

Zeitschrift: Neujahrsblatt herausgegeben von der Naturforschenden Gesellschaft auf das Jahr ...

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft in Zürich

Band: 84 (1882)

Artikel: Ueber Bergstürze

Autor: Heim, Albert

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-386824>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 04.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Ueber Bergstürze

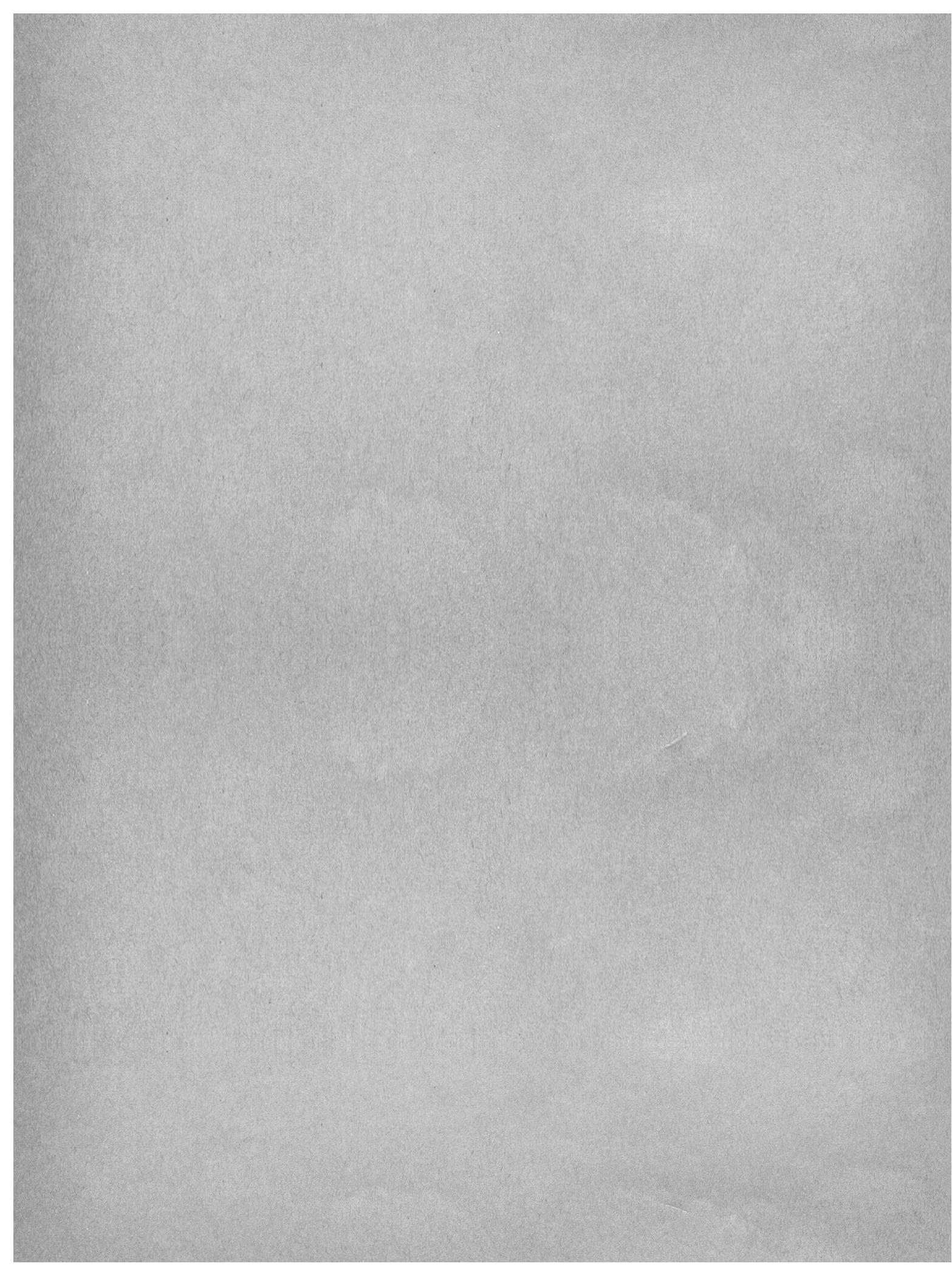
von

Albert Heim, Professor.

Mit einer Tafel.

Zürich.

Druck von Zürcher und Furrer
1882.



Es geht ein ununterbrochener Strom von zerstreuten abgewitterten Gesteinstheilen im Gebirge von der Höhe zur Tiefe, so dass die Gebirge alle nur noch Ruinen sind und die Bäche und Flüsse oft kaum genügende Stosskraft haben, die niedergestürzten Verwitterungsspähne aus dem Gebirge hinaus in Seen und Meere zu spülen. Könnten wir alle die in der gleichen Zeit an verschiedenen Stellen herunterfallenden Steine an eine Stelle zusammengedrängt fallen sehen, sie würden aus den Alpen allein einen unaufhörlichen, Tag und Nacht, jahrein jahraus fortgehenden grossen donnernden Bergsturz bilden. Wir haben bei früherer Gelegenheit (Neujahrsblatt der zürcherischen naturforschenden Gesellschaft 1874) die stetig gleichmässig fortschreitenden Verwitterungsvorgänge betrachtet, wir wollen heute diejenigen Fälle besprechen, wo an einer Stelle auf Einmal grössere Massen in thalwärts gerichtete Bewegung gelangen — die Bergstürze.

Zuerst unterscheiden wir die verschiedenen Arten der Bergstürze und erläutern sie mit Beispielen, dabei heben wir jeweilen allgemeinere Gesichtspunkte hervor, um hernach die Bergstürze in ihrer Gesamtbedeutung zu überblicken.

Bei jedem Bergsturze haben wir ein oberstes Gebiet zu unterscheiden, von welchem sich die Gesteinsmassen losgetrennt haben: das Abrissgebiet; ein mittleres, durch welches sie sich zur Tiefe bewegt haben: die Sturzbahn oder der Bewegungskanal, auch Weggebiet genannt, und einen unteren Theil, in welchem die Trümmer zur Ruhe gekommen und sich angehäuft haben: das Ablagerungsgebiet. Im Abrissgebiet hat ein Materialverlust, eine Erniedrigung des Bodens, im Ablagerungsgebiet eine Erhöhung stattgefunden. Bei lange Zeit gleichmässig thätigen Steinschlagrinnen und bei Wildbächen erhält das Ablagerungsgebiet eine regelmässige Kegelgestalt, so dass wir es Schuttkegel nennen. Beim Bergsturz, wo auf einen Wurf ungeheure Massen hinstürzen, ist diese regelmässige Anordnung nicht möglich, es entstehen im Gegentheil unregelmässige Hügelgestalten, welche oft in zwischenliegenden Vertiefungen Veranlassung zur Bildung zahlreicher kleiner

Tümpel und Seen geben. Oftmals trennt sich das Ablagerungsgebiet in zwei Theile: ein Blockgebiet und einen Schlammstrom. Wenn viel weiches, durchnässtes Material mit grossen Blöcken gemischt herunterkommt, so nehmen beide oft verschiedene Bewegungen an, oder ihre Bewegungen werden von der Gestaltung des Untergrundes ungleich beeinflusst. Die grossen Blöcke fliegen z. B. in ihrer Schusslinie weiter, über eine Bachrinne oder einen Fluss hinüber, während der Schlamm stromförmig die Bachfurche einnimmt und derselben folgt, oder es bleiben auf wenig geneigtem Grunde die groben Materialien liegen, der zurückgebliebene Schlamm holt sie ein und fliesst zwischen denselben durch langsam noch ein bedeutendes Stück weiter thalwärts.

Die Erdrinde besteht im Allgemeinen aus festen Gesteinen, welche mit einer sehr unregelmässigen, oft unterbrochenen Schichte von lockeren Materialien, von Schutt, bedeckt sind. In den einen Fällen bewegt sich nur der Schutt, in andern ein Theil des Felsens (»anstehenden« »gewachsenen« Felsens). Darnach zerfallen die Bergstürze in zwei grosse Hauptgruppen: A. die Schuttbewegungen und B. die Felsbewegungen. Dass bei den letzteren oft auch Schutt mitgehen muss, versteht sich von selbst. In beiden Fällen kann die Bewegung während der Abtrennung und im Bewegungskanal eine gleitende oder eine unregelmässig rollende und stürzende sein.

A. Schuttbewegungen (Schuttblücher).

I. Gleitende Schuttbewegung: Rutschung („Schuttrutschung“, „Erdrutsch“, „Erdschlipf“).

Die erste Andeutung einer Rutschung besteht gewöhnlich darin, dass im werdenden Abrissgebiet klaffende, meist in nach oben gewölbten Bogen angeordnete Risse entstehen, wobei je das abwärts folgende Bodenstück sich etwas senkt. Unten am Fuss der Halde oder doch am Fuss der beginnenden Bewegung staunen sich langsam Wülste auf, welche in umgekehrten Bogen nach unten ausgebaucht sind (Fig. 1). Je mehr die Bewegung zunimmt, desto zahlreicher und stärker werden die klaffenden Risse oben, die Wülste unten. Geschieht dies langsam und gleichförmig, so entstehen Wülste auch weiter oben und die klaffenden Spalten greifen fächerförmig bis in das System der Wülste hinab. Wülste und Spalten schneiden sich dann unter steilem, meist

dem rechten sich annäherndem Winkel. In jeder langsam sich bewegenden, mehr oder weniger innern Zusammenhang besitzenden, und am Rande und Untergrunde sich reibenden Masse vertheilen sich die einander entgegen arbeitenden Kräfte und Widerstände (Schwere einerseits und Widerstand durch Reibung und inneren Zusammenhang anderseits) nach bestimmten Gesetzen. Senkrecht zu denjenigen Linien, in welchen der stärkste Zug in der plattenförmigen abrutschenden Masse sich geltend macht, bilden sich die klaffenden Risse und senkrecht zu den Linien des grössten Druckes werden die Wülste gestaut. Das System der Linien grössten Druckes (Maximaldruckkurven) fällt zusammen mit der Lage der klaffenden Spalten und trennt im Abrissgebiet den Boden in gewölbeförmige Rippen; das System der Linien grössten Zuges (Maximalzugkurven) fällt zusammen mit den Linien, welche die Terrainwülste bilden.

Beides, Wülste und Spalten, entstehen bei gleichförmiger Beschaffenheit des Schuttbodens, gleichförmiger Unterlage und bei langsamer Bewegung oft in staunenswerther Regelmässigkeit. Wir sehen dieselben Gestalten oft nur wenig modifizirt bei den Gletschern auftreten und wir können sie mit teigförmiger aber nicht zäher Masse im Experiment in kleinem Maßstabe erhalten.

Schreitet die Bewegung bis zum vollständigen Abgleiten des Schuttbodens vor, so gelangen die abreissenden Theile mehr und mehr in Unordnung, die Wülste aber, in wälzender Bewegung vorschreitend und, durchsetzt von fächerig angeordneten Rissen, weisen uns auch noch im entfernten Ablagerungsgebiet ihre charakteristischen Gestalten, die stets zerstört und gleichzeitig neu entstanden sind.

Seitlich an Schuttrutschungen bilden sich nicht selten schon bei beginnender Bewegung lange Verschiebungsspalten, welche ohne zu klaffen den bewegten vom umliegenden feststehenden Boden abscheeren (Fig. 1). Sie sind ganz anderer Natur, als die durch Zug entstehenden klaffenden Spalten. Wenn man sie entblösst, zeigen sie sich in der Bewegungsrichtung mit Rutschstreifen versehen, in manchen Fällen bei stark thonigem Boden sind sie sogar spiegelglatt und ganz fein parallel gestreift. Eine gleiche, niemals fehlende und viel wichtigere Rutschfläche hat sich unter dem bewegten Boden an der Grenze gegen den festen Untergrund gebildet. Solche Rutschflächen ziehen sich oft mit erstaunlicher Regelmässigkeit auf grosse Ausdehnung hin. Bei einer weit um sich greifenden, aber der Bewegung nach geringen Rutschung an der Bötzbergbahn bei Villnachern, welche den Bahndamm etwas seitlich thalwärts

verschoben hatte, haben wir z. B. in den Entwässerungsstollen eine ganz ebene, spiegelglatte solche Rutschfläche auf mehrere Hektaren Ausdehnung verfolgen können. Häufiger entstehen statt einer einheitlichen mehrere oder viele unregelmässigere, sich gegenseitig ablösende und oft unter flachen Winkeln schneidende Rutschflächen. Die Rutschflächen liegen meistens im untersten Theil des Schuttbodens, hie und da direkt an der Oberfläche des anstehenden Felsgrundes.

Die Rutschungen entstehen massenhaft in den besonders nassen Jahren an Gehängen, deren Böschung viel zu wenig steil ist, um trockenen Schutt in Bewegung gerathen zu lassen. Bald ist dann eine unter dem Schutt aus dem Fels austretende und zur Hochwasserzeit denselben zu weit herum und zu stark durchnässende Quelle (z. B. Rutschung am Nordabhang der Lägern bei Schöfflisdorf im Frühling 1876), bald überhaupt die vom Regen hervorgebrachte Durchnässung, bald Untergrabung der durchnässtesten Abhänge durch angeschwollene Bäche die Schuld an der Bewegung. Im Hottingerberg sind z. B. zu beiden Seiten des Wolfbaches nach dem Hochwasser vom Juni 1878 zahlreiche kleine Schuttrutschungen entstanden. 1846 zählte man 30 bis 40 solcher Rutschungen am Gehänge von Utznach bis Weesen. Ein ausgezeichnet gletscherförmiger Schuttstrom bewegte sich im März 1876 bei Böttstein (Kant. Aargau) in die Aare. Eine grössere derartige Bewegung verwüstete theilweise die Gehänge am Zürichberg oberhalb Oberstrass am Neujahrstage 1770, konnte dann aber durch rasche Entwässerungen zum Stillstande gebracht werden. 1795 entstanden im Frühjahr oberhalb Weggis Spalten am Abhang des Rigi. Am 15. Juli des gleichen Jahres wurde starkes Getöse vernommen und bald setzte sich der Schutt als viele Meter hoher Strom von ca. 1 Kilometer Breite in Bewegung. Die Bewegung hielt 14 Tage an, der Schutt ergoss sich bis in den See. Bewegliche Habe konnte gerettet werden, Kulturboden und Häuser wurden zerstört. Die grosse Bewegung, welche 1797 37 Häuser von Brienz mit vielen Gärten und Gütern begrub und den Brienzsee für mehrere Monate trübte, derjenige Schlammstrom, der 1673 Casaccia im Bergell entsetzlich verheerte und viele andere gehören wahrscheinlich auch zu den Schuttrutschungen. Die Rutschungen sind sehr zahlreich, sie kommen in jedem nassen Jahr zu hunderten vor. Wir wollen nur zwei derselben noch einige nähere Mittheilungen widmen.

Das Dorf Herdern im Kanton Thurgau liegt auf einer Terrasse, welche vom Sandstein und Mergelfels (Molasse) der Gegend gebildet wird. Oberhalb

folgt ein gut bebautes Gehänge von ca. 10° Böschung, welches aus 2 bis 8 m dickem fruchtbarem Schuttboden gebildet wird. Darüber folgt dann der Felsrand einer höheren Terrasse. Diese letztere war drainirt worden, dem Drainirwasser derselben aber gestattete man einfach im tieferen Gelände oberhalb Herdern wieder zu versickern und den Boden zu durchweichen. Nach ausserordentlichen Regenfällen entstand, von dieser Stelle aus immer weiter um sich greifend, vom 10. bis 13. Juni 1876 eine langsame Bewegung des Gehänges. Zahllose Risse im obern Theil, Wülste im untern verwüsteten auf etwa 50 Hektaren Fläche die Kulturen, verschoben die Eigenthumsgrenzen und Bäume und zerstörten 6 Häuser. Das Wasser quoll aus dem Felsen oberhalb in die Abrissklüfte hinein, der Regen wollte nicht aufhören, die Risse überflossen von Wasser, die untersten hohen Bodenwülste waren am Dorfe angelangt, schon standen sie dicht hinter dem Schulhause. Man war keine Minute mehr sicher, ob nicht eine raschere Bewegung eintreten und das ganze Dorf zerstören werde. Wir trafen sofort sehr energische Massregeln. Sappeurkompagnien und die Bewohner arbeiteten in grosser Hast Tag und Nacht an der Herstellung von Entwässerungsgräben. Das Wasser strömte in Massen durch dieselben ab, der Boden blieb stehen, das Dorf war gerettet. In solchen Fällen ist Entwässerung das einzige Hülsmittel. Alle Stützmauern etc. werden eingedrückt, allein Entwässerung vermehrt die innere Reibung und die Reibung auf der Rutschfläche und entlastet den Boden, so dass er stille steht. In Herdern sind sodann theilweise in der Tiefe der Rutschfläche gründliche dauernde Drainageanlagen ausgeführt worden, so dass mit einem Kostenaufwand von 45,000 Fr. 90 Hektaren Land für alle Zukunft vor Verrutschung geschützt worden sind. Der Erfolg war durchschlagend.

Wie die Entwässerung ausgeführt werden soll, hängt von den lokalen Verhältnissen ab. Manchmal kann bei beginnender Rutschung durch einen sofort in das Centrum der bogenförmigen ersten Anrisse getriebenen Stollen eine verursachende Quelle abgefangen werden; oft muss man, wenn das Wasser von oben unter dem Schutt herkommt, das Rutschgebiet mit einem Entwässerungsgraben oben umfahren, in andern Fällen erweist sich dies als unpraktisch und man legt dann besser die Entwässerungsgraben in der Richtung des Gefälles in den bewegten Boden hinein, doch so, dass die Sohle und die Röhren auf den festen Untergrund zu liegen kommen. Manchmal muss man in der Tiefe und an der Oberfläche entwässern. In den einen Fällen sind Entwässerungsstollen mit grossen Steinen ausgefüllt, in anderen Drainirröhren

besser am Platze. Genaue Beobachtung der lokalen Erscheinungen wird in den meisten Fällen lehren, wie die Entwässerungen am wirksamsten und am wenigsten kostspielig angelegt werden können. Näher hierauf einzutreten ist hier nicht der Ort.

Ungefähr gleichzeitig mit Herdern haben Weingarten und Stettfurt, beide im Kanton Thurgau, Benken im Kanton Zürich, durch Rutschungen gelitten.

Während das Dorf Herdern durch eine von oben kommende Bewegung bedrängt worden ist, sehen wir in einer gegenwärtigen sehr gefährlichen Rutschung das auf hoher Terrasse gelegene grosse Dorf Fetan (Fig. 2) im Unterengadin von unten her dadurch bedroht, dass das Abrissgebiet einer Rutschung immer weiter nach oben greift. Die Verhältnisse sind dort nach des Verfassers Untersuchungen vom vergangenen September etwa die folgenden: Oberhalb des Bades Tarasp (Nairs) steigt vom Inn und der Landstrasse ein steiles Felsgehänge auf. Man kann auf einem Fusswege der nach Fetan führenden Telegraphenleitung entlang in etwa einer Stunde auf die Terrasse von Fetan gelangen. Der Boden besteht aus dunkeln Thonschiefern, welche in den Berg hinein fallen und aussen stellenweise mit Krusten kalkiger und eisenhaltiger alter und neuer Quellabsätze bedeckt sind. Mehrere Schluchten, welche zu den wenig verheerenden gehören, sind in dieses Felsgehänge eingeschnitten. Ueberall ist der Boden fest, nirgends frische Abrutschungen oder Risse. Am oberen Rande der Rüfen verlassen wir den Felsgrund und gelangen auf flacheren Schuttboden. Unter dem Schutt treten eine Menge kleiner Quellen hervor. Der Schutt ist ohne Schichtung, bald thonig, bald sandig, und enthält eine ganze Sammlung verschiedener im oberen Theile des Inngebietes und der Seitenthaler vorkommender Gesteinsarten in kleinen und auch in sehr grossen Blöcken: es ist ächter Moränenschutt, abgelagert von grossen vergangenen Gletschern, ähnlich wie der Schutt von hoher Promenade, Lindenhof, botanischem Garten und Villenquartier in Zürich. Dieser Gletscherschutt ist trotz geringer Neigung der Oberfläche in Bewegung. Der Boden ist zerissen, der Schutt ergiesst sich allmählig in die oberen Theile der Felsschluchten hinab. Die Felder sind von Jahr zu Jahr schlechter geworden. Wo noch vor zwei Jahren die schönsten Kulturen gediehen, sieht jetzt alles wie umgepflügt aus. In 10 bis 15 Jahren sind in dieser Weise etwa 15 Hektaren besten Pflanzlandes zerstört worden. Die Wege haben sich gesenkt und verschoben, die Telegraphenstangen müssen immer wieder versetzt werden. Im oberen Theile dieses Cuttüra und »suot ruinas« (= »unter dem Einfluss der Rüfen«)

genannten Gebietes erhebt sich ein Hügel Namens »Nügla«. Er ist eine ächte alte Längsmoräne, welche fast 1 Kilometer weit sich in gleichmässiger Höhe am Abhange hinzieht. Hinter demselben und durch denselben gebildet folgt ein kleines muldenförmiges Längsthälchen. Das schöne grosse Dorf Fetan liegt in dem Thälchen und am östlichen Ende des Hügelzuges.

»Fetan selbst wird nicht mitrutschen«, so tröstete man sich dort, denn »Fetan steht auf Felsen«. Der hohe weithin leuchtende Kirchthurni ist, getrennt von der Kirche, kühn auf eine grosse granitische Felsklippe gestellt worden. Einige Keller sind »in den Felsen gesprengt« worden. Allein sind dies Felsen? Es sind nur grosse Felsblöcke, vom Gletscher einst hergetragen, gebettet in feinerem, vielfach sandigem und thonigem Schutt, der tief hinab reicht, und die »Felsen« mitführend von der Bewegung ergriffen werden kann. Schon haben sich in den untersten Häusern von Fetan und darunter auch in dem 1865 erbauten, weithin glänzenden, grossen, auf's Beste fundirten Hause auffallende Risse gezeigt; schon greifen die obersten Bodenklüfte dicht am Dorfe und den Gärten bis auf den Nügla-Hügel hinauf. Geht es noch 20 oder 30 Jahre so fort, so wird das ganze Dorf Fetan eine verlassene Ruine sein!

Woran liegt die Schuld? Nur eine sehr starke Durchnässung kann Moränenboden bei so geringer Böschung beweglich machen.

In dem Thälchen hinter der Längsmoräne und am nördlichen Gehänge treten eine Menge von zum Theil sehr starken Quellen auf. Sie finden nicht genügenden Abfluss und bilden die »Palüds (paludine oder palude = Sumpf) da Sainas«, eine grosse Sumpfwiese. Sägemühlen und neue Strasse helfen der Moräne zur Stauung des Wassers. Das reichliche Abwasser der Brunnen von Fetan, das Abwasser der Dächer und Strassen wird nicht durch Dolen in Bäche geleitet, sondern es sickert theils sofort ein, theils geht es nach den Palüds da Sainas. Wenn man im Dorfe Fetan ein Loch in den Boden gräbt und Wasser hineingesetzt, versickert dasselbe rasch, während in den Wiesen am unteren Rande des Dorfes gegen Val Furade das Uebermass des eingedrungenen Wassers einige Quellen bildet. Man kann sich von der Menge des wirkenden Wassers eine Vorstellung machen, wenn man bedenkt, dass trotz der Versickerung aus den Palüds da Sainas westlich von Fetan noch über 6000 Liter Wasser per Minute gegen Val Mulins quer durch eine Lücke in der Moräne abfliessen. Das was hinter dem Moränenhügel liegt, ist ein gewaltiger Infiltrationsapparat, der nicht besser eingerichtet sein könnte, um den Moränen-

schutt tüchtig und anhaltend zu durchtränken. Von diesem her kommt die Bewegung. So lange diese Palüds da Sainas existiren, wird sie, da der Fuss der MoränenTerrasse nun gewichen ist, unwiderbringlich von Jahr zu Jahr weiter hinauf greifen.

Die Mittel zur Abhülfe liegen auf der Hand. Gründliche Entwässerung der Palüds da Sainas wird wahrscheinlich vollständig ausreichen und alle übrigen überdies vorgeschlagenen Arbeiten überflüssig machen.

Fetan ist ein Ort, der hart bedrängt ist, und deshalb unsere Theilnahme verdient. Schon mehrmals theilweise abgebrannt, durch schwere Strassenlasten, welche ihm ein in diesem Falle ungerechtes Strassengesetz auferlegt hatte, und durch Verbauungen gefährlicher Lauinen, welche den Ort schon schwer geschädigt haben, finanziell gänzlich erschöpft, hat es den besten Kulturboden in den letzten Jahren verloren und geht selbst dem Untergang entgegen — doch nein! Fetan kann ganz bestimmt — auf hundertfältige Erfahrung gegründet dürfen wir dies behaupten — gerettet werden, wenn die nöthige Energie und Einigkeit ausserhalb und in Fetan herrscht — und sie wird herrschen!

In Folge der meistens geringeren Böschung, welche Schutt auch in trockenem Zustande im Verhältniss zu Felsgrund erträgt, finden die Schuttrutschungen fast immer schon bei geringerer Steilheit des Gehänges statt, als die Felsbewegungen.

II. Rollende oder stürzende Schutt-Bewegung: Schuttsturz.

Bei Schutt ist die gleitende Bewegung das Gewöhnliche, für die stürzende müssen besondere Bodengestaltungen vorhanden sein. Schuttstürze sind deshalb viel weniger häufig als Schuttrutschungen, und meistens beginnen sie in ihren Anfängen in Form einer Rutschung.

Ein ausgezeichneter und wohl einer der grössten Schuttstürze fand am 29. April 1868 bei Bilten im Kt. Glarus statt (Fig. 3, a und b). Der Hirzliberg ob Bilten ist aus festen Nagelfluhbänken und aus damit abwechselnden Sandstein- und Mergelschichten gebildet. Die Schichten fallen in den Berg hinein und ziehen sich aussen am Abhang schief gegen Osten abwärts. Die Mergel- und Sandsteinschichten sind wegen ihrer geringen Festigkeit zu kleinen Thälchen ausgewittert, welche von den vorspringenden widerstandsfähigeren Nagelfluhrippen nach Aussen begrenzt werden. Ein solches Thälchen von

etwa 300^m Länge, 50^m Breite und 15 bis 20^m Tiefe, wohl über 450^m über dem Dorfe gelegen hatte sich seit undenklichen Zeiten mit Abwitterungsschutt der gleichen Gesteine angefüllt (Fig. 3, b). Das ganze Gehänge war gut bewaldet und ebenso theilweise der Schutt in dem Thälchen. Im Winter 1867 stürzte eine Lauine und blieb an dieser Stelle liegen. Ihr langsames Schmelzen, das bis weit in den Frühling 1868 hineinreichte, erzeugte eine anhaltende gründliche Durchtränkung des Schuttens. Endlich gerieth derselbe in's Fliessen, traf bald auf eine Stelle, wo die äussere Rippe von Nagelfluh eine Bresche hatte, und stürzte nun dort über die Nagelfluhwand und durch den steilen Wald über 100^m tief hinab. Der thonige Brei mit zahlreichen, bis zu mehreren Kubikmetern grossen Nagelfluhblöcken gemischt bewegte sich wie ein schmutziger donnernder Wasserfall. Seitlich abfliegende Steine schlugten fast füssdicke Tannenstämme durch, und alles wurde hier mit Koth bespritzt. Im Wald, der krachend zusammenbrach, wurde eine früher kaum merkliche Furche zu einem 6 bis 10^m tiefen und 10 bis 20^m breiten Sturzweg in wenigen Augenblicken ausgeschürt. 100 bis 200^m hinter dem Dorf Bilten stand ein gut gepflegtes Wäldchen, welches nun auf dem hier schon viel weniger steilen Untergrund wie ein Sieb wirkte. Zwar wurde es grösstentheils geworfen, vermochte aber doch zum Glücke des Dorfes die Blöcke zurückzuhalten, so dass nur der Schlamm in Gestalt eines einhalb bis zu drei Meter hohen, breiten Stromes langsam bis über die Strasse auf den flachen Boden hinabfloss. Es war zur Flucht Zeit genug. Die Bewegung des Schlammes hielt 48 Stunden lang an. Zwanzig Gebäulichkeiten wurden dadurch beschädigt oder theilweise zerstört, der Schlammstrom drückte Mauern ein, verschob Ställe oder drang durch Fenster und Thüren in die Erdgeschosse und ersten Stockwerke einiger Häuser. 25 Haushaltungen mussten ausziehen und der Schaden an Wald, Wiesen, Pflanzland und Gärten, ca. 40 Jucharten gross, war bedeutend. Die niedergestürzte Schuttmasse beträgt ca. 180000 m³ (Kubikmeter). Im Schuttsturz von Bilten haben wir ein Beispiel für Trennung des Ablagerungsgebietes in Blockgebiet und Schlammstrom. Die drei Theile, Abrissgebiet, Sturzweg und Ablagerungsgebiet sind auch heute noch trotz der von Jahr zu Jahr vollständigeren Bewachsung selbst von der Bahnlinie aus beim Vorbeifahren leicht zu unterscheiden (Fig. 3, a).

Am Sonnenberg bei Oberarth, einem Theile des Rossberges, fand Ende August 1874 ein ähnlicher kleinerer Schuttsturz dadurch statt, dass zwei Quellen den auf einer schießen Mergelfelsterrasse liegenden Schutt erweicht hatten.

Dass wie bei Rutschungen auch bei drohenden Schuttstürzen einzig Entwässerung abwehrende Dienste thun kann, ist schon aus unsren zwei Beispielen ersichtlich. Es ist jeweilen nur ein gewisses ausserordentliches Uebermass von Nässe, welches die Bewegung in Gang bringt. Auch Gleichgewichtsstörungen durch Mehrbelastung eines Abhangs oder durch einen Einschnitt, wie solche Fälle oft bei Strassenbau und Eisenbahnbau vorkommen, erzeugen häufig Schuttrutschungen von geringerer Ausdehnung, hie und da auch kleinere Schuttstürze. Die Erfahrung hat auch hier gezeigt, dass jeweilen gründliche Drainirung die Schuttmassen auch unter den neuen ungünstigeren Verhältnissen zum Stillstand bringen kann.

B. Die Felsbewegungen (Felsbrüche).

III. Gleitende Felsbewegung: Felsschlipf (Felsrutschung, Bergrutsch bei grossen Dimensionen).

Ein grosser Theil der Gesteine, welche die Erdrinde bilden, sind geschichtet. Verschieden beschaffene Schichten wechseln mit einander ab. Es kann nun der Fall vorkommen, dass die Schichten ungefähr in der Richtung des Abhangs geneigt sind, aber weniger steil, als der äussere Abhang selbst. In solchen Fällen ist durch die thalbildenden Prozesse den oberen Schichten ihr Fuss weggenommen. Diese halten dann nur durch die Reibung auf den unteren fest. Wird die Unterspülung zu stark, so kann die Schwere die Reibung endlich überwinden. Noch häufiger tritt eine Bewegung einzelner Felsenschichten dadurch ein, dass Durchnässung die Reibung selbst vermindert. Das letztere kann durch Eindringen von Wasser auf die Schichtfugen oder durch Erweichung einzelner thoniger Schichten geschehen. Die oberen Schichten gelangen so auf ihrer Unterlage in gleitende, erst langsame, dann oft ungeheuer sich steigernde Bewegung.

Zur Entstehung eines Felsschlipfes ist somit eine ganz bestimmte Beschaffenheit und Lage der Schichten nothwendig, während Felssturz bei fast jeder Schichtlage und jeder Gesteinsbeschaffenheit entstehen kann. Die Felschlipfe sind deshalb auch viel seltener als die Felsstürze.

Das grossartigste Beispiel eines Felsschlipfes aus historischer Zeit ist der Bergsturz von Goldau vom 2. Sept. 1806 (Fig. 4). Thon, Mergel- und Sand-

steinschichten wechseln mit dicken Nagelfluhbänken ab und sind etwa 20° , im obersten Theil bis 30° gegen SSO geneigt. Durch zahlreiche senkrechte Spalten in der obersten, ca. 30^{m} dicken Nagelfluhschicht, wie sie auch jetzt noch im nicht losgebrochenen Theil beobachtet werden können, drang das reichliche Schnee- und Regenwasser jenes Jahres oben am Ross- (Gnippen)- Berge auf etwas darunterfolgenden mergligen Sandstein und endlich auf ein dunkelgraues, bituminöses und hie und da Pflanzenreste enthaltendes Mergellager von 2 bis 3^{m} Mächtigkeit ein und durchweichte dasselbe. Man bemerkte, wie diese Spalten sich langsam erweiterten und hörte im Wald von Zeit zu Zeit ein Knallen von den dadurch zerriessenden Baumwurzeln herrührend. Der Boden erhielt neue Risse und Aufstauungen in Form von Rasenhügeln, die sich über einander schoben, manche Tannen sanken um. Der Besitzer des obersten Hauses am Berge hatte schon einige Tage vor dem 2. Sept. seine Wohnung abgebrochen und das Holzwerk an eine ihm sicherer scheinende Stelle gebracht. Am ganzen Vormittag und Nachmittag des 2. Sept. fanden von Zeit zu Zeit an den Felswänden des Gnippenberges Abbrüche einzelner kleinerer Felsmassen statt und man vernahm anhaltendes Getöse im Berge. Bald nach 4 Uhr öffnete sich hoch oben quer über den Berg eine Spalte, die mit jedem Augenblick tiefer, breiter und länger wurde. Das unterhalb gelegene Berggehänge »fängt an sachte hinzuglitschen (so erzählt weiter Dr. Zay, der Verfasser des trefflichen Buches: Goldau und seine Gegend, wie sie war und was sie geworden, Zürich 1807, mit einem Plan der Gegend vor dem Bergsturz). »Mit einmal stürzt zu oberst an der grössten Felswand ein gros-ses Stück nieder. Die Felswände fangen langsam an von ihrer Mutterwand »sich loszutrennen und gegen die Tiefe hinauszusinken. Das Erdreich am »Bergabhang fängt nun auch an, sich von einander zu schieben, und statt »der grünen Rasendecke die bräunlichschwarze Farbe nach aussen zu wenden. »Die unteren Wälder fangen ebenfalls an, sich allgemach zu bewegen, und »Tannenbäume in unzähliger Menge schwanken hin und her. Ganze Schaaren »Vögel lüften schnell ihre Flügel und richten unter Geschrei ihren Flug gegen »den Rigi hin. Einzelne grössere Steine rollen schon den Berg hinab, zer- »schmettern Häuser, Ställe und Bäume und mehrere stürzen in verschneller- »tem Laufe als Vorboten der bald nacheilenden Masse in die Tiefe des Thales.«

»Nun wird mit einem Male die Bewegung der Wälder stärker. Ganze »Reihen der vorher los gewordenen und sich senkenden Felsstücke, ganze »Reihen stolzer Tannen, auf der obersten Felskante sonst so prachtvoll ruhend,

»stürzen in Unordnung über einander und in die Tiefe nieder. — Alles Los-
»gerissene und Bewegliche, Wald und Erde, Stein und Felswände, geräth jetzt
»ins Hinglitschen, dann in schnelleren Lauf und nun in blitzschnelles Hin-
»stürzen. Getöse, Gekräch und Prasseln erfüllt wie tief brüllender Donner
»die Luft, erschüttert Ohr und Herz und tönt im Wiederhall von tausend
»Bergesklüften noch grässlicher. Ganze Strecken losgerissenen Erdreichs,
»Felsenstücke so gross und noch grösser wie Häuser, ganze Reihen von Tan-
»nen werden aufrechtstehend mit mehr als Pfeilesschnelle durch die verdickte
»Luft hingeschleudert. Die Schichtfetzen fliegen schliesslich durch die Luft,
»man sieht unter ihnen durch die Landschaft im Hintergrund. Ein röthlich-
»brauner Staub erhebt sich in Nebelgestalt von der Erde, hüllt die zerstörende
»Lauine in trübes Dunkel ein und läuft als düstere Wolke wie vom Sturm-
»wind gepeitscht vor ihr hin. Berg und Thal sind nun erschüttert, — die
»Erde bebt, — Felsen zittern, — Menschen erstarren beim Anblick dieser
»fürchterlichsten Scenen. Vögel, im Flug gehindert, fallen auf die Stätte der
»Verheerung nieder, Häuser, Menschen und Vieh werden schneller als eine
»aus dem Feuerrohr losgeschossene Kugel über die Erde hin und selbst durch
»die Luft fortgetrieben. — Die aus ihrer Ruhe aufgeschreckte Wasserfluth
»des Lowerzersees bäumt sich wie Felsenwände auf und fängt im Sturmlauf
»auch ihre Verheerung an. Ein grosser Theil der zerstörenden Masse er-
»stürmt, im Thal angekommen, noch den jenseitigen steilen Fuss des Rigi-
»berges und einzelne Bäume und Felsstücke fliegen hoch am Abhang hinauf
»— überschüttet ist das ehevor so fruchtbare Gelände mit Schutt und Graus.
»Umgeschaffen ist die ebevor paradiesische Gegend in hundert und hundert
»wilde Todeshügel. Während der wenigen Augenblicke, in welchen der Leser
»diese Schilderung liest, in der Frist von 3 bis 4 kurzen und doch so fürch-
»terlich langen Minuten hat das Ereigniss begonnen und seinen Lauf vollendet.«

Die so zahlreichen, sorgfältig gesammelten und hochinteressanten Details sind alle in dem Buche von Zay aufgeführt. Beim Bergsturz von Goldau glitschte somit ein abgetrennter Schichtfetzen auf seiner Unterlage zu Thal, indem er unterwegs in tausende von kolossalen Blöcken sich zerschlug. Der Schutt schoß strahlig auseinander, so dass das Ablagerungs- viel breiter als das Abrissgebiet ist. Die ganze durch den Felsschlipf zerstörte Fläche misst nicht ganz eine Quadratwegstunde. Die Böschung vom oberen Anriss bis an das äussere Ende des Ablagerungsgebietes beträgt nur 12° , die Böschung des Weggebietes 20° . Die abgeglittene Felmasse war eine Schicht von ca. 320^m

Breite, 32^m Dicke und 1500^m Länge, wodurch das Volumen sich zu etwa 15000000 Kubikmeter schätzen lässt. Ein Flaum von Wald hat sich allmälig im unteren Theile angesiedelt, aber noch ist das ganze Zerstörungsgebiet leicht zu übersehen.

Beim Felsschlipf von Goldau verloren 457 Menschen das Leben, 14 waren lebendig noch ausgegraben worden. Es gingen in Goldau, Unterröthen und Busingen 111 Wohnhäuser, 2 Kirchen, 220 Scheunen und Ställe unter.

Noch im Jahre 1395 stand ein Dorf, Namens Röthen, zwischen Goldau und Steineberg. Dasselbe ist längst vor Goldau von einem ähnlichen Felsschlipf von geringerer Ausdehnung zu unbestimmter Zeit zerstört worden.

1857 erfolgte bei Rorschach ein Felsschlipf. Eine Sandsteinbank von etwa 25000 Kubikmeter sei auf durchweichter Mergelunterlage ausgeglitten und habe den Bahnhof Rorschach beschädigt.

IV. Rollende oder stürzende Felsbewegung: Felssturz (Felsfall, Bergfall).

Die grosse Mehrzahl der Felsbrüche in den Gebirgen sind Felsstürze. Zu hunderten aus vorhistorischer und historischer Zeit lassen sie sich in den Alpen allein aufzählen, häufig gehören sie den unbewohnten Regionen an, schlagen aber auch oft in die Wohngebiete der Menschen ein. Hier bricht Fels los, verlässt seine Schicht und rollt oder fliegt zur Tiefe, ohne seine Bewegung nach der Schichtlage zu richten. Die Lostrennung geschieht meistens nach unregelmässigen, quer durchsetzenden Klüften. Bei den ächten Felsbrüchen hat das Wasser eine viel geringere Bedeutung, als bei den bisher besprochenen Typen von Bergstürzen. In die Spalten eindringend und gefrierend kann es wohl zur Lockerung wesentlich beigetragen haben, allein zur Bewegung selbst ist Durchnässung kein Bedingniss: es gibt ganz trockene Felsstürze. Die Steinstaubwolken, welche sich durch das Zusammenschlagen und Aufschlagen der Felstrümmer bilden, sind hier am dichtesten. Sie verhüllen oft als dunkler Rauch dem Beobachter jeden genaueren Einblick in die Bewegungsart der Massen. Weil durchweichtetes, breiartig aufgelöstes Material hier viel weniger als bei den früher angeführten Bergsturzarten betheiligt ist, bewachsen sich die Trümmerfelder der Felsstürze meistens viel langsamer als diejenigen der Schuttbewegungen oder selbst der Felsschlipfe. Bei kleineren Felsstürzen fliegen die einzelnen Trümmer oft rottirend in weiten bogen-

förmigen Sätzen durch die Luft. Je grösser die niederbrechende Masse, desto kleiner sind im Verhältniss zum Ganzen die einzelnen Felsblöcke, in welche sich rasch jeder stürzende Berg auflöst, und desto ähnlicher wird die Bewegung derjenigen von Sand, von Schneelauinen oder Eislauinen. Sand aber bewegt sich einer Flüssigkeit in vielen Punkten sehr nahe vergleichbar, und Gletscherlauinen sowie Schneelauinen sind aus der Ferne schwer von starken, plötzlichen vorübergehenden Wasserfällen zu unterscheiden. So sehen wir bei grossen Felsbrüchen völlige Ströme von Gesteinstrümmern niederdonnern. Von Terrassen, auf welche sie aufschlagen, werden sie in Gestalt einer Steinwolke frei hinausgeworfen, so dass man unten durchsehen kann. Beim Bergsturz von Elm z. B., wo dieser Fall eingetreten ist, war die untere Grenze der fliegenden Steinwolke, wie bei einem durch ein Felsgesimse hinausgeworfenen Wasserfall ganz scharf, oben aber spritzte der Steingischt in einzelnen Blöcken hoch hinaus. Wie Lauinen oder Wasserströme branden grosse Felsbrüche an im Wege stehenden Hindernissen hinauf. Der Felsbruch von Elm z. B. schlug c. 100^m jenseits über den Thalboden nach Düniberg hinauf und fegte die im Thalboden gelegenen Häuser und sogar theilweise den Ackerboden dort hinauf. (Aehnliches kann indessen ausnahmsweise auch bei grossen Bergschlipfen im unteren Theile eintreten; so sind bei Goldau viele Trümmer hoch an den Rigi hinauf geworfen worden). Vorspringende Bergecken können den Trümmerstrom ablenken, wie wenn Sand durch eine steile Rinne, welche ein scharfes Knie hat, fliessen muss. Ob wir mit einer Hand voll feinem Sand im Kleinen Bewegungsversuche anstellen, oder ob die Sandkörner gleich viele enorme Felsblöcke sind, welche über eine Berghalde rollen und springen — die Bewegungen sind, wie Beobachtung und Theorie zeigen, durchaus ähnlich.

Zu den Felsstürzen gehören:

1486, Juni 13. Zerstörung von Zarera im Poschiavothal (300 ? Todte).

1512, Sept. Monte Crenone, oberhalb Biasca. Der Blegno wurde zu einem See gestaut, welcher am 15. Mai 1515 seine Barriere durchbrach und das ganze Thal bis an den Lago Maggiore verwüstete (600 Todte, 400 Häuser zerstört).

1593, Nov. 11 und 1594, Juli 3. Felsstürze am Vorderglärnisch.

1618, Sept. 4. Zerstörung von Plurs im Bergell, nach der Zahl der Menschenopfer (930 bis 2500?) der grösste Bergsturz historischer Zeit. Frost hatte den Gneissfels von Monte Conto mehr und mehr gelockert, die Ausbeutung des Lavezsteines mag mitgewirkt haben. Die nächste momentane

Veranlassung waren anhaltende Regen vom 25. bis 29. August und vom 1. bis 3. September. Am 4. September war das Wetter hell, allein an einem seit 10 Jahren sich erweiternden Risse lösten sich Steine ab. In der folgenden Nacht bei stiller Luft und hellem Himmel fand der Einsturz statt. Die Maïra wurde während 2 Stunden aufgehalten, vermochte sich dann aber durchzuarbeiten. Von dem verschütteten Ort ist bis jetzt keine Spur mehr zum Vorschein gekommen.

1714, Sept. 24 und 1749. Diablerets. Die Schuttmassen stauten die Licerne zum noch heute bestehenden See von Derborence auf. 120 Alphütten, 18 Menschen, 130 Stück Vieh wurden verschüttet. Der Kalkschutt in dieser Region ist zur Wiederbewachsung nicht günstig, er ist noch jetzt grösstenteils kahl.

1794. Kalkfelswand bricht ab in's Ferrerathal, zwischen Ferrera und Canicül (Kt. Graubünden).

1834, 1842, 1843, 1850, 1867 Felsstürze bei Felsberg am Calanda durch Abbrechen einer überhängenden, fast 165 m mächtigen dolomitischen Kalksteinschicht, welche dem Gehänge parallel fällt. Die ausserordentlich steile Schutthalde gegen das Dorf Felsberg hat 35° Böschung (Fig. 6).

1860, Sept. 21. Kleinere Felsbrüche von der Ruine Wartau gegen Murris (St. Gallisches Rheintal).

1881, Sept. 11. Elm (Fig. 5) Näheres in E. Buss und A. Heim: Der Bergsturz von Elm, Denkschrift.

Für die Zukunft ist Sembranchier im Bagnethal (Wallis) durch einen etwas überhängenden, gespaltenen Felsen mit einem Felssturz bedroht. Die drohenden Abbrüche oberhalb Altorf scheinen für unbestimmte Zeit wieder Gleichgewicht gefunden zu haben.

Sehr zahlreiche andere Felsstürze zählen wir nicht speziell auf.

Eine grosse Zahl von Bergstürzen aus historischer Zeit lassen sich nicht sicher einreihen, theils weil über den physikalischen Vorgang, die Ursachen etc. nichts berichtet worden ist und sich diese Lücke durch nachträgliche Beobachtung nicht mehr gut ausfüllen lässt, theils weil viele dieser alten Bergsturzgebiete noch nicht näher untersucht worden sind. Dahin gehört z. B. der Sturz von 883, der das Trümmerfeld von Slavini di San Marco unterhalb Roveredo an der Etsch bildete, eine Stadt begrub und die Etsch so staute, dass Verona ohne Wasser blieb.

Zahllose Felsstürze sind als solche noch jetzt zu erkennen und Sagen erzählen von ihnen, ohne dass man den Zeitpunkt festsetzen kann. Hierher gehören unter vielen anderen :

»Millemorti« im Poschiavothal.

»Teufelsfriedhof« am Nordabhang der Teufelsstöcke (Claridengrat, Urnerboden).

Ostseite des Mythen (»eine Herde begraben«),

St. Giacomo im Lirothal oberhalb Chiavenna.

Gand von Rinderbalm am Eingang vom Maderanerthal in's Brunnithal (Uri) etc. etc.

Wir finden kein Alpenthal ohne solche Trümmerhügel und daran sich knüpfende Sagen. Eine noch ältere Reihe von Bergstürzen liegt hinter jeder Sage zurück. Dahin gehören die sonderbaren Schutthügel bei Netstall, Glarus und der Soolhügel bei Schwanden (alle im Kt. Glarus), die Hügel bei Ems, zwischen Reichenau und Chur. Sie scheinen von der Ausspülung durch die Flüsse verschont gebliebene Reste ungeheurer Ablagerungsgebiete zu sein. Der grösste und vielleicht einer der ältesten noch deutlichen Bergstürze der Alpen ist wohl derjenige von Flims (Graubünden). Sein Schutt erstreckt sich als zusammenhängender, wohl 600^m hoher Berg von den Maiensässen ob Flims bis jenseits des Rheines hinter Versam und Bonaduz, und von der Nähe von Ilanz (Kästris) bis Reichenau. Auf der welligen Oberfläche finden sich, meistens im Tannen- und Lerchenwald gelegen, 8 kleine Seen. Der Rhein und seine Zuflüsse haben sich in Gestalt wilder Schluchten in den gewaltigen, thalabsperrenden Hügel eingesägt, während oberhalb Ilanz noch heute in Kiesterrassen die Spuren eines alten Sees, der durch den Flimsersturz gestaut worden war, nachweisbar sind. Das Material ist grösstentheils Kalkstein, wie er an der Nordseite des Rheines dort gewaltige Massen bildet (Hochgebirgskalk); derselbe findet sich bald fein zermalmt, bald in grossen Blöcken, vielfach schon wieder verkittet, nirgends aber geschichtet. In viel geringeren Mengen kommen Verrucano- und andere Gesteine der Gegend vor. Der Flimser Bergsturz muss aus dem Gebiet der nach dem Segnespass führenden Bergnische gekommen sein und die Wände des Flimsersteines entblösst haben. Auf dem Rücken dieses grössten Schuttkegels finden sich Spuren von Gletschermoränen und einzelne enorme erratische Blöcke von Granit aus dem Puntaiglasthal. Es ist somit dieser Bergsturz älter als die Zeit grosser Gletscherverbreitung, die Eiszeit, und jedenfalls älter als die Einwanderung der Menschen in diese Gebirgstäler.

V. Gemischte und zusammengesetzte Bergstürze.

Es kommen eine Reihe von Kombinationen in der Bewegungsart und in der Beschaffenheit des Materials vor, welche eine bestimmte Einreihung einer Gesteinsbewegung in die bisher besprochenen Typen unmöglich machen, oder es kann ein Bergsturz aus dem einen Typus in einem zweiten Akt in einen andern Typus übergehen. Zwei Beispiele werden dies erläutern.

Das Gehänge ob Brienz, welches auf einer hohen Terrasse der Albula am Südabhang des Lenzerhorns in Graubünden liegt, hat im November 1878 eine Bewegung entstehen lassen, welche heute noch langsam weiter geht. Ueber Bündtnerschiefern, welche steil bergeinwärts fallen, folgen in flacherer Lagerung Zellendolomite und dichte Dolomite bis hinauf zum Gipfel des Lenzerhorns. Im unteren Theil der Dolomite vermehrten und erweiterten sich die alten Risse, indem offenbar die weiche Bündtnerschieferunterlage langsam wichen. Langsam glitten zuerst in Gestalt grosser Treppen die abgetrennten Dolomitrippen tiefer. Unten in den Wiesen bildeten sich Stauwülste. Im unteren Theile trat in Blöcke aufgelöst der Bündtnerschiefer hervor. Das Ganze bildet einen in der Form und Grösse durchaus an den Rhonegletscher erinnernden Schuttstrom, dessen unterer Theil aus Schieferblöcken, der obere sturzförmige Theil mehr aus Dolomitmassen besteht, die mehr und mehr in Unordnung gerathen sind und ihre gegenseitige Stellung verschoben und verdreht haben. Ausser dem Loslösen und Niederfallen vereinzelter Steine wurde die Bewegung niemals eine rasche. Vom Dezember 1878 bis Januar 1879 schritt die Front des Schuttstromes täglich im Mittel 1^m vor. Die Absenkungen und Abtrennungen im Abrissgebiet vermehren sich fortwährend und greifen weiter zurück. Im Frühjahr 1879 zog sich die zuerst gegen das Dorf Brienz gehende Bewegung etwas weiter östlich. Im Sommer 1879 war sie gering, setzte aber im Herbst wieder stark fort. Im Winter 1879 auf 1880 ging sie auch bei der grössten Kälte weiter. Im Herbst 1880 erreichte der Schutt die Poststrasse Lenz-Landwasser (Davos), welche verlegt werden muss. Im Frühjahr 1881 rückte der Schutt im Ganzen um 5^m vor, stand aber mit eintretender Trockenheit im Sommer 1881 still, bis nach den starken Regenfällen zu Ende August die Bewegung abermals erschien. Sie steht immer bei Trockenheit still und nimmt bei Nässe zu. Bis jetzt sind ca. 30000 m² (Quadratmeter) Wald, welcher der Gemeinde gehört und 25000 m² Wiesen, welche Privaten gehörten, überschüttet worden, und die Zerstörung scheint ihr Ende noch nicht zu finden. Gleich über dem

Anrissgebiet liegt unter den Maiensässen von Propisi sot ein Trichter, der aus weitem Gebiete das Wasser sammelt und dasselbe durch die Klüfte im Dolomit in die Bündtnerschiefer hinab gelangen lässt. Im Frühjahr kann dieser Infiltrationstrichter sogar zum kleinen See werden. Die umliegenden Gehänge von gleicher Zusammensetzung und Steilheit bewegen sich nicht. Wir hoffen deshalb, durch Drainirung des Trichters von Propisi sot im nächsten Frühsommer die Bewegung dauernd zum Stillstand zu bringen.

Beim Bergbruch von Brienz bewegt sich vorwiegend Fels, nur in geringen Mengen ist alter Gletscherschutt dabei betheiligt. Die Felsbewegung geht allerdings langsam gleitend, aber nicht Schicht auf Schicht, sondern in Trümmerm vor sich, die ihre gegenseitige Stellung vielfach ändern. Die Abtrennung der Felsen erinnert an den Felsschlif und Felssturz zugleich, die Art der Bewegung und die Gestalt des Ablagerungsgebietes vielmehr an eine Schutt-rutschung. Wir bezeichnen diese sehr seltene Art von Bergbruch wegen seiner gemischten Bewegungsart als einen *gemischten Bergsturz*.

Gegen Ende Dezember 1879 brach am Vitznauerstock nach Klüften quer zur Schichtung eine Rinde von der steilen gegen Westen gekehrten Kalkwand ab und stürzte auf eine sumpfige thonreiche Schuttterasse, den dort befindlichen Wald eindeckend. Dieser erste Akt war ein ächter Felssturz. Die grosse neue Last der ungeheuren Trümmer war dem schlüpfrigen Boden zu viel. Er gerieth im unteren Theile in Rutschung, während die Felsblöcke mehr und mehr sich in den weichen Boden einsenkten: der zweite Akt war eine Schuttrutschung. Im dritten Akt, der sich nun anschloss, stürzte der alte weiche Schutt mit einem Theil der Blöcke über einen kleinen Absturz in die Schluchtrinne des Vitznauerbaches: es war ein kleiner Schuttsturz. Der vierte und letzte Akt endlich gestaltete sich zu einem ächten Muhrgang (Wildbachausbruch), indem das vorübergehend gestaute Bachwasser den Brei bis in den See beförderte. Rasche Hülfsarbeiten vermochten den Ausbruch auf den bebauten Schuttkegel und gegen das Dorf zu verhindern. Hier haben wir somit ein Beispiel, wo ein Bergbruch den andern erzeugte, also einen zusammengesetzten Bergsturz.

VI. Besondere Bergstürze.

Ganz besondere Terrainverhältnisse können noch besondere Bergsturzarten erzeugen, welche den oben beschriebenen häufigsten Typen sich nicht einreihen lassen. Es ist z. B. denkbar, dass durch anhaltende Nässe eine thonige

Zwischenschicht eines Schichtensystems unter Lagerungsverhältnissen sich breiartig erweicht, welche ein Abgleiten der oberen Schichten wie am Rossberg doch verhindern. Dann kann die weich gewordene Schicht zwischen den andern herausgequetscht werden: es entsteht ein Quetschschlammstrom, der eher den Felsbewegungen als den Schuttbewegungen zugezählt werden muss. In kleinem Maasse werden in Bergwerken solche Erscheinungen beobachtet; sie sind auch schon am Rigi vorgekommen. Dass der grosse Schlammstrom, welcher dort 1795 einen Theil von Weggis zerstörte, hierher zu zählen sei, ist mir indessen sehr zweifelhaft geworden. Der Rasen bewegte sich selbst, er wurde nicht mit Schlamm überströmt. Man pflückte die Kirschen auf den aufrecht langsam abwärts rutschenden Bäumen, was eher für eine Schuttrutschung spricht. Der früher viel ohne Weiteres gebrauchte Ausdruck Schlammstrom ist eben unbestimmt. Er beschreibt nur die Beschaffenheit des Ablagerungsgebietes; aber die verschiedensten Bergstürze können Schlammströme erzeugen.

Eine Art Quetschschlammstrom kommt auch unter den Schuttbewegungen und zwar nicht selten vor. Hierher gehören die Mehrzahl der so häufigen Versenkungen an Seeufern. Dass Unterhöhlung der Ufer die Ursache derselben sei, ist eine blosse Fabel. Als im fünfzehnten Jahrhundert ein Theil des Städtchens Zug versank, wurden gar die schuldlosen Fische angeklagt, sie hätten die Stadt unterwühlt! Die Untersuchungen, welche unter andern bei Gelegenheit der Versenkungen des Stationsplatzes Horgen der linksufrigen Zürichseebahn vom Februar und besonders vom 22. bis 24. September 1875 stattfanden, haben vielmehr ergeben, dass oft unter Kieslagern, welche die Bäche angespült haben und unter alten künstlichen Auffüllungen noch Reste weichen Seeschlamms liegen. Die festeren Bodenschichten darüber können hinten abbrechen und sich vertikal versenken, während der Schlamm seitlich ausfliesst oder ausgequetscht wird und am Seegrunde hernach sich gleichförmig vertheilt. Bei Horgen lag die gefährliche Schlammschicht tiefer als die Fundationspfähle gingen, das ist wenigstens 13^m unter der Seefläche. Die verschwindenden Landstücke, 6560 m² gross, sammt Schienen etc. versanken ganz vertikal in 5 Portionen Stück um Stück und lagen hernach an der gleichen Stelle 8 bis 11^m unter dem Wasser, während, wie die Tiefenmessungen zeigten, das ganze Seegehänge bis zu 600^m Entfernung vom Ufer sehr starken Abtrag erlitt, der Seeboden dagegen sich ein bis zwei Meter erhöhte und das Wasser am gegenüberliegenden Ufer sich trübte.

Gleichgewichtsstörungen durch Strassen- und Eisenbahnbau können oft kleinere Bewegungen ganz besonderer Art herbeiführen.

Zu den besonderen Bergstürzen könnte man auch noch die Einsturzungen (»Erdfälle«) rechnen, welche durch Höhleneinstürze in Gegenden entstehen, deren Untergrund leicht von Quellwassern lösliche Gesteine (Steinsalz, Gyps, auch Kalkstein) enthält, oder welche durch unterirdischen Bergbau entstehen. Einsturzungen sind indessen von den Bergstürzen schon stark abweichende Vorgänge.

* * *

Im Vorstehenden haben wir folgende Uebersicht der Bergstürze gewonnen:

Bergstürze (éboulements, Bergbrüche)	Schuttbewegungen	I. Schuttrutschungen (Herdern, Fetan)
	(Schuttbrüche)	II. Schuttstürze (Bilten, Sonnenberg bei Oberarth)
	Felsbewegungen	III. Felsschlipfe (Goldau)
	(Felsbrüche)	IV. Felsstürze (Plurs, Felsberg, Elm etc.)
	V. Gemischte (Brienz in Graubünden) und zusammengesetzte (Vitznau)	
	VI. Besondere (Quetschschlammströme etc., Seeufer, Erdfälle).	

Wir haben hierbei als Eintheilungsprinzip die Art des Materials und sodann die Art der abtrennenden Bewegung benutzt. Unten im Ablagerungsgebiete lassen sich diese Verhältnisse oft nicht sicher beurtheilen, man muss das Entstehungsgebiet untersuchen. Eintheilungen und Namengebungen, welche sich auf die Grösse der bewegten Massen beziehen, halte ich für werthlos. Besser bezeichnen wir diese Verhältnisse in der Weise, dass wir von kleinen, grösseren, grossen, sehr grossen etc. Felsstürzen, Felsschlipfen, Schuttrutschungen etc. sprechen. »Felssturz« und »Bergsturz« soll uns keinen Grössenunterschied bezeichnen, sondern wir nehmen Bergsturz oder Bergbruch als die allgemeine Bezeichnung, Felssturz als die speziellere. Soll der Name Bergsturz den Sturz eines Berges bedeuten, so ist er stets übertrieben, auch beim grossartigsten Bergsturz. Für Menschen und menschliche Verhältnisse sind zum Beispiel die $10,000,000 \text{ m}^3$, welche am 11. Sept. 1881 in Elm niedergestürzt sind, ungeheuer — furchtbar sind sie, weil auf einen Schlag gekommen. In 50 bis 100 Jahren spülen Flüsse wie die Reuss und die Linth eine gleiche Masse fast unbemerkt in zerkleinerter Form als Geschiebe, Sand und Schlamm in den Vierwaldstättersee oder Walensee. Diejenigen, welche glauben, es sei

durch diesen Felssturz im Berge eine weit sichtbare, klaffende Lücke entstanden, sind im Irrthum. Zehn Millionen Kubikmeter mehr oder weniger ändern die Bergform nicht merklich, wenn sie von einem Gehänge, nicht von den Gipfeln sich loslösen. Die Wundfläche am Tschingelberg bei Elm ist mehr durch ihre kahlgraue Farbe als durch ihre Form sichtbar. Wiederbewaldet würde selbst ein Kenner der Gegend aus einiger Entfernung den Abriss nicht leicht beachten. Ganz ebenso sind 15 bis 20 Millionen Kubikmeter, welche vom Rossberg abgeglitten sind, nur etwa $\frac{1}{1350}$, also ein unmögliches Bruchtheil des ganzen vom Thalboden aufwärts gemessen etwa 26400 Millionen m^3 haltenden Rossberges, der seinerseits wieder ein kleiner Bergkörper ist im Vergleich zu denen der inneren Alpen. Oberhalb Plurs ist es jetzt schwierig, die Nische im Berge zu entdecken, aus welcher der Zerstörer hervorgebrochen ist. Verhältnissmässig zu den Bergen selbst sind alle Bergstürze nur die Loslösung einer kleinen Schuppe von der Oberfläche. Es ist kein Fall bekannt, wo wirklich ein ganzer Berg zusammengestürzt wäre. So weit lässt es die Natur nicht kommen. Lange bevor ein ganzer Berg zum Zusammenbruch sich bereiten könnte, fällt Stück um Stück ab. Im grossen Ganzen sind somit auch die Bergstürze ein allmäliges Abbröckeln der Bergmasse, gross für die Menschen, klein für die Berge. Sie sind nur die etwas grösseren Spähne, welche die grossartige allgegenwärtige Verwitterung abschält. Wenn wir unter Bergsturz nicht den Sturz eines Berges selbst, sondern den Abbruch von Feldmassen an einem Berge oder von einem Berge verstehen, so können wir wohl dieses längst gebräuchliche Wort als allgemeinste Bezeichnung beibehalten.

Von besonderem Interesse und von praktischer Bedeutung sind die Vorzeichen eines Bergsturzes. Die Erfahrung hat gelehrt, dass solche niemals fehlen und namentlich bei grossen Bergstürzen in auffallender Weise sich zeigen, indem der Abbruch sich langsam oft während Jahrzehnten vorbereitet. Kein Bergsturz tritt plötzlich ein. Es ist ferner von Bedeutung, die Vorzeichen kleinerer unbedeutender Gesteinsablösungen von denen grösserer Bergstürze und diejenigen der Schuttbewegungen von denjenigen der Felsbewegungen zu unterscheiden. Das Erste, was einen beginnenden Bergsturz andeutet, sind sich mehrende und erweiternde Spalten im Abrissgebiet. Handelt es sich um Schuttbewegungen, so beobachtet man meistens zahlreiche weniger lange Spalten, welche sich in Reihen anordnen; handelt es sich um eine grosse, gefährliche Felsabtrennung, so ist der obere Abriss gewöhnlich durch eine

zusammenhängende Hauptspalte gebildet. Am oberen Rande des Tschingelberges bei Elm z. B. hat eine solche im Sommer 1879 begonnen und bis August 1881 400^m Länge erhalten, wobei der äussere Theil um mehrere (bis 10) Meter sich nach unten und nach vorne gesenkt hatte, was eine Massenabtrennung gefährlichster Art andeutete. Ganz ähnliche Berichte haben wir von Goldau und Plurs. Je länger bei fortgehender Bewegung der Sturz ausbleibt, desto grösser wird er sein. Naht der Abbruch, so erweitern sich die Spalten stetig und kleinere einzelne vorgestossene Steinstücke lösen sich zuerst oben und an den Seiten ab. Dieses Steingeriesel nimmt zu im Verlauf von Stunden oder Tagen (Goldau, Elm, Vorderglärnisch etc.), grössere Trümmer poltern immer weiter hinab und, sieht man endlich Steinstücke im unteren Theile des Abrissgebietes herausbrechen, was auf ein Weichen des Fusses hindeutet, dann ist der Abbruch sehr nahe. Bei ganz grossen Bergstürzen hat man stets ein vorangehendes Knistern, Krachen, oder Knirschen, oft sogar ein Knallen im Innern des Berges selbst bis auf mehrere Kilometer Entfernung auch dann vernommen, wenn keine Steinstürze Geräusch verursachten. Dasselbe röhrt offenbar von der innern Bewegung der abreissenden Massen her. In Plurs, in Goldau, an den Diablerets, in Elm begann diese Erscheinung wenigstens 6 bis 10 Stunden, am Vorderglärnisch 21 Stunden vor dem Sturze. Im Plattenbergbruch von Elm hatte man sie bei stiller Nacht schon seit langer Zeit vernommen. Eine Menge anderer Vorzeichen, wie z. B. Aufspritzen von Steinen am Fusse des Berges bei Goldau, sobald der Boden durch ein Werkzeug verletzt wurde, in andern Fällen plötzliches Trüben oder Versiegen von Quellen etc. etc. sind weniger allgemeiner Natur. Sehr oft zeigen sich die Thiere empfindlicher für die Vorzeichen, als die Menschen. Am Monte Conto bei Plurs verliessen die Bienen schon 2 Tage vorher in Schwärmen ihre Stöcke, die Kühe auf der Weide waren sehr unruhig geworden und flohen zum Theil. In Elm sind die Menschen nicht geflohen, aber Vögel, Katzen und auch eine Kuh haben sich durch zeitige Flucht gerettet.

Wir können mit aller Bestimmtheit sagen, dass in Plurs, an den Diablerets, in Goldau, in Elm und noch bei vielen anderen grossen Bergstürzen kein einziger Mensch sein Leben verloren hätte, wenn diese Vorboten richtig gewürdigt worden wären, anstatt dass man da und dort die Aengstlichen durch Verlachen zum Schweigen gebracht hat. Es ist für uns sogar vielfach geradezu unbegreiflich, dass die Menschen dem zunehmenden Gepolter zuschauten, ohne zu fliehen. Der Sturz am Vorderglärnisch, dessen Vorboten

allerdings für alle Thalbewohner leicht sichtbar und hörbar waren, ist der einzige mir bekannt gewordene, wo man zeitig flüchtete. Nicht etwa, dass man die Vorboten in den andern Fällen übersehen hätte — bei den meisten der genannten Beispiele waren alle zum Theil seit Jahren überzeugt, »dass der Berg einmal kommen werde«, sie kannten und konstatirten die Vorboten, aber ohne ihnen zu glauben und ohne sie zu würdigen. Wir machen bis heute Niemandem einen Vorwurf — wir wissen nicht, wie wir im gleichen Falle gedacht und geredet hätten, und nach der Erfahrung ist leicht predigen. Aber da nun einmal zahlreiche Beispiele konstatirt sind, sollte die Sorglosigkeit ein Ende nehmen. Gewiss gibt es unendlich viele gefahrlöse Spalten in den Gebirgen und wenn man wegen solchen sich ängstigen wollte, müsste man das Gebirge überhaupt verlassen; allein ein einigermassen geübtes Auge kann solche leicht von den gefährlichen unterscheiden, und Jedermann kann beobachten, ob das Zerrissene stille steht oder sich weiter bewegt. Wenn in dieser Richtung die schon 1807 von Tscharner*) befürworteten Vorsichtsmassregeln durchgeführt worden wären, hätte viel Unglück vermieden werden können.

Für die ausserhalb des Hochgebirges aufgewachsenen erregbareren Menschen ist die Ahnungslosigkeit, welche meistens die Bergbewohner zeigten, geradezu unbegreiflich.**) Allein man gewöhnt sich leicht an die Gefahr und stumpft sich gegen dieselbe ab. Ein gewisses Quantum Sorglosigkeit ist den Gebirgsbewohnern nothwendig, um nicht beständig in Aengsten zu leben, aber zu viel ist schlimm. Als an sicherer Stelle Neu-Felsberg gebaut worden und die Bewohner den bedrohten Ort verlassen und dort einziehen mussten, kehrten sie trotz der Gefahr sehr bald wieder in das liebe alte Nest zurück. Die Elmer kennen genau die Gefahr, in welcher der noch erhaltene Theil des Ortes steht, aber zwischen dieser Erkenntniss und dem Ausziehen besteht für sie kein Zusammenhang; das erstere ist Verstandessache, das letztere Gemüthssache. Lieber unter der Gefahr auf eignem Boden im eigenen Hause wohnen, als fremd und von der Heimat ausgestossen sichere Unterkunft zu suchen.

Die Hauptursache aller Bergstürze ist zunächst die Schwere der Gesteinsmassen und sodann die Verwitterung im weitesten Sinne des Wortes. Jeder Gesteinsart in einer bestimmten Lagerung gehört eine bestimmte, höchst mögliche Böschung zu, welche dauernd nicht überschritten werden kann, ohne

*) »Der neue Sammler für Bündten« III.

**) Vergl. »Der Bergsturz von Elm« von E. Buss und A. Heim, von Seite 67 ab.

dass Lockerung nach oben und allmäliges Nachbrechen eintritt. Entweder bedingt nun eine Untergrabung das Ueberschreiten der dauernd höchstmöglichen Böschung, oder die höchstmögliche Böschung nimmt durch Veränderungen im Material selbst ab, bis sie flacher als die Böschung des Gehänges wird.

Das erste: Untergrabung eines Gehänges, welches schon seiner höchstmöglichen Böschung nahe ist, ist eine mehr äussere Ursache, und kann stattfinden:

a) Durch Flüsse und Bäche, welche sich einschneiden, d. h. durch den Thalbildungsprozess. Dahin gehören zahllose Abbrüche in den Sammelgebieten der Wildbäche, die Felsschlipfe in den Erlen an der Strasse zwischen Chur und Churwalden, der ursprüngliche Beginn des Felsbergersturzes, die Bewegungen, welche die Gebäude von Tschappina oberhalb Thusis und von Riein im Glennergebiet gegenseitig in ihren Stellungen verschoben haben etc. etc.

b) Durch unvorsichtige Arbeiten der Menschen (Bergwerke, Steinbrüche, Einschnitte durch Anlage von Verkehrswegen etc.). Hieher zählen manche Schuttrutschungen; der Bergbruch bei Caub am Rhein (10. März 1876, 25 Todte) und derjenige von Elm sind durch Schieferausbeute entstanden, derjenige von Plurs ist durch Ausbeute von Lavezstein vielleicht erzeugt, jedenfalls wesentlich befördert worden.

Das zweite: Veränderungen im Material selbst, welche die höchstmögliche Böschung unter die bestehende Böschung des Gehänges vermindern, ist eine mehr innere Ursache. Sie kann eintreten durch Verminderung der innern Reibung und Vermehrung des Gewichtes, beide in Folge anhaltender Durchnäszung (die meisten Schuttbewegungen, Goldau etc.), durch fortschreitende Verminderung der Festigkeit in Folge mechanischer und chemischer Verwitterung, z. B. durch Frost, Temperaturwechsel, Pflanzenwurzeln, Auflösung oder Zersetzung einzelner Bestandtheile des Gesteines etc. (Vitznau, Granitbruch 1876 in der Pörtlialp im Fellithal, Kt. Uri etc. etc.).

Eine dritte Ursache können sehr heftige Erdbeben sein. 1783 erzeugten solche in Calabrien eine Menge grosser Bergstürze, welche Seen stauten und die Berg- und Thalformen gründlich veränderten. Häufiger treten Erdbeben nur als momentane Veranlassung zum Einbruch schon sturzbereiter Massen auf.

Eine vierte Ursache können die inneren Spannungen im Gebirge und deren beständige Veränderungen durch Erosion und Verwitterung sein. Die Erscheinungen beim Bau der Tunnel der Gotthardbahn im Reussthale haben

bewiesen, dass solche in Thälern mit fortschreitender Vertiefung vorkommen, während an den Gehängen in Stagnation gekommener älterer Thäler (z. B. Walenseethal) solche Spannungen sich offenbar schon lange ausgeglichen haben.

Weitaus in den meisten Fällen herrscht wohl eine dieser Ursachen vor, aber die andern arbeiten ihr gleichzeitig in die Hände, so dass es unmöglich ist, die Bergstürze etwa nach ihren Ursachen einzutheilen.

Von dem selteneren Falle ausserordentlich gewaltiger Erdbeben abgesehen, zeigt es sich, dass die meisten Bergstürze durch lange anhaltende Ursachen erzeugt werden. Ihre Vorbereitung kann nicht nur Wochen, Monate oder Jahre, sondern Jahrzehnte, selbst Jahrhunderte lang andauern. Grosses Felsbewegungen bereiten sich gewöhnlich langsamer, Schuttbewegungen rascher vor. Der Moment, in welchem sie niederbrechen, ist nur derjenige Augenblick, in welchem auch die letzte Faser gerissen ist, welche die längst sturzbereite Masse noch an den Berghang geheftet hielt, oder in welchem eben die Bewegung die Reibung zu überwinden vermag.

Die Statistik alpiner Bergstürze zeigt, dass dieselben in allen verschiedenen Arten im September und im April viel häufiger als zu anderer Zeit sind. Die Vorbereitung hat vielleicht viele Jahre gedauert, die Witterung häuft aber diejenigen Faktoren, welche die Lostrennung der letzten Fasern erleichtern, am stärksten auf die erste Hälfte September (d. h. nach den ergiebigsten Sommerregen von Ende August und Anfang September) und auf April (Thauwetter) an. Ein weiterer Einfluss als die Bestimmung des Moments des Abbruches ist bei grossen Felsbewegungen der Witterung des betreffenden Jahres meistens nicht zuzuschreiben. Einige Wochen später oder früher, das ist alles, was in ihrer Macht liegt — der grössere Theil der Ablösung hat sich schon früher vollzogen. Etwas anders verhält es sich mit den Schuttbewegungen. Denselben günstige Verhältnisse können zwar schon Jahrhunderte ohne besondere Folgen bestanden haben, aber erst einige Tage ganz abnorm massenhafter Niederschläge (wie z. B. 10.—13. Juni 1876 in der N-O Schweiz) bringen sie sofort in Gang. Kleinere Erdbeben, abnorme Witterung etc. können Veranlassungen zu vorher vorbereiteten Abbrüchen werden; Ursache und Veranlassung sind oft verschieden.

Einige kurze Bemerkungen über besondere Erscheinungen grösserer Felsbewegungen mögen hier Platz finden:

Oft wird berichtet, dass in der dichten Staubwolke, die fast immer einen

widerlich bituminösen Geruch hat, Wasserdampf und Lichterscheinungen sichtbar wurden. Die Bildung von Wasserdampf durch Reibungshitze ist wohl denkbar. Denkbar ist ferner, dass die letztere leicht brennbare Substanzen entzünden oder andere glühend machen könnte. Nachträgliche Belege dafür etwa in angekohltem Holz, Heu oder dergleichen sind bisher meines Wissens niemals aufgefunden worden. Wenn Quarzmassen im Dunkel oder Halbdunkel zusammenschlagen oder sich reiben, so leuchten sie. Ferner liegt der Gedanke nahe, dass wie bei Vulkanausbrüchen auch hier durch Reibung elektrische Lichterscheinungen entstehen könnten. In einzelnen Fällen waren aber besondere Gelegenheiten zu Lichterscheinungen vorhanden: Beim Felsschlipf von Goldau machte ein brennender Kohlenmeiler die Thalfahrt mit und der Felssturz von Elm hat die Vorräthe von Sprengmaterialien, welche im Schieferbruch lagen, ergriffen. Die Ursache der Lichterscheinungen, welche oft bei grossen Bergstürzen beobachtet worden sind, ist also noch nicht genau festgestellt.

Die ganz grossen Bergstürze erzeugen wie die Lauinen einen heftigen Windstoss, indem sie vor sich her die Luft komprimiren, hinter sich verdünnen. Menschen, Bäume, Häuser werden aufgewirbelt und fortgeblasen. In Elm verdanken mehrere Personen dem Windstoss, der sie forttrug, ihre Rettung. Die meisten haben bei der Luftfahrt das Bewusstsein für einige Momente verloren. Je nach der Form und Geschwindigkeit, in welcher die Schuttlaune einherfährt, entsteht der Wind nur an ihrer Front, ohne zur seitlichen Ausbreitung Zeit zu finden, oder er wird breiter als die Lauine. Wie bei Staublauinen wird er stärker, wenn die Trümmer auseinander fliegen, wie bei den Grundlauinen, schwächer, wenn der Schutt besser beisammenbleibt.

Die Zeit, in welcher die Thalfahrt eines Bergsturzes sich vollzieht, ist wohl noch niemals genau angegeben worden. In solchem Moment sieht Niemand nach der Uhr und jede Schätzung aus Erinnerung ist unbrauchbar, denn im Momente höchster Erregung scheinen die Sekunden Minuten, die Minuten Viertelstunden zu sein. Wir beobachten diese allgemeine Zeitüberschätzung bei den Berichten über Erdbeben ganz in gleicher Weise wie bei denjenigen über Bergstürze, und wer schon einmal ohne das Bewusstsein zu verlieren sich selbst plötzlich in Todesgefahr sah, wird die gleiche Beobachtung an sich selbst gemacht haben. So ist es denn bisher unmöglich, zuverlässige Berechnungen der Geschwindigkeit anzustellen. Auch auf theoretischem Wege sind solche kaum ausführbar, denn eine Menge Momente, wie Reibung, Luft-

widerstand etc. können noch nicht in Rechnung gezogen werden. Angaben wie: »als ich oben die Bewegung beginnen sah, stürzte ich schnell aus meinem Hause und konnte noch 20 Schritte laufen, bis dasselbe hinter mir zusammenbrach« oder »die Felsmassen flogen durch die Luft, ohne den Boden zu berühren« etc., lassen noch am ehesten eine Berechnung oder Schätzung zu. Ich habe auf solchen Grundlagen gefunden, dass mittlere Geschwindigkeiten von 60 bis 200^m per Sekunde und vielleicht noch mehr vorkommen. (Schnellzüge fahren mit 10 bis 12^m, Brieftauben fliegen mit 20^m, Kanonenkugeln mit 200 bis 500^m per Sekunde.)

Weil man in früherer Zeit oftmals die Erdbeben von unterirdischen Höhlen einstürzen ableiten wollte, ist es von Interesse, die Erschütterungen zu kennen, welche Bergstürze zu erzeugen vermögen. Beim Sturze von Goldau zitterte der Boden in Arth, so dass die Fenster klirrten, in Walchwil am Zugersee wurde die Erschütterung nur noch sehr schwach, am Rothenberg eher noch etwas stärker, in Zug und Luzern aber nicht mehr wahrgenommen. Beim Felssturz am Vorderglärnisch wird berichtet, dass der Boden wie bei einem Erdbeben gezittert habe — wie weit herum dies Zittern verspürt wurde, erfahren wir leider nicht. In Elm fühlte man wohl ein Zittern des Bodens, allein schon 200^m vom Schuttstrom entfernt wird dasselbe entschieden in Abrede gestellt. Einerseits ist es gewiss, dass eine nur mit feinsten Beobachtungs-instrumenten nachweisbare Erschütterung jeweilen viel weitere Ausdehnung erreicht haben muss, andererseits hat sich aber immer die fühlbare Erschütterung so eng lokal begrenzt gezeigt, dass sie keinen Vergleich mit den Erdbeben aushält, die sehr oft bei sehr schwacher Erschütterung über Flächen so gross wie die ganze Schweiz fast gleichmässig fühlbar sind. Solche Erdbeben machen vielmehr den Eindruck, als ob grosse Stücke der Erdrinde um einen kleinen Ruck verschoben würden, während eine lokal eng begrenzte Ursache sie nicht erklären kann.

Eine Erscheinung seltener Art war die Bewegung der Felsmassen beim Bergsturz von Elm. Nachdem dieselben am Fuss des Berges auf den weichen durchnässten Ackergrund in schiefer Richtung aufgeprallt waren, glitten sie als zusammenhängender Schuttstrom noch etwa 1400^m weit auf blos 3 % geneigtem Untergrund, in der Richtung durch eine Felsecke um etwa 25° abgelenkt, thalauswärts (Fig. 5). Dabei wurde der weiche Ackergrund, der wie eine Schmiere gewirkt hatte, seitlich ausgeschürft, so dass der Schuttstrom, der aus gewaltigen Blöcken besteht, von ausgeschürften und ausgepfügten

Ackerbodenwällen eingefasst ist wie ein Gletscher von Moränen: Der Rand ist ohne alle Zerstreuung von Blöcken scharf begrenzt. Die Gestalt des Schuttstromes, besonders aus der Höhe überblickt, erinnert schlagend an Gletscher oder Lavastrom. Er glitt blitzschnell einher, im unteren Theil sammt Staub kaum zwei Häuser hoch, und schob die Gebäude vor sich her oder unterfuhr dieselben, so dass sie auf ihn einstürzten. Am Rande sah man wälzende Bewegung. Fast plötzlich stand er still. Im Mittel ist dieser Schuttstrom 15 bis 20^m dick und misst 400 bis 500^m Breite. Der Felsschutt machte also zum Schlusse noch eine schnelle Rutschfahrt auf wenig geneigter Unterlage. Es fehlt hier der Raum, die Erscheinungen dieses Schuttstromes näher nachzuweisen, es ist dies andernorts zum Theil schon geschehen und wird noch vervollständigt werden.

Aehnliches ist wohl bei andern Bergstürzen auch schon vorgekommen. Wie mir Herr Ingenieur Fr. Becker aus Linthal mittheilt und wie dies auf der 1/50000 Karte ganz deutlich sichtbar ist, bildet auch der Schutt des Felssturzes von den Diablerets einen Strom, der bei 5 bis 10 % = ca. 4° — 6° Gefälle doppelt so lang ist, wie der Schuttstrom von Elm, nämlich volle 3 Kilometer! Der Schuttstrom der Diablerets besteht aus gewaltigen Blöcken. Er hat durch vorspringende Bergcoulissen zweimal Ablenkungen, die erste nach links, die zweite nach rechts erfahren, so dass er an einen moränenbedeckten Gletscher erinnert, der durch ein S-förmig gekrümmtes Thal sich winden muss. Die mehr als doppelte Länge des Schuttstromes der Diablerets entspricht der mehr als doppelten Sturzhöhe vom oberen Abrissrand bei 3200^m (?) bis zum oberen Anfang des Schuttstromes bei 1500^m.

Je grösser die auf einmal stürzenden Massen bei irgend welchen Bergstürzen sind, desto weiter hinaus gehen sie und desto flacher wird dann die Gesamtböschung vom oberen Anriss bis zum untersten Rande des Ablagerungsgebietes. In Felsberg, wo niemals ganz grosse Massen auf einen Schlag gestürzt sind, bildet das Ablagerungsgebiet mehr und mehr in den Sturzweg hinaufwachsend eine 30° bis 35° steile Schutthalde, während die Böschung vom oberen Anrissrande nach dem untern Ende der Schutthalde etwa 40° misst. Dieser Betrag steigt bei grossen Bergstürzen, gleichgültig ob es Felsenschlipfe, Felsstürze oder Schuttstürze sind, selten über 20°. Vom Nischenrande (Ausbruchrand) nach dem Ende des Ablagerungsgebietes finden wir beim grössten bekannten Bergsturz, dem vorglacialen von Flims, wahrscheinlich nur 8°, für Goldau (Fig. 4) 12°, für Elm (Fig. 5) 16 bis 17°. In dieser

Reihenfolge nehmen diese Bergbrüche an Grösse der bewegten Masse ab. Für den Felssturz der Diablerets ist der obere Abrissrand nicht mehr sicher zu erkennen. Der Winkel steht aber zwischen 15° und 20° , obschon die Masse diejenige bei Elm und vielleicht auch die bei Goldau niedergebrochene bedeutend übertrifft. Die zweimalige Brandung mit Ablenkung an Gebirgsoulissen muss hier die Bewegung gebrochen haben. In gerader Richtung hätte der Schuttstrom der Diablerets wohl noch viel länger werden können. Wir sehen aus dem Umstände, dass eine grössere Masse im Allgemeinen weiter hinausfährt als eine kleinere Masse, dass die Reibung um so weniger Verzögerung erzeugt, je grösser die Masse, oder, was das Gleiche bedeuten will, dass bei einem Strom von stürzenden Felstrümmern wie bei einem Sandstrom, einem Gletscher, einer Lauine oder einem Flusse die Geschwindigkeit mit der Masse wächst. Bergstürze und Lauinen sind einander auch in ihrer Bewegung sehr ähnlich. Da wie dort kommen Fliessen, Fliegen, Rollen, Gleiten und Wälzen vor, je nach den Umständen oder dem ins Auge gefassten Ort und Moment innerhalb des Vorganges.

Wir verzichten auf eine Aufzählung der bekannten Bergstürze. Das lange Register ist schon von Verschiedenen aufzustellen versucht worden, bleibt aber stets unvollständig. Unsere Aufgabe bestand darin, die Erscheinungen in ihren Hauptzügen, Verschiedenheiten wie Aehnlichkeiten, zu beleuchten und eine Reihe wesentlicher allgemeiner Erfahrungen zu konstatiren. Die älteren Berichte über Bergstürze sind stets hierüber sehr dürftig. Den Menschen lag der Schaden, die Zahl der Verschütteten näher als Ursache und Art der Bewegung.

Wir haben die Bergstürze als ein fast normales Glied im grossen Prozess der Verwitterung und Thalbildung kennen gelernt. Wir haben ihre Häufigkeit — fast darf man sagen: Gewöhnlichkeit — hervorgehoben, die man gewahr wird, sobald man grössere Gebiete und grössere Zeiträume in Betracht zieht. »Könnten die Verunglückten alle sich erheben, die, in Schutt und Trümmer gebettet, droben in einsamen Felsenthälern ruhen, wir würden einen Leichenzug das Land durchziehen sehen, dessen Schaaren nicht zu Hunderten, sondern zu Tausenden abzuzählen wären.«

