

Stückwerk, sie ist erst ein Versuch, uns auf klare Unterschiede der verschiedenen Arten von Bergstürzen einzustellen. Absichtlich habe ich Ereignisse wie die Murgänge und die Gletscherstürze in unsere Typen nicht eingeschlossen. Dass sich diese mit Bergstürzen kombinieren können, ist ja bekannt genug. Allein diese allein erforderten zur Behandlung ein ganzes Buch.

V. Weitere Erscheinungen verschiedener Bergstürze.

Bergstürze und Quellen.

Bergstürze und Quellen stehen oft in inniger Verbindung. Es sind zu unterscheiden:

1. Quellen erzeugen Bergstürze. (Fig. 3, 6, 7 etc.)

Quellen, deren Sammelgebiet ausserhalb des Bergsturzes liegt, die aber in den Bergsturz, Bewegung befördernd, eindringen, oft geradezu die Ursache der Bodenbewegung sind, das ist z. B. der Fall in:

Campo Valle Maggia, zahlreiche starke Quellen brechen am Rande des Bergsturzes hervor und versickern zu einem grossen Teil im Trümmerstrom (s. Seite 52).

Kellenholz (Hirzel, Kt. Zürich). Eine starke Quelle aus dem Deckenschotter durchweichte die unterliegende Grundmoräne, beförderte das Abbrechen im Hintergrund der Nische und das Gleiten der Deckenschotterblöcke bis zur Ausbildung eines Schuttstromes gegen die Sihl hinab (s. Seite 36).

Am Rossberg haben wir mehrere Bergsturz (Schuttschleichstrom) veranlassende Quellen genannt. Solche sind am S-Abhang von Rigi-Scheidegg vorhanden. Mächtige Quellen aus den Klippenkalken von Mythen und Rotenfluh erzeugen die Schuttrutschungen im Flysch und Schuttboden, die ihre wulstigen Ströme bis in den ebenen Talboden von Rickenbach senden (s. Seite 18 u. 35).

Hunderte von Quellen, die Schuttrutschungen verursacht haben, könnten genannt werden, und Hunderte von Rutschungen sind durch Quellen verursacht und haben Quellen verraten.

Wie nahe liegt da nicht auch die Abhilfe: Richtiges gründliches Fassen der Quellen, geschlossenes Ableiten an einen wasserbedürftigen Ort. Dann hören die Rutschungen auf! Es ist ein — leider sehr häufiger — stumpfsinniger Widerspruch, wenn das Dorf unten über Wassermangel jammert und oberhalb desselben über die nassen Rutschungen geklagt wird.

2. Bergstürze erzeugen Quellen.

Die Ablagerungsgebiete von Bergstürzen können selbst als treffliche Sammelgebiete für Quellen wirken. Viele Bergstürze sind gute Quellenbildner.

Dazu sind sie befähigt durch die höckrige und zugleich löcherige Beschaffenheit der Oberfläche ihrer Ablagerungen und die oft ausgedehnte Bewaldung dieser Oberflächen. Regenwasser und Schneewasser können nicht rasch und glatt abfliessen; sie haben Zeit, in den Boden einzudringen und finden in diesem Trümmerwerk einen Reichtum feiner offener Wege oder zwischen den Blöcken feines filtrierendes Gesteinspulver. Manchmal brechen mitten in Bergstürzen herrliche Quellen hervor, oder wir finden solche in den unteren Teilen der Trümmerströme gegen ihren Rand oder demselben entlang. Bergstürze können auch den Wildbach, der sich aus ihrer Ausbruchsnische entwickelt hat, verschlucken und filtrieren. Da geht kein Wasser der Quellbildung verloren.

Das Jura gebirge ist zwar reich an merkwürdigen Felsquellen. Aber die Schichten, aus denen die meisten derselben hervorbrechen, sind für Wasseraufnahme und Wasserleitung zu leicht durchlässig. Was ursprünglich feines Spältchen war, ist im Laufe der Zeit durch Auflösung des Kalkes zu einem weiten Rohr geworden. So kommt es, dass die Wasser der meisten grossen Felsquellen im Jura gebirge erstens unfiltriert sind, schmutzig wie sie als Oberflächenwasser eingedrungen sind, und zweitens, dass diese Quellen in ihrem Ertrage sehr rasch und stark schwanken (siehe HEIM: Geologie der Schweiz, Bd. I, S. 692—702). Kleine gute Schuttquellen gibt es etwa am Fuss der Ketten. — Grosse, gute, filtrierte und ausgeglichene Quellen sind im Jura gebirge eine Seltenheit.

Es gibt aber einige wenige solche: die besten sind grossen Bergsturzablagerungen zu verdanken. Am Nordfuss der Weissensteinkette gibt es von Welschenrohr bis Hammer (Herbetswil) reichliche Bergsturmassen. Sie endigen gegen Osten bei Hammer, ca. 11 km W Balsthal, und hier brechen unter den Sturmassen zwei grosse Quellen hervor, die im Ertrag nur etwa zwischen 1:3 (die Jurakalkquellen zwischen 1:50 oder 1:100) schwanken, und die gut filtrierte Wasser liefern. Wir erörterten vor vielen Jahren die Benutzung dieser zwei Quellen zur Wasserversorgung von Olten.

Im altkristallinen Gebiete der Alpen sind grössere Felsquellen eine Seltenheit. Man ist für die Dorfversorgung meistens auf Talgrundwasser oder auf kleine Schuttquellen angewiesen. Schöne grosse, gut ausgeglichene und gut filtrierte Quellen liefern auch hier nur die grossen Schuttmassen — am besten die Ablagerungsgebiete der Bergstürze. Aber auch im Gebiete der in ihrer Wasseraufnahme und Abgabefähigkeit besser bestellten Sedimentgesteine sind oft die Bergstürze die besten Quellenspender. Beispiele:

Grosse Quellbäche in Engelberg. Am Rande und im Innern der Flimserebreccie im L. Cresta, L. Cauma, unter Con, im Lai Tiert, in Tuora und noch an anderen Stellen finden sich Quellen. GSELL zählte deren über 50, wovon etwa 20 am Grunde der Rheinschlucht, der Bahn entlang, austreten. Die grössten freilich

zeigen sich nicht. Sie liegen zu tief und münden in den Untergrund der Kiesauffüllungen des Rheintales, Reichenau abwärts. Der Trümmerstrom von Saoseo speist seine Seen mit seinen Quellen. Der junge Einschnitt der Klöntaler Löntsch in den Sackberg (Glärnisch-Gleiter und Deyenstock-Sturz) hat, verteilt auf seiner Länge, zahlreichen prächtigen Quellen den Austritt geöffnet. Mehrere derselben sind für die Wasserversorgungen, zuerst Netstal, dann seit 1878 Glarus, gefasst und benützt. Die eine liefert 2000, die andere 2500 ML., und sie erweisen sich im Ertrag relativ sehr konstant. Diese „Löntschbordquellen“ schwanken in ihrer Temperatur nach unseren Messungen das ganze Jahr nur innerhalb $7,1^{\circ}\text{C} \pm 0,2$, während der Löntschbach um $11,2^{\circ}$ schwankt. Diese Temperaturbeobachtungen waren 1897 das Hilfsmittel, mit welchem wir die Behauptungen bekämpften, die Löntschbordquellen seien nur Nebenwege des Löntschbaches. Sie sind tiefgründige Quellen des gewaltigen Bergsturzhauens. Ein Stollen, vom Löntsch weg einige 100 m unterhalb des Klönseendes gegen S in den Bergsturzhauens getrieben, liefert 18,000 ML. Ob die gewaltige, den Strengerbach in Glarus speisende, Sackbergquelle (ca. 20,000 ML) noch als Bergsturtrandquelle bezeichnet werden darf, oder ob sie Felsquelle des Vorderglärnisch ist, weiss ich nicht. Ihre Temperatur ist $7,5^{\circ}$.

Der kleine Bergsturz, der vor der Ostkante der Braunwaldberge zwischen Rüti und Betschwanden bis an die Linth getreten ist, bietet eine sehr schöne Quelle (Wasserversorgung Rüti). Selbst die Steinlawinen, welche an der Ostseite des Mürtchenstockes bis in die Meerenalp niedergegangen sind, speisen an ihrem östlichen Rande einen schönen Quellbach. Der Trümmerstrom von Brienz (Graubünden) ist an seinem untern Teile mit einem Kranz von wenigsten 6 Quellen umgeben, die nur wenig ausserhalb seines Randes hervorbrechen. Der jetzige Brienzbergsturz verbindet sich gewissermassen mit dem viel älteren und grösseren, der unfern ob und unter der Eisenbahnlinie südlich des Dorfes Brienz auch wenigstens 6 grosse Quellen ausfliessen lässt. Am Rande des Goldauer Bergsturzes sind die Verhältnisse für Quellenaustritt ungünstig. Solcher ist gegen Westen nicht möglich, weil in jener Richtung die Felsunterlage ansteigt, und gegen Osten nicht, weil sie zu tief liegt, um das eingesickerte Wasser zum Austritt zu führen. Dagegen werden einige der kleinen Seen im Trümmerfeld von Quellauflässen im Bergsturz gespiesen und haben einen dauernden Auslauf, der dann, wenigstens in 2 Fällen, wieder versiegt. Die Quellen im Oeschinholz westlich des Oeschinensees darf man nicht für echte Bergsturzwasserspeiser rechnen. Sie sind nur Durchflüsse vom Wasser des Oeschinensees. Dagegen ist der herrlichen Quellen noch zu gedenken, die ganz im grossen Kandertalerbergsturz erscheinen und das unvergleichliche Blauseeli speisen. Andere Bergsturzwasserspeiser in diesem Gebiete liegen zu tief, um sich zeigen zu können. Das gleiche gilt von den Quellen, die man am Rande des Bergsturzes Glärnisch-Guppen erwarten möchte — sie mischen sich in das allgemeine noch viel tiefere Talgrundwasser.

Über den Bergsturz Mai 1907 im Kiental (Berneroberland) kann ich nicht aus eigener Anschauung reden, und was darüber berichtet worden ist, ist zu dürftig. Das aber scheint mir aus den Berichten hervorzugehen, dass Quellen im Hintergrund der jetzigen Ausbruchsnische den Ausbruch verschuldet haben, und dass starke Quellen jetzt unter dem Bergsturzschutte heraus über Moränen zutage treten. Die Länge der Fahrbahn dieses Bergsturzes wird auf 1475 m, die Sturzhöhe auf 328 m, das abgestürzte Volumen auf ca. 320,000 m³ angegeben.

Ein Zusammenhang von Bergsturz und Quellen fehlt fast niemals.

Die Bergsturzlandschaft.

Wir werfen einen Blick auf die Gebiete alter Bergstürze, die z. T. von Flüssen und Bächen angegriffen, z. T. überschüttet worden sind, die, von Wald bedeckt, ruhen. Alle Schrecken sind vergessen, die Trümmerflächen und Trümmerhaufen sind zu freundlichen Landschaften geworden. Der Typus der Bergsturzlandschaft bleibt undenkliche Zeiten erhalten. Bezeichnende Erscheinungen bleiben auch da, wo energische Kultur eingegriffen hat. Die Oberfläche der Ablagerungsgebiete zeigt gewissermassen die plötzlich erstarrten Wellen des brausenden Felsstromes. Zwischen grösseren Formen erscheinen Hügelchen, Löcher. Wo das Material grobblockig ist, sind die Hügel bewaldet. Die Ablagerungsfläche von Plurs ist mit Kastanienwald bedeckt. Kulturboden hat sich nur gebildet und ist — natürlich und künstlich — in den Vertiefungen angereichert worden. Zwischen den Blockhügeln treffen wir kleine gut bebaute ebene Flächen, Wiesenflecken im Wald, Waldinseln in den Wiesen. In Bergsturzgebieten gibt es genug Steine, und die Benützung solcher ist zugleich Verbesserung des Bodens. So trifft man hier die Parzellen des Grundeigentums durch Steinmäuerchen, Trockenmauern begrenzt — solche schliessen die Strassen ein. Der Boden dazwischen ist von Steinen befreit. In alten Flussböden, in Alpweiden ohne Steinblöcke, müssen die Zäune aus Holz erstellt werden. In Bergsturzgebieten ist diese Holzverschwendung unnötig und der Unterhalt der Steinmäuerchen viel leichter. Im Bergsturzgebiete sind mehr Steinhäuser, weniger Holzhäuser gebaut.

Bergsturzseen.

Wenn ein grösserer Bergsturz einen tüchtigen Trümmerhaufen in ein Tal wirft, so können sich daraus weitgreifende, dauernde Veränderungen in der⁸ Landschaft einstellen. Der Schutthaufe kann den Fluss zu einem See stauen. Der See kann nach kurzer Zeit durchbrechen, der Trümmerhaufe wird von einer Schlucht durchschnitten (Biasca, Disentis). Oder die Seestauung bleibt bestehen. Der Fluss aus dem oberen Tal spült seine Geschiebe hinein und legt ein Delta an: Der eingeschwemmte Sand und Schlamm dichtet die Bergsturzschwelle. Es entsteht eine Talstufe hinter der Bergsturzschwelle (Türlersee, Poschiavosee). Der See wird nach und nach kleiner und kann schliesslich ganz ausgefüllt werden.

Aber das Einschneiden einer Schlucht in den Bergsturzriegel kann auch durch Rückwärtserosion von unten nach oben austiefend geschehen. Dann wird der Fluss auf der Talstufe allmählich neues Gefälle zugeführt erhalten. Wenn der See sinkt, so schneidet der Fluss sich in Terrassen

in seine eigenen auffüllenden Ablagerungen wieder ein. Es bleibt ein terrassiertes Tal hinter dem Riegel (Schwanden aufwärts, Ilanz).

In andern Fällen schliesst der Bergsturz einen Flusslauf nicht völlig ab, sondern er verlegt ihn nur, und der verlegte Fluss muss sich nun den neuen Weg gerechter machen, eintiefen (Bormio).

Eine Menge von Kombinationen kommen vor. Die Natur ist auch da, wie immer, unendlich erfinderisch.

Die Seen, die durch Bergstürze entstanden und dann lange dauernd geblieben sind, nennen wir **Bergsturzseen**. Sie sind in manchen Gebirgen, so im besondern in unsern Alpen häufig. Manche der schönsten alpinen Landschaftsbilder verdanken ihren Reiz einem Bergsturzsee (Fig. 34).

Freilich sind jetzt einige der schönsten Bergsturzseen (Klöntalersee, Davosersee, See von Poschiavo) bereits dem Mammon geopfert und ästhetisch verdorben worden; denn, so heisst es, „Kraft ist Geld“, einem Kraftwerk opfert man sogar ganze schöne Bergtäler, samt Dörfern und Einwohnern! Bei Niederstand sind die kleinen gewordenen Seen umgeben von einer unbetretbaren breiten Zone von Schlamm, und das gleiche gilt auch von den künstlichen Kraftwerkstauseen. Überdies müssen wir das Licht, die Wärme und die Kraft im eigenen Lande teuer bezahlen, während gewaltiger Kraftüberschuss wohlfeil ins Ausland verkauft wird! Man sollte denken, dass der Kraftwerke in der Schweiz nun genug wären und mit den Übertreibungen abbrechen.

Man kann folgende Arten von Bergsturzseen unterscheiden:

1. Der Stauriegel und der See liegen im Tal, der Bergsturz kam von einer Talseite oder aus einem hier mündenden Nebental. Das sind die häufigsten und meistens auch die grössten Seen. See im Haupttal, Trümmerstrom aus dem Seitental.

Beispiele:

Lago di Poschiavo bedingt eine grosse Talstufe. (Maße in der Tabelle und ihrer Besprechung.)

Klönsee im Klöntal ist gestaut durch den Glärnisch-Gleiter-Felssturz und den späteren Deyenstock-Sturz. Der Riegel, Sackberg genannt, ragt jetzt 276 m über den natürlichen Seespiegel von 828 m und 311 m über den Seegrund. Nach J. OBERHOLZER war er ursprünglich, wie Erosionsterrassen, eingeschnitten im Bergsturzhügel, beweisen, noch 60 m höher gestaut und hatte 7 km Länge. Er ist der bedeutendste Bergsturzsee der Schweiz. Fig. 34.

Obersee bei Näfels, 983 m, in breitem Muldental, ist gestaut durch Felsschlipf (Typ XIV) aus S vom Rautispitz, S. 88. Der Hauptsturzhaufe liegt N und NE des Sees. In trockener Zeit versiegt der See in Trichtern; in nasser quillt das Wasser aus den Trichtern auf; Zufluss ist ständig, oberflächlicher Abfluss fehlt. Etwa die Hälfte des Sees liegt auf dem Schrattenkalkschutt. Die Oberseealp, ganz flach westlich des Sees, zeigt, dass der See ursprünglich wohl doppelt so gross war. Bachdelta hat ausgefüllt.

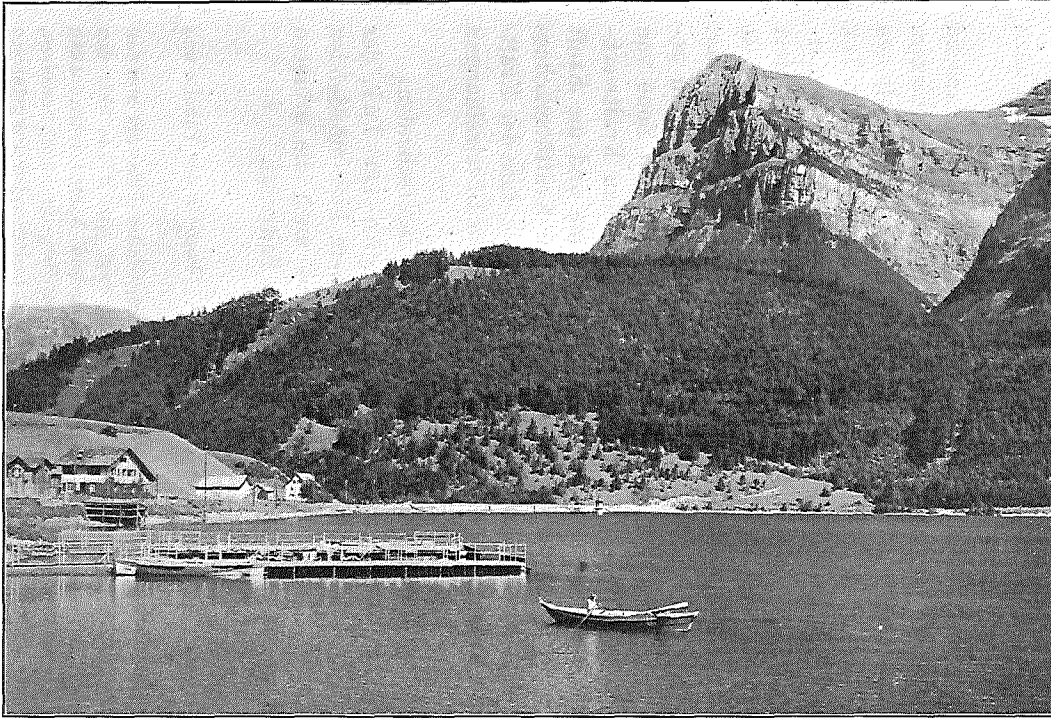


Fig. 34. Der Klöntalersee, talauswärts gesehen.

Links Seerüti und Löntschschlucht. Durch das ganze Bild der bewaldete Sackberg (Schwamm 1104 m), der Stauwall des Sees, zusammengesetzt aus dem Bergsturz vom Glärnisch-Gleiter, Ausbruchsnische rechts im Bilde, und vom Deyenstock (links ausser Bild). Über dem Sackberg der Vorderglärnisch 2331 m.

Phot.: H. Schönwetter-Elmer, Glarus.

Davosersee. Ein mächtiger Serpentinbergsturz aus NW warf sich in den obersten Talboden des Landwasser (-Davoser-)Tales und versetzte dadurch die Wasserscheide zwischen Landquart und Landwasser zu ungunsten des letzteren um etwa 2 km gegen SW. Unter Laret war der oberste Rest des Talbodens des Landwassers bei 1507 m. Die jetzige Wasserscheide liegt bei 1633 m (Wolfgang). Talaua gegen SW sind alle Talböden seit dem Ereignis stark aufgeschüttet worden. Wildbäche mit ihren Schuttkegeln haben sich an den Bergsturz angelehnt. Der Davosersee ist zwischen dem Serpentinsturz im N und dem Flüelabachschuttkegel im S eingeschlossen. Er ist also nicht reiner Bergsturzsee.

Der Türlerseer im Reppischtal S Albis ist durch eine Sackung der Molassefelsen gestaut.

Der Oeschinensee, östlich des Tales der Kander, ist durch einen Bergsturz aus dem N-Fuss des Doldenhorn gestaut, und erfüllt den gewaltigen Felskessel. Oberflächlicher Abfluss fehlt meistens. Das Wasser des Sees ist im Sommer trübes Gletscherwasser. Wenig unter dem Seeniveau tritt es als Quellen heraus. Fig. 11.

Der „Schwarzer See“ im Sensetal ist zum grossen Teil von rutschigen Elyschgehängen umgeben. Bewegungen vom Typus III und X herrschen vor, und solche langsame Schuttströme haben auch die Sense zum See gestaut.

Daubensee und Schwarzenbachsee sind von Felsschlipfen aus SE gegen NW, herab von den Rinderhörnern, gestaut worden im Hochtal des Gemmipasses.

Der Voralpsee oberhalb Grabs im Rheintal, nördlich des Gamsberg gelegen ist rechteckig, etwa 500×300 m. Er liegt bei 1116 m Meereshöhe. Mehrere kleine Bäche laufen ihm zu, ein Ablauf fehlt, das Seewasser durchsickert den Bergsturzwall, der den See um 84 m überragt. Die Abrissnische ist ein weiter Felswandbogen, nordwestlich unter dem Mergelkopf mit Oberrand bei 1970 m, Absturzrichtung (Typ. XV) nach NW (S. 133.).

Der Sarnersee, 473 m ü. M., ist wahrscheinlich ein Bergsturzsee. Von der S-Seite des Stanserhornes stammt die grosse Blockfläche des Kernwaldes, und diese ist auf eine Tallänge von beinahe 3 km über den 500 bis 600 m hoch liegenden Felsrand der Kernwaldstufe westlich hinaus ins Sarneraatal gesprungen. Damals reichte der Vierwaldstättersee vielleicht noch bis hieher mit einer vermutlichen Seebodenhöhe von ca. 400 m. Jetzt ist dort der Bergsturz grösstenteils in den stets wachsenden Schuttkegel der grossen Schliere eingehüllt; aber viele seiner grossblockigen Wellen ragen noch aus dem Schuttkegel heraus und erreichen über 480 m. Der Bergsturz ist der ältere Kern der Talschwelle, die den Sarnersee vom Vierwaldstättersee getrennt und höher gestaut hat. Der Wildbachschuttkegel hat ihn erst später mit einem Mantel umhüllt und setzt diese Arbeit auch jetzt noch eifrig fort. Die Bachkegel haben die Bergsturzbarriere gedichtet und verstärkt. (Gute geologische Kartierung in Spezialkarte Nr. 66a der Geolog. Kommission durch A. BUXTORE.)

Die Bergsturzseen, welche in einem Tal durch seitlich eingeworfenen Bergsturz entstanden sind (1. und 2. unserer Gruppierung), sind alle dicht vor der Stauwelle am tiefsten, wenn nicht stärkere Einspülungen die Tiefen verändert haben.

2. Der See ist durch den Trümmerstrom des Haupttales in einem Nebental gestaut worden. Trümmerstrom im Haupttal, See im Nebental.

Dieser Fall ist nicht häufig. Beispiele:

Lac de Derborence und Lac de Gode beiderseits des Diableretstrümmerstromes.
Lago di Val Viola, durch den Bergsturz von der Cima di Saoseo gestaut.
Laaxersee am Rand der Flimserbreccie.

3. Der See liegt im Innern des Ablagerungsgebietes.

Im Flimserbergsturz: Lai Cresta, Lai Cauma und noch einige kleinere.
10 kleine Seen zwischen Gode und Derborence im Trümmerstrom vom Diablerets.

Etwas über 12 kleine Seen im Trümmerstrom von Goldau.
Lago di Saoseo (mehrere) Valle di Campo östlich Berninapass.
Eibsee bei Garmisch (Bayern), Seen bei Mittenwald.
Blauseeli im Kandertal.
Lenzerheidesee.

4. Der See liegt als „Nackensee“ an der Konkavseite des Abrisses über der gesackten Bergmasse.

Die schönste Gruppe dieser Seen, die ich kenne, sind die zahlreichen Seen von Arosa. Arosa liegt in einem komplizierten altverrutschten Talkessel. Ostalpine Deckenfenzen bewegten sich z. T. auf tektonischen Rutschflächen über dem penninischen tonschieferigen Flysch. Rutschungen vom Typus IX und X tragen auf ihrem Nacken Seen. Zur Zeit herrscht Ruhe; aber es ist sehr wichtig, dass man weiteres Einschneiden der Plessur östlich und nördlich Arosa durch Sohlenversicherungen verhindert.

Zu den Nackenseen zählen die kleinen Seen oben auf dem Heizenberg über Tschappina (Lüschersee 1950 m), ferner Glunersee am Matlishorn N-Seite (Prättigau), und noch eine Anzahl kleiner Seen auf den Absenkungsterrassen in den Schiefergebieten von Flysch und Bündnerschiefer.

Die Nackenseen sind nicht häufig und meistens sehr klein, auch unbeständig. Ein ausgedehntes grosses, zum Stillstand gekommenes Rutschgebiet, wie Arosa, ist ihnen am günstigsten.

Vorübergehende Bergsturz-Stauseen.

Die Tatsache, dass ein Bergsturz einen See nur vorübergehend staut, der Ausfluss sich allmählich bis zum Verschwinden der Stauung einschneidet oder gar die Stauschwelle plötzlich vom Wasser weggeschwemmt wird, kennen wir nicht nur aus Beobachtung alter Bergstürze. In historischer Zeit haben Menschen solche erlebt und beschrieben.

Der schwerste Fall der Art betrifft die **Buzza di Biasca**. Im September 1512 warf sich ein Bergsturz aus der W-Flanke des Pizzo Magno, 2298 m, etwa 1 km oberhalb des grossen Dorfes Biasca, in das Bleniotal und staute den Brennofluss des Tales auf. Der Bergsturzhaufe, der noch heute das Bleniotal nach unten abschliesst, heisst Buzza di Biasca. Der Abriss bildet in Altkristallin nach Typ. XV eine mächtige Nische, beginnend am Gipfel. Der Talboden liegt bei ca. 300 m, die maximale Sturzhöhe war ca. 1990 m, die Stauschwelle reicht auf 364 m. Viele Häuser wurden zerstört. Es bildete sich ein

See, der allmählich tiefer und grösser wurde. Er reichte 3 bis 5 km talaufwärts, brachte die Häuser von Malvaglia ganz, von Semione teilweise unter Wasser, so dass nur noch die Kirchturmspitze von Malvaglia aus dem Wasser ragte. Der See erreichte etwas über 400 m Niveauhöhe und war nahe hinter dem Riegel über 50 m tief und 1 km breit. Seeinhalt gegen 200,000,000 m³. Die Bewohner waren an die Berghänge geflohen. Dann im Juni 1514, nach 21 Monaten Bestand des Sees, brach das Wasser „plötzlich“ den Riegel durch. Die Flut zerstörte Biasca, wälzte Schutt auf die Flächen und richtete ungeheuren Schaden an bis in den Langensee hinunter. Ca. 400 Häuser, dann viele Brücken, Dämme, alle Kulturen wurden demoliert. 600 Menschen verloren das Leben. Der Wellenschlag schädigte die Ufer des Langensees noch weit hinab.

Leider sind die Nachrichten über diese Ausbruchskatastrophe nur sehr dürftig. Man kann sich keine rechte Vorstellung machen. Über verdächtige vorangehende Erscheinungen „schweigt die Geschichte“. „Plötzlich“ geschah der Durchbruch wohl nicht! Es werden ihm Senkungen in der Buzza, Risse, vielleicht auch starke Erosionen des Seeüberlaufes vorangegangen sein. Was heute von dem Stauhauften noch fest liegt, mag etwas über 150,000,000 m³ sein. Seine Form ist nicht ganz verständlich.

Zahlreich sind die Bergstürze, die nur vorübergehende Seestauung erzeugt haben. Hieher gehört Disentis, 1683, mit Stauung des Rheines während 3 Stunden, dann Überlauf und allmähliches Einschneiden. Spitzensturz bei Spiringen, Schächental, 1887, noch im gleichen Jahre durch den Schächenbach zugeschüttet, durch Nachstürze hie und da etwas gestaut. Bei Rädlißau, 2 km talaufwärts von Bischofszell, staute ein „Schuttsturz“ am 25. XI. 1535 die Sitter zu einem See. Am 3. VII. 1816 ging in Goldingen (Kt. St. Gallen) ein Bergsturz nieder, der mehrere Häuser zerstörte, einige Personen und mehrere Stück Vieh verschüttete und den Goldingerbach zu einem kleinen See staute — heute ist der See verschwunden. 1816, Fluhalp Eutal (Sihltal): Bergsturz, der mehrere Häuser verschüttete, und einen See staute, den Krötensee. Er ist wieder verschwunden.

Am häufigsten werden diese kleinen Stauseen von nur einigen Stunden bis Wochen oder Monaten durch Rückwärtseinschneiden des Seeüberlaufes von unten nach oben wieder geleert, oder der Talbach schüttet sie mit seinen Geschieben von oben nach unten zu.

Viele Bergstürze haben Stauseen erzeugt. Sie sind bald verschwunden; teils durch das normale Talwasser (Bach, Fluss), teils sind sie abgelaufen durch Einschneiden ihres Überlaufes in den Schutt-

riegel. In der Fortsetzung des ersteren Falles folgt talaufwärts dann Einschneiden des Talgewässers in seine frühere Auffüllung — oft unter schönen Terrassenbildungen.

Das letztere Stadium — Wiederausspülen der Seeauffüllung tritt uns bei den alten grossen Bergstürzen in ausgeprägter Gestalt entgegen, so:

Bergsturz von Flims, Stausee anfangs auf etwa 950 m Meereshöhe, über altem Talboden von 600 bis 650 m. Längere Zeit Seeniveau konstant auf 785 m mit Deltas der Seitenflüsse. — Seither allmählicher Einschnitt und Eintiefung des Talweges des Rheins um weitere 110 bis 130 m.

Bergsturz Glärnisch-Guppen. Stausee anfangs auf etwa 675 m, dann lange Zeit Seeniveau 580 bis 600 m mit 6 km Länge talaufwärts. Teilweise Auffüllung, nachher weiteres Einschneiden der Linth um etwa 100 m, unter terrassenförmiger Eintiefung des Tales von unten nach oben. Der See ist verschwunden. Die Linth hat bei Schwanden den Talboden auf 512 bis 515 m ausgearbeitet.

Selbstverständlich treffen wir noch heute Zwischenstadien von der Stauung bis zur Füllung oder Entleerung an verschiedenen Stellen. Beispielsweise reichte der Poschiavosee anfänglich etwa 5 km weiter talaufwärts. Etwa $\frac{2}{3}$ sind heute durch Delta des Poschiavino zugeschüttet.

Bei allen diesen Betrachtungen habe ich mich vorherrschend der Beispiele aus dem Schweizerlande bedient. Es versteht sich aber von selbst, dass gleiche Erscheinungen in allen Gebirgen vorkommen.

Zum Schlusse dieser Besprechung der Bergsturzseen sei aus dem **Himalajagebirge** noch folgender Fall berichtet:

Ein 8 km langer Stausee entstand im August 1893 durch einen Bergsturz bei Gohna, Provinz Garhwal. Er bestund über ein Jahr, bis die ihn speisenden Wasser die Höhe des sperrenden Dammes erreicht hatten und der See überzuffliessen begann. Dann schnitten sich die abfliessenden Wasser so rasch ein, dass der See in einem Tage die Hälfte seiner Wassermasse verlor und jetzt nur noch 4 km lang ist. Die bei dem plötzlichen Abfluss entstehende Hochflut richtete ungeheure Verheerungen an. (E. KAYSER, Lehrbuch der Geologie I, 5. Auflage, S. 499, 1918.)

Die Ursachen der Bergstürze.

Die allgemeinen Ursachen der Bergstürze haben wir schon auf den ersten Seiten dieser Schrift dargetan. Es gilt nun aber, einige Gesichtspunkte noch etwas schärfer zu fassen. Als Ursachen der Bergstürze können wir angeben:

1. Existenz von Gebirgen mit Gehängen. Ur-Ursache davon ist die Stauung in der Erdrinde, die Tektonik des Gebirgsbaues, die vulkanische Tätigkeit.

2. Das Fortschreiten in der Umformung durch: Unterschneiden, Belasten und Verwitterung (Lockerungszustand der Gesteine), fortwährend neu abdeckende Vorgänge, Denudation.

3. Fortgang in den gebirgsbildenden Bewegungen der Erdrinde.

Beim Absturz handelt es sich um eine Gleichgewichtsfrage zwischen Gewicht einerseits und Reibung (inklusive Adhäsion und Kohäsion) anderseits.

Ein Gleichgewicht kann niemals dauernd erreicht werden, weil, so lange noch Gefälle existiert, manche Faktoren in diesem Gleichgewicht ständige Veränderungen erleiden. So:

Das **Flussgefälle** durch Einschneiden (Vertiefen)

Die **mögliche Seitenböschung** durch Verwitterung

Die **innere Reibung** und die Reibung auf der Unterlage durch Wechsel von Nässe oder Trockenheit. Dazu kommen noch nebensächlichere, geringere Gleichgewichtsstörer wie Belastung oder Abtrag, Wärme oder Frost, Bewachsung oder Kahlschlag etc.

Als Schuld am Niedergang eines Bergsturzes sind zu unterscheiden: **Ursache** und **Auslösung**. Eine Auslösung allein genügt nicht, es muss eine viel mächtigere Ursache vorangehen. Sehr häufig übersieht man die Ursachen oder lässt sie in der Besprechung als selbstverständlich unerwähnt, während man die Auslösung überschätzt und allein beschuldigt — oft zu vollem Unrecht. Die Ursache hat bei grösseren Bergstürzen oft nicht nur Wochen, sondern noch viel länger gearbeitet, um den Bergsturz vorzubereiten; ihre Bedingungen waren zum Teil dem Berge angeboren. Die Auslösung aus den letzten Hemmnissen ist ein Kind des Augenblickes, das man erst kurze Zeit vor der Katastrophe an der Arbeit findet. Praktisch kann man sagen, dass die Ursache das Ereignis fordert und seine Zeit im grossen ganzen bestimmt. Die Auslösung dagegen bestimmt, innerhalb vielleicht eines Jahrzehntes oder einer Jahreszeit, nur den Tag. Und wenn der Bergsturz innerhalb der betreffenden Jahreszeit doch nicht erfolgt, so wartet er eben nur noch auf die nächste Veranlassung zur Auslösung, die nicht ausbleiben kann. Die Auslösung regiert also nicht das Geschehen eines Bergsturzes, das besorgt die Ursache, die Auslösung entscheidet nur den Tag innerhalb eines kleineren Zeitraumes.

Man kann das Verhältnis von Ursache und Auslösung auch so ansehen: Die Ursache ist oft eine durch lange Zeit angehäuften Wirkung der gleichen kleineren Ursachen, welche zuletzt als Auslösung eingreifen können. Erreichen sie noch keinen Absturz, so sind sie

noch verfrüht und gehören in den grossen Sammelkasten der Ursache. Hat die Ursache den Bergsturz schon ausgereift, so besorgt ein ursächliches Moment die Auslösung. Ursache ist lange gehäufte Veranlassung, Auslösung ist ein letzter Ausläufer der Ursache. Es gibt aber auch Fälle, wo Ursache und Auslösung sich ganz unterscheiden: z. B. eine Unterschneidung des Gehänges ist Ursache; ohne diese wäre der Bergsturz nicht entstanden. Grosse Nässe bringt Auslösung, so dass der Absturz schon jetzt und nicht erst nach einigen Wochen eintritt.

Veranlassungen zu Auslösungen sind **Witterung**, störende Eingriffe des Menschen, Erdbeben.

Wenn man z. B. sagt: Die Ursache des Bergsturzes von Goldau war gegeben durch die starken Regenfälle im vorhergehenden August, so ist hier eben das Auslösungswerk für die Ursache gesetzt. Der Bergschliff Goldau hatte sich langsam schon seit mehr als 30 Jahren vorbereitet — immer öffneten sich mehr Spalten; in den Nagelfluhbänken erweiterten sich die schon vorhandenen; und solche Vorbereitungen zeigen immer eine Beschleunigung oder Verstärkung, wenn sich die Katastrophe nähert. Ohne die starken Augustregen des Jahres 1806, also im Falle eines trockenen August, hätte die Felsmasse ruhig gewartet, bis zu der nächsten nassen Periode, vielleicht nur noch einen Monat, vielleicht ein Jahr. Die tiefliegende Ursache beherrscht das Geschehen, die Auslösung veranlasst nur den Zeitpunkt in kleinem Ausmass.

Die Witterungserscheinungen unterliegen einer gewissen Periodizität, die sich dann auch in der Statistik der Bergstürze abbildet: Viele Schuttrutschungen finden bei uns im Monat Juni statt, grosse Bergstürze fallen meistens auf September oder Oktober — eventuell noch etwas später. In den Alpen gelangen alle Bergsturzbewegungen im Januar, Februar und März in eine Art Winterschlaf, sie stehen vielfach ganz still. Wenn der Frühling in die Berge steigt (Tauwetter), so erscheinen am zahlreichsten die Steinschläge und Steinlawinen und kleineren Bergstürze. Dazwischen fällt noch mancher zu „unrechter Zeit“; die Regeln sind nicht ohne viele Ausnahmen. Auch bei Veranlassungen folgt die Wirkung immer erst mit etwelcher Verspätung, und die Veranlassungen zur Auslösung sind launenhaft wie das Wetter.

Sehr auffallend ist die Häufung der ganz grossen Bergstürze auf den September:

Elm (Kt. Glarus)	. 11. September	1881
Bodio (Tessin)	. 27./28. September	1868
Goldau (Schwyz)	2. „	1806
Diablerets (Wallis)	24. „	1714
Plurs (Bergell)	. 25. VIII. oder 4. IX. (?)	1618
Biasca (Tessin)	. ? September	1512

Die Erdbeben als Ursache und Auslösung.

Bei unserer prinzipiellen Aufstellung der Ursachen der Bergstürze haben wir als Nr. 3 den Fortgang in den gebirgsbildenden Bewegungen der Erdrinde aufgeführt. Eine Erscheinung dieses Vorganges sind die Erdbeben, eine andere der Fortgang der Faltungen und Verschiebungen in der Erdrinde, die freilich selbst sich in Erdbeben auslösen.

Erdbeben werden mit Vorliebe als die Schuldigen für Bergstürze angeklagt. In den Bergsturzaufzählungen der Schriftsteller von 1600 bis 1850 wird von den meisten der Bergstürze kurz erzählt: „in Folge eines Erdbebens“. Man wusste noch nicht, dass es täglich viele Erdbeben gibt. Wenn ein Bergsturz sich ereignete, gelang es meist dem ersten Versuche, ein vorangegangenes Erdbeben zu finden. Wenn es auch 3 oder mehr Tage früher als der Bergsturz stattfand, so fand man doch in diesem zeitlichen Zusammentreffen von vermeintlich so seltenen Naturereignissen einen „schlagenden Beweis“. Es gibt aber wohl keinen Bergsturz, zu welchem nicht ein passendes Erdbeben zu finden wäre! Wenn Erdbeben wirklich unter den Bergstürzen die Rolle häufiger Ursache spielten, so müsste man sehr oft — vom gleichen Erdbeben erzeugt — im gleichen Gebiete mehrere Bergstürze gleichzeitig erhalten. Ein solches zeitliches Zusammentreffen ist aber nicht vorhanden; es ist eine grosse Seltenheit, dass zwei Bergstürze zeitlich sehr nahe zusammenfallen, so dass man das nur als Zufall bezeichnen kann, was die Regel sein sollte.

Nun aber, da wir wissen, dass alle Bergstürze die Folge einer langen Vorbereitung im Boden sind, dass sie erst im Laufe von Wochen, meistens erst im Laufe von Jahren und Jahrzehnten zur Absturzfähigkeit ausreifen, so können wir doch nicht einen einzelnen momentanen Ruck nun für die Ursache nehmen — ebensowenig wie einen einzigen Regentag oder eine Regenperiode. Der in Vorbereitung gewesene Bergsturz hat sicherlich schon im Laufe der Zeit hunderte von Erdbebenstössen erfahren, ohne ihnen irgendeine Folge zu leisten, und hunderte von Regentagen unbeweglich ertragen. In diesen vermeintlichen „Ursachen“ wie nasse Zeit, Erdbeben, haben wir es

nur zu tun mit dem Fortgang der Dinge, die seit Jahren an der Ablösung mitarbeiteten. Der kleine Stoss, der zufällig der letzte vor dem Abbruche war, war gewiss oft ganz bedeutungslos. Ohne ihn wäre der Bergsturz nur einige Minuten, vielleicht einige Tage, höchstens noch etwas später losgebrochen. Von allen den Bindungen und Hemmnissen im Boden musste erst eines nach dem andern allmählich gelöst werden. Das Tempo steigert sich. Einige Tage vor der Katastrophe hört man im Walde das Knallen der spaltenüberspannenden Wurzeln, im Berge das Knirschen und Krachen des Abquetschens von hindernden Steinecken. Notwendigerweise kommt auch einmal eine letzte Faser, die die Sturzmasse noch mit dem Mutterberg verband, zum Bruch. Das ist der Moment der Auslösung der Katastrophe. Der Berg fällt.

Dass es in Wirklichkeit Bergstürze gibt, die durch Erdbeben veranlasst sind, ist sicher. Aber das können nur katastrophale Erdbeben leisten, wie sie z. B. in den Schweizeralpen bisher noch nie erlebt worden sind. Das grosse Erdbeben 1906 in Californien löste gleichzeitig mehrere Bergstürze aus. In Calabrien ging bei dem Erdbeben von 1783 mancher Bergsturz zur Tiefe, „die Berge schüttelten ihre gelockerten Rinden ab“. Am 25. I. 1348 gingen in Dobratsch unweit Villach in Kärnten Bergstürze von Erdbeben begleitet nieder, die 2 Flecken und 17 Dörfer verschütteten und durch Stauung mit den Trümmern das Gailtal in einen langen See verwandelten. Im Jahre 1227 sollen im Gebiete von Aix so gewaltige Erdbeben stattgefunden haben, dass 5000 Menschen unter den Trümmern der Gebäude zugrunde gingen, „weil von den Seiten der Berge sich ganze Massen losrissen und zum Unheil für Menschen und Vieh in die gut bevölkerten und bebauten Täler hinabstürzten“.

Die Erschütterungen unserer alpinen Regionen sind zwar sehr häufig, aber so gering, dass sie nur in kleinem Masse etwa den Absturz einer schon fast abgetrennten Felsecke erzeugen könnten. Das feine Zittern, der kurze Stoss, oder schwaches Schwanken dieser Erdbeben kann nach meinem Empfinden nicht wesentliche Ursache, sogar kaum Auslösung eines Bergsturzes sein. Auf blosser Steinschläge können wohl Erdbeben viel eher veranlassend wirken, als auf grosse Bergmassen, die für eine so kleine Stossbewegung zu fest und breit im Sattel sitzen. Selbst für den Bergsturz von Corveyrier-Yvorne vom 4. III. 1584, welchen ein Erdbeben vom 1. III. 1584 veranlasst haben soll, glaube ich nicht an die Erdbebenursache. Risse beginnender Schuttbewegung hat man für Erdbebenrisse gehalten. Die einzigen Felsstürze in der Schweiz, bei welchen ich nach den Be-

richten der Geschehnisse ein Erdbeben als Veranlassung annehmen kann, sind die Abstürze vom 11. XI. 1593 an der N-Kante des Vorderglärnisch und Ähnliches, das sich im Kanton Glarus in einer Erdbebenperiode vom 29. VIII. 1701 bis zum 10. II. 1703 ereignet hat. TSCHUDI berichtet darüber, dass bei den über 40 starken Stößen man immer zuerst einen „Klapf“ unter den Füßen spürte, dann Zittern und Erschütterung der Erde, „wobei nach Aussage der Alpknecchten an vielen Orten grosse Steine von ihrem Orte bewegt wurden, dass sie mit grossem Prасheln herabgefallen“. Am stärksten wurden damals die Erdbeben in Linthal und Betschwanden empfunden. Auch damals halfen die Erdbeben den Steinschlägen zum Abgang, aber kein wirklicher Bergsturz, nicht einmal eine starke Steinlawine ist in jener Erdbebenperiode gefallen.

Es kommt also vor, dass Erdbeben Auslöser, sogar Verursacher von Bergstürzen sind. Andererseits aber ist viel zu oft grundlos und leichthin in einer Art Gedankenmode das Erdbeben als Ursache angenommen worden!

Und noch eine besondere, unbewusst wirkende, Einfühlung beförderte die Beschuldigung der Erdbeben. Das schlechte Gewissen über die menschliche Unachtsamkeit, die Nachlässigkeit und den Stumpfsinn, mit denen man die so deutlichen Ankündigungen durch Vorzeichen missachtete, war damit zum Schweigen gebracht. Der Missetäter war nun erkannt, der unberechenbar und plötzlich ohne Ankündigung einsetzt und den Menschen jeder Mitschuld am Unglück entlastet. So waren die Worte „durch ein Erdbeben“ geradezu eine erlösende Ausrede geworden.

In unserem Lande sind bisher die Erdbeben meistens ganz unschuldig an den Bergstürzen gewesen.

Der Fortgang der Erdbewegungen, welche die Gebirge erzeugt haben, unterliegt keinem Zweifel mehr, dagegen werden Auswirkungen davon, wie Bergstürze, nicht so leicht als solche nachweisbar sein.

Am **Nordrande der Alpen** finden wir an vielen Stellen die Stirn der liegenden Falten als steile Felswand abgebrochen. Die Falten oder Decken sind über die Gesteine des Vorlandes, die aufgerichtete oder gefaltete und uneben erodierte Flysch- und Molassezone hinauf und noch um bedeutende Strecken gegen N überschoben worden. Dass diese Nordrandüberschiebung zu den jüngsten Dislokationen der alpinen Bewegung gehört, geht aus zahlreichen Erscheinungen hervor und wird von allen alpinen Tektonikern anerkannt.

Der Gedanke liegt nahe, dass die Überschiebung der alpinen Deckenstirnen über Molassetäler zu grossen Abstürzen geführt hat. Dass die Überschiebung des Alpenrandes gegen NW tatsächlich auch jetzt noch fortschreitet, haben die von der bayerischen Landesvermessung (Leiter MAX SCHMID, München) mit äusserster Sorgfalt

durchgeführten Messungen bewiesen. Von 1801 bis 1905 hat das Vorrücken der nördlichsten Alpenkette (Wendelstein etc.) in 100 Jahren ca. $\frac{1}{4}$ m (1801—1855 14 cm, 1855—1905 12 cm) betragen. Das Vorland zeigt Senkung und Bewegung nach W.

Vor dem schroffen Nordabsturz der Alpen liegen in der Tat in den offenen Molassetälern oder Flyschtäälern oft noch heute grosse Bergstürze, aus Trümmern der vorgeschobenen Deckenstirnen bestehend. Diese Bergstürze sind noch nicht näher im Zusammenhange untersucht worden. An den meisten Orten sind solche Bergstürze schon wieder bis auf kleine Reste aufgezehrt, an anderen können sie sich erhalten haben. Grosse Felsstürze vom Nordrand des alpinen Deckschubes finden sich z. B. am Nordfuss des Aubrig, Kүpfenstock. Vor dem Säntisgebirge folgen die grossen Trümmerfelder am Säntisnordrand, Waldzimmer und Schwegalp. Ganz besonders erweckte mir das Verhältnis der Nordwand der Zugspitze zu den Bergsturzlandschaften von Garmisch und Mittelwald mit ihren vielen Bergsturzseen den Gedanken, dass hier Abbruch infolge Überschiebung über Berg und Tal mit im Spiele sein könnte. Der Bergsturz von Eibsee-Garmisch ist zwar vorhistorisch aber postglazial, recht jung. Ich deute dies nur an im Sinne einer fragenden Vermutung. Es wäre aber wünschenswert, dass die aufnehmenden Geologen den Bergstürzen etwas mehr Interesse angedeihen liessen, als meistens bisher.

Über andere durch tektonischen Schub veranlasste Bergstürze können wir heute etwas Bestimmtes noch nicht sagen. Es muss wohl solche geben — wenn nicht in den Alpen, doch in anderen noch heute stark bewegten Gebirgen wie z. B. im Himalaja, im tibetanischen China. Die Gesteinsbewegung erzeugt primär übersteile Gehänge.

Das Abschälen von Gesteinsplatten an steilen Wänden durch den Druck des Überliegenden ist keine direkt tektonische Erscheinung. Aber sie ist im Leben, besonders in der Vorbereitung der Bergstürze, im Fortgang des Ausbrechens von Nischen u. a. m. stets in Tätigkeit begriffen.

Bergstürze durch Menschen verursacht.

Fälle von Unkenntnis, Unvorsichtigkeit haben zu vielen Bergsturzbewegungen geführt. Plurs war gross und reich geworden durch seine grosse Lavezsteinindustrie. Ofenstein, pierre ollaire, Chlorit-Steatit, Talkschiefer oder Lavezstein genannt, wurde an vielen Stellen gewonnen und zu allerlei Gegenständen und Geräten (Töpfen, Ofensteinen, Schalen, Pfannen, feuerfesten Gefässen, Röhren u. a. m.) verarbeitet. Die Ausbeutelöcher — Bergwerk genannt — befanden sich besonders am Monte Conto südlich etwa 500 m hoch über

Plurs. Dort erstreckt sich eine Zone der vorzüglichsten Lavezsteine von W nach E mit Einfallen der Schichten bergewärts. Es gibt ein Bild von Plurs gegen S gesehen, wo man hoch, gerade über dem Flecken, eine lange E—W gerichtete Reihe nahe nebeneinander gesetzter künstlicher Höhlen zur Lavezugewinnung sieht. Auch noch an anderen Stellen in tieferer Lage weiter gegen Chiavenna etc. finden sich Reihen solcher Bergwerkslöcher. Wie in diesen Bergwerken vorgegangen wurde, wissen wir freilich nicht. Von Bergversatz war sicherlich keine Rede. Das Bergwerk über Plurs wird als sehr alt bezeichnet, es war „schon immer da“. Von der Umgebung der Ausbeutungsstellen am „Berg del Cont“ heisst es in den Erzählungen von 1618: „der Berg reisst immerzu, und ist gar offen und vor 10 Jahren gespalten gewesen“. Über den Vorsturz am Tage vor der Unglücksnacht wird von ANHORN berichtet: „Um 4 Uhren Nachmittags hat ein Ruffi aus dem Berg del Cont angefangen herein gehen auf der Seiten, da man die Lavezzi macht.“ Das war ein Vorsturz vom Ostrande des Abrisses am Ostende des Bergwerkes. Nach meiner Überzeugung ist der Bergsturz von Plurs durch diese Durchlöcherung innerhalb einer Schicht auf grosser Breite verursacht worden. Alles was man davon weiss, spricht dafür, nichts dagegen. Aber die Zeitgenossen blieben blind für diese Gefahr und dachten auch nachher kaum an diese Ursache (siehe auch S. 186/187.)

Leider hat noch nie eine Untersuchung des Monte Conto durch einen in Bergsturzachen geübten Geologen stattgefunden. Genaue Karten fehlen. Wir kennen nicht die Anrisshöhe, die Böschungen, die Form der Fahrbahn. Und noch mehr Unsicherheiten begleiten unsere Kenntnis: Sowohl die alten Schriftsteller als die neueren — die nur den alten abschreiben konnten, berichten nicht übereinstimmend über das Datum. Die einen geben den 25. VIII., die andern den 4. IX. an. Es sei der Absturz in heller Vollmondnacht erfolgt, — das würde für den 4. IX. sprechen. Die einen berichten von 930 Toten, die anderen von über 2500, und mit Nachdruck wird die Zahl 2430 angegeben.

Ein zweites furchtbares Bergsturzereignis in unsern Alpen, das durch unvorsichtigen Bergbau entstanden ist, ist der Bergsturz von Elm 1881. Wir kommen auf diese beiden Fälle noch zurück, wenn wir von dem Benehmen der Menschen gegenüber den Bergsturzgefahren berichten wollen.

In weniger grossem Umfange gibt es noch viele Beispiele für Bergstürze, verursacht durch unvorsichtiges Vorgehen der Menschen. Ich nenne noch:

Zusammenbruch und Absturz am alten „Landesplattenberg“, dem Schieferbruch zwischen Engi und Matt im Sernftal. Er war vorausgesehen, beobachtet und Gefährdetes geräumt. Ein Vorsturz fiel am 9. IX. 1926, der Hauptsturz am 10. IX. morgens 5 $\frac{1}{4}$ Uhr.

Felssturz über die Eisenbahn am Gehänge des Walensees zwischen Mühletal und Mühlehorn 6. XI. 1924, verursacht durch Unterhöhlung durch ausgedehnte Ausbeute von Zementsteinen, die mit flachem Nordfallen 25 bis 35 m hoch südlich über der Bahn, streichend wie die Bahnlinie, sich finden. Die Ausbeute geschah zuerst durch einige Stollen etwa 5 m hoch und 5 m breit bergwärts. Man war schon lange misstrauisch und Dr. A. BÜRKLİ zusammen mit Prof. ALB. HEIM erhielten in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts den Auftrag zur Prüfung. Wir erklärten den betriebenen Abbau für einen unverantwortlichen Raubbau, und gaben Vorschriften für die Lage und Dimensionen der Ausbeutungsstollen, für Belassen von Stützpfählen und Rippen und für Bergversatz, und wir verlangten Kontrolle. Der Kanton Glarus und die Bahn hielten an unsern Bedingungen fest. Indessen hatte nun erst in Mitte der 90er Jahre der Bundesrat die Stelle eines eidgen. Bergwerksinspektors geschaffen und dieselbe einem Herrn ESCHER anvertraut, der als Überseer in unregelmässigen Bergwerken sich betätigt hatte. Von Bergwerksbetrieb in einem zivilisierten Lande schien er mir keinen Begriff zu haben. Er verlachte unsere Vorsichtsmassregeln. Man beutete allmählich fünfmal mehr aus, als wir für statthaft angegeben hatten, und unterwühlte das Felsgehänge rücksichtslos. Aber er war eben der „höchste amtliche Sachverständige“, unser 10 Jahre älteres Gutachten galt nicht mehr. So kam es dann zu der von uns erwarteten Katastrophe. Der Berg über Bahn und Bergwerk brach bis auf 530—540 m Meerhöhe, das ist ca. 110 m über dem See, ab und fuhr in den See. Die Bahnlinie wurde auf ca. 150 m Länge teils in den See hinausgestossen, teils überschüttet. Ein Teil des Zementbergwerkes wurde eingeschüttet, ein anderer tieferer blieb unter der Abrutschfläche erhalten. Der gleiche Zementraubbau reicht noch etwa 100 m weiter gegen Osten als der Abbruch von 1924. Nur ist er dort etwa 20 Jahre jünger. Dementsprechend ist die Lockerung des überliegenden Felsens noch nicht so arg. Aber dass der Sturz von 1924 sich wenigstens 100 m weiter nach Osten ausdehnen wird, ist unausweichlich, die Abwehr durch Bergversatz etc. in keinem Verhältnis zum Schaden. Mein Sohn und ich, als Experten der Bundesbahnen, empfahlen, die Bahnlinie als Tunnel südlich in den Berg hinein zu verlegen. Leider erwies sich dies als zu kostspielig.

Bei diesem Bergsturz zwischen Mühletal und Mühlehorn ist kein Mensch verletzt oder getötet worden. Einige Zeit lang schon wurde die beginnende Bewegung bemerkt, die Felsbewegungen messend kontrolliert, der Steinschlag überwacht und die Arbeit im Zementbruch eingestellt. Zur rechten Zeit war der Bahnbetrieb über die gefährdete Stelle durch ein grosses Schiff zu Wasser oder durch Auto über den Kerenzenberg ersetzt worden.

Felssturz von Arvel bei Villeneuve durch Ausbeutung der schönen Echinodermenbreccie des Lias verursacht, gestürzt am 14. III. 1922. Das Volumen des abgestürzten Felsens wird auf 600,000 m³ berechnet. Der Fels stürzte in weichen Moorboden, der vor der vorstossenden Felstrümmerfront sich faltete auf eine Ausdehnung von ca. 18 ha. Die Abbruchfelswand war 120 m hoch und stund etwa 60 m bergwärts vom Fuss des ursprünglichen Steilabhanges der Felswand. Ich verweise auf die treffliche Untersuchung und Darstellung: PH. CHOFFAT, „l'éboulement d'Arvel“, *Bullet. Soc. Vaudoise Sc. nat.*, Vol. 57, No. 223, 1929.

7. VIII. 1915 Felschlipf am Riedgartensteinbruch, Lötschbergbahn, Wallis, oberhalb German-Raron. In der Hauptsache Felschlipf von dick-

bankigen Kalksteinen mit 40 bis 43° Fallen nach S; Bewegung von im ganzen etwa 95,000 m³. Ursache: Anschnitt des Fusses der Schichten. Höhe des Steinbruchbodens etwa 973 m ü. Meer, Höhe des oberen Abrissrandes 1070 m, Höhe des Bruches ca. 100 m.

Nach unten Teilung in zwei Schuttströme, von denen der östliche mit ca. 20,000 m³ schön geschlossen bis 760 m, der westliche mehr zerstreut mit etwa 10,000 m³ in das Kulturland von Raron und German bis 710 m hinab vordrang und einige Häuser zusammenschlug. Immer noch wollen Steinbruchbeflossene nicht fassen, dass steil (d. h. über 20°) geneigte Schichten nicht von unten nach oben, sondern von oben nach unten vorschreitend gebrochen und abgetragen werden müssen. Der vorliegende Felschliff zeigt uns, dass die Grenze zwischen zerstreuter Ablagerung und stromförmiger zusammengebundener Bewegung zwischen 10,000 und 20,000 m³ Absturzvolumen liegt. Das wäre zugleich die **Grenze zwischen Steinlawine und Felssturz**. Es ist indessen zu beachten, dass wahrscheinlich diese Grenze für die verschiedenen Bewegungsarten auch noch von anderen Umständen als bloss der Masse, namentlich von den Eigenschaften des Gesteines, der Blockgrösse u. a. abhängt.

Felssturz in Noiraigue (Jura neuchâtelois) infolge Bergbau auf Zementsteine schon früher, wiederholte sich 1901.

Durch Steinbrechen verursachte, z. T. sehr gefährliche Felslawinen, von Strassenbau und Eisenbahnbau veranlasste Abrutschungen aller Dimensionen, von Häuserbau an Abhängen, von Uferbelastung entstandenen Uferbrüchen und anderem mehr, könnte man viele hunderte anführen. Sehr oft gehen die Menschen sehr unvorsichtig vor und stören das Gleichgewicht an Abhängen. Die Fehler, die dabei am häufigsten gemacht werden, sind zu starkes Unterschneiden des Bodens, Schwächung stützender Massen, oder zu starke Belastung des Bodens oder unvorsichtige Bewässerung desselben. Die obigen wenigen Beispiele mögen genügen, um die Fehler menschlicher Eingriffe zu bezeichnen.

Die eiszeitlichen Bergstürze.

Bei Betrachtung der vorhistorischen Bergstürze ist uns schon lange aufgefallen, dass die gewaltigsten fast alle gleich nach Rückzug der grossen Gletscher oder in einer Zwischenzeit gefallen sind. Bei einigen (z. B. Glärnisch-Guppen) gibt es sogar Erscheinungen, die darauf hindeuten, dass noch etwas Eis im Tale lag, auf welches der Schutt sich häufte, und dann durch allmähliches Schmelzen eigentümliche Einsenkungsfelder im Trümmerhaufen entstanden. Zu den „interstadialen“ oder „interglazialen“ Berg-

Übersicht der Typen der Bergstürze.

		Bewegung	Umstände	Typus Nr.			
Gruppe I	Schuttbewegungen	langsam schleichende Bewegung	durch Wasser befördert tief	I	Gekrieche (Solifluction)		
				II	Akute, vorübergehende Schuttrutschung		
				III	Periodische, zeitweise sich wiederholende Schuttrutschung		
				IV	Chronische, anhaltende langsame Schuttbewegung		
				V	Schuttstürze durch ausnahmsweise steile Stelle in der Fahrbahn von II, III oder IV		
				trocken	VI	Trockene Schutttzüge, Bewegung besonders zeitweise, Böschung 30° bis 45°	Böschungen meist unter 25° über 35°
				unter Wasser	VII	Ufereinbruch. Anfangsbewegung am Ufer, steiles, fast vertikales Absinken	
					VIII	Uferabrutschung. Schiefes Abgleiten Unterseeische Schuttrutschung	
Gruppe II	Felsbewegungen	stürzende u. schief-sende Bewegung	durch Wasser befördert	IX	Sackungen, steil sinkend		
				X	Felsschliffe, schief abrutschend	Grosse zusammenhaltende Felsmassen mit langsamer Bewegung	
					XI	Typus Campo	Schicht a. Schicht gleitend gleitend Kriechender Trümmerstrom wasserreich
					XII	Typus Brienz	brechend absinkend do.
Gruppe III	Felsbewegungen	stürzende u. schief-sende Bewegung	trocken oder nass	XIII	Steinschlag	Stück n. Stück springend Schutthalden	
				XIV	Schliffsturz nass	Gr. Masse gleit. beschleunigt gleitend Sturz-Schussstrom	
				XV	Fallsturz trocken	brech. fallend do.	
				XVI	Stetige Steinrasi	brechend Stück um Stück fallend Schutthalden u. Schuttkegel	
Gruppe IV		oben nicht ein-zureihende	wechselnd	XVII	Zusammengesetzter Bergsturz		
				XVIII	Unvollendeter Bergsturz		
				XIX	Nachsturz		
				XX	Noch unbekannte Bergsturzarten		

stürzen gehören Glärnisch-Guppen, Glärnisch-Gleiter, Flims, Sierre, Engelberg, Sackung Mollis. Zu den unmittelbar am Schlusse der Eiszeit gestürzten gehören Bergsturz Wiggis (Deyenstock)-Netstal, Kanderthal, Parpan, Salez etc. Am Glärnisch-Guppen, Glärnisch-Gleiter und Flimser findet man Grundmoränen unter dem Breccienhaufen, die z. T. aufgeschürft worden sind, und Grundmoränen und erratische Blöcke oben auf dem Bergsturzhaufen oder den anschliessenden Schotterterrassen. Dazwischen gibt es auch grosse Bergsturzböcke, die auf ihrer Oberseite sehr schön nach Gletscherart angeschliffen und geschrammt, aber nicht herausgerissen sind, während Grundmoränenmaterial von einem Block zum andern ausebnet.

Ob interglazial oder bloss interstadial ist eine noch unentschiedene Streitfrage. Ich neige mich zum interglazialen. Auf den Gedanken bloss interstadialen Alters ist man eigentlich nur deshalb gekommen, weil 1. die Moränen und erratischen Blöcke auf manchen der Bergsturzhaufen etwas spärlich ausgebreitet sind, und 2. weil der Bergsturzhaufe noch vorhanden ist, während er nach der Meinung gewisser Theoretiker von einer ganzen Eiszeit hätte vollständig weggeräumt werden müssen, was ich für unrichtig halte.

Die Erklärung scheint mir auf der Hand zu liegen. Die Erfüllung der Täler mit viel hundert Meter mächtigen Eisströmen schaltete die immer tiefer greifende Gesteinsverwitterung an den Berggehängen nicht aus. Wasser war immer gegenwärtig. Gegenwärtig war aber auch der „hydrostatische“ Druck der Eisflut an die Uferwand. Er hielt grosse Abstürze zurück. Die gelockerte Felsrinde blieb an den Berg gedrückt. Mit dem Wegschmelzen der Gletscher wurden die Bergflanken vom Gegendruck des Eises befreit, und die seit Jahrhunderten oder -tausenden gelockerten Felsmassen brachen in besonders grossen Fetzen nach.

Darin liegt wohl die Ursache für die ungeheuren, den Eiszeiten sich anschmiegenden Bergstürze.

Zweiter Teil:

Das Verhalten der Menschen zum Bergsturz.

Vorboten von den Menschen beobachtet, aber nicht gewürdigt.

Die älteren Berichte über Bergstürze schildern das Entsetzen und den Schrecken der Menschen. Sie nennen die Zahl der Verschütteten, der zerstörten Häuser und Kulturen, oft noch die Zahl der Tiere, die getötet worden sind. Aber meistens berichten sie gar nicht oder nur sehr dürftig über die Art des Vorganges und seine besonderen Erscheinungen und meistens nichts, oder nur eine wertlose Vermutung über die Ursachen.