

Über Bergstürze.

Von Prof. Dr. J. Sö l c h.

Vortrag, gehalten am 15. Dezember 1937.

Jeder Bergsteiger und Bergwanderer hat wiederholt Gelegenheit gehabt, Steinfälle und Steinschläge in den Felswänden unserer Alpen zu beobachten. Manche von uns haben sich auch glücklich gepriesen, von einem der unberechenbar herabsausenden Geschosse nicht getroffen worden zu sein. Es gibt Zeiten und Orte, wo die Erscheinung fast ununterbrochen wirksam ist. Ich erinnere mich, einmal entlang dem oberen Rand der Schutthalden, welche die Flanke des Trenchtling bei Tragö ß mächtig verkleiden, in den ersten Vormittagsstunden eines schönen Sommertages nach einer kalten Nacht fast ununterbrochen das Fallen der Steine gehört zu haben, so daß das Bewußtsein besonders lebendig wurde, wie hier, um eine alte Wendung zu gebrauchen, der Zahn der Zeit am Körper der Berge nagt und wie sich im Verlaufe von Jahrtausenden die Wirkung der Einzelvorgänge zu großen Beträgen summieren muß. Aber die Steinschläge stehen am Ende einer langen Reihe von stürzenden Massenbewegungen, die an ihrem anderen Ende als großartigste Erscheinung die gewaltigen Bergstürze aufweisen. Dazwischen schalten sich die Abbrüche und Abstürze klei-

nerer Felsmassen, einzelner Riesenblöcke ein, Zusammenbrüche von Felstürmen, kleinere und größere Felsstürze, die doch immer verhältnismäßig unbedeutende Wunden in die Berghänge reißen, bis zu den größten dieser Massenbewegungen, wo auf Hunderte oder selbst mehrere Tausende von Metern Länge große Hohlformen in sie gebrochen werden. Zum Glück sind derartige Ereignisse in unseren Alpen selten; und doch vergeht kaum ein Jahrhundert, wo nicht eine oder mehrere solcher Katastrophen eintreten. Die geologischen Karten der Schweiz verzeichnen nach A. Heim etwa 155 Bergstürze, die des Kantons Glarus allein etwa 60. Die Zahl der geschichtlichen Bergstürze in der Schweiz beträgt etwa 1500, die der geschichtlichen Zeit der ganzen Alpen wird auf über 500 geschätzt und auch das vorige Jahrhundert, bis in die letzte Zeit herauf, hat deren etwa ein halbes Dutzend größere gebracht.

Schauplatz der Bergstürze sind die steilwandigen Bergfirste und Talhänge. Sie gehen daher ganz besonders in jungen Hochgebirgen vor sich, die von tiefen Schluchten zerschnitten sind. Sie spielen sich ferner an den Hängen ab, welche von den Gletschern versteilt worden sind. Sie lösen sich an den Kliffen aus, die von den wilden Brandungswogen des Meeres untergraben werden. Immer sind die steilen und steilsten Böschungen, die durch irgend eine der außenbürtigen Kräfte erzeugt worden sind, besonders zu solchen Bewegungen geeignet.

Aber im einzelnen wirken die Beschaffenheit und die Lagerung des Gesteins bestimmend auf die Art und die Häufigkeit solcher Vorgänge ein. Auch die wasserundurchlässigen Gesteine werden von Massenbewegungen erfaßt. Sie saugen sich mit Feuchtigkeit so voll, daß ihr innerer Zusammenhalt vermindert wird und sie ins Rutschen oder Fließen geraten. Wasserdurchlässige Gesteine lassen das Wasser mehr versickern, aber das geht nur bis zu einer gewissen Tiefe, wo es auf eine undurchlässige Schicht gelangt und nun diese durchtränkt. Dann besteht die Gefahr, daß dieselbe zu einer Gleitfläche wird auch selbst in Bewegung gerät und förmlich ausgequetscht wird. Die hangenden Felspartien reißen sich los und bewegen sich zu Tal. Besonders groß ist eine solche Gefahr dann, wenn die Schichten zum Tal hin einfallen, aber weniger steil als die Talgehänge selbst. Während sich aber die Schuttrutschungen in schleichender Talfahrt abwärts bewegen, sind die Schlipf- oder Rutschstürze ebenso wie die beim Abbruch der Gesteinsmassen eintretenden Bruchstürze schon zu den raschen Bergstürzen zu zählen. Nur beginnt die Bewegung bei den ersteren langsam, um sich erst allmählich zu einem sausenden Lauf zu steigern; bei den Bruchstürzen dagegen beginnt die Bewegung sofort mit der vollen Fallgeschwindigkeit. Beide liefern Schußströme, nicht Schleichströme. Für die Entstehung der Fels- und Bergstürze ist aber noch eine zweite Eigenschaft des

Gesteins wichtig, seine Klüftigkeit. Denn die Klüfte bezeichnen Flächen geringeren Zusammenhalts, an irgend einer — oder auch mehreren von ihnen — wird der Zug gegen das Tal hin so stark, daß sie sich immer mehr erweitern, bis sich schließlich die zwischen ihr und dem Hang liegende Scholle vollständig ablöst und in die Tiefe hinabstürzt.

Man kann also die verschiedensten Arten von Massenbewegungen unterscheiden, aber es gibt keine Klassifikation, welche wirklich allen Möglichkeiten gerecht wird. Das hat selbst der beste Kenner der Bergstürze bekannt, der sich in seinem langen Leben von frühester Jugend bis in sein spätes Alter mit ihnen befaßt und viele praktische Ratschläge gegeben hat, der von ihnen drohenden Gefahren tunlichst Herr zu werden: Albert Heim. Erst 1932 hat er sein schönes Buch über „Bergsturz und Menschenleben“ vorgelegt. Gewisse morphologische Züge sind allerdings allen Bergstürzen gemeinsam: ein Ablösungs- oder Abrißgebiet und ein Ablagerungsgebiet oder Schütt. Sie sind durch die Fahrbahn der Bewegung miteinander verknüpft, überhaupt nicht so scharf gesondert, wie jene Unterscheidung vielleicht vortäuschen könnte. Denn die Bewegung selbst erfolgt ja vom hinteren oder oberen Rand des Abrißgebietes bis zum vorderen der Schütt und diese kann auch in den unteren Teil des Abrißgebietes hinaufreichen. Immer sind auch die Abrisse im großen ganzen nach oben konvex, die Stauwülste im umgekehrten Bogen

nach unten gekrümmt. Immer bilden sich die Risse senkrecht zur Richtung der stärksten Druckspannung. Bei den Felsstürzen entsteht eine steil gestellte Scherkluft am Bewegungsrand des Abrißgebietes, Scherklüfte auch an der Unterseite der Rutschung, sie bestimmen die Rutschfläche. Die Bewegungen können mit so gewaltiger lebendiger Kraft erfolgen, daß die Trümmernmassen auch am gegenüberliegenden Gehänge eines Tales noch 50, 100, ja selbst 300 m emporbranden, um so höher, je mehr sich die Richtung des Stromschusses der Normalen zur Prallwand nähert; am höchsten bei einem Gegengefälle von 30—40°. An der Prallwand erfolgt eine Teilung und Ablenkung, Hunderte von Metern kann die Bewegung das Trümmerwerk nicht bloß talabwärts, sondern auch talaufwärts tragen. Die mittlere Geschwindigkeit solcher Bewegungen läßt sich auf mindestens 50 m/sec, die größte auf weit über 100, ja 150 schätzen. Somit spielt sich ein solches Ereignis innerhalb weniger Augenblicke ab.

Heim's Studien haben sich im übrigen mehr auf das Phänomen der Bergstürze selbst bezogen als auf deren morphologische Auswirkung. Er hat sich nämlich in dieser Hinsicht damit begnügt, die Entstehung von Randwällen und Schurferscheinungen zu beschreiben, er hat auch eine halbe Seite seines Buchs der Bergsturzlandschaft und mehrere Seiten den verschiedenen Arten von Bergsturzseen gewidmet, sich

aber sonst auf einige allgemeine Bemerkungen beschränkt, des Inhalts, daß die Bergstürze beim Modellieren und Niederscheifen der Gebirge helfen, mitarbeiten bei den Formungsvorgängen, welche „unabänderlich, rücksichtslos und stetig fortarbeiten“.

Wir wollen nun im folgenden I. einen bestimmten, besonders gut beschriebenen Bergsturz, den von Elm, seine Vorbereitung und seinen Verlauf, als Beispiel behandeln, dann II. die morphologische Bedeutung der Bergstürze ebenfalls an einem besonderen Beispiel kennzeichnen. Dazu wählen wir den größten Bergsturz unserer Alpen, den von Flims im Vorderrheintal. Denn selbstverständlich müssen auch die morphologischen Auswirkungen um so größer sein, je gewaltiger das Ereignis selbst ist. Wir werden dann III. im Anschluß daran auch auf die Bedeutung der kleineren Felsausbrüche zu sprechen kommen, die zwar jeder für sich keine so beträchtliche Veränderung im Formenschatz einer Landschaft verursachen, ihn aber doch in ihrer Gesamtheit durch ihre große Zahl und ewige Wiederholung nachhaltig umgestalten.

I.

Leider ist auch der Mensch schon öfters die Ursache für die Auslösung großer Bergstürze gewesen. Das letzte — aber nicht das einzige Beispiel dieser Art — ist der Bergsturz von Elm gewesen, der am

11. September 1881 niedergegangen ist¹⁾). Elm liegt im Sernftal in den Glarneralpen, ungefähr vier Gehstunden von Glarus. Dort mündet von E her der Schingelnbach und an dessen S-Seite liegt der Tschingelberg. An dessen N-Hang fallen die Schichten mit 30° gegen S, also bergwärts, ein, unten Flysch, darüber Schiefer, die zur Erzeugung von Schiefertafeln geeignet sind. Hier war nun im Jahre 1868 ein Steinbruch in Betrieb gesetzt worden und in den folgenden Jahren wurden Hunderte von Tafeln erzeugt und hauptsächlich von der bekannten Firma Faber in Nürnberg abgenommen. Seit 1878 hatte die Gemeinde Elm den Betrieb erstanden. Der Schieferbruch lag gerade an der Grenze der beiden Gesteinsverbände und man arbeitete ihr entlang in den Berg hinein, ohne sich viel darum zu kümmern, daß dabei ein immer breiterer Überhang entstand. 1879 war die so erzeugte Kehle bereits 180 m lang und nicht weniger als 65 m in den Fels hineingeschnitten. Nun hat sich schon 1876 in 1550 m Höhe eine Abrißspalte gebildet, die nach beiden Seiten wuchs und im Sommer 1881 einen Halbkreis bildete. Die Spalte war damals schon 2—3 m breit, die durch sie abgegliederte Masse lag schon 4—5 m tiefer als der Abrißrand. Die Leute hatten diese Spalte zwar schon mit einem besonderen Namen: „Großer Chlagg“ be-

1) Vgl. zum folg. die viel ausführlichere Darstellung durch A. Heim, *Bergsturz und Menschenleben*, Zürich 1932, S. 199 ff., S. 109 ff.

dacht, aber man war unglaublich unbekümmert — bis zu 50 Sprengungen wurden mitunter an einem Tag durchgeführt. Schon waren gelegentlich Arbeiter von niederstürzenden Felsstücken verschüttet, einige sogar getötet worden. Am 7. September, vier Tage vor der Katastrophe, gingen größere Steinmassen nieder, am 8. Felsabbruch mit lautem Knall; man hörte es im Inneren des Berges knistern und klirren. Erst jetzt beschloß man, einen Sachverständigen zu holen. Man fand ihn in einem Förster, der jedoch keine Ahnung von der Sache hatte, sich aber offenbar für befähigt hielt, sein Gutachten abzugeben. Es lautete dahin, daß „die Hauptursache des Übels oben im Berge“ läge! Immerhin gab er den Rat, den Betrieb über den Winter einzustellen; allein das wollte der Gemeindepräsident nicht, weil dadurch soundsoviele Arbeiter erwerbslos würden. Es wurde hin und her verhandelt, bis das Unglück — für den Sachverständigen durchaus nicht unerwartet (Heim hatte schon gelegentlich auf die drohende Gefahr hingewiesen) — für die allzu Sorglosen plötzlich eintrat. Allerdings hatte es noch letzte Warnungen gegeben. Bereits am Vormittag des 11. September waren wieder Abbrüche erfolgt, aber statt die Gefahr zu meiden, kamen die Leute sogar aus dem Untertal herauf, um sich die Sache näher anzusehen. Um $\frac{1}{4}$ 6 Uhr nachmittags trat ein erster Vorsturz ein, gewaltige Steinlawinen gingen nieder — die Leute blieben. Etwa eine Viertelstunde später folgte ein

zweiter Vorsturz, noch heftiger — jetzt begann man zu schreien und zu fliehen. Aber nun war es zu spät: Vier Minuten darauf folgte die Hauptmasse nach. Die Bewegung war zuerst ein Fall, dann ein Aufschlagen auf die Schieferbruchterrasse; dann machten die Trümmernmassen einen Sprung durch die Luft, brandeten am gegenüberliegenden Talgehänge mehr als 100 m empor, wurden unter einem Winkel von 65° abgelenkt und fuhren als Schußstrom mit $3-3\frac{1}{2}$ Gefälle 1600 m weit über den flachen Talboden dahin. Die Breite des Stromes betrug 400—500 m, die Oberfläche über $0,5 \text{ km}^2$; aber die Verwüstungen, auch durch den Luftdruck, erfaßten eine Fläche von 1 km^2 . Eine Abrißnische war entstanden, 320 m breit, 250 m hoch, 100 m in die Tiefe. Der Schuttstrom war 5—40 m mächtig, im Mittel 15—20. 115 Menschen wurden getötet, 22 Wohnhäuser, 53 Scheunen, 10 Magazine zerstört, aber nur 13 Stück Vieh vernichtet, da das meiste auf der Alm war.

Der gleichen Sorglosigkeit hatten 1806 viele Bewohner von Goldau ihren Tod zuzuschreiben. Hier wird ja im besonderen die Geschichte berichtet, daß drei Holzarbeiter in einer Holzhütte dicht neben der schon aufgebrochenen Abrißspalte rauchten und Karten spielten. Ein vierter stürzte herein und rief zur Flucht. Der älteste ging hinaus, sah sich um, stopfte sein Pfeifchen und sagte: „Drissg Jahr händ mir jez scho druf gwartet, daß de Berg kömi, er

wird wol no warte, bis ich mis Pffli gstopft hab.“ Im nächsten Augenblick ein Knall, der Boden schwankte, die jüngeren sprangen noch rasch über die Spalte auf den stehenden Boden, der alte Holzer aber ging mit Boden, Häuschen und Wald auf Nimmerwiedersehen in das Tal hinab¹⁾.

II.

Etwas unterhalb Ilanz, das in einem geräumigen beckenartigen Abschnitt des Vorderrheintals steht, tritt der Rhein in eine steilwandige, enge, zum Teil sogar schluchtartige Kerbe ein, in welcher er an ein paar Stellen durch kleine grüne Talauen fließt, Islas genannt²⁾. Der Fluß ist hier in Kalkbrekzien eingeschnitten, in welche Riesenblöcke von Malmkalk eingebettet sind und die auch auf ihrer Höhe solche Blöcke tragen. Die Schlucht ist ein paar hundert Meter tief. Ersteigt man ihre steilen Hänge, so gelangt man auf eine von Rücken, Furchen und Wannen unregelmäßig durchsetzte Fläche, die bewaldet ist, an verschiedenen Stellen Sumpfwiesen und auch ein paar kleine, waldumrahmte Seen birgt. Das Ganze sieht aus wie eine breite Terrasse mit einer unruhigen Oberfläche. Auf ihr liegen Moränen, z. T. auch in Wallform. Wo die Terrasse an den Berg

¹⁾ Heim, a. a. O., S. 197.

²⁾ Vgl. z. folg. J. Sölch, Fluß- und Eiswerk in den Alpen zwischen Ötztal und St. Gotthard. Perterm. Mitt. Ergh. 219, Gotha 1935, S. 101 ff.

ansetzt, haben mehrere Bäche ihre Furchen eingegraben, die schließlich den Weg zum Rhein finden. Den Gebirgsrahmen im N aber bilden die Firste der Glarner Alpen. Hier steigt der Flimserstein auf, eine Platte von Malmkalken, die oben eine schwach zum Rhein hingeneigte Fläche tragen, die vielleicht eine in die Talfurche niedergebogene Altfläche ist. Mit einem jähren Absturz endigt sie gegen das Tal hin. Aber w. davon ist diese Mauer durch eine riesige, 2,5—3 km breite Nische unterbrochen. Aus ihr ist der ungeheure Bergsturz niedergegangen, der im Flimserstein eine Abbruchhöhe von 400—800, vielleicht sogar von über 1000 m erzeugt hat. Auf mindestens 8,5, wahrscheinlich aber auf 12—15 km² wird der Hohlraum der Abbruchnische berechnet. Der Bergsturz ist in der Richtung des Schichtfallens der Malmkalke, die 10—15° gegen SSE geneigt sind, niedergegangen, begünstigt durch die häufige Einlagerung von etwas mergeligen Kalken, das Vorhandensein einer tektonischen Aufschiebungsfläche (der helvetischen Decke über den Flysch), der vielen senkrechten Klüfte, die das Gestein in NW—SE- und SW—NE-Richtung durchsetzten; endlich auch durch die Untergrabung des Rheingletschers während der Eiszeiten, bzw. des Rheinflusses, der ursprünglich an der Nordseite des Tales floß, in den Zwischenzeiten.

Verschiedene Diskussionen haben sich an den Bergsturz von Flims geknüpft und manche Fragen

sind bis auf den heutigen Tag strittig oder überhaupt ungelöst geblieben. Auf sie brauchen wir nicht näher einzugehen. Aber die großartige Wirkung, die er auf die Geschichte des Rheintals ausgeübt hat, müssen wir noch kurz beleuchten. Auf 15 km Länge erstreckte er, bis zu 600 m mächtig (der höchste Punkt der Schütt liegt in 1270 m, 650 m über dem Rhein), ein vorher breites Rheintal bis hinunter nach Reichenau, wo sich dann das Trümmerwerk eines anderen, kleineren Bergsturzes, vom Calanda her, anschließt. Aber hier ist das Rheintal weit, ebenso oberhalb des Bergsturzes bei Ilanz. Der Fluß wurde durch den Bergsturz zu einem See gestaut, der über 80 m tief war. In den See haben verschiedene Bäche ihre Deltas hineingebaut, so der Glenner bei Ilanz. Ruckweise ist der See entleert worden, wie man an Terrassen erkennen kann sowohl den Rhein entlang in seiner Schlucht wie auch im Becken von Ilanz. Der Fluß hat nun seit vielleicht 10.000 Jahren zwar seine Furche wieder ungefähr soweit eingetieft wie vor dem Bergsturz, aber die Talverbreiterung hat kaum erst begonnen. Es wird noch vieler Jahrtausende bedürfen, ehe er die hier niedergegangenen widerständigen Schuttmassen ausräumen kann und die alte Talbreite wieder hergestellt haben wird. Es ist die Wirkung des Ereignisses vergleichbar derjenigen eines breiten Felsriegels in hartem Gestein, in den ein Fluß beim Einschneiden gerät, d. h. es entwickelt sich eine lokale Erosionsbasis für das ober-

halb gelegene Gebiet, wo der Fluß den Überschuß seiner Kraft über die zugeführte Last auf die Seitenerosion verwendet, während sich unterhalb von der nächst tiefer gelegenen Erosionsbasis her schon eine neue Phase der Talvertiefung herannähert. Hier ist also mit anderen Worten durch den Bergsturz eine Stelle vorgezeichnet, die für die Ausbildung einer Talstufe geeignet erscheint, ohne daß also etwa die Konfluenz zweier Eisströme dafür verantwortlich gemacht werden könnte. Aber die Wirkungen des Bergsturzes reichen noch weiter talaufwärts. Denn selbstverständlich hat die ganze Zeit, während der Stausee bestand, die Zerschneidung nicht bloß im Bereiche seiner Wanne geruht, sondern auch in dem weiter flußaufwärts anschließenden Talstück. Kein Zweifel, daß hier der Rhein auf der Strecke von Disentis her, wäre der Bergsturz nicht erfolgt, seine Kerbe schon wesentlich tiefer gelegt hätte, als es ihm unter den tatsächlichen Umständen möglich gewesen ist.

Der Bergsturz von Flims ist in den Alpen durch seine Größe einzigartig und es ist nicht verwunderlich, daß der Rhein bis heute nur einen kleinen Teil der Schütt wieder beseitigt hat, nur unmittelbar seinem Lauf entlang. Und doch ist er gewiß schon ein sehr kräftiger Fluß! Wie aber, wenn Bergstürze niedergehen in das Tal schwacher, vielleicht überhaupt nur einen Teil des Jahres fließender Gewässer? Wir müssen hier die gleichen Wirkungen

in verstärktem Ausmaß erwarten. Freilich, wie sich die Dinge im einzelnen Fall entwickeln, läßt sich nicht in eine bestimmte Formel fassen. Denn die Voraussetzungen sind zu mannigfach: die Form und Breite des Tales, die Ausdehnung der Bergsturzschütt nach Länge, Breite und Höhe, die Kraft des Gewässers sind dabei zu berücksichtigen. Wenn die Schütt des Bergsturzes dem Bach nicht die ganze Breite des Tals verlegt, so wird er sie umfließen. Sehr oft wird aber die Furche bis auf das Gegengehänge abgedämmt; dann wird der kleine Bach auch von einem kleinen Bergsturz so gestaut wie der große Rhein von dem Riesenbergsturz, es bildet sich ein See. Allein dessen Abfluß ist nur ein schwaches Gewässer, es fällt in die Hohlräume zwischen den Bergsturzböcken, verliert an Menge, kann keine Erosionskraft entfalten. Erst wenn es die Hohlräume mit Feinstoffen verschmiert hat, kann es wirksam werden. Wieder ist hier die Möglichkeit zur Ausbildung einer Stufe gegeben. Die Entstehung unserer Gebirgsstufen, die man lange Zeit fast ausschließlich unter dem Gesichtspunkt des Gletscherschurfes verstehen wollte, ist jedenfalls weitaus mannigfaltiger, ihre Vorzeichnung durch einen Bergsturz auch nur einer der Fälle, die zu berücksichtigen bleiben. Allein unbedingt empfiehlt es sich, jede Stufe des Hochgebirges auch darauf hin zu untersuchen, ob nicht an den sie umrahmenden Höhen Ausbruchsnischen von Bergstürzen liegen. Denn eine Berg-

sturzschütt kann von einem späteren Eisstoß wieder ausgeräumt oder mit Moränenschutt vermischt worden sein, die Hohlformen erhalten sich dagegen im allgemeinen länger, auch wenn man damit rechnen muß, daß sie durch eine folgende Vergletscherung zu Karen umgestaltet wurden (Bergsturz von Siders im Rhonetal).

III.

Die Nischen, die in die Flanken der Berge geschlagen wurden, haben ein besonderes Profil: an die Abrißwand setzt sich eine weniger geneigte Fläche unterhalb an, die Sockelfläche, entlang welcher der Ausbruch erfolgt ist. Sie braucht im einzelnen keineswegs glatt zu sein, gewöhnlich ist sie unregelmäßig von Wandstüfchen durchzogen. Unten endigt sie an jenem unversehrt gebliebenen Teile des Hanges, der wieder steiler zur Talsohle absteigt. Die großen Nischen sind ebenso wie die großen Bergstürze selten. Aber zahllos sind in unseren Alpentalern in allen klüftigen Gesteinen, besonders in Kalken und Graniten, kleinere Felsstürze und Ausbrüche. Bei ihnen sind weder die Nischen noch die Schütten groß. Der Schutt lehnt sich unten an das Gehänge, die Nische selbst liegt mit dem geschilderten Profil darüber, manchmal reicht auch der Schutt noch in sie hinein. Soweit dieser das Gehänge bedeckt, erlahmt der Angriff der mechanischen Verwitterung, er wirkt wie ein Panzer. Auf der unbedeckten Wand

können dagegen Sonne, Wind, Regen und zumal die Frostverwitterung weiter arbeiten. So zeigt die genauere Prüfung an vielen Stellen unserer schönsten alpinen Tröge Ausbruchsnische neben Ausbruchsnische, große und kleine, auch in verschiedener Höhe übereinander. Geschlossene Trogränder von einheitlicher Mauerform sind gar nicht so häufig und selten so lang, wie derjenige anzunehmen geneigt ist, für den der Ausdruck Trogtal ein bestimmter genetischer Begriff geworden ist. Ist man aber erst einmal von der Beobachtung aus zu der Auffassung gelangt, daß zwar viele trogartige Einzelprofile im Querschnitte unserer Alpentäler vorhanden sind, aber gar nicht so häufig längere durchlaufende Tröge, so ist man eher geneigt, den Hunderten von kleineren Ausbrüchen eine große Rolle nicht bloß bei der Entstehung des Trogprofils, sondern auch der sog. ineinandergeschachtelten Tröge zuzuschreiben. Dabei ist es auch klar, daß gerade die untersten Teile der Talquerschnitte solche Linien am ehesten zeigen müssen, wo doch jedes neue Einschneiden eines Flusses die Gehänge versteilte und, wenn ein Eisstrom den Talgrund erfüllte, die Frostverwitterung entlang seinem Rand besonders lebhaft vor sich ging. Aber die Einwirkung des Eises ist kein unbedingtes Erfordernis, vorausgesetzt nur, daß das Gestein entsprechend klüftig ist. Wir kennen Bilder des Tempe-tals, welche das Trogprofil sehr schön zeigen, und doch hat es nie ein Gletscher durchzogen. Schon bei

meiner Wiener Antrittsvorlesung (1935) habe ich darauf aufmerksam gemacht, daß ich in den Kalkgebirgen bei Palermo in Höhen, welche eine ehemalige Vergletscherung ausschließen, ganz ähnliche Erscheinungen habe wahrnehmen können. Auch die trogartigen Profile der Jangtse-Schlucht, um ein ferner gelegenes Beispiel anzuführen, sind in diesem Zusammenhang lehrreich.

Durch die Ausbrüche aller Art und Größe werden nun aber die Täler immer mehr verbreitert; im steilwandigen Hochgebirge arbeiten sie am intensivsten, auch aus klimatischen Ursachen. Hier ist allerdings am ehesten mit der Möglichkeit zu rechnen, daß ihr Schutt von der ausräumenden Kraft des fließenden Wassers nicht bewältigt werden kann. Dafür kommt in dieser Hinsicht den Vergletscherungen eine um so größere Bedeutung zu. Was die eiszeitlichen Gletscher talabwärts verfrachtet haben, war zum guten Teil der Abbruchschutt von den das Eis überragenden Wänden. Ohne Zweifel haben sie auch eine gewisse Erosion auf den Untergrund ausgeübt, aber diese ist stark überschätzt worden. Die Stoffe, die das Eis an seiner Sohle aus den Gebirgstälern entfernt hat, sind in erster Linie die Schuttmassen gewesen, welche während der Interglazialzeiten durch Massenbewegungen verschiedensten Ausmaßes in die Täler geliefert worden waren. Wenn wir die Formenentwicklung der alpinen Hochtäler verstehen wollen, müssen wir im Geiste alle

diese ungeheuren Schuttbildungen der Interglazialzeiten rückgängig machen, sie wieder an die heutigen Talgehänge angefügt denken; und dann erhebt sich die Frage, inwieweit wir breite Hochtäler als noch unverändertes Erbe uralter Talgeschlechter überhaupt ansehen dürfen.

* * *

Doch damit sind wir an das Ende unserer heutigen Ausführungen gelangt. Ohne viele Beispiele im einzelnen zu bringen, hatten wir uns vorgenommen, die große morphologische Bedeutung einer besonderen Art von Abtragungsvorgängen in der Entwicklung unserer Gebirge zu kennzeichnen. „Millionen von Steinschlagrinnen führten die kleineren Verwitterungssplitter in die schäumenden Exportrinnen hinab, während die in größeren Schuppen gelösten Gesteinsmassen im Verlaufe der Zeit in vielen tausenden von Bergstürzen niederdonnerten — und weitere tausende solcher Ereignisse werden folgen,“ hat der jüngst verstorbene Altmeister der Geologie gesagt¹⁾. In zahllosen Abwandlungen und Gestaltungen sind sie die ersten und gewaltigsten Helfer der Flüsse bei ihrem Werk, die allzu hoch gestiegenen Berge wieder niederzulegen.

¹⁾ A. a. O., S. 10.