soll zugleich das durchschnittliche Häufigkeitsverhält-  
nis ausdrücken. Quarz ist nicht in allen Schliften zu beobachten, ent-  
sprechend seinem auch makroskopisch meist nur sporadischen Auf-  
treten. Die auffälligste Eigenthümlichkeit vielleicht ist die Mannig-  
faltigkeit und das Zusammenvorkommen der verschiedenen farbigen  
Gemengtheile. Wie auch v. Ammon<sup>2)</sup> bemerkt, ist der Hypersthen  
das verbreitetste und für das Gestein am meisten bezeichnende der  
Bisilicat-Mineraie. Demnächst ist die Hornblende noch ziemlich  
reichlich vorhanden, während die Menge des Biotits erheblichen  
Schwankungen unterliegt und niemals der des Amphibols gleich-  
kommt. Monokliner Augit spielt als Einsprengling fast gar keine  
Rolle, als Bestandtheil der Grundmasse erscheint er stellenweise

<sup>1)</sup> Vergl. v. Fritsch u. Reiss, Geol. Beschr. d. Insel Tenerife, 422.

<sup>2)</sup> l. c. 460.

etwas reichlicher. Wenn man aus dieser Paragenesis einen Schluss ziehen darf auf den Zustand des Magmas bei der Erstarrung und die Existenzbedingungen der einzelnen Bisilicate, so wird man sagen müssen, dass die chemisch-physikalischen Verhältnisse, d. h. also Zusammensetzung, Druck und Temperatur im allgemeinen noch der Bildung oder wenigstens dem Bestande der Hornblende und des wohl wesentlich an ähnliche Bedingungen gebundenen Biotits günstig waren (von einzelnen Fällen beginnender und auch fortgeschrittener Auflösung wird weiterhin die Rede sein), dass ferner unter denselben Verhältnissen sich wohl reichlich Hypersthen bilden kann, nicht aber Augit. Ein weiteres Anzeichen dafür, dass die Bildungsbedingungen des rhombischen Pyroxens denen der Hornblende näher liegen als die des monoklinen, wenigstens in Gesteinen wie die hier besprochenen, kann man vielleicht auch in dem Umstande finden, dass bei eintretendem Zerfall der Hornblende hier vielfach Hypersthen gebildet wird, nicht Augit.<sup>1)</sup>

Die Ausbildung der einzelnen Gemengtheile ist im wesentlichen die für diese Gesteine normale und übereinstimmend in den verschiedenen Varietäten.

Plagioklas. Der Feldspath der Elbrugesteine erwies sich durchweg als triklin; selbst bei fehlender Zwillingsstreifung liess sich dies durch die Stärke der Lichtbrechung constatiren. Er tritt in zwei deutlich geschiedenen Generationen auf: den grossen Einsprenglingen und den mikrolithischen Grundmasse-Individuen. Eine dritte Gruppe bilden zahlreiche Krystalle mittlerer Grösse, die durch ihre mehr rechteckigen, nicht mikrolithischen Querschnittformen den Einsprenglingen ähneln, im übrigen aber (chemische Zusammensetzung, skeletartiges Wachtshum) der zweiten Generation näherstehen. Die Ausbildung der Einsprenglinge ist die in den andesitischen Gesteinen übliche, wie sie speciell auch v. Ammon bei dem Gipfelgestein beschreibt: die Form vorwiegend gut automorph, doch auch nicht selten mehr oder weniger stark gerundet, die Substanz im ganzen rein, nur mit Einschlüssen von klarem, durchsichtigem grauem oder leicht gelblichem Glase. Dieses bildet entweder ein zusammenhängendes Netzwerk oder erscheint in geschlossenen,

---

<sup>1)</sup> Die Bildung von rhombischem Pyroxen aus Hornblende ist ja auch sonst oft beobachtet. Vgl. z. B. Esch, Die Gesteine d. equat. Ost-Cordill., pag. 28 u. 38.

rechteckigen Formen nach Art negativer Krystalle, häufig mit (fester) Libelle. Andere Krystalle zeigen theilweise Trübung durch staubartige Einschlüsse, die bald central gehäuft, bald zonar geordnet sind.

Die chemische Mischung dieser Plagioklase ist in den von mir untersuchten Laven wesentlich dieselbe. Ich fand sie erheblich *An*-reicher als v. Ammon, der — allerdings mit Vorbehalt — die Einsprenglinge des Gipfelgesteins „zum Oligoklas (vielleicht auch noch zum Andesin)“ rechnen will. Schnitte aus der Zone  $\perp$  (010) gaben mir symmetrische Auslöschungsschiefen:  $20^\circ$ ,  $23^\circ$ ,  $24^\circ$ ,  $24^\circ$ ,  $27^\circ$ ,  $31^\circ$ , in einem Falle sogar  $35^\circ$ . Bei Doppelzwillingen nach dem Albit- und Karlsbader Gesetz fand ich:

		Diff.		Diff.		Diff.		Diff.
I	$10^\circ$	} $18^\circ$	$13^\circ$	} $17^\circ$	$11^\circ$	} $22^\circ$	$8^\circ$	} $19^\circ$
II	$28^\circ$		$30^\circ$		$33^\circ$		$27^\circ$	
I'	$8^\circ$	} $16^\circ$	$11^\circ$	} $19^\circ$	$11^\circ$	} $23^\circ$	?	} ?
II'	$26^\circ$		$30^\circ$		$34^\circ$		$27^\circ$	

Die Werte weisen übereinstimmend bei den einfachen wie bei den Doppelzwillingen auf Labradore, zum Theil wohl mit saurer, zum Andesin hinneigender Mischung — etwa  $Ab_1 An_1$ , vielleicht auch noch etwas saurer —, theilweise aber auch sicher ziemlich basisch, wenigstens bis zur Mischung  $Ab_3 An_4$ , wie das Maximum von  $33$ — $35^\circ$  Auslöschungsschiefe bei  $22$ — $23^\circ$  Differenz beweist. Natürlich werden diese ja nicht sehr beträchtlichen Unterschiede zum Theil auch auf Rechnung des zonaren Baues zu setzen sein, der übrigens in meinen Schliffen nicht einmal mit besonderer Schönheit hervortritt.

Die Grundmasse-Feldspäthe lassen sich, wie gesagt, in eigentliche Mikrolithe und grössere einsprenglingähnliche Individuen unterscheiden. Ersteren sind besonders die charakteristischen Wachstumsformen (Gabel-, Stiefelknecht- und Leiterform im Längsschnitt, Rahmenform im Querschnitt) eigen, wie sie durch beschleunigtes Kantenwachsthum entstehen. Allerdings gilt dies nur für die glasreicheren Laven; in der grauen Varietät besitzen die Mikrolithe vollkommene Leistenform, hier sind die skeletartigen Bildungen (ruinenhafte Auszackung an den Schmalseiten) auf die grösseren Individuen der Grundmasse beschränkt, welche den Uebergang zu den Einsprenglingen bilden. Zwillingsstreifung wird bei dieser zweiten Generation häufig vermisst, selten sind mehr als zwei Lamellen

gut entwickelt. Die Kleinheit und unvollkommene Ausbildung dieser Mikrolithe erschwert ihre genauere Bestimmung. Häufig findet sich — wenigstens annähernd — gerade Auslöschung, daneben aber auch beträchtliche Schiefe, die bei symmetrischer Lage, also  $\perp$  (010), 17—20° erreicht und gelegentlich auch noch übersteigt. Diese *Maxima* würden nach M.-Lévy<sup>1)</sup> etwa auf einen Andesin von der Formel  $Ab_6 An_3$  hinweisen. Bei Anwendung der neuerdings wieder von Viola<sup>2)</sup> empfohlenen statistischen Methode komme ich ebenfalls auf Andesin (für den Viola, nach Fouqué, das Verhältnis  $Ab_{11} An_3$  gibt) als wahrscheinlichste Mischung. Aus dem angegebenen Grunde möchte ich jedoch auf diese Bestimmungen kein sehr grosses Gewicht legen. Vielleicht existiren in der Grundmasse verschiedene Plagioklase nebeneinander etwa Oligoklas und Andesin; selbst Albit wäre dann nicht ausgeschlossen. Mit Sicherheit lässt sich nur behaupten, dass die Feldspathmikrolithe nicht unbeträchtlich saurer sind als die Einsprenglinge.

Die Pyroxene. Weitaus am häufigsten sind, wie erwähnt, die rhombischen Pyroxene, die der Kürze halber als Hypersthen bezeichnet werden mögen. Ihre krystallographische Ausbildung (bei den Individuen der Grundmasse oft skeletartig), Pleochroismus, Einschlussführung (Magnetit und Glas, beide meist nur in geringer Menge) bieten im allgemeinen nichts Bemerkenswerthes. Einmal wurde ein Einschluss von Biotit beobachtet, in anderen Fällen braune pleochroitische Schüppchen, die entweder Biotit oder Hornblende sein können. Einschlüsse von Hornblende in Hypersthen fand z. B. auch Osann<sup>3)</sup> in Dacit von Cabo de Gata. Belowsky<sup>4)</sup> gibt ebenfalls Hornblende als Einschluss in Hypersthen (und Augit) an. Die bekannte Parallelverwachsung mit monoklinem Pyroxen ist namentlich bei den Grundmasseindividuen nicht selten zu beobachten, dabei bildet dann im Längsschnitt der Augit in der Regel beiderseits einen schmalen Saum.

Der Hypersthen ist meist völlig frisch, nur in den rothen Partien der schlierigen Varietät (Nr. 3) macht sich stärkere Zersetzung bemerkbar unter reichlicher Bildung von braunen und rothen

1) Étude sur la déterm. des Feldsp. Paris 1894, 34.

2) Ueber Feldspathbestimm. Z. Kryst. XXX. 1898, 23.

3) Ztschr. d. g. Ges. XXXXIII, 1891, 701.

4) Gest. d. eucat. Westcordillere, 34.

Eisenoxyden; zugleich treten sattere Farben und kräftigerer Pleochroismus auf. Vielleicht ist letzteres nur eine Folge der beginnenden Zersetzung, wahrscheinlicher aber liegt hier ein eisenreicherer Pyroxen vor, der eben deshalb mehr zur Umwandlung neigt. Der rhombische Pyroxen tritt sowohl als Einsprengling wie als Bestandtheil der Grundmasse auf. Doch lassen sich hier nicht wie beim Feldspath zwei getrennte Generationen unterscheiden, vielmehr werden hier die Endglieder durch andere Individuen in allen Grössenabstufungen zu einer fortlaufenden Reihe verbunden.

Der monokline Augit spielt als Einsprengling so gut wie gar keine Rolle. In der Grundmasse ist er reichlicher vorhanden, hier kann er sogar den Hypersthen überwiegen. Uebrigens sind diese Pyroxenmikrolithe oft bis fast zur Undurchsichtigkeit mit opacitähnlichem Staube imprägnirt, wodurch eine Unterscheidung von Hypersthen und Augit oft schwierig oder unmöglich wird.

Hornblende ist in allen Schliffen nicht selten, am reichlichsten tritt sie, wie schon die makroskopische Betrachtung lehrt, in der grauen Varietät auf und dasselbe gilt auch vom Biotit, wie überhaupt beide Minerale in ihrer Verbreitung und Ausbildungsweise die weitgehendste Analogie zeigen. Die Hornblende tritt in diesen Gesteinen nicht nur als Einsprengling auf, sondern auch in kleinen und kleinsten Krystälchen zweiter Generation. Diese an sich nicht eben häufige Erscheinung des Vorkommens von Hornblende in der Grundmasse wird noch besonders interessant dadurch, dass daneben vielfach die Einsprenglinge in voller Auflösung begriffen sind. Die theoretische Möglichkeit der Bildung jüngerer Hornblende unter Verhältnissen, bei denen die ältere nicht mehr bestandfähig ist, hat bekanntlich Becke<sup>1)</sup> deducirt und damit zugleich die Erklärung dieses auffälligen Verhaltens gegeben. Die Farbe der Hornblende in den mir vorliegenden Stücken ist, bei starkem Pleochroismus, stets braun, niemals grün, sie wechselt nur von hellerem Gelbbraun || a zu Dunkelgelbbraun oder tiefem Rothbraun || b und c. Riva<sup>2)</sup> gibt für Hornblende derselben Fundstellen einen grünbraunen Ton („verde-olivo-brunastro“) an, bei Schwingungen nach b und c und blassgelbgrün nach a, diese grüne Nuance finde ich in meinen Schliffen höch-

<sup>1)</sup> T. M. P. M. XVI, 330 ff.

<sup>2)</sup> l. c. 9.

stens angedeutet. Vorherrschend ist jedenfalls auch nach Riva's Mittheilungen die braune Farbe. Ebenso ist der Biotit in unseren Gesteinen durchweg braun. Dagegen ist nach v. Ammon<sup>1)</sup> die Hornblende des Gipfelgesteins vorherrschend grün (c tiefbräunlichgrün, b saftgrün, a licht weingelb), dem entspricht wiederum die Farbe des Biotits<sup>1)</sup>, bei dem hier grünliche Töne vorherrschen.

Als Maximum der Auslöschungsschiefe fand ich in der Hornblende des Elbrus  $c : c = 9^\circ$ .

Eigenthümlich ist das vereinzelte Auftreten einer im Dünnschliff fast völlig farblosen und demzufolge auch nicht merklich pleochroitischen Hornblende.<sup>2)</sup> Der charakteristische Krystallumriss und der breite Opacitsaum lassen wohl keinen Zweifel an der Zugehörigkeit zur Hornblende. Auch in der starken Doppelbrechung und den dadurch bedingten lebhaften Interferenzfarben stimmen diese farblosen Individuen mit der gewöhnlichen braunen Hornblende überein.

Der Erhaltungszustand der Hornblendeinsprenglinge — und ganz ähnlich verhalten sich auch in dieser Beziehung die Einsprenglinge des Biotits — ist ausserordentlich wechselnd. In demselben Gestein, selbst in demselben Schliff, findet man neben wohl erhaltenen, kaum veränderten Individuen auch solche in den verschiedensten Stadien der Umwandlung. Sehr schön lassen sich hier nebeneinander die beiden verschiedenen, an den Hornblenden der Eruptivgesteine überhaupt vorkommenden Umwandlungsformen beobachten: die Opacitisirung und die Auflösung durch magmatische Corrosion.

Die erstere Form beschränkt sich auf Ausbildung eines bald nur ganz schmalen, bald breiteren Opacitsaumes (unter Wahrung der ursprünglichen Krystallform) ohne weitere Differenzirung und Neubildung von Mineralen. Bei der magmatischen Auflösung dagegen (Corrosion) erscheinen reichliche Mineralneubildungen (Plagioklas, Augit und Hypersthen, Magnetit), die ohne bestimmte Orientirung regellos durcheinander liegen und auch keine gesetzmässige Umgrenzung besitzen, sondern mit der umgebenden Grundmasse zu

<sup>1)</sup> l. c. 462 u. 464.

<sup>2)</sup> Auch Osann (Beitr. z. Kenntn. d. Eruptivgest. d. Cabo de Gata, II; Z. d. g. G. 43, 1891, 702) beschreibt eine im Schliff fast farblose Hornblende aus Amphibol-Biotitdazit.

verfliessen scheinen. Der unveränderte Hornblenderest erscheint hier nicht, wie bei der opacitischen Umwandlung, als compacter Kern, sondern als zerfressen aussehende, schwammartig durchlöchernde Masse.

Unverändert oder nur schwach opacitisch sind die kleinen Hornblendekryställchen zweiter Generation.

Ueber den Biotit bleibt nach den bei Besprechung der Hornblende gemachten Bemerkungen wenig zu sagen übrig. Er findet sich, wie die Hornblende, vereinzelt in der schwarzen und in der rothen Lava, reichlicher in dem grauen Gestein. In der Farbe stimmt er, wie erwähnt, ebenfalls mit der Hornblende überein und unterscheidet sich somit in gleicher Weise von dem grünlichen (S. v. Ammon, l. c. 464) Biotit des Gipfelgesteins. Auch die Umwandlungserscheinungen — Opacitisirung und magmatische Auflösung unter Neubildung von Feldspath, Pyroxen und Magnetit — finden sich, wie erwähnt, hier ebenso wie bei der Hornblende. Auch winzige, mikrolithische Biotitschüppchen, die vielleicht eine zweite Generation darstellen, sind zuweilen, wenn auch nur sehr untergeordnet, zu beobachten.

Der Quarz tritt in den vorliegenden Elbruslaven in sehr ungleichmässiger Verbreitung auf; er ist niemals häufig und wird in einzelnen Schliften auch ganz vermisst. Es ist daher nicht wunderbar, dass er von einzelnen Beobachtern nicht bemerkt wurde. So gibt Lagorio<sup>1)</sup> an, das Gipfelgestein enthalte „keine Spur von Quarz“. Auch Riva, dessen Stücke von denselben Fundorten stammen, wie die von mir untersuchten, erwähnt sein Vorkommen nicht, wogegen v. Ammon<sup>2)</sup> sein Auftreten „in vereinzelt Einsprenglingen angibt, was auch meinen Beobachtungen entspricht. Ueber seine Ausbildungsweise ist wenig zu sagen. Wo er auftritt, erscheint er in Form gerundeter Körner, oft von Sprüngen zertrümmert. Negative Krystalle mit fester Libelle sind zuweilen sehr hübsch zu sehen. Stärkere Einbuchtungen von Grundmasse u. dgl. wurden nicht beobachtet, dagegen erscheinen die Quarzkörner nicht selten von einem Saume kleiner Augitkryställchen umgeben, die zweifellos das Product einer lösenden, corrodirenden Einwirkung des Magmas darstellen. Wie schon bei der makroskopischen Beschreibung hervorgehoben,

<sup>1)</sup> Andesite des Kaukasus, 35.

<sup>2)</sup> l. c. 464.

ist diese Erscheinung besonders in der relativ quarzreichen grauen Lava ausgeprägt. Ob dies etwa, ähnlich wie für die Umwandlung der Hornblende nachgewiesen, mit der mehr krystallinen Entwicklung dieses Gesteins zusammenhängt, möge dahingestellt bleiben.

Accessorische Gemengtheile spielen in den vorliegenden Gesteinen so gut wie gar keine Rolle. Ganz vereinzelt findet sich hie und da ein Zirkonkörnchen, vielleicht auch gelegentlich ein Apatitsäulchen, in der Mehrzahl der Schiffe aber bemerkt man nichts derartiges. Auch aus v. Ammon's Beschreibung (l. c. 465) ergibt sich die grosse Seltenheit dieser Minerale im Gipfelgestein des Elbrus. Diese Armuth an accessorischen Gemengtheilen ist jedenfalls für gewisse Dacite charakteristisch.<sup>1)</sup>

Die Structurverhältnisse unterliegen einem Wechsel, der augenscheinlich in erster Linie durch den Grad der Individualisirung bedingt ist. Die glasreicheren Varietäten zeigen reine Vitrophyrstructur (dies gilt besonders von der obsidianartigen schwarzen Lava), während die Structur der mehr krystallinischen grauen Lava eher als hyalopilitisch zu bezeichnen ist. Eine eigenartige Structur zeigt die rothe Lava, welche Bruchstücke der schwarzen Lava umschliesst. Fast alle grösseren Einsprenglinge, namentlich die Plagioklasse, sind hier zertrümmert und erscheinen als eckige, unregelmässige Bruchstücke. Es sieht fast aus, als ob der Widerstand, den die massenhaft eingeschlossenen älteren Bruchstücke der Bewegung des Magmas, das sich dazwischen hindurch drängen musste, entgegengesetzten, die Zertrümmerung der bereits ausgeschiedenen Krystalle verursacht habe.

Chemische Zusammensetzung. Die einzige bisher vorliegende Analyse eines Elbrusgesteins ist meines Wissens die von Abich<sup>2)</sup> mitgetheilte, welche nachstehend unter I aufgeführt ist. Ich selbst analysirte die beiden Bestandtheile der schwarz-rothen Agglomeratlava, und zwar ist II die Zusammensetzung der schwarzen Einschlüsse, III die der sie umhüllenden rothen Lava.

<sup>1)</sup> Belowsky (Gest. d. eucat. West-Cord. 24 u. 25) hebt das Fehlen des Apatits (Zirkon wird gar nicht erwähnt) in den Daciten hervor, ähnlich Ehlich (Gest. d. eucat. West-Cord. 23). Dagegen führt Küch (Geol. Stud. i. Colombia, 59) Zirkon als charakteristischen Gemengtheil der Dacite (und Andesite) an. Vgl. auch Zirkel, Lehrb. d. Petr. II. 573.

<sup>2)</sup> Ueber die geol. Natur d. armen. Hochlandes, 61.

	I.	II.	III.
<i>SiO</i> <sub>2</sub> .	69·37	67·80	65·75
<i>Al</i> <sub>2</sub> <i>O</i> <sub>3</sub>	14·44	16·92	18·38
<i>Fe</i> <sub>2</sub> <i>O</i> <sub>3</sub>	—	1·05	2·00
<i>FeO</i> .	5·23	1·94	1·30
<i>MnO</i> .	—	0·35	0·20
<i>CaO</i> .	4·38	3·25	3·70
<i>MgO</i> .	2·26	1·31	1·52
<i>K</i> <sub>2</sub> <i>O</i> .	} 3·82	3·35	4·11
<i>Na</i> <sub>2</sub> <i>O</i> . . . . .		4·36	4·04
Glühverlust . . . . .	0·60	0·33	1·20
	100·10 <sup>1)</sup>	100·66	102·20

Die Abich'sche Analyse des von Kupfer gesammelten Gipfelgesteins weist also einen erheblich höheren Gehalt an Kieselsäure, Eisen, Kalk und Magnesia nach, dagegen weniger Thonerde und Alkalien auf. Die rothe Lava unterscheidet sich chemisch von den darin eingeschlossenen schwarzen Bruchstücken wesentlich nur durch etwas geringeren Kieselsäuregehalt bei grösserem Thonerdegehalt; ausserdem ist in der rothen Lava das Eisen vorwiegend als Oxyd vorhanden, während in den schwarzen Einschlüssen das Oxydul überwiegt. Letzteres ist wohl lediglich eine Folge des verschiedenen Grades der Verwitterung, die in der rothen Lava, wie schon die Farbe anzeigt, weiter vorgeschritten ist. Die von der Analyse nachgewiesene geringere Acidität stimmt gut mit den Ergebnissen der mikroskopischen Untersuchung überein, insofern als die Plagioklase hier durchschnittlich eine etwas grössere Auslöschungsschiefe aufweisen, als in der eingeschlossenen schwarzen Lava. Der Unterschied zwischen beiden ist übrigens sicher grösser, als in den Analysen zum Ausdrucke kommt, da bei der innigen Verwachsung keine vollkommene Trennung der schwarzen und rothen Substanz zu erreichen war.

Der beträchtliche Ueberschuss, den Analyse III aufweist, dürfte hauptsächlich auf Rechnung der Kalibestimmung zu setzen sein, die wahrscheinlich um 1—2 Procent zu hoch ausgefallen ist.

In der Bezeichnung des Gesteins schliesse ich mich v. Ammon an, indem ich die Zurechnung zum Dacit weniger auf den schwankenden und local selbst verschwindenden Quarzgehalt, als

<sup>1)</sup> Bei Abich steht: 100, 19.

auf die beträchtliche Acidität gründe. Legt man hierauf das Hauptgewicht, so kann bei der Einreihung in das System die oft schwer zu entscheidende Frage, ob der Quarz als eigentlicher Gesteinsgemengtheil oder als Einschluss zu betrachten sei, unberücksichtigt bleiben. Ich möchte selbst das Auftreten von Augitsäumen in dieser Beziehung nicht als entscheidend ansehen<sup>1)</sup>; warum sollte magmatische Corrosion und dadurch bedingte Mineralneubildung nicht ebenso gut beim Quarz vorkommen können wie bei anderen Gemengtheilen — etwa Hornblende oder Biotit —, deren Zugehörigkeit zu den betreffenden Gesteinen wohl noch nie aus diesem Grunde bezweifelt worden ist!

Wollte man ein Gestein nur nach seinen Mineralausscheidungen beurtheilen, so würde man z. B. in der schwarzen Elbruslava mit ihren verhältnismässig reichlichen Bisilicaten und ziemlich basischen Plagioklasen bei ganz verschwindendem Quarzgehalte ein ziemlich kieselsäurearmes, kalk-, magnesia- und eisenreiches Gestein vermuthen, während die Analyse hier circa 68 Procent  $Si O_2$  nachweist.

Die Kieselsäure ist offenbar zum grösseren Theile in der Glasbasis enthalten. Der grössere Quarzreichtum der besser individualisirten grauen Lava, deren Gehalt an  $Si O_2$  ich zu 65·38 Procent bestimmte, ist wahrscheinlich nicht zufällig: die Quarzbildung ist in diesen Gesteinen proportional ihrer krystallinen Differenzirung überhaupt.<sup>2)</sup> Unter diesem Gesichtspunkte scheint es mir auch richtiger, hier den Quarz — trotz der Augitsäume — als Gesteinsgemengtheil zu betrachten, nicht als Einschluss.

## 2. Andesitvorkommen längs der Grusinischen Strasse.

Die grosse Heerstrasse, welche dem Thale des Terek auf der Nordseite, dem der Aragwa auf dem Südabhange folgend den Kaukasus überschreitet, wird in ihrem mittleren Theile begleitet von Eruptivmassen, die in Form von Vulcankegeln und mächtigen, in die Thäler herabsteigenden Lavaströmen einen hervorstechenden Zug im landschaftlichen und geologischen Bilde dieses Gebirgsabschnittes ausmachen.

<sup>1)</sup> Auch K ü c h (Geol. Stud. in Colombia 125) und Belowsky (Equat. West-Cord. 49) erwähnen z. B. diese Erscheinung in Gesteinen, die sie zum Dacit stellen.

<sup>2)</sup> Vergl. hierüber auch K ü c h, l. c. 180 f. Ebenso bezeichnet Lagorio (l. c. 21, 29, 35) den Quarz lediglich als Bestandtheil der vollkrystallinen Andesite und betont sein Fehlen in den halbglasigen und glasigen Varietäten.

Zwei Eruptivcentren scheinen hauptsächlich den Austritt dieser gewaltigen Massen vermittelt zu haben.<sup>1)</sup> Auf dem Nordabhange bezeichnet der Kasbek, der als einzelner Vulcanriese ähnlich dem Elbrus ein weites Gebiet beherrscht, den Mittelpunkt der Eruptivthätigkeit. Nicht in gleichem Masse concentrirt erscheint diese in dem südlicher gelegenen Gebiete bei Kobi und am Kreuzbergpasse (Krestówaia Gorà). Hier vertheilte sich ihre Wirksamkeit auf eine Reihe kleinerer Vulcankegel, welche in ostwestlicher Richtung aneinandergereiht, einem in diesem Sinne verlaufenden Spaltensysteme<sup>2)</sup> entsprechen dürften.

Petrographisch erscheinen die Laven beider Gebiete, soweit sich nach dem mir vorliegenden Materiale<sup>3)</sup> beurtheilen lässt, durchaus zusammengehörig. Auch sie gehören der Andesitfamilie an und sind bald als Hornblende-, bald als Pyroxenandesite<sup>4)</sup> entwickelt. Von den Elbruslaven unterscheiden sich diese Gesteine durch den durchwegs niedrigeren, im Mittel etwa 60 Procent betragenden Kieselsäuregehalt.

Die mineralogische Ausbildung ist ziemlich mannigfaltig. An der Zusammensetzung der Grundmasse nimmt neben mehr oder weniger reichlichen Resten glasiger Basis und neben Plagioklas stets auch Pyroxen theil, entweder ausschliesslich als monokliner Augit oder es treten nebeneinander Augit und Hypersthen in der Grundmasse, in wechselndem Verhältnisse, auf. Das Vorhandensein oder Fehlen des Hypersthens in der Grundmasse scheint im übrigen keine erhebliche Gesteinsverschiedenheit zu bezeichnen.

Als Einsprenglinge erscheinen Plagioklas, Hornblende, beide Arten Pyroxen, sowie — als charakteristischer Gemengtheil dieser Gruppe — Olivin. Das Auftreten des letzteren ist in diesen doch immerhin noch recht saueren Gesteinen um so bemerkenswerter,

<sup>1)</sup> S. die geol. Uebersichtskarte von Favre.

<sup>2)</sup> Loewinson-Lessing, Guide, XXII, pag. 21 f.

<sup>3)</sup> Bei der Beschleunigung, mit welcher die Gruppe der grossen Excursion, zu der Verf. gehörte, die letzte, welche den Kaukasus überschritt, nach Tifis geführt werden musste, konnten die Aufsammlungen auf dieser Route nur sehr lückenhaft sein, daher dieses Gebiet in meiner Collection am schwächsten vertreten ist.

<sup>4)</sup> Auch Tschermak, l. c. 108, stellt die von ihm untersuchten, von Favre gesammelten Vorkommen dieser Gegend theils zum Augitandesit (zum Theile noch mit Hornblenderesten), theils zum Amphibolandesit. Des Olivins geschieht in seiner Beschreibung keine Erwähnung.

als damit, auch bei den Augitandesiten, keineswegs eine Annäherung an den basaltischen Typus verbunden ist.

Als nicht dem eigentlichen Gesteinsgewebe angehörige, vielleicht sublimirte Bestandtheile wurden in einem Falle Tridymit<sup>1)</sup> und dünne haarförmige Hornblendenädelchen in den Poren des Gesteins beobachtet.

#### a) Kasbek.

Dieses Eruptivgebiet ist durch wenige in der Umgebung der Station Kasbek gesammelte Stücke vertreten. Es sind hell oder dunkler graue, auch durch Verwitterung roth gefärbte Laven von meist etwas poröser Structur.

Makroskopisch erkennbare Bestandtheile sind in erster Linie Plagioklas, dessen meist kleine oder mittelgrosse, selten über 5 Millimeter lange Einsprenglinge nicht besonders reichlich auftreten. Selten sind kleine Hornblendepismen erkennbar. Quarzkörnchen, oft deutlich angegriffen, sind in allen Stücken zu bemerken, zuweilen ziemlich reichlich. Olivin in gelbbraunen, glänzenden Kryställchen mit metallischen Anlauffarben ist (makroskopisch) nur in einer der mir vorliegenden Laven, einem schlierig schwarz und roth gefleckten Gestein, erkennbar, in diesem aber recht häufig. Wahrscheinlich diesem Gebiete gehört auch das erwähnte, in Hohlräumen Tridymit und Hornblende enthaltende Gestein an. Ich fand es bei der Station Kasbek als Baumaterial; jedenfalls entstammt es der nächsten Umgegend.

Das mikroskopische Bild ist bei den vorliegenden Gesteinen des Kasbekgebietes ein ziemlich einheitliches. Die in der Regel nahezu vollkommen individualisirte Grundmasse besteht vorwiegend aus Plagioklas, daneben auch aus Pyroxen, und zwar zumeist Augit. Wo ausserdem rhombischer Pyroxen erscheint, bleibt seine Menge doch stets unter der des monoklinen. Magnetit ist in mässiger Menge wie gewöhnlich in der Masse vertheilt.

Die Structur ist — bei vollkommener, leistenförmiger Ausbildung der Plagioklasmikrolithen — in der Regel deutlich fluidal, der sogenannten trachytischen ähnlich; bei unvollkommenerer Individualisirung, wo deutliche Reste glasiger Basis vorhanden sind, würde die

<sup>1)</sup> Auch Lagorio, l. c. 21, erwähnt das Vorkommen von Tridymit in einem Gestein vom Gipfel des Kasbek.

Structur als „pilotaxitisch“ zu bezeichnen sein. Dagegen wurde hyalopilitische Structur hier nicht beobachtet, ebensowenig vitrophyrische Ausbildung. Als Einsprenglinge sind Plagioklas, Hornblende und Pyroxen verbreitet, dazu gesellt sich der Olivin auch in den Vorkommnissen, in denen er makroskopisch nicht zu erkennen ist.

Bezüglich des Quarzes, der in gerundeten Körnern, stets von den bekannten Augitsäumen umgeben, ziemlich gleichmässig verbreitet, wenn auch nicht gerade häufig ist, lässt sich hier noch weniger als bei den Elbruslaven entscheiden, ob man ihn als Einsprengling, d. h. also als Gesteinsgemengtheil, oder als fremden Einschluss zu betrachten hat.

Ueber die Ausbildung der Gemengtheile im einzelnen bleibt wenig zu sagen.

Der Plagioklas erscheint in der Grundmasse, wie bemerkt, in Form gut ausgebildeter Leisten, nicht als Skelette. Ihre Auslöschungsschiefe erreicht ziemlich hohe Werte: in Schnitten  $\perp$  (010)  $30-35^\circ$ ; bei gleichzeitiger Zwillingsbildung nach dem Karlsbader und dem Albitgesetz ergeben sich Differenzen von  $18-20^\circ$ . Die Mikrolithen wären also dem Labrador ( $Ab, An - Ab_3, An_4$ ) zuzurechnen.

Einsprenglinge von Plagioklas sind verhältnismässig spärlich. Die Zwillingsstreifung ist nicht sehr entwickelt, manchen Individuen fehlt sie ganz. Bei diesen kann man nur an der Lichtbrechung die Zugehörigkeit zum Plagioklas erkennen. Auch die äussere Formentwicklung zeigt bemerkenswerte Unvollkommenheiten. Namentlich die grösseren Individuen erscheinen oft eiförmig gerundet, wie angeschmolzen. Daneben kommen allerdings auch wohl ausgebildete automorphe Krystalle vor. Die Mineralsubstanz ist im ganzen ziemlich rein; Einschlüsse von Glas und Grundmasse in den bekannten allverbreiteten Formen spielen im ganzen nur eine geringe Rolle. Nach der Auslöschung ( $30-35^\circ$ ) gehören die Einsprenglinge zum Labrador, sind also nicht nachweislich verschieden von den Mikrolithen.

Hornblende muss, wenigstens in dem ursprünglichen Gesteinsbestande, einen wesentlichen und auch wohl ziemlich reichlichen Gemengtheil gebildet haben. Jetzt findet man fast nur noch Opacitflecken, deren Umriss jedoch stets deutlich die Hornblendeform wiedergibt, oder auch Haufwerke von Augit und Magnetit, die wohl

gleichen Ursprungs sind, diesen aber nicht so klar in ihren Umrissen erkennen lassen. In den seltenen Fällen, wo im Inneren dieser Neubildungen noch ein Kern des Urminerals enthalten ist, sieht man eine braune Hornblende ähnlich der beim Elbrus beschriebenen.

Pyroxene spielen als Einsprenglinge nur eine sehr untergeordnete Rolle. Augit ist — ausser in der Grundmasse — selten. Die eigenthümliche Beschaffenheit seiner grösseren Individuen (unterbrochene Raumerfüllung, Imprägnation mit Opacit etc.) scheint zuweilen seine epigenetische Bildung (nach Hornblende) anzudeuten. Rhombischer Pyroxen (Hypersthen) kommt als Einsprengling wohl vor, bleibt aber stets vereinzelt und erreicht nur bescheidene Dimensionen. Die gesetzmässige Verwachsung beider ist in bekannter Weise sowohl an den mikrolithischen als an den grösseren Individuen zu beobachten.

Olivin tritt in allen vorliegenden Kasbeklaven, zum Theil reichlich, auf. Er erscheint meist in Form wohl ausgebildeter Krystalle, theils so klein, dass man sie der Grundmasse zurechnen muss, theils zur Grösse makroskopischer Einsprenglinge anwachsend.

Letztere haben zum Theil weitgehende Corrosion von innen heraus erlitten, so dass zuweilen nur noch eine den äusseren Umriss bewahrende Hülle vorhanden ist (vergl. die Abb. in Rosenbusch I, Taf. XVIII, Fig. 5). Der Olivin ist entweder ganz frisch oder nur wenig unter Ausscheidung von Eisenoxyden zersetzt. Häufig ist die auch sonst beobachtete Spaltbarkeit nach (001)<sup>1)</sup> wahrzunehmen.

Der Quarz erscheint, wie schon erwähnt, in Form gerundeter, von Sprüngen durchzogener Körner stets umgeben von dem bekannten Kranz von Augitkryställchen.

Biotit wurde niemals beobachtet.

Ueber die systematische Stellung, beziehungsweise die Benennung dieser Kasbeklaven kann man getheilte Ansicht sein. Ich möchte sie als Hornblendeandesite bezeichnen, da einerseits die Hornblende, wenn auch stets mehr oder weniger stark umgewandelt, als ursprünglicher Gemengtheil fast immer deutlich erkennbar ist und andererseits die Menge des vorhandenen Pyroxens

<sup>1)</sup> Dannenberg, Der Leilenkopf ein Aschen vulcan des Laacherseegebietes. Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1891, pag. 113 f. — Elich, Gest. d. ecuat. Westcordill., 23. — Esch, Gest. d. ecuat. Ostcordill., 44. — Belowsky, Gest. d. ecuat. Westcordill., 50.

mir nicht bedeutend genug erscheint, um die Bezeichnung auf dieses Mineral zu gründen.

Von dem normalen Typus eines Hornblendeandesits entfernen sich unsere Gesteine freilich in mehrfacher Hinsicht. Erstens durch das oft reichliche Auftreten des Olivins, zweitens durch den allerdings nicht sehr erheblichen Quarzgehalt. Das Zusammenvorkommen beider ist vielleicht das Auffallendste hiebei. Diese Vergesellschaftung ist allerdings auch schon beobachtet worden, und zwar bemerkenswerter Weise gerade in der unserer kaukasischen petrographisch und geologisch so nahestehenden südamerikanischen Provinz. So erwähnt *Belowsky*<sup>1)</sup> das Auftreten des Olivins „in manchen Andesiten und Daciten aus dem Gebiete von Tulcan-Rio Chota und der Escaleras-Berge“. Ebenso erwähnt *Küch*<sup>2)</sup> das gelegentliche Zusammenvorkommen von Quarz und Olivin in der Gruppe der Amphibol-Pyroxenandesite und sagt weiter: „Sehr bemerkenswert ist die relative Häufigkeit des Olivins in diesen, dem Basalt absolut fernstehenden Gesteinen. Er bildet immer grössere, meist unregelmässige Körner und lässt sich schon mit der Lupe im Handstück erkennen.“ Alles das findet uneingeschränkt auch auf unsere Gesteine Anwendung.

Will man den Quarz als Gesteingemengtheil gelten lassen, so könnte die Bezeichnung *Dacit-Andesit* berechtigt scheinen, zumal auch der Kieselsäuregehalt für einen Andesit noch recht hoch ist.<sup>3)</sup>

Ich fand in der grauen Lava 60·6 Procent  $SiO_2$ , in der roth und schwarz gefleckten, die ausserdem durch den Reichthum an makroskopisch sichtbarem Olivin charakterisirt ist, dagegen nur 58·1 Procent  $SiO_2$ .

*Loewinson-Lessing* theilt die vollständige Analyse eines „Andesitodacits“ vom Kasbek mit (siehe Anmerkung), welche folgende Werte ergab:  $SiO_2$  61·90;  $Al_2O_3$  17·28;  $Fe_2O_3$  1·70;  $FeO$  5·76;  $CaO$  4·68;  $MgO$  2·76;  $K_2O$  1·80;  $Na_2O$  2·52; Glühverlust 1·30. Zusammen 99·70. Für einen anderen „Andesitodacit“ des Kasbek gibt derselbe Autor<sup>4)</sup> an  $SiO_2$  61·22 Procent.

<sup>1)</sup> Gest. d. equat. Westcord., 49.

<sup>2)</sup> *Reiss und Stübel*, Geol. Stud. i. d. Rep. Columbia I, Petrographie, 1. die vulcan. Gest., 47. Vergl. auch *Zirkel*, Lehrb. II, 573.

<sup>3)</sup> *Loewinson-Lessing*, l. c. 377; 40, Nr. 116, führt einen „Andesitodacit“ von Kasbek auf. Ich würde für die mir vorliegenden Gesteine „Dacit-Andesit“ vorziehen, da ich sie eben doch für Andesite halte.

<sup>4)</sup> *Ibid.* 378; 49, Nr. 44.

## b) Gudaaur-Mleti.

Von dem südlichen der beiden früher besprochenen Eruptivgebiete an der Grusinischen Strasse liegen mir nur zwei Proben vor. Beide sind dem Anstehenden entnommen.

Das eine, von einem höheren Strome an den Serpentinien der Strasse gelegen, wo diese sich jäh ins Aragwathal hinabsenkt, unweit Gudaaur stammend, zeigt äusserlich grosse Aehnlichkeit mit der erwähnten, schwarz und roth gefleckten Lava des Kasbekgebietes. Wie diese lässt sie schon makroskopisch kleine Körnchen von Olivin erkennen. Ausserdem bemerkt man vereinzelt grössere, roh prismatische, im Inneren zuweilen hohle Körper von schwarzer Farbe, die vielleicht früher Einsprenglinge von Hornblende waren. Andere makroskopische Ausscheidungen sind nicht erkennbar.

U. d. M. zeigt das Gestein fast vollkrystalline Entwicklung. Die Grundmasse besteht aus gut leistenförmig ausgebildetem Plagioklas — nach der Auslöschungsschiefe ein basischer Labrador —, sowie reichlichen Pyroxenmikrolithen. Letztere gehören vorwiegend dem Hypersthen an, doch tritt daneben auch ziemlich reichlich Augit auf. Magnetit findet sich nur in verhältnismässig geringer Menge. Die Structur ist fluidal, was namentlich um grössere Einsprenglinge herum deutlich hervortritt.

Entsprechend dem schwarz und roth marmorirten Aussehen im Handstück unterscheidet man mikroskopisch einen Wechsel von stärker verwitterten, mit Eisenhydroxyd imprägnirten und frischeren Partien. Beide sind innig mit einander verwoben, ohne scharfe Abgrenzung. Eine Ursache dieses verschiedenen Verhaltens ist nicht ersichtlich.

Als Einsprengling erscheint am häufigsten Hypersthen, der in ziemlich grossen Individuen reichlich verbreitet ist, daneben, aber untergeordnet, auch Augit.

Olivin ist ziemlich reichlich vorhanden. Es findet auch dieses Auftreten seine genaue Parallele in gewissen südamerikanischen Pyroxenandesiten, von denen Küch<sup>1)</sup> schreibt, dass das Eintreten des Olivins in das Mineralgemenge keineswegs immer eine Annäherung an Basalt bedeute, „indem sich eigenthümlicher Weise ein nicht unbeträchtlicher Oliviningehalt zuweilen in sonst ganz basalt-

<sup>1)</sup> l. c. 21.

unähnlichen, ja gar nicht so selten in quarzführenden Andesiten findet“.

Ausser den als Einsprenglinge aufgeführten Mineralen beobachtet man vereinzelt grössere Opacithaufwerke, welche auch Augit, Plagioklas und Hypersthen umschliessen. Sie dürften den vorher erwähnten prismatischen Körpern entsprechen und umgewandelte Hornblende darstellen, doch haben sie deren Form nur unvollkommen bewahrt und sind auch zu vereinzelt, um für den Gesteinscharakter massgebend zu sein.

Einsprenglinge von Feldspath sind auch mikroskopisch nicht zu constatiren.

Nach den angeführten Merkmalen muss das Gestein als *Hypersthenandesit* bezeichnet werden.

Das zweite Gestein dieser Region ist etwas tiefer an der Strasse geschlagen und gehört dem mächtigen Strome an, der sich auf der linken Seite des Aragwathales bis unterhalb Mlet<sup>1)</sup> erstreckt. Das an der Strasse trefflich aufgeschlossene Gestein zeigt schöne Säulenabsonderung und ausserdem eine Quertheilung der Säulen in dünne horizontale Platten. Es ist von grauer Farbe und entbehrt, wie das vorige, fast aller makroskopischen Einsprenglinge mit Ausnahme des Olivins, der hier jedoch weniger reichlich ist. Mikroskopisch zeigt sich das Gestein, neben einem nicht unbedeutenden Reste von glasiger Basis, wesentlich aus Plagioklas- und Pyroxenmikrolithen zusammengesetzt. Beide zeigen unregelmässige Ausbildung, keine ausgesprochene Leistenform.

Der Plagioklas muss nach seiner Auslöschung — Maximum in der Zone  $\perp \{010\}$  etwa  $25^\circ$  bis  $28^\circ$  — für einen saureren Labrador ( $Ab_1 An_1$ ) gelten. Unter den Pyroxenen ist der Augit vorherrschend.

Als Einsprengling tritt auch mikroskopisch lediglich Olivin auf. Einzelne etwas grössere Augite könnten vielleicht auch als solche gelten, doch sind hier alle Grössenabstufungen bis herab zu den Mikrolithen vorhanden, so dass sie nicht als selbständige ältere Generation gelten können. Feldspatheinsprenglinge fehlen gänzlich, ebenso jede Spur etwa früher vorhandener Hornblende.

---

<sup>1)</sup> Sehr schön, vielleicht mit übertriebener Deutlichkeit, ist dieser Strom auf der Uebersichtskarte von Favre zur Darstellung gebracht.

Das Gestein steht dem vorhergehenden offenbar sehr nahe. Der Hauptunterschied liegt in der Natur des Pyroxens, der hier vorwiegend monoklin, dort ebenso überwiegend rhombisch ist.

Die Lava von Mleti ist daher ein (olivinführender) Augitandesit.

Den Kieselsäuregehalt fand ich zu 58 Procent.

Loewinson-Lessing<sup>1)</sup> theilt die Analyse eines Gesteins mit, das vielleicht mit dem unseren ident ist, wie folgt: „41 Andesit Nr. 70 c von Mleti“.

<i>SiO</i> <sub>2</sub>	.	57·01
<i>Al</i> <sub>2</sub> <i>O</i> <sub>3</sub>	.	19·02
<i>FeO</i>		5·82
<i>CaO</i>	.	6·92
<i>MgO</i>	.	5·47
<i>K</i> <sub>2</sub> <i>O</i>	.	1·63
<i>Na</i> <sub>2</sub> <i>O</i>	.	4·49
Glühverlust	.	0·20
Zusammen	.	100·56

<sup>1)</sup> l. c. 377.