

III. Hauptgruppe: Felsstürze. Felsbewegungen mit stürzender Talfahrt.

(Typen XIII, XIV und XV).

Ich habe früher (1882) die Bergstürze eingeteilt in:

- I. Schuttbewegungen, a) Schuttrutschungen, b) Schuttstürze.
- II. Felsbewegungen, a) Felsschlipfe, b) Felsstürze.
- III. Gemischte und Besondere.

Im Laufe der Zeit zeigten sich mir noch manche Vorgänge, die hier sich nicht, oder nur unter den Titel „Besondere“ einreihen lassen. Wie Felsmassen, gleitend abgelöst, in wilden Absturz übergehen können (Goldau), so können auch Felsmassen, auf Querbruch gelöst, sich zu schleichenden Trümmerströmen entwickeln (Brienz, St. Moritz, Sörenberg). Die Auswirkung der Bewegung scheint mir jetzt für den Charakter des einzelnen Phänomens viel bedeutender als die Art der Ablösung. Nur für Schutzarbeiten oder Prognose im Stadium der Vorbereitung, ist die Art des Bewegungsbeginnes wichtig. Nachher hat sie keinen Einfluss mehr, weder in der Fahrbahn noch für die Ablagerung. Dass ich damals die Bezeichnung nach der „Geburtsart“, statt nach der Art der Auswirkung vorangestellt habe, scheint mir jetzt unpassend. Goldau verdient auch die Bezeichnung „Sturz“ als das Hauptwort. Ob als Schlipf oder in unabhängigem Querbruch entstanden, ist Nebensache und soll — falls zusammengesetzt im Wort — das Nebenwort sein, also: Felsstürze:

XIII. Steinschlag, XIV. Schlipfsturz, XV. Bruchsturz.

Das Gefälle am Boden des Abrissgebietes der Felsstürze ist in der Regel über 30° . Im Durchschnitt der ganzen Abbruchfläche beträgt es meistens 30° bis 50° . Nur ausnahmsweise begnügt es sich mit 20° (Goldau) oder gar noch etwas weniger, und nicht selten hat es 50° bis 90° .

Das Gefälle der Fahrbahn liegt normalerweise bei 30° bis 10° . Es kann auch übersteil sein, oder unter 10° sinken.

Das Gefälle des Bodens im Ablagerungsgebiet kann schon bei 30° (mit der Schutthaldenböschung) beginnen. In der Regel beginnt es erst unter 20° , und die Hauptmasse erobert sich Böden von 10° bis 0° oder gar solche von rückläufigem Gefälle.

Vergleich von Schleichstrom und Wurfstrom.

Vorerst soll hier der grosse **Unterschied zwischen schleichen- den und stürzenden Talfahrten** herausgehoben werden, um die scharfe Hauptgrenze zwischen Hauptgruppe II und III festzustellen.

Schleichende Bewegungen sind die Regel bei allem Gesteinschutt, unseren Typen I, II, III, IV. Der Typus V gestattet der stürzenden Bewegung nur die Rolle eines kleineren Auftrittes innerhalb der ganzen Tragödie des Bergsturzes. Typus VI bietet viele rasche

Bewegungen nur in räumlich und zeitlich kleinen Einzelheiten, bindet dieselben aber zusammen zu einem im grossen ganzen langsam wirkenden und andauernden Vorgang. Typus VII und VIII, sich unter Wasser vollziehend, sind etwas besonderes und lassen sich nicht in die schleichenden und stürzenden einreihen. Sie nehmen eine mittlere oft schwer zu beurteilende Stellung ein. Sie wollen besonders behandelt sein. Bei Typus IX und X wandert auch der Fels langsam, bei XI und XII löst er sich vorweg langsam in einen Schuttstrom auf.

Bei diesen **langsamen** Bewegungen ist die Art ihres Vorschreitens von Minute zu Minute von den momentanen Gruppierungen von Kraft und Widerstand bedingt und abhängig; die vorangegangene Minute hat im allgemeinen der nachfolgenden keinen motorisch bedeutenden Impuls übergeben. Jede Minute übergibt der folgenden nur die Sachlage von Masse, Bahnform, innerer und randlicher Reibung, Gewicht, Gefälle, Wassergehalt etc. aber keine kräftigen Impulse zur Bewegung, keine „lebendige Kraft“. Die jeweiligen jetzige Minute soll nur nach ihren eigenen Trieben und fast ohne Erbe der vorangegangenen Minute sich gestalten. Der schleichende, reine Schuttstrom lebt stets der Gegenwart!

Einen durchschlagenden Gegensatz hierzu, ohne jeden Übergang, zeigen die schnellen Bewegungen, die „**Wurfbewegungen**“, „**Schussbewegungen**“ oder **stürzenden Talfahrten**. Auch bei den raschen Bergstürzen ist nach der Art der Loslösung im Abrissgebiete „Schliffsturz“, Typ. XIV, und „Bruchsturz“, Typ. XV, zu unterscheiden. Beim **Schliffsturz** (Rutschsturz) beginnt die Bewegung im Abrissgebiete langsam. Spalten erweitern sich, die grossen Felsplatten unterhalb mit darauf aufrechtstehendem Walde, auch Häusern, gleiten ganz langsam, dann immer schneller, dann erst kommen sie in Schussbewegung. In Goldau haben eine ganze Anzahl von Augenzeugen das langsame Gleiten gesehen. Einige konnten noch über die scherende Randkluft springen und so sich retten. Aus mehreren Erzählungen geht hervor, dass das Gleiten mit aufrecht stehendem Walde wahrscheinlich einige 100 m weit und $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Minute lang dauerte, bis es in sausenden Lauf sich steigerte. Beim **Bruchsturz**, wie er von Anfang an in Elm beobachtet worden ist, beginnt die Bewegung sofort mit der vollen Fallgeschwindigkeit. Die Bewegung nimmt nicht erst einen Anfang mit einigen Minuten von Gleiten.

Rutschsturz und Bruchsturz liefern Schußströme. Sie unterscheiden sich aber in ihrem Geburtsakte gründlich von allen Felsschleichströmen dadurch, dass die Abtrennung der ganzen Felsmasse als

einheitlicher Klotz im gleichen Momente sturzbereit ist, während eine ganz andere Art der Abtrennung, diejenige Block für Block, eins nach dem andern, den schleichenden Strom in die Fahrbahn liefert.

Bei der Abfahrt nach **Typ. XIV und XV** verschwinden rasch die Wirkungen dieser „Unterschiede der Geburt“. Meistens sind sie schon im oberen Teil der Fahrbahn verloren gegangen. Der Schussstrom, der sich in der Fahrbahn entwickelt und ins Ablagerungsgebiet herausgeworfen wird, kann bei Typ. XIV ganz gleich wie bei XV werden. Infolge des steilen Sturzes vom Abrissgebiet bis gegen das Ende der Fahrbahn hat die Felsmasse eine grosse Geschwindigkeit angenommen und dadurch ist sie mit gewaltiger „lebendiger Kraft“ erfüllt. Am Fusse der Fahrbahn ist einzig dieses Produkt des Absturzes, dieser Gehalt an lebendiger Kraft und ihre Richtung massgebend. Wie eine Kugel aus der Laufmündung einer Kanone, so fährt der Trümmerstrom aus seiner Fahrbahn hinaus ins Ablagerungsgebiet. Er kann nicht anhalten schon am Fuss der Fahrbahn, er ist in einer Wurfbewegung begriffen. Er muss aufreissen, stürmen, zerschlagen, schürfen, werfen, emporbranden bis er ausgetobt und seine lebendige Kraft aufgezehrt hat. Dann erst kann er, scheinbar fast plötzlich, stillstehen.

Der schleichende Strom, der Schuttstrom, ist nicht mit lebendiger Kraft geladen. Darin liegt die Ursache für das verschiedene Benehmen der Schleichströme und der Sturzströme!

Der durchgreifende Unterschied zwischen schleichender und stürzender Talfahrt macht sich in folgenden Erscheinungen geltend:

1. Gewisse Nebenumstände, wie Neigung der Fahrbahn, Wassergehalt des Trümmerstromes, Beschaffenheit des abgetrennten Gesteines u. a. m. erzeugen Unterschiede der verschiedenen Schuttbewegungen. Der Bergsturz heftiger Art ist von dergleichen viel weniger abhängig. Im allgemeinen sind die Böschungen der Schleichströme im Oberlauf viel geringer als diejenigen der Sturzströme.

2. Geschwindigkeit. Die Bergstürze der Hauptgruppen I und II bewegen sich langsam wie eine Schnecke, seltener und nur zeitweise mit Bruchteilen eines Meters oder gar mehreren Metern in der Sekunde. Die Trümmermassen eines Felssturzes der Gruppe III bewegen sich mit 50 bis 150 m in der Sekunde, das ist mit Geschwindigkeit eines Geschosses.

3. Wasser. Die Schuttmassen der langsamen Bergstürze bewegen sich meistens durch die Mitwirkung von Durchnässung. Diejenigen der raschen sind meistens trocken und erzeugen ungeheuren Zermahlungsstaub.

4. Die langsamen Schuttströme schmiegen sich den Hindernissen in ihrer Fahrbahn sorgfältig an, sie umfliessen sie tastend und bleiben immer in den tiefsten Rinnen. Die Trümmernmassen der schnellen Bergstürze dagegen branden an im Wege stehenden Widerständen hoch auf, überspringen sie, oder lassen sich von ihnen nur ablenken, wenn sie zum Überspringen zu hoch sind. Von einer hinausragenden Felsplatte oder einem festen Terrassenrand, auf den sie aufschlagen, springen sie frei in die Luft, wie ein Wasserfall dies tut. Die langsamen Ströme können dicht am Fusse des Abhanges sich zu Haufen stauen und stehen bleiben. Die schnellen aber, auch wenn sie noch so grossblockig sind, fahren noch über horizontalen oder entgegenreisenden Boden kilometerweit hinaus.

Der schleichende Trümmerstrom kann nicht schnell, der mit lebendiger Kraft geladene nicht langsam gehen!

5. Dauer der Bewegung. Der einzelne, schleichende Trümmerstrom erledigt seine Naturaufgabe kaum je schon innerhalb einiger Stunden. Meist gebraucht er Tage, Wochen, oft sogar Monate und Jahre dazu. Der schnelle Bergsturz hatte Zeit zur stillen Vorbereitung gebraucht, er erledigt aber seinen Talgang in einhalb bis drei Minuten.

6. Die Schuttbewegung geht fast lautlos von statten, der Felssturz erfüllt die Luft mit furchtbarem Getöse (Krachen, Donnern, Knirschen).

Ich kenne keine wirklichen Mittelformen zwischen langsamen Rutschungen und eigentlichen Felsstürzen. Der grosse Unterschied im Benehmen ist dadurch bedingt, dass der erstere sich immer aus seiner neuen momentanen Sachlage bewegen muss, der letztere hingegen mit einer furchtbaren Masse lebendiger Kraft sich im ersten Teil der Bewegung für den zweiten geladen hat. Wir können aber nicht kurz und bündig sagen, warum bei Felsabtrennungen im einen Fall die langsame, im anderen die rasche Bewegung eintritt. Es scheint, dass da verschiedene Faktoren zusammen wirken müssen. Zum schnellen Bergsturz gehören steile Böschungen und einheitlich umfassender Abriss im Abrissgebiete. Die Hauptsache für den katastrophalen Schnellsturz ist die einheitliche Abtrennung der ganzen Felsmasse auf der Bergseite im gleichen Momente sturzbereit, während die Abtrennung Block für Block eins nach dem andern stetsfort nur den schleichenden Strom in die Fahrbahn liefert.

Der rasche Trümmerstrom ist durch hohen Absturz gewissermassen geladen und verhält sich dann wie die abgeschossene Kugel aus dem Schussrohr. Er ist ein **Schukstrom**, wie man ihn wohl am bezeichnendsten nennt. Für mein Gefühl ist sein Überfahren horizontaler Talböden auf mehrere Kilometer Länge und dann sein fast plötzliches Anhalten noch viel eher verständlich, als die Tatsache, dass er trotz seinem Ungestüm die Erscheinungen der massvollen Brandung, der geordneten Fluidalstruktur, des genauen Anschmiegens an die Talform, kurz die **Formenähnlichkeit** mit dem Schleichstrom und dem Wasserstrom, Schneestrom oder Lavastrom festzuhalten imstande ist. Er geht nicht vor wie eine Explosion. Es ist, als hätte er eine erstaunliche Schnelligkeit des Empfindens und der Einstellung auf die Gestaltung des Bodens und seiner inneren mechanischen Eigentümlichkeiten, die durch alle Rücksichtslosigkeiten und Gewalttaten der Schussbewegung nicht aufgehoben wird. Im tot daliegenden Trümmerstrom tritt uns dies oft noch überwältigend vor Augen.

Der Trümmerstrom der Felsstürze führt nie den ganzen Schutthaufen zu seinem unteren Ende. Vielmehr lässt er stetsfort unterwegs Schuttmassen liegen. Er gehört damit zum Teil noch in die Fahrbahn, weit mehr aber in das Ablagerungsgebiet, in welchem er in die Länge gezogen liegt. Gewöhnlich ist die Dicke des totliegenden Schuttstromes am grössten vor einem Hindernis, etwa einer Ablenkung, und nimmt dann gegen das Ende hin ab. Er ist mit einem Lindwurm verglichen worden.

Typus XIII: Der Steinschlag. Einzelne Felsblöcke stürzen von Zeit zu Zeit über die Gehänge herab.

Wie oft haben wir nicht im Hochgebirge an Stellen, die keine Gefahr und keinen Schaden möglich machten, Felsblöcke zu einer Steinschlagrinne („Kamin“, „Stein- oder Lawinenzug“, „Coulloir“, „riale“) gewälzt, abgeworfen und ihrem Absturz zugesehen. Aber auch sehr oft sind wir unausweichlich zwischen gefährlichen Steinschlägen gestanden. Man kann solche Erscheinungen nicht genug beoobachten.

Ein einzelner losgelöster Stein, senkrecht abstürzend auf eine horizontale Fläche, bleibt unbedingt an der Aufschlagstelle ganz, oder in Stücke zerschlagen ringsum zerstreut, liegen. Im Gebirge kann man diesen Fall wohl nie beobachten. Man kann ihn aber experimentell herbeiführen. In der freien Natur wird unter hunderttausend Fällen kaum einmal durch Zufall die auffangende Felsfläche exakt senkrecht zur Schussrichtung des Steines stehen. Der Stein wird im allgemeinen schief auf die Felsfläche aufschlagen. Wäre die Fels-

fläche ganz glatt und der Stein eine elastische, glatte Kugel, so würde er in der Ebene seiner schon durchflogenen Bahn von der Felsfläche symmetrisch nach der anderen Seite abspringen, unter dem gleichen Winkel, in welchem er aufgeschlagen hat. Jeder Aufschlag wirft ihn unter gleichem Winkel weg. Wäre das Steinschlagkamin parallel glattwandig, so würde der Ball in Zickzacklauf geraten, wobei jedes Flugstück immer wieder Stück einer Wurfparabel wäre, und die Geschwindigkeit würde fortwährend zunehmen, so lange die Flugstücke vorwiegend abwärts gerichtet sind. Nun sind die Felsflächen des Couloirs nicht glatt und wir können ihre genaue Lage nicht erraten. Weder der Fels noch der Stein sind exakt elastische Substanzen. Ein Teil des Schlages wird zum beidseitigen Zerschlagen der Auffallstelle in Steinpulver oder zur Zerkleinerung des Steines verbraucht. Wenn die Materialien teilweise brüchig oder plastisch statt elastisch sind, wird der Absprungwinkel des Steines kleiner als der Auffallwinkel. Und welches eigentlich der Aufschlagswinkel des stürzenden Steines auf der Felsfläche ist, das werden wir kaum ungefähr erraten können aus den Zickzackwendungen des Steines. Unter Umständen springt der Stein, veranlasst durch eine kleine Unebenheit in der Aufschlagfläche, in wesentlich anderer Richtung, als erwartet, ab. Wir wissen alle, wie so ganz unberechenbar schon durch den Formenreichtum der Natur die Wege der einzelnen stürzenden Steine sind. Noch eine weitere Komplikation stellt sich ein: Man beobachtet leicht, dass ein zuerst frei hinabfliegender Stein sich im Fluge nicht dreht. Springt er aber vom ersten Aufschlag wieder ab, so sehen wir ihn in der Luft in Rotation. Hat er zum zweiten Mal aufgeschlagen, so wirbelt er noch lebhafter. Er schwirrt pfeifend durch die Luft. Beim Aufschlag war sein Flug an der Aufschlagstelle einen Moment zurückgehalten worden. Sein Schwerpunkt aber drängte vorwärts. So ist ein Teil der lebendigen Kraft, mit der er aufschlug, in eine drehende Bewegung umgewandelt worden. Das hat seine Folgen bei weiteren Aufschlägen. Er kann jetzt aus einem Schlagloch aus weicherem Boden sich herausrollen, er kann an einem entgegenstehenden Gefälle emporklettern, er kann, wenn er irgendwo einschlägt, viel bössere Wunden aufreissen und von der Auffallsstelle wie von einem Sprungbrett abfliegen.

Der Absturzweg einzelner Blöcke, der auf ungewöhnlichen Wegen ging, kennzeichnet sich durch eine Anzahl grosser und tiefer Schlagwunden im Boden. Diesen nachgehend kann man sich Bilder machen von der Launenhaftigkeit und Unberechenbarkeit der Steinschläge. Sprünge von mehreren 100 Metern Weite sind gewöhnlich. Es kommt

auf Zufälligkeiten an. Einzelne Steine fliegen aus der gewöhnlichen Bahn seitlich ab. Ein einzelner Block, hochoben abgelöst, kann einige hundert Meter tiefer als ein Steinregen einschlagen. Die kleinen Stücke bleiben stets eher liegen, die grössten schlagen sich durch. Am Fusse von Steinschlagrinnen zeigt sich stets der Schuttkegel gegen seine Spitze aus kleineren Steinen gebildet, die grösseren Blöcke umrahmen den unteren Rand oder zerstreuen sich noch über den Fuss des Schuttkegels hinaus.

Dass ein einzelner fallender grosser Stein am Fusse seiner Steinschlagrinne nicht plötzlich anhalten kann, ist selbstverständlich. Ihm wohnt dann noch eine grosse, lebendige Kraft inne, die erst durch Anschlagen an Widerstände, Aufreissen des Bodens, Aufbranden an entgegenstehenden Gehängen, Reibungen verschiedener Art aufgebraucht werden muss, bis er liegen bleiben kann. Das Aufschlagen der einzelnen Steine gibt nicht neue Schwungkraft, sondern nimmt von der vorher angesammelten weg.

Zerstreute Steinschläge häufen am Fusse einer Steilwand weite Schutthalden an, aber beschränkt auf einzelne Steinschlagfurchen, wachsen daraus einzelne ausgesprochene Schuttkegel heraus. Alle trockenen Schutthalden und Schuttkegel sind durch die Steinschläge angehäuft. Unzählbar sind die zu Rinnen ausgeschlagenen Steinschlagwege, welche überall an steilen Gehängen sich ausbilden. Sehr oft sind es die gleichen Züge und die gleichen Abrissgebiete, in welchen auch die Lawinen, besonders die Grundlawinen zu Tale fahren.

Es gibt Steinschlagrinnen träger Art und solche, die sehr lebhaft tätig sind. An den lebhaften hört man fast ein beständiges Rieseln. Auf hohen Gipfeln braucht man nur einige Minuten zu horchen, um da oder dort das Knallen stürzender Steine zu vernehmen. Die Menge hängt ab vom Gestein, von der Witterung, der Jahreszeit, der Tageszeit. Aber es kann auch zu jeder ungewohnten Zeit und bei jeder Witterung eintreten, auch wenn man glaubt, sicher zu sein. Bergsteigers Regel ist: lieber die Gräte, als die Kamine benützen, und besonders auf die so oft unterschätzte Gefahr achten, welche über uns steigende, ungeschickte Menschen oder die Tiere durch Los-treten lockerer Steine sind.

Der Steinschlag ist im Gebirge die grösste und sehr oft die am wenigsten zu beurteilende Gefahr. Alljährlich unterliegen ihm Menschen und in noch grösserer Zahl Tiere.

Herr Prof. DYHRENFURTH hat mir erzählt und mein Sohn hat es mir bestätigt, dass im Hochgebirge Asiens, wo Steinschläge nicht einige hundert, sondern einige tausend Meter in einem, in wenigen

grossen Sätzen vollbrachten Sturze fallen, noch viel unberechenbarer und weiter vom Bergabhang hinaus ins Tal springen und mit viel heftigerem Schlage den Boden erreichen, und dass die Spritzkreise um den Fuss der Steinschlagrinnen viel grösseren Radius haben, als bei uns. Es ist das die notwendige Folge der mehrfachen Falltiefe, welche diesen Steingeschossen viel grössere Geschwindigkeit gegeben hat.

Selbstverständlich sind Gebirge mit steilen Gehängen steinschlägeriger, als solche mit milderer Böschungen. Aber auch in Gebirgen wie Schwarzwald, Jura kommen sie stellenweise vor.

Von jeher hat man nach Abwehr der Steinschläge gesucht. An Bahnlinien und Strassen werden Schutzmauern, Schutzwälle, Schutzgräben zum Auffangen der Steine, Galerien, mächtige Schutzbarrieren u. a. mit Erfolg gebaut. An den Bergbahnlinien werden von dafür vortrefflich eingeübten Arbeitern die Felsgehänge, an denen Steine sich lockern könnten, immer wieder geprüft, und was locker ist, zum Abbruch gebracht. Man nennt dies Verfahren „la purge“, das „Reinigen“. In vielen Fällen sind absturzdrohende Felsstücke künstlich in kleinen Stücken abgesprengt worden. Vor einigen Jahren ist die nordwestliche Felsecke des Mythengipfels, die Absturz gegen Schwyz drohte, abgesprengt worden. Schon bevor die stürzende Hauptmasse den Wald am Fusse der Wand erreicht hatte, war sie in lauter kleine Stücke zersplittert, die auch den Wald nicht merklich schädigten. Das älteste Schutzmittel waren schon in früher Zeit die Bannwälder. Im besonderen ist der „Bannwald“ an der W-Seite der Mythen ein Bannwald als Schild gegen Steinschlag. Das gleiche gilt von dem berühmten, schon im Jahre 1300 genannten Bannwald östlich über Altdorf. Eine Nachricht spricht von einem bösen Steinschlag gegen die Kirche Altdorf vom 10. V. 1268.

Der Abhang NE über Altdorf ist sehr bezeichnend für Steinschlaggefahren. Leider beging man den grossen Fehler, 1865 grosse Kahlschläge in dem bisher „heilig gebannten“, gutgeschlossenen Walde zu machen. In den Jahren 1881, 1885, 1886 hatten sich die Steinschläge vermehrt. Das Bannwaldgehänge hat im Mittel eine Böschung gegen Altdorf von 35° bis 45°. Im November 1886 brachen besonders viele Blöcke vom „Waldinossen“ einer scharf herausstehenden Felsecke von 1210 m Meereshöhe ab. Herr Kantonsförster MÜLLER schätzte den Ausbruch am Waldinossen auf 70 bis 100 m³ Fels, von welchen etwa 15 m³, in Blöcke von 1/2 bis 2 m³ aufgelöst, den Talboden erreichten, der grössere Teil im Walde aufgehalten blieb. Ein Block von gegen 2 m³ durchschoss in der Nacht des 12. XI. das Haus auf der Terrasse Nussbäumli bei 584 m. Das Mauerloch des Einschlages auf der Bergseite und dasjenige des Ausganges auf der Talseite hatten die gleiche Form. Der Block schoss durch das ganze Haus wie eine Flintenkugel durch doppelte Fensterscheiben. Er zersplitterte dabei die Balkenköpfe des Bodens zwischen den unteren Wohnräumen und den oberen Schlafgemächern. Er war aber schon wieder weg, als hinter ihm der Boden

samt den Betten und den darin Liegenden ins untere Stockwerk versank, ohne dass die Erschreckten weiteren Schaden litten. Der Block blieb dann auf dem Talboden hinter dem Frauenkloster bei etwa 470 m Meereshöhe liegen. Ein anderer Block von ähnlicher Grösse blieb etwa 200 m ausserhalb des Gehängefusses mitten zwischen den Häusern auf der SE gerichteten Strasse stehen, ohne weiteren Schaden angerichtet zu haben. Im Walde, auf dem ganzen Wege, den die Blöcke genommen hatten, wurden zahlreiche Tannen abgeschlagen und der Boden erhielt grosse Schürfwunden. Im Jahre 1874 hatte ich von der eidgenössischen Behörde den Auftrag, die Steinschlag- oder Bergsturzgefahr des Altdorfer Bannwaldes zu beurteilen. Meine Untersuchung, die eine eingehende Prüfung im einzelnen sein musste, hatte deutlich ergeben, dass der Bannwaldberg im ganzen aus festem Gestein (Flyschsandsteine und Quarzite mit zwischen gelagerten Schiefeln) in mehr oder weniger horizontaler Schichtung besteht. Tiefergreifende, etwa nischenförmige grössere Abtrennungen, Spalten, sind nirgends im Gange. Aber die äusserste Rinde der Felsen ist stark verwittert, in Brocken aufgelöst, und zu Steinschlägen geneigt. Dabei kann es sich nur um einzelne unzusammenhängende Steinschläge, einmal da, einmal dort, handeln. Ein grösserer Felssturz vom Bannwaldgehänge auf Altdorf hinunter ist nicht zu befürchten. Da die Böschung des Abhanges im Mittel steiler ist als die Schutthaldenböschung, fallen die Stücke sofort weit hinab. Einzelne Steinschläge wie im November 1886, die in die Strassen und Häuser von Altdorf springen, sind freilich auch in Zukunft unvermeidlich. Dies hatte ich 1874 geschrieben. Im Juni 1910 wurde das Haus von Briefträger Ziegler von einer Steinlawine getroffen und Frau Ziegler mit 10 Kindern getötet. Nachher wieder Ruhe.

Schonung und Aufforstung des Gehänges ist jetzt und in Zukunft unbedingte Pflicht. Ein dichter Wald wird die Mehrzahl der Steinschläge aufhalten.

In allen Älpentälern gibt es zeitweise zu Steinschlägen geneigte Stellen. Noch einige Beispiele:

Im Kanton Glarus ist die Risi ESE ob Ennenda bekannt. Rote Sernfittkonglomerate lösen sich aus einem steilen felsigen Gehänge ungefähr 500 bis 550 m über dem Talboden ab. Etwa 330 m über demselben setzt ein grosser Schuttkegel aus dem gleichen Gestein an. Die meisten Steinschläge von oben bleiben auf dem Schuttkegel liegen, nur hausgrosse Blöcke nicht. Solche rollen über den horizontalen Talboden noch bis 200 m weit gegen die Linth hinaus. Einige, die da liegen, haben Namen erhalten. Der „Gässlistein“ ist auf der 1:50000 Karte verzeichnet. In den letzten Jahren war die Rotrisi ruhig („Risi“ = allgemeiner Name für Schutthalden und Schuttkegel, abgeleitet vom Herunterrieseln des Schuttes.)

An der Ostseite des Gersauer- (oder Vitznauer-) Stockes, ansetzend an der Gipfelkante zwischen 1456 m und 1366 m Höhe, findet sich eine grosse Ausbruchsnische in Kieselkalk und Valangien (untere Kreide). Aus der Nische herab wächst ein frischer Schuttkegel bis etwa Höhenkurve 880 m. Aber einzelne Steine, die sich hoch oben abtrennen, die zähe und gross sind, setzen über den normalen Schuttkegel hinaus, springen in weiten Sätzen über das ganze Gehänge hinunter, und dann manchmal in hohem Bogen über die Häuser an der Seestrasse in den See hinaus. Zu einer durchführbaren praktischen Schutzwehr wusste ich in diesem Fall keinen Rat.

Über der Axenstrasse gibt es viele steinschlägige Stellen. Am allerschlimmsten war es dort Ende der siebziger Jahre des letzten Jahrhunderts. Das massenhafte Sprengen für die Tunnels und Einschnitte der Gotthardbahn hatte die Felsen zu sehr

erschüttert. An zahlreichen Stellen waren Strasse, Stützmauern und die Strassengeländer seewärts durch Steinschläge zerschlagen. Jetzt ist es wieder viel ruhiger und sicherer geworden. Das Gelockerte ist abgestürzt. Im Herbst 1931 wurde die Axenstrasse durch Steinschläge gesperrt. Am 8. XII. 1769 stürzte eine grosse Felsecke von der Gyrenfluh bei Seelisberg in den See. Der Wellenschlag richtete viel Schaden in den Schiffshäfen an. Im Januar 1932 fanden starke Steinschläge im Riemenstaldental von dessen Nordseite statt.

E vom Bahnhof Erstfeld steigt aus dem Talboden von 475 m ein grosser trockener Schuttkegel bis 775 m Höhe an. Dort wächst er heraus aus einem engen Kamin im Erstfeldergneiss, das oben auf einer Terrasse von 1040 m ansetzt. Meistens fallen keine grossen Stücke, und sie bleiben im oberen Teil des Schuttkegels liegen. Die grösseren Blöcke aber rollen bis dicht hinter die Häuser von Erstfeld. Nur selten schlägt einmal einer in ein Haus. Indessen sprang am 10./11. September 1902 ein ganzer Schwarm von Steinen über das Bahnhofgebäude in die Geleise. Eine Staubwolke wirbelte auf. Dort stehende Wagen wurden stark beschädigt. Einige Steine schlugen Löcher in die Dächer, einer schlug ein Hühnerhaus zusammen. Merkwürdigerweise wurde nur ein Huhn, aber kein Mensch getroffen.

Ich glaube wohl, dass eine gründliche „purge“ in den Wänden des Kamins ob Erstfeld nützlich wäre. Grosse Felsausbrüche zeigen sich nirgends in Vorbereitung. Aufforstung des ganzen Schuttkegels ist nicht leicht und wirkt langsam, wäre aber gut. Tüchtige Horizontalgräben mit Wall auf der Unterseite oder mehrere Horizontallinien von Fangwänden könnten helfen. Launiger Steinschlag, nicht Bergsturz, ist hier zu erwarten.

Sehr schwierige Steinschläge vom anstehenden Fels, aus einer Nische sich lösend, ereigneten sich vor einer Reihe von Jahren bei etwa 1900 m Höhe am Emdberg, am linksseitigen Gehänge des Nikolaitales (Wallis). Sie bedrohten Häuser und schädigten die Zermatterbahn bei Kipfen.

Die südlichste schweizerische Ortschaft im Tal von Poschiavo, Campocologno, war schon öfter schwer bedroht von Steinschlägen, die die 1253 m hoch gelegene Terrassen-Oberkante des ostseitigen Sasso del Gallo lieferte. Der Talboden mit Brücke über den Fiume Poschiavino liegt dort bei 562 m, Sturzhöhe also 690 m. Glücklicherweise fallen die meisten Blöcke etwas talaufwärts von der Ortschaft, die an die italienische Grenze anstösst.

Auch im Jura gibt es nicht wenige steinschlägige Stellen. In der Oensingerklus z. B. sind am 1. Februar 1892 und später nochmals Felsstürze niedergegangen.

Und so könnten wir lange mit Berichterstattung fortfahren. Der Steinschlag im Hochgebirge ist etwas Gewöhnliches. Am besten tut der Mensch nach dem alten Prinzip, „der Gescheidtere gibt nach“, indem er Steinschlagstellen möglichst ausweicht, falls sie nicht durch Schutzmittel sicher gebändigt werden können.

Wenn man die Felstrümmer, die gleichzeitig in allen Teilen der Hochgebirge niederprasseln, an einer Stelle beisammen sehen könnte, so würde man einen ungeheuren Bergsturzstrom vor sich haben, der ununterbrochen, Tag und Nacht, jahraus, jahrein, aus der Höhe nach der Tiefe donnert. Der Steinschlag liefert das Material für alle die trockenen Schutthalde und Schuttkegel, die den Fuss der Felswände

bekleiden. Durch Steinschlag sammelt der Gletscher seine Moräne, der Wildbach einen grossen Teil seiner Geschiebe. Und wenn ich in Gedanken die Ablagerungshaufen aller Bergstürze damit vergleiche, so kann ich mich des Eindrucks nicht erwehren, dass im ganzen — trotz eines Flimserbergsturzes — die Summe aller Steinschläge die Summe aller Bergstürze um das Mehrfache übertreffe.

Typus XIV. (Felssturz) Schlipfsturz. Beginnend im Abrissgebiete mit gleitender Bewegung, Schicht auf Schicht, in der Fahrbahn, dann übergehend in stürzende Bewegung.

Ein grosser Teil der Gesteine, welche die Erdrinde bilden, sind nach wechselnden Umständen von der Aussenseite auf die Erdrinde abgelagert worden, Schicht um Schicht, in langen zeitlichen Folgen, die Schichten verschieden nach den Umständen ihrer Entstehung. Das sind die Sedimentgesteine. Es kann nun vorkommen, dass die Schichten ungefähr in der gleichen Richtung wie der äussere Abhang geneigt sind, aber weniger steil als der Abhang selbst. In solchen Fällen war durch die talbildenden Prozesse den oberen Schichten ihr Fuss genommen. Diese halten dann am Berge nur durch die Reibung auf den unteren Schichten fest. Wird die Unterspülung zu stark, und vermindert Durchnässung die Reibung an den Schichttflächen, so kommt der obere Teil des Schichtkomplexes in gleitende Bewegung in der Richtung des grössten Gefälles. So ergibt es sich sehr oft, wenn der Komplex der Sedimentschichten, der unsern Berg aufbaut, aus einem Wechsel von tonigen weichen und von festen aber klüftigen Schichten besteht. Die festen klüftigen Schichten sichern dann dem Regen-, Tau- und Schneewasser den Zutritt zu den weichen Schichten, während sie selbst vom Wasser nicht bedeutend angegriffen werden. Die weichen tonigen Schichten halten das Wasser, sie sind undurchlässig; aber sie lassen sich von demselben weich und schlüpfrig machen. Gerade ein solcher mehrfacher Wechsel von festen klüftigen Schichten mit weichen tonigen ist recht häufig. Ausserdem muss noch die Bedingung erfüllt sein, dass der Schichtenfall nicht steiler als 30 bis 35° betrage, weil bei noch steileren Böschungen die Bewegung sich in rollende und stürzende Abtrennung lauter einzelner Blöcke auflösen würde. Grosse Felschlipfe (Schlipfstürze) kommen also im allgemeinen nur vor bei Schichtenfall kleiner als 30°.

Zur Entstehung eines Schlipfsturzes ist somit eine ganz bestimmte Beschaffenheit und Lage der Schichten notwendig, während der Fallsturz (Typ. XV) bei fast jeder Schichtlage und Gesteinsbeschaffenheit

entstehen kann, Die Fallstürze sind deshalb häufiger als die Schlipfstürze (XIV).

Zunächst betrachten wir die Erscheinungen der Abrissgebiete von Typus XIV und XV, um die Unterschiede in ihrer Entstehung kennen zu lernen. Erst nachher soll folgen eine Untersuchung über die Talfahrt und die Ablagerung bei diesen beiden Typen. Ich fasse sie dabei zusammen, weil die beiden Typen hierin sich ganz gleich benehmen.

Über einige Abrissgebiete von Typus XIV.

1. Rossberg-Goldau (Fig. T 8 und T Fig. 9).

Am Rossberg (Gnippe) nördlich Goldau wechseln Ton, Mergel und wenig Sandsteinschichten mit weit durchgehenden, mächtigen, festen, sehr regelmässigen ebenen Nagelfluhbänken ab. Diese letzteren gestalten das ganze Gebirge ihrer Zone treppenförmig. Am Boden der Abbruchsnische des Bergsturzes vom Rossberg findet sich ein Komplex dunkler Mergellager, in welchen Pflanzenreste gefunden worden sind. HEER bestimmte *Sequoia Langsdorfi*, *Cinnamomum*, *Populus balsamoides*. Daraus ergibt sich nach neuesten Darlegungen (E. BAUMBERGER) altmitteltertiäre (Stampien-) Bildungszeit. Mächtigkeit dieser Mergel 2—3 m. Solche wiederholen sich hie und da auch in etwas tieferer Schichtlage. Diese Mergel sind die Basis für die gleitende Abtrennung der mächtigen überliegenden Nagelfluhen (Stampien-Konglomerate). Die Mächtigkeit des abgeglittenen Komplexes von Nagelfluh beträgt meistens etwa 100 m (60—120). Die Gesamtmächtigkeit der Nagelfluhbildung in dieser Region (Rigi-Rossberg) ist wohl über 3000 m. Was abgeglitten ist, ist selbstverständlich nur eine dünne, äusserste, gelockerte Schuppe des Berges.

Die Schichten streichen im Rossberg-Rigi-Gebiet sehr regelmässig, am Rossberg nach meinen Messungen von W nach E mit 12° bis 13° Ablenkung nach ENE. Das grösste Gefälle der Schichten ist somit gerichtet nach S mit ca. 12° bis 13° Ablenkung nach SSE. Die Südseite des Rossberges ist aus den Schichtflächen gebildet, die Nordseite hat treppenförmigen Querabbruch mit Schichtköpfen. Das Fallen der Schichten von der Bergkante am Gnippe (Westende des Rossberggrates) bei 1574 m Höhe bis hinab zur Höhe von 750 m ist vollständig gleichmässig 20°. An der westlichen Bergkante (Ochsenboden-Goldau) 19° und unten am Ostrande des Sturzgebietes von etwa 800 m bis in den Lowerzersee hinab etwas flacher auf 13° vermindert. Es ist sofort einleuchtend, dass bei so bescheidener Böschung ohne eine starke wässrige Aufweichung zwischenliegender Mergelschichten ein Abgleiten nicht möglich wäre. Auf einer Unterlage von bloss 20° Neigung ist „der Berg zu Tal gefahren“!

Ein so grosser Felsschlipf kann nur bei Schichtneigung von weniger als 30° entstehen, denn er bedarf einer langjährigen Vorbereitung. Bei steilerer Schichtlage stürzt der Fels in kleinen Stücken vorweg ab, ohne die Bereitstellung eines grossen Ereignisses abzuwarten.

Für die Art der Abtrennung ist noch von Bedeutung die Klüftung in der Nagelfluh. Es herrschen stark vor glatte senkrechte Spalten S—N oder etwas gegen NNW. Damit kreuzen zahlreiche Klüfte annähernd senkrecht auf die Schichtfläche und ungefähr im Streichen (W—E bis ENE) gerichtet. Gebietsweise ist die Klüftung ziemlich regelmässig und teilt den Fels in grosse, mehr oder weniger rechtwinklige Blöcke. An andern Stellen herrscht mehr Unregelmässigkeit. Von Bedeutung ist noch, dass an den vertikalen S—N-Klüftflächen sehr häufig sich Rutschflächen mit ziemlich flachen Rutschstreifen, hie und da mit Calcitabgüssen, befinden. Diese Klüfte sind also nicht bloss Verwitterungserscheinungen, sondern durch innere Bewegungen des Gesteines bei der Aufstauung zum Gebirge entstanden.

Der Anriss an der Gnippe hat die oberste Kante des Berges stehen lassen. Er verläuft 20 bis 50 m südlich der gebliebenen Bergkante. Ich stelle mir vor, dass diese obersten Teile der Bergkante stehen geblieben sind, weil sie, oberhalb der Wasserzutrittsspalten der Nagelfluhbänke, auf trockener Unterlage ruhten. Von der Talseite gesehen ist dadurch die Ausbruchsnische oben ziemlich geschlossen. Sie ist ungefähr rechteckig, zuoberst 300 m, etwas weiter unten 400 bis 425 m breit. Die Länge des Felsausbruches in der Gefällsrichtung ist leider nicht bestimmbar. Sicher muss sie über 750 m betragen haben, am wahrscheinlichsten 1500 m, maximum 2250 m, nach BAUMBERGER (Karte) sogar bis 3000 m! Die östliche Abbruchseite ist durch eine gerade, vertikale Nagelfluhwand vom Gnippegipfel bis auf 760 m Meerhöhe hinab gebildet. Diese Wand ist ein Abbruch, folgend den oben beschriebenen Vertikalbrüchen in der Nagelfluh. Man weiss, dass die jetzige Wand durch den Anriss beim Bergsturz entstanden ist. Man sah hier die Spalte sich öffnen. Aber niemand kann darüber Auskunft geben, wie weit längs derselben der westliche Felsstreifen vor dem Bergsturze noch gereicht hat, und ebensowenig darüber, wie breit der hier abgestürzte Felsstreifen noch war.

Es gibt Abbildungen des Rossberges aus der Zeit vor dem Bergsturz, aber sie sind zeichnerisch so flau, so ohne alle Merkmale und Modellierung, dass sie über diese Fragen gar nichts aufklären. Die Untersuchung des westlichen Randes im Abrissgebiete liefert auch

keine Auskunft, weil dort kein neuer Abriss entstehen musste, sondern die abgefahrenen Schichten mit alter Kante in die Luft hinaus endigten, und schon bei 1300 m, 750 m talwärts von der Oberkante des Berges, der Schutt sich über die westliche Kante rechts hinaus ergoss.

So kommt es denn, dass die Berechnungen des abgestürzten Volumens für den Bergsturz von Goldau zwischen 6,000,000 und 90,000,000 m³ schwanken! An eine Volumenberechnung aus der Ablagerung ist nicht zu denken, denn um diese zu berechnen, stossen wir noch auf weit mehr nicht zu bestimmende Maße. Setzen wir die mir wahrscheinlichsten Zahlen ein, so kommen wir auf einen Hohlraum des Abrissgebietes von 40 bis 45 Millionen m³. An dieser Unbestimmtheit sind die lokalen topographischen Verhältnisse und besonders der Mangel jeder genaueren Darstellung des Berges vor dem Absturz schuld.

Die Fahrbahn setzt die Böschung des Abrissbodens von 19 $\frac{1}{2}$ — 20° ohne jede wesentliche Veränderung fort. Das ist eine Eigenheit des Bergsturzes von Goldau! Es lohnt sich, diesen schönsten Vertreter von Typus XIV auch in der Folge eingehend zu berücksichtigen.

Nach einer kurzen obersten Abbruchstreppe tritt die Schichtfläche ins Spiel. Von 1360 m Meerhöhe bis auf 900 m hinab ist die 20° geneigte, ebene Rutschbahn etwa 1450 m lang. Dann beginnt etwas Schuttauflagerung und das Gefälle nimmt damit auf eine Strecke von 1160 m 15° Neigung an und erreicht bei 600 m die Oberkante eines Absturzes über zwei Nagelfluhwände. Am Fuss derselben, bei 510 m liegt kein Bergsturzsutt. Wir stehen da in einer Lücke in der Ablagerung. Der Schutt hat diesen Winkel übersprungen. Die Gleitfläche im Abrissgebiet setzt sich bis etwa 900 m hinab fort in die Sturzbahn hinaus. Ich schätze: Abrissgebiet von 1574 m bis 1000 m, Fahrbahn von 1000 m bis 520 m. Erst ausserhalb dieser 520 m bauten sich die Haufen der Ablagerung auf.

Dem Bergsturz von Goldau 1806 sind kleinere vorangegangen, daher der ältere Namen Rufiberg. Ein Dorf Röthen, das am Weg zwischen Goldau und Steinenberg noch im Jahr 1395 bestund, ist nachher ganz verschüttet worden. Es gibt aber auch zahlreiche Fälle, wo die gleichen Ursachen, die gleichen Lagerungen Felschlipfe ganz ähnlich vorbereitet haben, wo dann aber die Felsmassen nicht als ein Ganzes auf einmal sich abgelöst haben, so dass das Abrissgebiet nur einen schleichenden Schuttstrom, nicht einen Felssturz ernähren konnte. Wir haben solche dem Typus XI zuzuweisen, aner-

kennen aber eine Verwandtschaft in der Entstehung mit XIV. Nur die ergiebige Vorbereitung zum gleichzeitigen Absturz einer grossen Felsmasse kann einen Goldauer Schlipfsturz erzeugen. Bei allmählicher Abtrennung des Felsens, nur Block um Block, wirkt sich das Ganze nur allmählich als schleichender Schuttstrom aus.

2. Ein Goldau ähnlicher, aber viel kleinerer vorhistorischer Nagelfluhschlipfsturz, ebenso von den 18° — 20° S fallenden Schichten an etwas steilerem, die Schichten unterschneidenden Gebänge entstanden, findet sich in dem östlichen Seitental des Toggenburg oberhalb Nesslau, zwischen **Ennetbühl** und **Rietbad**: Abrissrand bei 1150 bis 1200 m an der Nordseite des Tales. Talgrund bei 860 bis 900 m, Fallhöhe ca. 300 m. Brandungswelle gipfelt auf der S Seite des Luternbaches mit 965 m, Aufbrandungshöhe = 60 — 65 m = ca. $\frac{1}{5}$ der Sturzhöhe. Fahrböschung ca. 10° . In dieser so kleinen Zahl spiegelt sich die starke Durchnässung der Mergelschichten zwischen den Nagelfluhbänken. Der Luternbach hat sich eine 550 m lange Schlucht mit ca. 40 m Gefälle durch die Ablagerung geschnitten. Historisch nichts bekannt, aber postquartär. Volumen ca. $5\,000\,000$ m³ (?).

3. Ein sehr grosser Felsschlipf aus historischer Zeit hat die Trümmerfläche **Slavini di San Marco im Etschtal**, unterhalb Rovereto geschaffen. Nach den Fuldaer Annalen geschah dies im Jahre 833 (A. PENCK, Mitt. d. k. k. geog. Ges. 1886, p. 395). Der Absturz ging ab vom Gipfel der Zugna o Torta, 1255 m hoch, an der Ostseite der Etsch. Die Fläche von 390 ha „ist im Mittel 50 m hoch aufgeschüttet“ — fast alles grosse Kalkblöcke. Daraus würde sich ein Volumen von 150 bis 200 Millionen m³ ergeben!? Das Abrissgebiet ist deutlich zu erkennen. Der gut geschichtete Kalkfels steht dort mit 20° Fall (wie Goldau!) gegen W an und ist treppenförmig abgebrochen, glatte Schichtflächen weisend. Die Hauptmasse des Abgestürzten fuhr vom Fusse der Sturzbahn ab bis auf 1,8 km in den Talboden hinaus. Am Fuss der Sturzbahn befindet sich eine Eintiefung mit Weiher.

Sowohl die verschieden gestellten Flächen der Blöcke wie auch des noch stehenden Felsens im Abrissgebiete sind von kleinen **Karrenfurchen** von 1—3 cm Tiefe stets in der Richtung des steilsten Wasserablaufes wie gekämmt. Die Furchen liegen meist dicht zusammen, so dass zwischen ihnen nur schneidige, brüchige Rippchen geblieben sind. Das hieraus sich ergebende Mass für Eintiefen von Karrenfurchen in Kalkstein von 1 bis 3 cm per Jahrtausend, das wir schon römischen Kalksteinbrüchen entnommen haben, findet sich hier bestätigt. Die vielen Fälle von Karrenfurchen an den Kalkblöcken anderer Bergstürze, die wir kennen, gehören meist vorhistorischen Ab-

lagerungen an. Diese Erscheinung verdiente noch mehr Aufmerksamkeit als Zeitmass. So viel ich mich erinnern kann, habe ich bei den eiszeitlichen Bergsturzböcken nicht diese feinen scharfkantigen Karrenfurchen, die man bei den rezenten („lebenden“) Karrenfeldern so schön ausgebildet findet, gesehen, sondern stumpfere Furchen, 10 bis 30 cm tief und breit. Bei den ältesten historischen aber habe auch ich immer nur die 1 bis 2 cm tiefen, dicht beisammenliegenden angetroffen.

4. Kandertal (T Fig. 10).

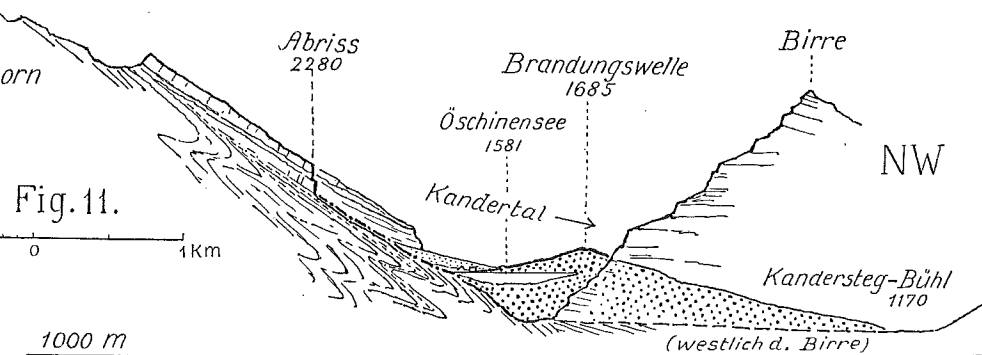
Ein grossartiger vorhistorischer und postglazialer Schlipfsturz erfüllt das Kandertal. Er hat sich an der NW-Seite von Klein-Doldenhorn und Fisistock bei 2900 m Höhe der Nischenkante abgelöst. Untere Kreidekalke und Kieselkalke in tauchenden, spitzen Faltenpaketen bilden das ganze Gebirge, wobei die Berriasmergel die glatten Rutschflächen am Grunde der Ausbruchsnische liefern. Im nördlichen Teil des Nischenbodens kommen auch Böschungen von bis 35° auf den Zementmergeln des Öhrlikalkes und des Portlandien vor. Die gewaltige Nische ist schon vom unteren Teile des Trümmerstromes prachtvoll sichtbar. Über das Volumen der Ausgleitnische ist wiederum keine Sicherheit möglich. Man kann nicht wissen, ob die Unterkante der abgeglittenen Felsplatten bei 2100 m stand, oder vor dem Abgleiten bis zur Doldenhornhütte 1920 m, oder gar noch bis Biberg 1550 m reichte. Man kann auch nicht mehr bestimmen, ob das abgerutschte Schichtensystem in der Streichrichtung 700 m oder 1000 m breit war. Auch über die Dicke des Abgestürzten schwankt man zwischen 150 und 300 m. Die Minimalzahlen eingesetzt, komme ich auf ein Ausbruchsvolumen von ca. 200,000,000 m³. Es könnten aber auch dreimal mehr sein, und TURNAU hat 900 Millionen errechnet!

Die Gleitfläche am Grunde der Abrissnische des Kandertaler Schlipfsturzes hat streckenweise 26° Neigung. Von der Höhe 2750 m bis hinab auf 1500 m misst sie in der Fallrichtung im Grundriss 2600 m. Aber diese Abgleitfläche ist bei weitem nicht so regelmässig wie die Goldauer. Gleich unter 2400 m ist eine steilere Partie und unter 1900 m eine Sturzwand in die Gleitfläche eingesetzt, so dass ein mittleres Gefälle des Abrutschungsbodens von 32° sich ergibt. Die Gesteinsmasse musste wohl zu einem grossen Teil schon im Abrissgebiet in tausende von Brocken zerschellen.

Über die Erscheinungen der Talfahrt und der Ablagerung sprechen wir später zusammen mit Typ. XV.

5. Oeschinensee (Fig. 11).

Östlich, dicht angeschlossen an die Ausbruchsnische unter dem Fisistock, folgt etwas tiefer eine kleinere, sehr schön bogenförmig ausgebrochene Abbruchsnische im Steilgehänge am Nordfuss des Kleinen Doldenhornes. Der Ausbruch betrifft den Öhrlikalk. Der Schichtenfall, der auch hier mit der Schlipffläche zusammenfällt, ist 30 bis 35° gegen NNW, die Fallhöhe war wohl ca. 860 m. Die Trümmermasse wurde aufgestaut von der gegenüberliegenden Wand der Birre und staute dann ihrerseits die Talwasser in dem mächtigen Zirkus zum Oeschinensee. Ein Abflußstrom wandte sich gegen W. (In Fig. 11 ist Birre durchsichtig gedacht.)



Stauung des Oeschinensees im Seitental des oberen Kandertales.

6. Flims (Vorderrheintal, Graubünden) (Fig. 12, 14, T 18 und T 13).

Der grösste Bergsturz, den wir bisher kennen, ist der Bergsturz von Flims. Der Klotz des Flimserstein einerseits und der Abbruch von Piz Grisch gegen das Segnestal andererseits sind die Flankenpfosten, die stehen geblieben sind. Die ausgebrochene Nische dazwischen hat 2 $\frac{1}{2}$ –3 km Breite, die Abbruchhöhe am Flimserstein beträgt 400 bis 800, vielleicht bis über 1000 m. Der Rhein, der hier den ursprünglichen Fuss des Flimsersteines benagt hat, musste etwa 450 m tiefer und 1–2 km S von Dorf Flims gelegen haben. Es ist sehr schwierig, das Abrissgebiet genauer zu bestimmen. Das sicherste und beste was wir sagen können ist, dass die Nische zu wohl $\frac{9}{10}$ in den Malmkalk eingeschnitten ist, dessen Schichten mit 10 bis 15° gegen SSE abfallen, und dass in weiter Ausdehnung im Segnestal (bei Stretg, Flimsdorf, Spalignas und aufwärts über Foppas, Pult, Alp Cassons etc.) der glatte Gleitboden des Ausbruch-

gebietes blossgelegt ist. Freilich finden wir auf diesen grossen schiefen Kalkfelsflächen, die im Mittel recht regelmässig ein Gefälle von $13\frac{1}{2}^{\circ}$ gegen SSE aufweisen, keine Schlipfschliffe mehr. Solche Feinheiten hat das Regenwasser verwischt. In der seitlichen Gestaltung der Ausbruchsnische spielen offenbar hier, ähnlich wie am Rossberg, die sehr häufigen vertikalen SSE—NNW laufenden, und ferner auch WSW—ENE streichenden Vertikalklüfte eine Rolle (Sehr ausgesprochen an der W-Wand des Flimsersteins). Diese beiden Vertikalklüftrichtungen sind in den Zentralalpen ziemlich genau die Querrichtung und die Längsrichtung im tektonischen Bau!

Am unklarsten ist mir im Abrissgebiet des Flimserbergsturzes der ursprüngliche oberste Rand. Ein Wall auseinandergerissener Kalkfetzen und Blöcke, von der Segneshütte gegen N laufend, scheint den oberen Abrissrand zu bezeichnen. Sicher ist, dass mächtige Malmkalkmassen auf ihren tieferen Schichten abgerutscht sind. Die ziemlich häufigen Einlagerungen von etwas mergeligem Kalke und vielleicht auch die Zementsteinschichten in überkippter Lagerung, — und gar die Aufschubflächen der helvetischen Decken über ihren Flysch mögen geholfen haben. Eine starke Untergrabung durch den Rhein in etwa 600 m Meerhöhe war mit im Spiele. Das Hohlvolumen der Abrissnische berechnet sich auf wenigstens $8\frac{1}{2}$, wahrscheinlicher auf 12 bis 15 km³! Oder reichte der Abriss gar bis an die Mannen?

Über die Bewegungserscheinungen, Ablagerungsform etc. soll später noch einiges mitgeteilt werden.

7. Eboulement de Sierre (Wallis).

Wie ein Spiegelbild des Flimserbergsturzes stellt sich im Wallis derjenige von Sierre, aus einem nördlichen Seitental herausfahrend, in den grossen Haupttalzug Chur—Martigny ein. Ein kleiner Teil hat sich im Haupttale ca. 4 km weit aufwärts gewendet, der grössere, ein Trümmerstrom von etwa 10 km Länge, hat sich talabwärts ergossen. Das Material ist vorherrschend Valangien. Die Ausbruchsnische wird oben begrenzt vom Mont Bonvin 3000 m im Westen, les Faverges 2975 m im Norden. Die Schichten fallen durchweg mit dem Abhang gegen S. Die Ablösung, sowie der Abmarsch des Gesteinsmaterials geschahen zu einem grossen Teil Schicht auf Schicht. An Wucht bleibt er allerdings noch auf der Hälfte des Flimser zurück. Das Glazial des Rhonetales bedeckt bis auf 1300 m Höhe in grossen Flächen die Bergsturzbrecchie, während im Talgrunde der Schuttstrom schon sehr weit in kleine Hügel aufgelöst ist, deren man auf der geologischen Karte: „des Hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et

la Kander, 1 : 50 000“, Spezialkarte Nr. 60 der „Matériaux pour la carte géol. de la Suisse“ von M. LUGEON etwa 50 zählt. Stellenweise bedecken jüngere Bergstürze den alten, interglazialen. Die Erscheinungen sind schon ziemlich stark verwischt, manches über Bau und Gang nicht mehr in Zahlen feststellbar.

8. Schlipfsturz von Engelberg.

Der ganze Talboden von Engelberg ist in einen diluvialen, fleckenweise mit Moränen bedeckten Bergsturzhaufen eingeschnitten. Er ist lange nicht als solcher erkannt worden. Zuerst hat ihn ARBENZ genauer untersucht und in seiner „Geolog. Karte des Gebietes zwischen Engelberg und Meiringen“, Spezialkarte No. 55 in 1 : 50 000 dargestellt. Für den Augenblick wenden wir uns kurz nach seinem Abrissgebiet. Vom Titlis 3239 m fällt ein Grat gegen NW ab. Bei 2448 m Höhe gabelt er sich nach links in den Laubersgrat—Pfaffenwand—Bitzistock, rechts in die Ostkante der Laubalp, welche bis an die Engelbergeraa hinab (Eien) als Felswand östlich abfällt. In dieser Gabel zwischen westlichem und östlichem Zweiggrat liegt oben die Laubalp, unten die Gerschnialp. Die erstere ist die ebene, abgedeckte Abgleitungsfläche in unveränderter Form, Streichen E—30° NE Fallen N—30° NW. Sie liegt innerhalb des verkehrten Malms der helvetischen Überschiebung, 30 bis 40 m über der tektonischen Überschiebungsfläche und in N—28°NW fallenden laminierten Schichtfugen. Hier hat also eine grosse tektonische Bewegung die Gleitflächen geschaffen, die dann den Bergschlipf vorbereitet und erleichtert haben. Die tektonischen Gleitflächen liefern sogar in Eien eine Quelle. Vor dem Bergschlipf muss wohl der Pfaffenwand—Laubersgrat noch höher gewesen sein, und die ganze Laub- und Gerschnialp werden noch mit 100 bis 250 m Lias und Doggerschichten, alles harmonisch nach NW abfallend, beladen gewesen sein. Dieser Auflagerung entsprechend war denn auch der Ostrand noch höher. Untergrabung durch die tiefe Schlucht, die jetzt viele 100 m hoch aufgefüllt ist, und hoch über welcher jetzt Engelberg liegt, ermöglichte dann das Abgleiten. Die Bewegung war wohl gleitend bis etwa 1000 m, wonach dann die Talwand den wilden Absturz brachte. ARBENZ schätzt das abgestürzte Gesteinsvolumen auf $2\frac{1}{2}$ bis 3 km³.

9. Schlipfstürze am Abfall des Säntisgebirges zur Rheintalebene.

Der nach SE gerichtete steile Abfall der südlichsten Falte des Säntisgebirges, hinab unter die Ebene des Rheintales wird von den mächtigen Schichten der unteren Kreide gebildet, welche in gleicher

Richtung abfallen. Der obere Teil der Unterkreide ist hier auf den Valangienmergeln, vielfach samt noch aufliegendem Schrattenkalk bis und mit Seewerkalk, ins damals noch viel tiefere Rheintal abgerutscht. Die Abrissnischen sind deutlich und reichen bis an den Grat hinauf, in welchem sie noch Breschen ausgebrochen haben und Ruinen stehen liessen. Der grösste dieser Schlipfstürze ist derjenige von Salez. Kehle heisst der Ausbruchstrichter, der von etwa 800 m bis 1700 m Höhe hinaufreicht. Der Trümmerstrom ist zuerst an der Ausweitung der Fahrbahn bei 680 m bis 430 m in einem mächtigen Rücken stehen geblieben, während sich das Ablagerungsgebiet von dieser Stelle an in einem Umkreis von beinahe 3 km Radius flach verbreitet, als eine typische Hügelblocklandschaft. Was man sieht, sind nur die Spitzen und Wellenkämme der erstarrten Schuttflut, die noch hervorragen aus der späteren Auffüllung des Rheintales mit Rheingeschieben. Die Hauptmasse ruht auf tieferem Talboden, eingehüllt in den Aufschüttungen des Rheines. Erratica finden sich keine auf dem Bergsturz. Er ist postglazial.

Etwa 2 km weiter westlich folgt eine Nische, deren Westwand durch den Bergklotz von Alpeel und Furgglenfirst (Häuser) 1946 gebildet, die Oberkante durch die Stauberenzanzel markiert wird. Der Trümmerstromrücken, bei ca. 800 m beginnend, taucht unter Frümssel bei ca. 460 m in die Rheintalalluvionen hinab. Das Hügelwerk des eigentlichen Ablagerungshaufens, wie es Salez zeigt, liegt hier tiefer und bleibt unsichtbar vergraben. Ohne Zweifel ist beim Schlipfsturz von Frümssel ein bedeutendes Stück des Alpeelklotzes der früher weiter nach NE reichte, bestehend aus Schrattenkalk, Gault und Seewerkalk, auf den Mergeln der Drusbergschichten abgefahren. Vertikale SE—NW gerichtete Klüfte begleiten den westlichen Nischenrand und verkünden weitere Abbrüche — wieder die gleiche alpin-tektonisch bedingte Klüftung.

Der grosse Schutthaufen ob Sennwald, obschon von Wildbächen etwas umgeformt, erweist sich als gleichartig mit demjenigen von Kehlenbach und demjenigen ob Frümssen. Wie beim letzteren liegt auch hier das Hauptablagerungsgebiet ganz unter dem Rheinschutt. Die Nische ist sehr klar gezeichnet, es ist der Kessel von Rohr. Die Ostgrenze ist die Hohenkastenwand, die obere Weite des Ausbruches misst 1 km. Im Grunde des Kessels ist die Überschiebungsfläche der liegenden Kastenfalte mit Seewerkalk und Flysch darunter angerissen. Schichtfall SE mit allerlei Unregelmässigkeiten. Im ganzen aber ist deutlich auch hier das Abrutschen von Schichtmassen auf ihrer Schichtunterlage der Hauptvorgang gewesen,

und die Bergformen sind modelliert als Reste zwischen den Ausbruchsnischen. Auf der Ostseite des Hohenkastenklotzes folgt symmetrisch zu Rohr die Ausbruchsnische oberhalb Lienz.

10. Deyenstock (Klöntal). Es gibt Schlipfstürze, bei welchen nicht nur Schichtfugen die Gleitfläche lieferten, sondern sich zugleich noch eine tektonische Gleitfläche zur Verfügung gestellt hat. Wir haben solches gefunden im Abrissboden des Kanderstegerbergsturzes, des Flimser und des Engelberger. Das trifft auch zu beim Deyenstockbergsturz, dem jüngsten der grossen Glarner. Die Stirnumbiegung der Achsendecke, anstossend an der Säntisdecke und der Mürtschendecke und deren S abfallende Schubflächen mit Resten verkehrter Mittelschenkel bildeten die Basis der Bewegung im Abrissgebiete des Deyensturzes.

Manche Ausbruchsnischen von vorhistorischen Felsstürzen, deren Abrisszirkus stabil geworden ist, sind als gute Siedelungsplätze benutzt. So finden wir z. B. im Berner oberland die Dörfer Wengen und Beatenberg in Abrissgebiete gebaut, Wengen in Typ. XIV, Beatenberg in Typ. XV.

Typus XV. Fallsturz, Felssturz.

Unmittelbar stürzend; schon Ablösung und erste Bewegung unabhängig von der Schichtlage.

Über einige Abrissgebiete von Typus XV.

Allgemein ist hervorzuheben, dass die Fallstürze von besonderem Wassereinfluss frei sind. Im zerrissenen Fels hält sich Wasser nicht auf, wenn nicht undurchlässige Unterlage Stauung ergibt. Die Fallstürze vollziehen sich meistens mit ganz trockenem Gestein. Trockenes Abrissgebiet, trockene Talfahrt, trockene Ablagerung — kein Schlamm, aber Staub, Steinmehl in ungeheurer Menge!

Die Abrissnischen der Schlipfstürze sind sehr oft länglich in der Fallrichtung der Schichten und der Abgleitung. Die Abrissnischen der Fallstürze dagegen sind häufiger breiter als hoch. Auch bei den Fallstürzen kommen oft Abrissnischen vor von idealer Halbtrichterform mit steilster Böschung am obersten Rande. Manchmal greift oben der Trichter in die Wasserscheide hinauf und bricht darin eine Bresche aus. Benachbarte, nebeneinanderliegende oder entgegengesetzt gerichtete Ausbruchsnischen können sich gegenseitig anschneiden. Die Formen und die Art der Abtrennungen sind bei den Abrissgebieten der Fallstürze von grosser Mannigfaltigkeit. Man muss