

## Geologische Nachlese.

Von

**Albert Heim.**

---

Nr. 9.

Querprofil durch den Central-Kaukasus, längs der crusinischen Heerstrasse, verglichen mit den Alpen.

(Hierzu Tafel 2.)

Bei Gelegenheit des VII. internationalen Geologenkongresses in Russland wurde eine Exkursion durch den Kaukasus unternommen. In vier Gruppen zu je ca. 60 Teilnehmern durchquerten wir das Gebirge im Wagen von Wladikawkaz nach Tiflis. Die Reise dauerte vier Tage. Man hielt unterwegs an, konnte auch einzelne Seitentouren unternehmen und vorher oder nachher, je nachdem man zur ersten oder letzten Gruppe eingeteilt war, auch noch in der nördlichen oder südlichen Nebenzone einige merkwürdige Stellen besuchen. Nicht überall begünstigte uns die Witterung. Die russischen Kollegen haben sich alle Mühe gegeben, allein es ist selbstverständlich, dass von einem ruhigen Untersuchen nicht und nirgends die Rede sein konnte. Man war durchweg notwendig an die Zeiten gebunden und musste mit der Masse zusammenhalten; vielfach glich deshalb unser Zug eher einem Militärtransport als einer wissenschaftlichen Exkursion. Die Zahl der Teilnehmer war eben zu gross. In Einzelheiten konnte man nirgends eingehen; es war nur möglich, einen schematischen Ueberblick durch das begangene Querprofil zu gewinnen. Die Angaben des gedruckten geologischen Reiseführers, für diesen Teil verfasst von Herrn Prof. Loewinson-Lessing, fanden wir fast durchweg als richtig. Das diesem Führer beigegebene Querprofil ist ebenso in den darin niedergelegten Beobachtungen grösstenteils richtig. Wir können kaum prinzipiell neues beifügen. Hingegen ist es mir gelungen,

teils stehend, teils im Gehen und im Fahren fast lückenlos der Querstrasse entlang Bergformen und Schichtlagen so zu skizzieren, dass ich dann durch Zusammensetzung der Skizzen an Hand der Dimensionen, die uns die russische Karte in 1:420000 giebt, ein Querprofil durch den Kaukasus auf der Linie der crusinischen Heerstrasse entwerfen konnte, welches zwar nur ein vorläufiges, auf Besseres harrendes und sehr unvollkommenes Bild ist, aber doch etwas mehr als die bisher publizierten Profilstücke bietet und manchem Geologen und Geographen gerade als Uebersichtsbild in annähernd richtigen Proportionen erwünscht sein dürfte. Einige weitere Skizzen gebe ich nebenbei. Auf Fournier's Darstellungen habe ich hier keine Rücksicht genommen. Das meiste, was wir bisher über den Central-Kaukasus und die Linie an der crusinischen Heerstrasse wissen, verdanken wir ja Abich, Favre, Loewinson-Lessing und einigen andern russischen Kollegen, die nähere Kenntnis der Gletscher besonders Douglas, W. Freschfield. Indessen es ist hier nicht meine Aufgabe, litterarische gerechte Nachweise zu geben, weil ich nicht einen Aufsatz über die Geologie des Kaukasus zu schreiben mich vermesse. Dazu war unser Besuch viel zu flüchtig. Es handelt sich für mich nur darum, meine Profilskizze zu geben und den Vergleich mit den Alpen aus eigener Anschauung zu ziehen, welche beiden Dinge vielleicht nicht für alle Exkursionsteilnehmer so leicht möglich gewesen sind, wie für mich.

### *I. Von den äusseren Formen des Kaukasus.*

Betrachten wir das Gebirge erst aus der Entfernung von aussen und treten wir nachher in dasselbe hinein. Von der Nordseite, also z. B. von der Bahnlinie Piatigorsk-Wladikawkaz gesehen, gewährt der Kaukasus vielfach ein imposantes Bild. Er erinnerte mich am meisten an die Alpen, gesehen von der bayrischen Hochebene. Seine Vorberge sind aber vielfach sehr langweilig gestaltet. Weithin steigen die Schichten ganz langsam gegen das Gebirge an (Fig. 1 Profil) während in den nördlichen Randketten der Alpen die Falten nördlich überliegen und deshalb die Berge ihr steiles Gesicht gegen das Vorland wenden. Nirgends sahen wir den Kaukasus etwa so wie die Alpen von Zürich, von Bern, vom Jura. Um ein gross-

artiges Kammbild des Kaukasus zu erhalten, müsste man schon auf die höheren Berge des armenischen Hochlandes südlich von der Kura und dem Rionflusse gehen. Südlich ob Tiflis liegt der Festungsberg. Ich reproduciere (Fig. 2) die Zeichnung, die ich von dort oben bei hellster Witterung durch den Feldstecher am 21. September 1897 aufgenommen habe. Der 5044 m hohe Kasbek sieht von dort weniger bedeutend aus, als der Bristenstock von Zürich.

Eine Art Aufrissbild oder Längsansicht von dem östlichsten Teile der Kaukasuskette gegen das Streichen gesehen, konnte ich aus fahrendem Bahnzuge an dem wolkenlosen Morgen des 24. September zeichnen (Fig. 3). In gleicher Weise skizzierte ich den westlichen Flügel (Fig. 4) vom Dampfschiff Xenia während der Fahrt auf dem schwarzen Meer am 28. September von westlich vorschreitenden Standpunkten aus zu verschiedenen Tagesstunden. Ich gebe diese Skizzen trotz ihrer Schlichtheit wieder. Sie zeigen, dass in diesen Teilen nach den äusseren Formen der Kaukasus weit mehr an den Appenin, als an die Alpen erinnert. Im landschaftlichen Charakter sind aber das Westviertel und das Ostende des Kaukasus von einander ganz verschieden. Die östlichen Ausläufer sind kahle Felswüste, ein vollkommen ödes, enorm von Thälern und Schluchten und Schlüchtchen durchfurchtes gelbbraunes Gebirge. Das westliche Viertel des Kaukasus dagegen ist walddreich. Die Ufererosion durch das Meer arbeitet sogar schneller als die Thalbildung, und hat in steilen Uferklippen den Profilschnitt der Thalfurchen und der zwischenliegenden Geräte entblösst (z. B. von der Zemesbucht bis gegen Noworossiiskaja Fig. 4) ohne dass die Thalfurchen bisher im Einschneiden dem Meer überall nachzukommen vermocht hätten. Dort also im Ostkaukasus, trotz grösserer Trockenheit wegen der Kahlheit und der Platzregen beschleunigte, hier im Westkaukasus durch den geschlossenen Wald trotz der häufigeren aber ausgeglicheneren Niederschläge verlangsamte Thalbildung.

Nur das mittlere Drittel des langen Kettengebirges hat hochalpinen Formentypus. Ganz besonders grossartig ist derselbe in der Granitzone entwickelt, welcher auf der ganzen Linie zwischen Kasbek und Elbrus die höchsten Gräte und Gipfel angehören. Leider bot sich mir keine Gelegenheit, vom Central-Kaukasus ein

Uebersichtsbild aus der Entfernung zu zeichnen. Ich muss auf die herrlichen Photographien von Vittorio Sella und die Darstellungen von Freschfield verweisen. Sowohl von der Nordseite am 16. bis 18. September als auch von dem Bahnzuge Baku-Tiflis am Morgen des 26. September konnte ich das Gebirge nur lückenhaft und vorübergehend zwischen den Wolken durch erblicken. Es erinnert besonders von der Südseite an die Alpen aus der Poebene gesehen, aber die Gipfel und Kämme sind im allgemeinen etwas weniger reich und scharf gegliedert, als bei den Alpen. Frischer Schnee reichte am 26. September bis ca. 3500 m herab.

Die Thalformen, die Pässe im Innern des Kaukasus sind in der Regel den Alpen ähnlich. Besonders an den Gehängen der Thäler des Südabhanges sind bis hoch hinauf oft sehr schöne Fels-Erosionsterrassen, unabhängig von Beschaffenheit und Lagerung des Gesteines, zu sehen, ganz ähnlich wie in den Alpen. Dagegen sind in den von uns begangenen Thälern der Terek und der Aragwa die Thalstufen bei weitem nicht so kräftig ausgebildet, wie z. B. im Reussthal, Rheinthal etc. Man trifft hier nicht oberhalb steiler Schluchten plötzlich wieder auf flache sanfte Thalböden. Auch die engen Durchbrüche, wie z. B. die Darielschlucht, stellen im Längsprofile keine so prägnanten Abstürze dar, wie ähnliche in den Alpen, z. B. die Schöllenschlucht. Das Thal der Aragwa hat von Mlety 1474 m bis zum Zusammenfluss mit der Kura 485 m ziemlich gleichförmiges Gefälle. Auf der enorm langen Strecke ist eine Differenz von Stromschnelle und Thalstufe nicht bemerkbar. Einen Wechsel, wie Rheinwaldthal — Rofna — Schams — Via Mala — Domleschg und viele ähnliche in den Alpen, haben wir auf unserem Querwege nicht getroffen. Der Thalabfall ist also gleichförmiger, nicht so prägnant in Abschnitte gestuft wie in den Alpen. Damit in Zusammenhang fiel mir auch auf, dass die Seitenthäler meist ziemlich flach in gleichem oder nur wenig höherem Niveau in die Hauptthäler münden. Die in den Alpen so gewöhnlichen Steilabstürze der Seitenthäler bei der Mündung ins Hauptthal habe ich in dem von uns durchgangenen Teil des Kaukasus nicht gesehen. Dem entsprechend fehlen auch die grossen Wasserfälle. Ich erinnere mich wohl an Flussschnellen, aber an keinen Wasserfall aus dem Kaukasus, sie treten jedenfalls an Häufigkeit sehr zurück im Vergleich mit den Alpen.

Die Thalformen des Kaukasus sind auch in ihren Zusammensetzungen im ganzen einfacher, weniger verwickelt, als in den Alpen. Es scheint, dass die Schicksale der Thäler noch weniger mannigfaltig gewesen sind im Kaukasus als in den Alpen. Damit in Uebereinstimmung fehlen im Kaukasus die Thalseen vollständig, und das ist eigentlich der am stärksten in die Augen fallende landschaftliche Unterschied, der sehr zu Ungunsten des Kaukasus wirkt. Es giebt nur Bergseen; aber auch diese sind nicht zahlreich und meist klein. Die von uns besuchten grossen Querthäler zeigen auch keine anderen Spuren dafür, dass eine nachträgliche Einsenkung des durchhalten Gebirges stattgefunden habe. Es fehlen die breiten Alluvialböden, die tief ins Gebirge hineinreichen und gleich an den wilden Stromschnellen abstossen, wie sie in den Alpen so verbreitet sind, — es sind somit auch nicht etwa Seen vorhanden gewesen, die seither aufgefüllt worden wären. Der Kaukasus ist noch nicht ins Stadium der Randseenbildung getreten, er entspricht noch den Alpen im Beginn der ersten Interglacialzeit. Man sieht hieraus abermals, dass die Gletscher nicht Seebecken bilden, denn wie Abich und Favre gezeigt haben, reichten z. B. im Thale der Terek die Gletscher weit über Wladikawkaz hinaus; das Thal ist aber dennoch nicht zum Seebecken ausgeschliffen worden.

Das Einzelne der Gestaltung hingegen ist im Kaukasus ganz so wie in den Alpen. Am Absturz der Moränterrasse im untern Terekthal sah ich Erdpfeiler genau wie in den Alpen. In grosser Zahl treffen wir auf Wildbachgebiete, die ganz wie die alpinen gebaut sind. Aus den Seitenthälern heraus wachsen überall Schuttkegel der verschiedensten Dimensionen. Manchmal frisst der Hauptfluss den Schuttkegelfuss an, manchmal hat auch der Wildbach sich in seinen eigenen Schuttkegel mit dem Hauptfluss wieder tief eingeschnitten; an andern Orten überschüttet er denselben mit grossen Muhrgängen. Die Spuren von allerlei Rutschungen an den Gehängen und andere Beweise der fortgehenden Formung durch Erosion und Verwitterung sind häufig. Die Grat- und Gipfformen der höheren Regionen, die Thalglletscher und Hängeglletscher, die Schneegräte und Schneemulden, die Lawinenfurchen und Steinschläge, die Schutthalden und Felsen sind in ihren äusseren Formen so durchaus gleichartig wie in den Alpen, die Gestalten sind auch

hier mit einziger Ausnahme der konischen Gipfel von Kasbek und Elborus so sehr vorherrschend von Erosion und Verwitterung modelliert, dass auch ein Kenner die herrlichen, von Sella photographierten Kaukasusgipfelpanoramen für Bilder aus den Alpen halten könnte. Für die tieferen Regionen freilich, besonders auf der Nordseite und im Gebiete der Heerstrasse, wäre diese Verwechslung deshalb nicht möglich, weil hier im Kaukasus der Tannenwald, sogar überhaupt aller Wald mit Ausnahme an der äussersten Randzone fehlt. Es fehlen die freundlichen Häuser und Dörfer, es fehlt das liebliche Farbengewebe, das bei uns aus dem gepflegten Wechsel von Wald, Wiese und Feld, Hecke, Weg, Haus und Scheune etc. entstanden ist. Das Bild ist trotz gleicher Bergformen ein ganz anderes, ein weit weniger schönes, besonders kein „lachendes.“ Landschaften, wie etwa die Umgebungen des Vierwaldstättersee, Thunersee etc. finden sich nirgends im Kaukasus. Schöne Wälder sind in den einsamen Thälern vorhanden, hingegen im Thal der Terek längst vollständig vernichtet. Zur Zeit unseres Besuches, 17. bis 29. September, waren die spärlichen Weiden auf dem Nordabfall braun und steppenartig; alles sah öde und kahl aus. Erst gegen die Passhöhe wurden die Weiden etwas grün und am Südabhang sah die Gegend bis gegen Tsilkany in der Vegetation noch frisch aus. Nur an einzelnen Stellen wie bei Mlety und wieder bei Duschet bietet der Farbenwechsel von Wiese, Feld und Wald ein wohlthätiges Kulturbild. Dann folgte die verstaubte, verdorrte, steppenartige Umgebung von Tiflis. Nur im Frühling kann es dort wohlthuend und schön aussehen.

## II. Von den Gesteinen des Kaukasus.

### a) Kristalline Schiefer und Sedimentgesteine.

Es fällt beim Durchqueren des Kaukasus sofort auf, dass die enormen centralmassivischen Zonen der Gneisse und Glimmerschiefer, überhaupt der ächten archaischen kristallinen Schiefer, die anderen Hochgebirgen zu eigen sind, im Kaukasus fehlen. In dem Querprofil auf der Linie der crusinischen Strasse giebt es gar keine ächte kristallinische Schiefer, keinen normalen Gneiss. Das sonst vielleicht massenhafteste Glied der Erdrinde

fehlt! In den weiter westlich gelegenen Profilen geben verschiedene Autoren Zonen mit sericitischen Gneissen an. Auch eine Gruppe unserer Exkursionisten haben nördlich am Elborus solche gesehen. Vielleicht sind es Zonen gneissartig gequetschter Granite. Der Sericit deutet darauf hin. Jedenfalls liegt ein durchgreifender Unterschied gegenüber den Alpen in dem fast völligen Zurücktreten der Gneisse und kristallinen Schiefer im Kaukasus.

In ungeheurer Ausdehnung treffen wir auf noch nicht näher bestimmte paläozoische, meist thonschiefrige, hie und da in Kalkschiefer und Kalksteine übergehende Schichtenkomplexe. In dem von uns durchquerten Profil bilden sie auf der Nordseite der granitischen Centralmasse eine bloss 1 bis 2 km breite, auf der Südseite aber eine über 50 km breite Zone. Darin sind Spuren carbonischer Pflanzen und einige undeutliche andere, wahrscheinlich paläozoische Fossilien entdeckt worden. Eine nähere Gliederung fehlt und es würde mich nicht verwundern, wenn später noch ein Teil der Gebilde dieser Zone als jünger sich erweisen sollte. Abich und Favre schon setzen die Grenze zwischen Paläozoicum und Lias verschieden. Die Kalkschiefer gerade im Gebiete der Passhöhe könnten vielleicht noch erkennbare Fossilien liefern. In den Alpen giebt es ähnliche Carbonschiefer. Allein Gesteine, wie die gneissähnlichen carbonischen Sandsteine oder die carbonischen Konglomerate, der Verrucano (Sernifit) etc. der Alpen, haben wir in unserem Kaukasusprofil nicht gesehen; die kaukasischen paläozoischen Schiefer sind viel gleichförmiger und einförmiger als z. B. das alpine Carbon allein.

Zwischen paläozoischen Schiefeln und Liasschiefern kann eine genaue Grenze bisher im Kaukasus nicht angegeben werden. Sie muss aber vorhanden sein, denn der Liasschiefer ist als solcher sicher kenntlich. Bei einigen Minuten Nachsuchen z. B. in der Nähe von Djerakow findet man leicht liasische Fossilien. Es folgen südlich stets gleich gestellte ähnliche Schiefer. Bei Lars aber sind sie paläozoisch geworden. Dazwischen ist wohl eine Paralleltranspressionsfläche zu finden — etwas schwierig, weil kein Facieswechsel mit ihr zusammenfällt.

Hiemit sind wir auf den zweiten grossen, durchgreifenden Unterschied im Baumaterial von Alpen und Kaukasus gestossen: Dem Kaukasus fehlt das Triassystem anscheinend vollständig.

Im Jurasystem finden wir dagegen mehr Analogien, immerhin ohne wirkliche Faciesgleichheit. Der Lias ist auch hier beiderseits der Centralzone vorherrschend thonschiefrig, der Malm corallogen kalkig, aber nicht so tiefmeerisch, wie unser alpiner Hochgebirgskalk ausgebildet. Bei Annanur auf dem Südabhang trifft man herrliche Hornsteine im Jura, und hier auf der Südseite ist der Jura in Gesteinen überhaupt viel wechsellvoller als am Nordabhang, die Kalkschichten sind von Thonschieferzwischenlagen getrennt. Es ist, als ob man hier die erste Annäherung gegen das merkwürdige Gebiet weiter westlich bei Kutais schon empfinde, wo der Jura in Sandsteinen, Eruptivgebilden und Kohlenlagern entwickelt ist. Auf der Nordseite unseres Profiles bildet der Jura mächtige kompakte Kalksteine mit wenig petrographischem Wechsel, und kaum einer sichtbaren Gliederung.

Das Kreidesystem ist am Nordrande im Profil der crusinischen Heerstrasse kaum zu sehen, dagegen haben wir es in der Umgebung von Piatigorsk getroffen. Wladikawkaz und Piatigorsk stehen auf älterem Tertiär (wahrscheinlich Oligocaen, nicht Eocaen). Am Südabhang ist in unserem Profil die Kreide auch nicht zu finden. Eine Ueberschiebung des Jura auf Eocaen scheint sie verdeckt zu haben. Die Aufschlüsse sind dort sehr unzulänglich. Weiter westlich hingegen soll die Kreide vorhanden sein.

Die Tertiärgebilde bauen von Ginvani bis südlich über Tiflis hinaus die Berge und Thalgründe auf. In ihrer jüngeren Hälfte, den Ablagerungen der sarmatischen Stufe, sind sie vielfach im Ansehen vollständig gleich der schweizerischen Molasse mit ihren bunten Mergeln und grauen Sandsteinen. Vulkanische Tuffe bilden einzelne Lager darin. Etwas nördlich Mtzket fanden wir unter einer Ruine an der Strasse einen solchen Tuff, reich an Säugetierzähnen neben Helix und Cardium. Hier aber befinden wir uns schon nicht mehr im eigentlichen Kaukasus, mehr im „kleinen“ oder „Antikaukasus“, welchem auch die Region von Tiflis angehört. Es folgt als jüngere Bildung nur noch das Terrassenkonglomerat von Bodorno an der Südseite und die Moränen- und Fluvioglacialterrassen im Terekthale.

## b) Die Eruptivgesteine des Kaukasus.

Die ältesten Eruptivgesteine des Kaukasus sind als Tiefengesteine entwickelt und entblösst, es sind die Granite. Sie bilden eine bedeutende, nach Favre wohl 225 km lange Centralzone, der die meisten hohen Gipfel und Gletscheraustrahlungsstöcke angehören. In unserem Querprofil ist die Granitzone ihrem östlichen Ende nahe und deshalb nur noch  $5\frac{1}{2}$  km breit. Der Granit ist hellfarbig mit dunklem Glimmer. Er gleicht vielen alpinen Graniten zum Verwechseln. Selten nimmt er in einigen Streifen etwas Augengneisstextur an. Die Grenze gegen die paläozoischen Schiefer auf beiden Seiten ist den Schichten der letzteren ziemlich parallel, zeigt aber deutliche Intrusionen des Granites in den Schiefer. Das ganze Centralmassiv ist vom Terek in der Darielschlucht durchsägt. Dieser Durchbruch erinnert am ehesten an die Schöllenschlucht oder die Rofna, hat aber weit weniger Gefälle und keine Wasserfälle. Das Terekthal ist hier am engsten, wo das Gestein am widerstandsfähigsten ist.

Der Granit der Darielschlucht ist von hunderten prachtvoller Gänge basischer alter Erüptivgesteine durchschwärmt. Es sind Diabase, Diorite, Perphyrite etc. Die Gänge sind 0,2 bis 10 m mächtig. In ihrer Mehrzahl steigen sie fast senkrecht hinauf. Noch in grosser Höhe sieht man sie als dunkelgraugrüne Striche durch die hellgrauen Granitwände hinauflaufen. Stellenweise sind sie so massenhaft, dass sie fast den Granit verdrängen. Die Gänge der basischen alten Eruptivgesteine stechen aus dem Granit hinaus in die südlich daran sich lehrende Zone der paläozoischen Schiefer. Auch diese sind von der Darielschlucht bis über Kasbek hinaus unten im Thalgrund wie oben an den Gräten über dem Devdorakigletscher von solchen Gängen massenhaft durchzogen. Auffallenderweise haben wir aber in der Zone paläozoischer Schiefer, welche nördlich an den Granit anlehnt, keine Eruptivgänge gesehen. Weiter hinauf im Terekthal sind sie auch nicht mehr vorhanden oder werden doch viel spärlicher. Oberhalb Kobi und auf der Südseite der Passhöhe ist mir keiner mehr zu Gesichte gekommen. In den Jurabildungen fehlen sie. Nach dem Magma, welches diese Gänge gebildet hat, könnte man auf die Vermutung kommen, dass dieselben in einem gewissen Zusammenhang mit den gleich zu besprechenden Andesitlavaströmen stünden. Allein diese basischen Eruptivgänge

sind alle viel älter als die gesamte sichtbare Thalbildung, die Andesitlaven hingegen jünger. Die vorherrschend steile Lage der Grünsteingänge erweckt ferner den Verdacht, ihre Lage möchte eine annähernd ursprüngliche sein, d. h. die Gänge nach der Auf-faltung des Gebirges ausgebrochen sein. Gerade im Gebiete des Devdorokgletschers und von da über das Granitmassiv hinweg liesse sich wohl leicht entscheiden, ob die Gänge mitgefaltet sind, oder ob sie erst nach der Faltung ausgebrochen sind. Indessen schlechte Witterung und Mangel an Zeit hinderten jede bezügliche Beobachtung. Nach Loewinson-Lessing sind die Gesteine der Gänge im Devdorokgebiet deutlich stauungsmetamorph, somit doch wohl älter als die Faltung, und somit passiv bei der Gebirgsbildung.

Jüngere saure Eruptivgesteine sind durch die Berge bei Piatigorsk vertreten. Beim Berge Djuza konnte ich mich, dadurch dass ich den Berg oben und an der Ostseite und Nordseite vollständig abließ, von der wirklichen Laccolitennatur des in der Kreide steckenden Ergusses überzeugen. Einige meiner Kollegen haben unterdessen auch Kontaktmetamorphosen an der Unterfläche des den Trachyt bedeckenden aufgewölbten Kreidekalkes gefunden.

Jüngere basische Eruptivmassen liegen in den oligocänen Bergen von Tiflis in und über der Stadt.

Die auffallendsten Erscheinungen des Kaukasus sind aber die modernen Vulkankegel und modernen Lavaströme. Diese Ergussgesteine sind Andesite, mehr Hornblendeandesite am Kasbek, mehr Augitandesite am Elborus. Ihre zartgrauen oder noch öfter leuchtend rötlichen Ströme zeigen meistens herrliche säulenförmige Absonderungen. Aschen- und Schlackenkonglomerate wechseln mit den Laven. Als wären sie noch in Bewegung, so hängen sie vom Kasbek hinab in das Thal und schmiegen sich wie ein Gletscher den jetzigen Bodenformen an (Fig. 5). Bei einzelnen deuten vorragende Erstarrungsränder, in den Formen an Moränen erinnernd, das mächtigere Querprofil des Stromes vor seinem Abfließen in tiefere Teile an. An manchen Stellen, z. B. bei Sion (Fig. 1 und Fig. 5) haben die Lavaströme das Hauptthal abgedämmt und sind seither wieder vom Flusse durchschnitten worden. Die Moränen der alten Kasbekgletscher im Terekthal unten sind erfüllt mit Andesitblöcken und mächtige erratische Andesitblöcke liegen auf den fluvioglacialen Terrassen im unteren

Terekthal. Andere Andesitlaven sind über Moränen geflossen und haben dieselben an ihrem Kontakt verschlackt. Der Kasbek hat in seiner Basis lauter steil aufgerichtete, von alten Diabasen durchschwärmte paläozoische Schiefer. Auf diesen ist der moderne Trachytkegel des Kasbek aufgebaut; derjenige des Elborus liegt auf der Granitzone. Ein Mantel von zahlreichen Eisströmen, Lavaströmen und Schlackenschichten hängt von diesen Kegeln in die Thäler herab. Der Kaukasus hat etwa vier grosse solche Andesiteruptionscentren, daneben noch kleinere. In Elborus und Kasbek bilden die Andesite die höchsten Gipfel des ganzen Kaukasus. Ihre Formen sind, wie es jungen vulkanischen Aufschüttungskegeln entspricht, konisch und mild gestaltet und bilden darin einen Gegensatz zu den zackig zerrissenen, schon viel länger der Verwitterung ausgesetzten Granitgipfeln wie z. B. dem Ushba oder dem Kachtan-Tau. Aufschlüsse, die in die Wurzel der modernen Vulkane einschnitten, Andesitgänge in den paläozoischen Schiefen oder die älteren Diabasgänge schneidend, scheinen noch nicht entblösst zu sein. Die Uebergüsse von Laven und Schlacken verhüllen sie noch. Aus historischer Zeit weiss man nichts mehr von Ausbrüchen der Vulkane des Kaukasus. Diese Ausbrüche sind theils älter, theils jünger als die Moränen. Sie gehören der Eiszeit und dem Schlusse derselben an. Sie sind jünger als der grösste Teil der Thalbildung im Kaukasus, hie und da haben sie einen Fluss abgelenkt und zu jüngerer Thalbildung auf anderer Linie gezwungen. Die grossen Lavaströme, die gegen Mlety geflossen sind, haben das Wasser an ihre Flanken gedrängt und dort jüngere Thalbildung veranlasst, die zugleich die Lavaströme dazwischen als mächtigen Bergrücken völlig herausgeschält hat. Einige von den älteren Strömen, z. B. ein herrlich säulig abgesonderter Strom bei Kobi ist wohl 50 m tief von jüngerer Thalbildung angerissen. Aber das alles ist nur ein kleiner Bruchteil der gesamten Durchthaltung. Die Andesitbergmassen von Elborus und Kasbek scheinen die jüngsten zu sein, denn ihre Aussenformen sind noch am unverändertsten geblieben, am wenigsten durch Thalbildung und Abwitterung verändert. Die Berge östlich Kobi und Sion sind schon viel stärker durchschluchtet.

Mit seinen Vulkankegeln und Laven stellt sich der Kaukasus den Anden verwandt. Im fertigen Kettengebirge sind nachträglich

Vulkane ausgebrochen und zwar nicht in einer Randzone, an einem Bruchrande, sondern in der Centralzone. In den Alpen ist dies nicht geschehen. Allein wenn morgen z. B. an der Grimsel oder am Gotthard ein Vulkan ausbräche, so wäre das nicht sonderbarer, als die tatsächlichen Erscheinungen im Kaukasus heute sind. Die Alpen sind ein gewaltiges Kettengebirge ohne junge vulkanische Ausbrüche, der Kaukasus ist ein solches mit jungen Eruptionen. Alle Eruptivgesteine der Alpen sind älter als die Faltung, älter als die Thalbildung, älter als die Vergletscherung. Die Andesite von Elborus und Kasbek sind jünger als die Faltung, jünger als die Thalbildung, zum Teil sogar jünger als die Vergletscherung. Sie sind aufgetürmt worden, während unterdessen die andern Gipfel unter Abtrag modelliert worden sind. Sie sind ganz neue fremdartige Geschöpfe mitten in einem alpinen Gebirge und in Beziehung auf die Formung von diesem zum Teil noch nicht assimiliert.

Die Eruptivgesteine des Kaukasus sind somit im Querprofil von Wladikawkaz nach Tzilkany — denn weiter reicht der eigentliche Kaukasus nicht — bloss repräsentiert durch Granit als altes Tiefengestein, verschiedene Grünsteine als ältere Ganggesteine und die Andesite als moderne Ergussgesteine. Auch hierin somit im Kaukasus wieder viel weniger Mannigfaltigkeit als in den Alpen, selbst wenn spätere Untersuchungen die Zahl der Typen verdreifachen sollte.

### *III. Die Tektonik des Kaukasus.*

Unser Querprofil durch den Kaukasus trifft in dem nördlichen Gehänge eine Region, in welcher die Erscheinungen recht klar aufgedeckt liegen. Weit ungünstiger ist das Thal der Aragwa am Südabhang. Dort waren die Aufschlüsse wegen der einförmig sanften Gestaltung und der meist zusammenhängenden Bewaldung der Gehänge im Vorbeifahren nur sehr unvollkommen zu erfassen. Besser wieder gestalten sich die Aufschlüsse im Antikaukasus. Ich habe aber doch für richtig gefunden, bei der von uns durchfahrenen Profilinie zu bleiben und nicht etwa hier hinein die komplizierteren Erscheinungen aufzunehmen, wie sie die von unsern russischen Kollegen verfassten Itinerare über das Thal von Rion, die Umgebung von Kutais etc. aufweisen. Gerade die Einförmig-

keit im Gebiete der Aragwa zeigt Gegensätze und Aehnlichkeiten mit den Alpen und charakterisiert den Kaukasus.

Das Phenomen der Zusammenfaltung einer Zone der Erdrinde als Hauptursache der Gebirgsbildung ist aus dem beiliegenden Profile sofort ersichtlich. Die nördliche Kalkrandzone des Kaukasus im Terekprofil ist ein typisches Faltengebirge. Die Steilstellung der sämtlichen älteren Sedimente in den mittleren Zonen des Gebirges, die dazwischen oft deutlichen Umbiegungen zeigen, dass auch hier homoklinale Faltensysteme vorhanden sind. Am Nordrande des Darielgranites, besonders an den oberen Teilen der östlichen Thalwand, sieht man in schönen Falten die paläozoischen Schiefer über den Granit hinüber zum Widerlager einer im weiteren abgewitterten Sedimentbrücke sich anschicken. Bei Ginvani am Südabhang scheint eine Art Ueberschiebung, wie sie ja in Faltengebirgen als Uebertreibung einer liegenden Falte so oft sich ausbilden, vorzukommen, und endlich noch weiter bei Mzket und Tifis treffen wir herrliche Synklinalen und Antiklinalen, von denen oft noch die Umbiegungen sichtbar entblösst liegen.

Dagegen haben wir bei unserer Durchquerung des Kaukasus nirgends in dem Profile eine reine klare Verwerfung sicher gesehen. Man kann die Aufschiebung des Jura auf Eocän bei Ginvani oder mit noch mehr Recht die Grenze zwischen Sericitgneiss und Lias am Tachburum als Verwerfung bezeichnen, allein diese beiden Phänomene sind nicht einfache Verwerfungen, sie sind Resultate des Horizontalschubes. Im Kaukasus wie in den Alpen scheinen die reinen Verwerfungen eine sehr untergeordnete Rolle zu spielen.

Gewiss mögen noch viele Verwicklungen und Komplikationen bei näherer Prüfung zum Vorschein kommen, die wir jetzt noch nicht ahnen. Aber soweit sehen wir doch klar in den Bau des Kaukasus, um schon jetzt im Vergleich zu den Alpen konstatieren zu können, dass der Kaukasus unvergleichlich einfacher und einförmiger gebaut ist als die Alpen. Es zeigt sich dies in folgenden Erscheinungen:

Wir haben ein einziges Centralmassiv, das Granitmassiv der Darielschlucht; in einer einzigen Zone tauchen die kristallinen Silicatgesteine durch Faltung herauf. Durchqueren wir

irgendwo die centraleren Teile der Alpen, so schneiden wir doch wenigstens zwei Centralmassive. Das Profil Reuss-Tessin z. B. schneidet das Aarmassiv, Gotthardmassiv und Tessinermassiv, und die Alpen im ganzen haben über dreissig durch sedimentäre Muldenzonen umgrenzte Centralmassive.

Die alpinen Centralmassive sind meist komplizierte fächerförmige Faltsysteme, gebildet aus kristallinen Schiefern, alten Eruptivgesteinen und umgewandelten Sedimenten. Das einzige Centralmassiv des Kaukasus besteht nur aus einer anscheinend (wenigstens im Profil am Terek) einheitlichen Granitmasse, welche von Gängen basischer Eruptivgesteine durchschwärmt ist. Kaum dass sich dazu noch etwas Gneiss gesellt.

Die sedimentären Zonen beiderseits haben in unserem Querprofil keine Wiederholungen der verschiedenen Schichtsysteme in je zwei oder mehreren Zonen, sondern symmetrisch beiderseits des Centralmassives folgen nach aussen je eine Zone der paläozoischen Schiefer, dann je nur eine Zone Liasgesteine, je eine Zone Dogger und Malmgesteine, dann Tertiärgebilde. In den Alpen hingegen haben wir drei, vier bis acht Kreideketten, die wieder durch eocäne Muldenzonen geteilt sind, zwei, drei oder mehr jurassische Ketten, die durch Kreide und Eocänmulden geschieden sind, nicht zu reden von den grossen liegenden Ueberfaltungen, dem Klippenphänomen und dergleichen. Hier im Kaukasus alles je nur einmal — oder doch, falls sich an der Südseite noch grössere Komplikationen entdecken lassen, immer noch ein viel geringerer durch Faltung bedingter Wechsel der Gesteinszonen als in den Alpen.

Gewiss kann man sich vorstellen, dass unter der Schar der homoklinen paläozoischen Falten noch verborgene „Centralmassive“, d. h. Auffaltungen der kristallinen Silicatgesteine liegen, und es ist denkbar, dass tiefere Erosion in Zukunft solche Kerne erschliessen lässt. Allein den alpinen Centralmassiven, welche die höchsten Gipfel bilden, könnten sie doch niemals an Bedeutung gleich sein. Obschon ja jetzt die Gipfelhöhen und Thaltiefen den Alpen sehr ähnlich sind, sind dennoch noch keine andern Centralmassive sichtbar geworden, ausser dem einen gewaltigen centralen Granitzug. Aber auch die jüngeren sedimentären Mulden fehlen zwischen den Kämmen der paläozoischen Zone. Es kann also der

einfachere Bau, der geringere und nicht sich repetierende Zonenwechsel nicht als bloss scheinbar und durch das jetzige Denudationsstadium bedingt angesehen werden. Vielmehr hat eben im Kaukasus, abgesehen von der einzigen Granitzone, durchweg die Faltung viel weniger tief ausgeholt als in den Alpen; die Höhenunterschiede von Gewölbescheitel und Muldenboden sind viel geringer geblieben. Es ist nur eine ganz gewaltige Auf-faltung im Kaukasus da, während alle andern beider-seits nördlich in geringerer, südlich in grösserer Zahl und breiterer Zone sich anschmiegenden Falten von viel niedrigerer Ordnung sind.

Wenn man sich die homoklinen Zonen der paläozoischen Gebilde in einzelne Falten zerlegt denkt, bleibt dennoch die Zahl der Falten in einem Querprofil des Kaukasus wesentlich kleiner als in einem Querprofil durch die Alpen. Mir scheint, sie dürfte nicht die Hälfte derjenigen der Alpen betragen.

Statt dem enormen mannigfaltigen Wechsel in der Schicht-stellung in den Alpen treffen wir im Kaukasus alles zusammen-geordnet zu einem einzigen enormen breiten Fächer. Der Nordrand der Alpen beginnt schon im Miocän mit nördlich über-liegenden Falten, welche die Schichtköpfe nach aussen wenden (Rigi, Speer etc.), und ebenso sind die ersten Kreideketten gestellt (Sentis, Küpfenkette, Pilatus etc.). Im Kaukasusnordrand sind keine nach aussen überliegenden Falten. Von Norden steigen die Kreide- und Jura-Schichten erst sanft — eben in der Region von Piatigorsk, sanft wellig gefaltet im Terekthal — gegen das Ge-birge an. In der Liaszone folgt die Aufbiegung zur Vertikal-stellung. Erst in den paläozoischen Schiefern oder den Gneissen ist zum ersten Male das Ueberkippen der Schichten zum Fächer-rande ausgebildet. An der Grenze gegen den Granit fallen die Schiefer mit ca.  $70^{\circ}$  gegen das Centralmassiv ein. Das Granit-massiv in der Darielschlucht liegt nördlich der geometrischen Fächerachse. Die Nordgrenzfläche des Granites fällt noch ca.  $85^{\circ}$  gegen Süden. Der Kasbek steht auf den Vertikalschichten des Fächers, also auf der geometrischen Fächerscheitellinie oder Fächerachse. Zwischen Guletta und Dorf Kasbek stehen die paläo-zoischen Schiefer senkrecht. Bei Sion, bei Kobi fallen sie schon fast durchweg steil nördlich ein. Auf der Passhöhe von Kresto-

waja Gora sinken sie mit 50 bis 60° gegen Norden. Einzelne Umbiegungen, einzelne Schwankungen in der Schichtstellung vermögen kaum die Einförmigkeit des anhaltend nördlichen Einfallens etwas zu stören. Niemals folgt wieder Einfallen gegen Süden, nur die Steilheit des Einfallens schwankt etwas.

Ist die paläozoische Schieferzone auch durch viele Falten gebildet, so sind dieselben doch alle homoklin gestellt und nicht durch antiklinale oder synklinale Zonen älterer oder jüngerer Gesteine gegliedert.

Südlich von Passanur folgt Lias mit Nordfallen unter die paläozoischen Schiefer gehend, dann Dogger und Malm unter Lias nördlich einfallend, und bei Ginvani steigt der Jura ebenfalls überdachend südlich über das unten fast senkrecht gestellte Eocän hinauf.

Durchweg also grenzen am Südabfall die Zonen in überkippter Schichtstellung an einander, wie es der Fächerstruktur entspricht. Am Südabhang greift aber die Ueberkipfung oder wenigstens Vertikalstellung bis ins Eocäne hinaus, am Nordabhang hingegen nur bis an den Lias. Hierin gleicht der Südabhang des Kaukasus mehr dem Nordabhang der Alpen und die Nordseite des Kaukasus hie und da dem Südabhang der Alpen.

Die Wasserscheide liegt auf diesem Querprofil des Kaukasus nicht im Centralmassiv. Der Terek hat das Centralmassiv in der Darielschlucht rückwärts durchschnitten. Die Wasserscheide in unserem Profil liegt sogar noch weit südlich der Fächerachse. Vom Adaikok bis zum Elborus hingegen, also westlich unseres Profiles, fällt die Wasserscheide in den südlichen Teil des granitischen Centralmassives, und die geometrische Stellung des Fächers ist eine andere geworden. Das Profil erleidet natürlich wesentliche Veränderungen gegen Westen wie gegen Osten; was ich hier an dem Profil längs der kaukasischen Strasse erläutere, darf nicht zu sehr verallgemeinert werden.

Ein weiterer sehr auffallender Unterschied gegenüber den Alpen liegt darin, dass im Kaukasus — offenbar zusammenhängend mit den einfacheren grossen Gestalten der Faltung im Gegensatz zu der viel verwickelteren Zerknitterung der Erdrinde in den Alpen — die mechanische Umformung der Gesteine weit weniger intensiv ist, als in den Alpen. Man findet nur selten eine Fläche

innerer Verschiebung, eine „Thrustplane“, selten die durch Pressung und Verschiebung entstandenen Sericithäute in den Gesteinen. Wir haben nur selten feine Fältelungen gesehen; nur an wenigen Stellen war etwas Clivage bemerkbar; meist dagegen ist die ursprüngliche Schichtung klar und unverwischt zu erkennen. Deformierte Gerölle, deformierte Petrefakten, Dislokationsbreccien oder gar Linearstreckung in den Gesteinen, welche Dinge man in den Alpen auf Schritt und Tritt findet, haben wir im Kaukasus vergeblich gesucht. Die paläozoischen Schiefer sehen oft nicht anders aus, als die Liasschiefer. Deutliche Stauungsmetamorphose (Zoisit- und Granatglimmerschiefer, Oolithe mit flachen Körnern, Sericitschiefer, saussuritisierte Gesteine, Albitsandsteine, Cippoline) haben wir auf unserer Linie nicht gefunden, und sollten dergleichen Erscheinungen doch vorkommen, so steht jedenfalls ihre Geringfügigkeit und Seltenheit mit der Gewöhnlichkeit dieser Folgen der mechanischen Gesteinsumformung in den Alpen in einem auffallenden Gegensatz. Am Südausgang der Darielschlucht findet man nur in einzelnen Streifen den Granit etwas protoginisiert oder zu Augengneiss umgewandelt. Gegen die Passhöhe hinauf sind die (paläozoischen?) Kalkschiefer etwas marmorisiert, aber nirgends auch nur annähernd so wie z. B. die Jurakalke der Alpen bei Andermatt, im St. Petersthal oder Blegnothal. Die Diabasgänge beim Devdorokgletscher sollen mikroskopisch Dynamometamorphose erkennen lassen (Loewinson-Lessing), aber makroskopisch ist sie kaum bemerkbar. Der Kaukasus ist also mechanisch ein viel milderer Gebirge als die Alpen. Im Kaukasus hätte man niemals die mechanische Gesteinsumformung durch die Gebirgsbildung entdecken und deren Bedeutung ahnen können. Die höchsten Leistungen der gebirgsstauenden Kraft, die Umlagerung der Moleküle und Atome, die Umbildung der innersten Strukturen sind kaum angedeutet.

#### *IV. Das Alter des Kaukasus.*

In unserem gedruckten Exkursionsführer durch den Kaukasus sind verschiedene faltende Bewegungen im Kaukasusgebirge aus verschiedenen Zeiten angenommen. Das ist der einzige Punkt, in welchem ich demselben widersprechen muss.

Ich habe so wenig wie Favre irgendwo vom Miocän bis hinab zu den krystallinischen Silicatgesteinen eine sichere Transgressionsdiscordanz finden können, welche auf eine ältere Faltung vor Ablagerung der jüngeren Schichten gedeutet werden könnte. Die Profile von Favre aus dem Thale des Tscherek nördlich des Kachtantau zeigen sehr deutlich den allmählichen Übergang von der flachen Aufrichtung des Malm zur Steilstellung in Lias und krystallinischen Schiefen (verglichen mittlere Profilcoulisse in Fig. 1 rechts des Elborus). Ich glaube im Terekprofil in dem Longitudinalthal bei Djerakow ganz deutlich erkannt zu haben, dass zwischen Malm, Lias und paläozoischen Schiefen absolut keine Discordanz vorhanden ist.

Im Profile von Piatigorsk gegen den Tachburun am Elborus stossen die flach nordfallenden Liasschiefer nach den mir von Prof. C. Schmidt (Basel), der diese Stelle gesehen hat, gemachten Mitteilungen mit Aufknickung an den Sericitgneissen ab (hinterste Coulisse in Fig. 1 rechts vom Elborus). Die Grenzfläche ist eine Rutschfläche, es handelt sich hier um eine Dislocationsdiscordanz, um das Abscheeren eines Mittelschenkels, das bei der gemeinsamen Aufrichtung entstanden ist, nicht um eine alte Discordanztransgression. Am Südabhang des Kaukasus trafen wir von dem Paläozoikum bis ins Sarmatische hinein ebenfalls nirgends auf eine Discordanztransgression, nur auf Dislokationsdiscordanzen, hervorgegangen aus gleichzeitiger, aber ungleichartiger Bewegung verschiedener Schichtmassen.

Eine herrliche Transgressionsdiscordanz aber folgt am Südfusse des Kaukasus über dem Miocän: Das für Pliocän angesehene Konglomerat von Bodorno liegt flach auf den Köpfen der senkrecht gestellten paläogenen Gebilde bei Duschet und setzt dann in einer Terrasse fort bis Tiflis. Am Abhang gegen den Fluss trifft man meist unter dem fast horizontal geschichteten Conglomerat, das einen vom Kaukasus abgeschwemmten Schuttkegel darstellt, erst geschwemmte Lössen, dann stets die aufgerichteten oben durch den älteren Fluss abgehobelten Oligocän- und Miocänschichten. Die Mächtigkeit des Konglomerates nimmt gegen Süden ab und mehr und mehr stellen sich Sande dafür ein. Auf solchen Erosionsterrassen im gefalteten Tertiär und mit nur noch wenig Accumulationsbedeckung liegt Tiflis, und in den Bergen

beiderseits des Thalbodens erhebt sich das gefaltete Tertiär über die Terrasse des Bodornokonglomerates hinauf.

Bei Duschet ist das Bodornokonglomerat von grosser Mächtigkeit. Es steht auf der Passhöhe zwischen Annanur und Duschet an, geht aber hier, ähnlich wie der Deckenschotter im Zürichsee-thale, nicht in die Thalgründe hinab. Am besten konnten wir es in dem Querthal oberhalb des Eintrittes der Aragwa in die Kura beobachten, welch letztere dort von Westen her aus einem Antiklinalthal kommt.

Das Bodornokonglomerat besteht hier ganz vorherrschend aus Kalkgeröllen, entsprechend den jurassischen Kalken, die früher wohl noch weiter über das Gebirge gingen; dann finden sich darin Gerölle von Eocän und von paläozoischen Schiefen und Kalken, von Porphyriten und Diabasen. Andesitlavagerölle, die so massenhaft im Geschiebe der jetzigen Aragwa liegen, haben wir im Bodornokonglomerat erst nicht, dann nur vereinzelt gefunden; sie sind vorhanden, aber sehr spärlich. Sehr viele kalkige Gerölle des Bodornokonglomerates zeigen sogenannte „Eindrücke“. Allein man findet die Ränder der Eindrücke abgerundet und im Konglomerate nicht diejenigen Gerölle beisammen, die aneinander die Eindrücke erzeugt haben. Es sind also hier zum Teil Gerölle mit Eindrücken aus älteren Konglomeraten abermals zusammengeschwemmt. Was diese älteren Konglomerate waren, wissen wir freilich nicht. Rutschspiegel an den Eindrücken und Geröllen, wie sie in der dislocierten schweizerischen Miocännagelfluh so häufig sind, habe ich nicht gesehen.

Da erstens lössartige, freilich geschwemmte, feine Sande mit Geröllen an vielen Orten über den Schichtköpfen des Miocän liegen und die Bodornokonglomerate erst über den Schwemmlössen folgen, da ferner in dem Konglomerat die Eindrücke nicht in situ gebildet sind, da drittens das Konglomerat nicht über die Berge weggeht, sondern nur als hohe Terrasse (zwischen Tsilkany und Mtzket 30 bis 50 m) über der Aragwa erscheint, und endlich weil im Bodornokonglomerat Andesitgerölle vorkommen, die Andesitabbrüche aber entschieden jünger als Tertiär überhaupt sind, so halte ich das Bodornokonglomerat viel eher für eine fluvioglaciale Bildung des Diluvium, als für Pliocän. Allerdings muss es dann wohl dem älteren Teile der Diluvialzeit

zugeschrieben werden, da seine Andesitgerölle noch so spärlich sind. Die Andesite gehören in der Hauptmasse der jüngeren Vergletscherung und der Postglacialzeit an. Das Einschneiden von Aragwa und Kura unter die Terrassen von Tsilkany und Tiflis ist wohl grösstenteils während und seit den Vulkanausbrüchen, vermutlich erst postglacial geschehen.

Die jüngsten harmonisch mit dem Kaukasus gefalteten Schichten sind hier die sarmatischen. Die ältesten, nicht mehr von der Faltung ergriffenen, schon vom Gebirge abgeschwemmten Schichten sind die, vielleicht pliocänen, eher schon altdiluvialen Bodornokonglomerate. Die Faltung des Kaukasus fällt somit in die Pliocänzeit und die lavaarmen Bodornokonglomerate beweisen uns, dass die Faltung schon mehr oder weniger fertig vollzogen und das Gebirge schon durchthalt war, bevor die Andesit-eruptionen in diesen Thalgebieten erfolgt sind. Damit steht in Übereinstimmung, dass die Andesitströme fast durchweg in ihrem Gang von den jetzigen Thalformen geleitet sind und die seitherige Erosion nur einen meistens kleinen Bruchteil der ganzen Thalbildung darstellt.

Da wir ferner nirgends eine Discordanztransgression finden vom Sarmatischen bis ins Paläozoische und Archäische hinab, so kommen wir zu dem Schlusse, dass der Kaukasus nicht in verschiedenen Perioden Stück um Stück, sondern, wenn auch noch so langsam, doch in einem Male ganz und gar in der Pliocänzeit aufgestaut worden ist.

In vollkommener Übereinstimmung mit den Lagerungsverhältnissen im Aragwa- und Kurathale stehen die Erscheinungen am östlichen und westlichen Ende des Kaukasus. Bei Baku finden wir die Miocänschichten und sogar noch das Untere Pliocän gefaltet, den oberpliocänen Bakukalk aber als discordante flache Decke aufliegend. Bei Kertsch sind die sarmatischen Schichten dislociert.

Auch in den Alpen treffen wir das Obermiocän noch gefaltet, Pliocän zum Teil noch mitgehoben, Unterdiluvium an den Thalflanken oder auf den niedrigen Vorbergen als fluvioglaciales Decken- und Terrassen-Konglomerat discordant auf die obermiocänen Schichtenköpfe gesetzt. In den Alpen sind ältere Discordanztransgressionen (zwischen Carbon und Trias) nur strich-

weise zu finden, auf weiten Gebieten hat vollständig einheitliche, gleichzeitige Faltung alle Schichten vom Archaischen bis und mit dem Miocän harmonisch ergriffen. Alpen und Kaukasus sind also gleich alt, oder besser geologisch gesprochen, gleich jung. Sie sind beide durch einheitliche Faltung einer vorher gar nicht oder nur strichweise und nur wenig dislocierten Zone während der Pliocänzeit aufgetürmt.

Nachher aber hat sich das Schicksal der beiden Gebirge verschieden gestaltet. Während des Diluviums (in der ersten Interglacialzeit) sind die Alpen etwas nachgesunken und dadurch ihre Thalböden zu Seen ertrunken, im Kaukasus hingegen brachen zu eben dieser Zeit die Andesitvulkane aus. Dort Seebildung, hier Vulkane! Ist vielleicht das vulkanische Leben die Ursache dafür, dass im Kaukasus die seebildende Einsenkung noch nicht stattgefunden hat? Steht vielleicht damit in Zusammenhang, dass der durch die Pendelbeobachtungen im Kaukasus nachgewiesene „Massendefekt“ bedeutend geringer ist, als in den Alpen?

Der Kaukasus hat die höheren Gipfel; die höchsten sind die dem schon vorhandenen durchthalten Kettengebirge zuletzt aufgesetzten Vulkane. Allein die Alpen sind strategisch, petrographisch und tektonisch doch viel mannigfaltiger, viel grossartiger, sie sind durch einen viel gewaltigeren Zusammenschub in der Erdrinde erzeugt worden, als der mächtige Kaukasus.

---