

Separatabdruck

aus der

Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins.

Jahrgang 1898 — Band XXIX.

Über Muren.

Von

Professor Dr. F. Frech.

Einleitung.

Die furchtbaren Regenkatastrophen, von welchen im Juli 1897 der Nordosten der Alpenländer, sowie Böhmen, Schlesien und Sachsen heimgesucht wurden, haben eine Fülle von Erörterungen darüber hervorgerufen, ob es möglich sei, die zerstörenden Wirkungen derartiger Naturereignisse einzuschränken oder zu bannen. In der Tagespresse, in Fachvereinen und in den Parlamenten wird darüber gestritten, ob die Zurückhaltung des Wassers in Staubecken oder eine möglichst rasche Ableitung erstrebenswerth sei, oder ob nicht vielmehr eine Festhaltung der in Bewegung gesetzten oder gelockerten Schuttmassen im Gebirge die Hauptaufgabe des Ingenieurs bilden müsse.

Die vielerörterte Frage, in wie weit der Wald grosse Wassermengen zu binden vermag, und ob somit die Entwaldung ausgedehnter Gebiete die Verheerungen der Wildbäche und die Überschwemmungen hervorruft, wird ebenfalls von Neuem in den Bereich der Besprechungen gezogen.

Die Bedeutung, welche seitens der Regierungen den Wasserkatastrophen beigegeben wird, erhellt am besten aus der Thatsache, dass der preussische Etat für 1898/99 die Summe von 100000 M. lediglich »zu Versuchen in den Quellgebieten der schlesischen Gebirge« aussetzt, um durch Vorkehrungen den Hochfluthen der Gebirgsflüsse zu begegnen«. Dieselbe Theilnahme wird der wichtigen Frage seitens der parlamentarischen Vertretungen entgegengebracht, wie ein gleichzeitig mit dem Staatshaushaltsplan im preussischen Herrenhause eingebrachter Antrag¹⁾ beweist. Der Antragsteller gab sich der Hoffnung hin, dass die Hochwassergefahr, wenn auch nicht für alle Zeiten beseitigt, so doch auf ein Minimum reduziert werden könne. Allerdings werden auch die Kosten der Flussregulierung für Schlesien allein auf 30 Millionen, für die nächst betroffene Provinz Brandenburg auf 10 Millionen berechnet.

In dem gegenwärtigen Stadium der Erörterungen treten die Meinungen des Ingenieurs, des Forstmannes und des Gesetzgebers in den Vordergrund; aber auch die Stimme des Geologen verdient gehört zu werden. Es handelt sich für den letzteren

¹⁾ Antrag des Herzogs von Ratibor und Genossen: »die Regierung zu ersuchen, unverzüglich dem Landtage einen Gesetzentwurf vorzulegen, durch welchen die erforderlichen Mittel bereitgestellt werden, um zur möglichsten Verhütung künftiger Hochwasserkatastrophen die dauernde Verbesserung der Hochwasserabflüsse einzelner, besonders gefährlicher Privatflüsse der Provinzen Schlesien und Brandenburg durch Regulierung der Flussläufe, Freilegung der Hochwasserabflussprofile, Zurückhaltung von Hochwasser und Geschieben in den Quellgebieten, forstliche Anschonung entwaldeter Höhen, sowie Verhütung weiterer schädlicher Entwaldungen herbeizuführen«.

weniger um verwickelte theoretische oder technische Fragen, als um möglichste Ausdehnung und Vertiefung der kartographischen Aufnahme des Gebirges. In richtiger Würdigung der praktischen Wichtigkeit hat der Central-Ausschuss des D. u. Ö. A.-V. bereits im Jahre 1892 eine geologische Untersuchung des Brennergebietes mit besonderer Rücksicht auf Verbreitung und Entstehungsart der Muren beschlossen und die Leitung dem Verfasser übertragen. Es dürfte jetzt an der Zeit sein, die bei der 1894 abgeschlossenen Aufnahme dieses grossen Gebietes gewonnenen Erfahrungen zusammenzustellen und mit anderen Thatsachen zu vergleichen.¹⁾ Die an die Bewegung des fliessenden Wassers anknüpfenden Erörterungen bleiben, soweit sie die normale Arbeit der Flüsse, die Wasserwirtschaft und Regulierung im engeren Sinne betreffen, hier ausser Betracht.

Nur die im Gebirgsland, im Quellgebiete der grossen Flüsse auftretenden Wildbäche oder Muren sollen in den nachfolgenden Zeilen behandelt werden. Was eine Mure ist, das lehrt am einfachsten ein Blick auf Abb. 1, »Kottla bei Klagenfurt«: In dem tiefeingerissenen, wildzerfurchten, circusartigen Sammelbecken²⁾ wird von jedem stärkeren Regen das Schuttmaterial, ein-klüftiger, bröckeliger Dolomit, zusammengetragen. Die aus grösseren und kleineren Blöcken, Schlamm und Wasser gebildete Masse ergiesst sich durch den kurzen Tobel oder Abzugscanal (Abb. 2), der in regenlosen Zeiten trocken daliegt. Am Fusse des Gebirges ist die Erosions- und Transportkraft des Wassers gebrochen und die mitgeführten Schutt- und Gesteinsmassen lagern sich unter verschiedenen Böschungswinkeln als Schuttkegel (Abb. 1 vorne) ab.

I. Vorbedingungen der Murenbildung.

Die natürlichen Vorbedingungen der Entstehung von Wildbächen sind demnach:

1. Lockerer Boden (alte Moränen, alte Terrassen oder Gehängeschutt, wie auf Abb. 4 und 5), oder leicht zersetzbares Gestein. (Abb. 1).
2. Hinreichend steiler Böschungswinkel des Gehänges;
3. Hochwasser-Katastrophen, verursacht durch lang andauernde Regengüsse, Wolkenbrüche oder Schneeschmelzen.

Wenn in gefährdeten Gebieten das Eingreifen des Menschen den Wald, den natürlichen Schutz des Bodens, zerstört, wird die Lage bedrohlicher, besonders dort, wo klimatische oder andere Ursachen das Wiedererstehen der Bäume erschweren.

In den Nord- und Südalpen zeigt der geologische Untergrund viel Übereinstimmendes, die klimatischen Verhältnisse hingegen wesentliche Verschiedenheiten. In den Südalpen hindert die Trockenheit und Hitze des Sommers eine Wiederbewaldung desto mehr, je näher wir den Küsten des Mittelmeers kommen. Der ärgste Feind der jungen Bäume, die Ziege, ist im Süden verbreiteter als im Norden. Endlich sind Wolkenbrüche und besonders die plötzlichen, durch Föhn hervorgerufenen Schneeschmelzen häufiger als im Norden. In den weniger dicht bevölkerten Nordalpen ist andererseits die Ausnützung des Bodens weniger intensiv und die gleichmässige Vertheilung der Niederschläge in den Jahreszeiten einer Wiederaufforstung wesentlich günstiger.

¹⁾ Zusammenstellungen der ausserordentlich zersplitterten, in ihrem Werthe sehr ungleichen Literatur über Muren findet man bei Surell et Cézanne, *Étude sur les torrents des Hautes Alpes* 2 éd. Paris 1870—72 im II. Bande, p. 384—387 (ca. 175 Autornamen) und bei J. Croumbie Brown, *Reboisement in France or records of the replanting of the Alps etc.* London. King. 1876, p. VII.

Eine 1892 erschienene, durch zahlreiche interessante Abbildungen erläuterte Studie von F. Toula »über Wildbachverheerungen und Mittel, ihnen vorzubeugen«, enthält eine Menge von eigenen wichtigen Wahrnehmungen, sowie eine Übersicht des Inhalts einiger neuerer Arbeiten (Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien, Nachtrag zum XXXII. Bande 1891/92. Herausgegeben mit Unterstützung des k. k. Ackerbauministeriums).

²⁾ Die Abrissstelle eines zweiten Sammeltrichters, dessen Tobel und Schuttkegel nicht sichtbar sind, liegt rechts.

1. Einfluss der Gesteinszusammensetzung. Als Material für die Murenbildung kommt in erster Linie der durch Verwitterung oder Gletscher gebildete Gebirgsschutt in Betracht. Sehr viel weniger häufig entstehen Wildbäche in den durch Seen und Bäche abgelagerten Schotterterrassen oder im anstehenden Gestein. Die Felsarten, welche durch die langsam vorschreitende chemische Zersetzung und Verwitterung in ihrer ganzen Masse aufgelöst und vermorscht werden, sind glücklicherweise im Hochgebirge selten. Wenn auflösbare Mergel oder Thone zwischen härteren Schichten lagern, entstehen Bergstürze,¹⁾ wenn die ganze Masse des Gebirges aus leicht zersetzbaaren Felsarten besteht, ist die Vorbedingung für Murbrüche gegeben.

Von allen Gesteinen des Brennergebietes ist der aus drei Mineralien von sehr verschiedener Verwitterbarkeit bestehende Kalkphyllit oder Kalkglimmerschiefer

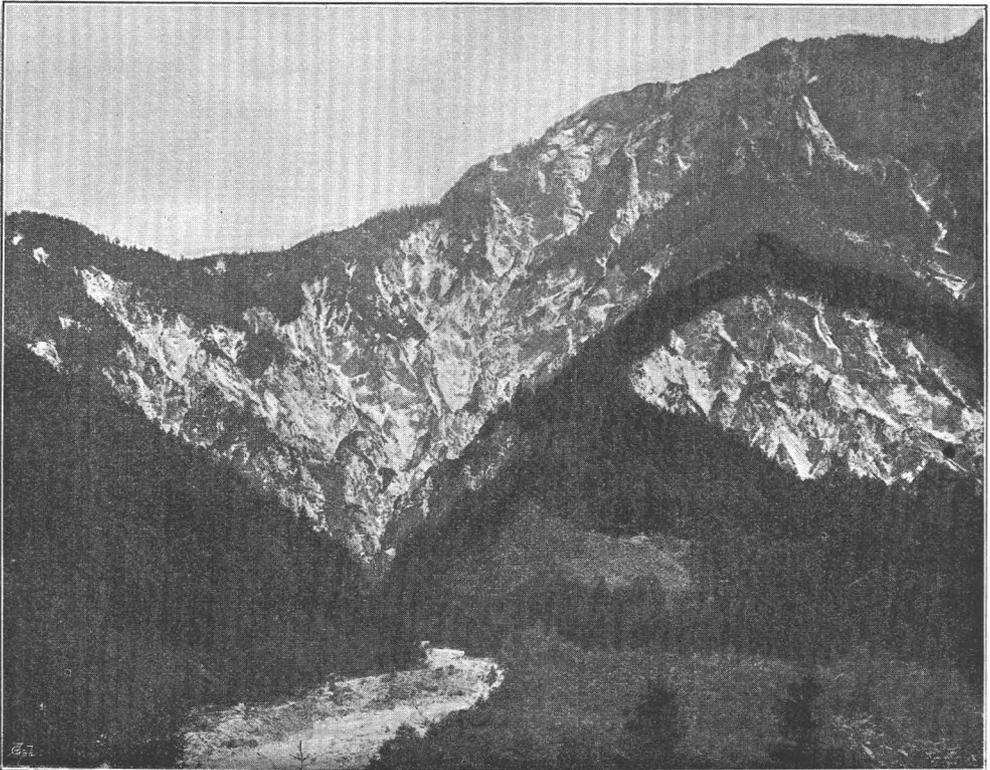


Abb. 1. Kottla bei Klagenfurt.

bei weitem am murengefährlichsten. Das langsame Verschwinden des chemisch vollkommen löslichen Kalkes und die Erweichung der Thonbestandtheile lässt die kaum zersetzbaaren Quarztheile und Glimmerschuppen als leicht verschiebbare, beinahe lose Massen zurück. Die Ausdehnung von Geröllhalden am Fusse der Wände und der Schuttkegel in den grösseren Thälern ist somit sehr erheblich. Besonders mächtige Anhäufungen finden sich in dem unteren Theile der fast ganz im Kalkphyllit verlaufenden Thäler des Valser und Schmirner Baches, östlich der Brennerfurche. Der obere Theil des letzteren ist ausserdem noch mit ausgedehnten Grundmoränen erfüllt;²⁾

¹⁾ M. Neumayr, Über Bergstürze. Diese Zeitschr. 1889, p. 1.

²⁾ Eine tief unten am Thalgehänge in den Moränen entstandene Mure hat 1892 den Schmirner Bach bei Eck aufgestaut; der rasch gebildete See reichte fast einen halben Kilometer aufwärts bis zur Kirche von Schmirn.

am Ausgange des Schmirner Thales, zwischen Oberleiten und St. Jodok, kommen also zwei Momente zusammen, um die Anhäufung des Schuttes zu einer gefährlichen Höhe anschwellen zu lassen.

Die bis 20 *m* tief, cañonartig eingeschnittenen Abstürze des Baches reichen hier nicht überall bis auf das anstehende Gestein hinab.

Eine umfangreiche, dreiseitig begrenzte Abrutschung hatte sich 1894 auf dem Nordgehänge unterhalb der Schmirner Oberleiten¹ gebildet. Ein ganzes, mehrere Hektar grosses Feldstück war mit zahlreichen darauf befindlichen Bäumen ins Rutschen gerathen und glitt, da der Bach den Fuss der Scholle unablässig benagte, immer weiter abwärts. Die Höhendifferenz des abgerutschten Stückes und des stehenbleibenden Gehänges betrug mehrere Meter.

Im Oberlauf des Schmirner Baches ist besonders das Gebiet der alten ausgedehnten Moränenablagerungen durch Unglücksfälle berüchtigt: Am 27. Juli 1864 fand am Fusse des Olperers am Wildlahner Ferner ein Gletschersturz statt, der ein ungewöhnliches Anschwellen des Wildlahner Baches hervorrief. Das Hochwasser fand in den, den Thalboden bedeckenden Moränen ein leicht auflösliches Schuttmaterial; im Orte Wildlahner, dort wo sich jetzt ein schotterbedeckter Thalboden ausdehnt, wurden elf Häuser vermut.

Eine eigenthümliche, häufig in echte Muren übergehende Form der Bodenbewegung besitzen die mergeligen, mit Kalkbänken wechselnden Massen der Cassianer Schichten im Enneberger und Ampezzaner Thal. Hier befindet sich das ganze Gehänge in unablässiger, thalwärts gerichteter Bewegung. Der Wanderer bemerkt mit Erstaunen, dass nicht nur Risse und Einschnitte nach jedem stärkeren Regen frisch entstehen, sondern dass die Rasendecke vielfach in Wülste und flache Falten gelegt wird. Im ganzen oberen Enneberg ist nach den Worten von Mojsisovics¹⁾ »die Thalbildung noch unvollendet. Der Böschungswinkel, namentlich der oberen Partien, ist für so leicht auflöslche und zersetzbare Gesteinsarten noch viel zu steil. Es brechen daher an den oberen Rändern des von Feuchtigkeit durchtränkten Gesteins infolge zu grosser Belastung lange Gehängestücke ab, welche allmählig abwärts gleiten und dadurch zu erneuten Gehängebrüchen am oberen Rande Anlass geben. Der Process ist ein sehr langsamer, er hat begonnen mit der Entblössung der Hochfläche und wird fort dauern bis zu der Herstellung eines bestimmten mittleren Böschungswinkels. Den besten Beweis für die Langsamkeit der Bewegung bilden die wandernden Wiesen und Wälder. Die Bildung einer festen Grasnarbe und der Aufwuchs eines Waldes bedürfen einer gewissen Stabilität des Bodens. Die abgerutschten Schollen müssen daher längere Zeit stationär geblieben sein, bis die untere stets thätige Erosion sie ihres Haltes beraubte, oder die von oben nachgerückten Massen vorwärts schoben. Daraus geht eine gewisse Periodicität der Bewegung hervor. Eine solche wandernde Wiese gleicht einem von einer mächtigen Pflugschar aufgewühlten Ackerfelde. In langen parallelen Reihen, die Bruchränder nach abwärts gekehrt, stehen die aufgeworfenen Schollen, welche sich endlich überschlagen und in eine chaotische Schlamm- und Trümmermasse übergehen. In einem auf der Thalfahrt begriffenen Walde senken sich die stärksten Bäume und begraben in ihrem Fall ihre Vordermänner.« (Mojsisovics.) Zuweilen entstehen bei vollkommener Durchweichung und Durchtränkung des Mergelgebirges nach langem Regen auch echte Murbrüche, so die Schlamm-Mure von Pescol am Ufer der Gader unterhalb von St. Leonhard. Ein Aufstauen des Hauptbaches durch den Schuttkegel, die Bildung von Schotterterrassen und ein Durchreissen des ersteren hat hier periodisch stattgefunden.

Eine ähnliche Erscheinung bilden die zerklüfteten Kalksteinmassen der Tofana-

¹⁾ Dolomitriffe von Südtirol, p. 242. Man vergleiche auch V. Pollack, Bodenbewegungen. Jahrb. der k. k. geolog. Reichsanstalt, 1882, p. 573.

Wände bei Cortina d'Ampezzo, die auf der mergeligen Unterlage allmählig thalwärts wandern und die Häusergruppen am rechten Boita-Ufer zu gefährden drohen. Den Vorgang derartiger Rutschbewegungen von Dachsteinkalken auf schwach geneigter Unterlage veranschaulichen die ruinenartig zerborstenen und zerspaltenen Fünf Thürme (Cinque Torri, Abb. 3) an der Falzaregostrasse bei Ampezzo, eines der schönsten Beispiele von Gesteinsverwitterung, das wir in den Alpen kennen.

Der Einfluss des Gesteins auf die Murenbildung tritt besonders dort deutlich hervor, wo in einem Längsthal zwei Gebiete von sehr abweichender geologischer Zusammensetzung aneinander grenzen. Das Gehänge des Pusterthales wird im Norden von dem alten Thonglimmerschiefer oder Quarzphyllit, im Süden vorwiegend von Dolomiten und Kalken der Triasformation gebildet. Die ausgedehnteren Schuttkegel und Muren entstehen zumeist in den Schieferbergen, auf der Südseite bilden die rothen Sandsteine und Mergel, die Unterlage des Kalkes, nur bei bedeutenderer Flächen-Entwicklung einen gefährlichen Untergrund. (S. 20.) Der mächtige, von dem nördlich gelegenen Pfannhorn bis an den südlichen Hang hinausgeschobene Schuttkegel des Wahlenbaches bildet auf dem Toblacher Feld¹⁾ die im Gelände kaum hervortretende Wasserscheide zwischen Drau und Rienz.

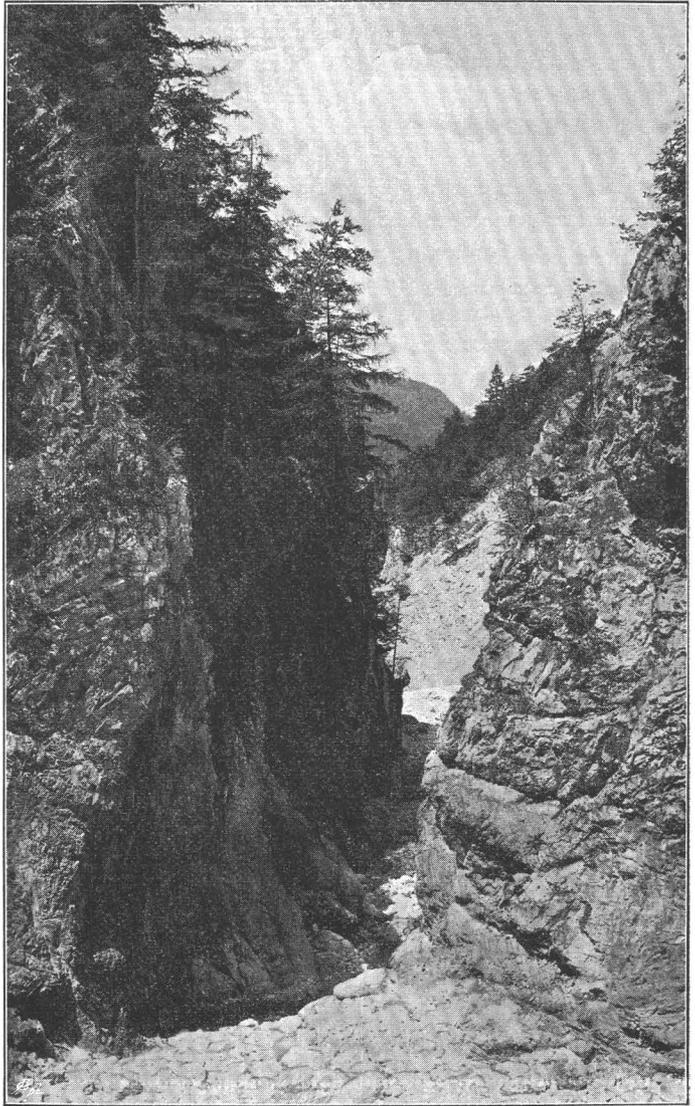


Abb. 2. Tobel (Abzugscanal) der Kottla bei Klagenfurt.

(Vergl. Abb. 1.)

Die vollständige Vermurung des Dorfes Wahlen im Jahre 1856, die periodische Bildung von Fluss-Schotterterrassen beweist, dass hier ein Gleichgewichtszustand der Erosionsarbeit noch lange nicht erreicht ist. Dieselbe Erscheinung beobachten wir in dem Längsthal der Gegend von Tarvis, dort, wo auf einem Schuttkegel bei Saifnitz die Thalwasserscheide von Fella (Tagliamento) und Gailitz (Drau) gelegen ist. Auch hier

¹⁾ X. Ber. über die wissenschaftlichen Untersuchungen des D. u. Ö. A.-V. Eiszeitliche Untersuchungen auf dem Toblacher Felde von Dr. J. Müller, Mitth. des D. u. Ö. A.-V., 1897, p. 255.

beweisen niedrige Flussterrassen, dass in jüngster geologischer Zeit mannigfache Veränderungen der Wasserscheide durch Verlegung der Schuttkegel stattgefunden haben.

2. **Der Einfluss des Böschungswinkels auf die Murenbildung.** In wenigen Alpentälern ist der Einfluss des Böschungswinkels auf die Entwicklung und Vertheilung der Schuttkegel so klar wahrnehmbar wie im Gailthal. Dasselbe trennt in seinem östlich gerichteten Laufe zwei Gebirgszonen von ganz verschiedenem Aufbau, die nördlichen Lienzer Dolomit- und Kalkalpen und die südliche, sehr mannigfach zusammengesetzte Karnische Hauptkette, die vornehmlich aus Schiefen, daneben aus Kalken verschiedenen Alters besteht. Doch tritt für die Fragen der Erosion die Gesteinsverschiedenheit hinter der Zerlegung des Gailthales in Längsstufen zurück: Das Thal zeigt eine überaus scharfe Gliederung in einen oberen und einen unteren Abschnitt, der auch die volksthümliche Bezeichnung Lessachthal (für die obere Terrasse) und Gailthal (für den Unterlauf) Rechnung trägt. Die Sohle des ersteren liegt 250—300 *m* über der des letzteren, wenn man unter der Thalsole die Terrasse versteht, auf welcher die Lessacher Ortschaften verstreut liegen; der Höhenunterschied zwischen den beiden, nur 6 *km* voneinander entfernten Orten Kötschach und St. Jacob beträgt 240 *m*. Allerdings hat sich die Gail in die alte, mit Glacialschotter bedeckte Thalsole des Lessachthales eine tiefe Schlucht mit steilen Rändern eingegraben. Die gewaltigen Schutt- und Steinmengen,¹⁾ welche den Unterlauf des Flusses fortgesetzt erhöhen und die Gailregulierung zu einer wahren Sisyphusarbeit machen, stammen zum guten Theile aus dem Lessachthale.

Ähnliche Schwierigkeiten bereitet die lebhafte Erosion dem Verkehr. Die tief-eingerissenen »sechzehn Gräben des Lessachthales« sind in Kärnten sprichwörtlich; an jedem führt die Strasse 100—200 *m* weit hinab, um auf der andern Seite wieder emporzuklimmen. Die langgestreckte Kette der Karnischen Alpen mit ihrer einheitlichen Kammlinie bedingt ein regelmässiges Abfließen der Bäche nach Norden und Süden. Die Form des Querthales ist also bei weitem vorherrschend und viel regelmässiger ausgebildet, als man bei der Mannigfaltigkeit der Gesteinsbeschaffenheit und der verwickelten Grundanlage des geologischen Aufbaues erwarten sollte.

Die Thalform der Nebenbäche und die Menge des in denselben aufgehäuften Schuttes steht in unmittelbarer Abhängigkeit von dem Erosionsstadium des Hauptthales: Im oberen Lessachthal, insbesondere auf der Strecke Kartitsch-Ober-Tilliach, sind die oberflächlich mit Gebirgsschutt bedeckten eiszeitlichen Ablagerungen fast unverändert liegen geblieben; die Nebenbäche münden daher ohne steileren Gefällsprung in das Hauptthal. Infolge des geringen Gefälles haben sie nicht die Kraft besessen, den älteren Glacialschutt und die durch fortschreitende Verwitterungen angehäuften Geröllhalden zu entfernen.

Von Maria Luggau ab nimmt der Einschnitt der Gail mehr und mehr an Tiefe zu und die transportierende Kraft der Nebenbäche wächst dementsprechend. An der Mündung der letzteren ist der Gehängeschutt bereits überall entfernt und oberhalb weniger mächtig. Der am unteren Ende der Thalterrasse des Oberthales mündende Valentinbach enthält nur vereinzelte Reste von Geröllhalden.

Weiter abwärts ist das Hauptthal stark vertieft und die Nebenbäche enden daher mit einem mehr oder weniger deutlich ausgeprägten Abfall von durchschnittlich 200 *m* Höhe. Die Bäche des unteren Thales zeigen somit überall die drei Grundbestandtheile des Wasserlauf-Schemas sehr deutlich: Sammelbecken, Abflussrinne (in diesem Falle ziemlich lang) und Schuttkegel. Dem stärkeren Gefälle entsprechend beobachtet man in den Nebenthälern vom Kronhofbach bei Mauthen bis zum Bistritz-

¹⁾ Vergl. Frech, die Gebirgsformen im nordwestlichen Kärnten und ihre Entstehung. Z. d. Gesellschaft f. Erdkunde in Berlin, 1892, p. 378.

Graben bei Achomitz nirgends Gehängeschutt in nennenswerther Menge. Derselbe erfüllt das Hauptthal in Form von Schuttkegeln. Dieser Schuttvertheilung entsprechend nimmt die Murengefährdung des Thales von oben nach unten im ganzen ab. Am gefährdetsten ist naturgemäss der unweit der Thalstufe mündende Valentinbach, in welchem die Umlagerung der losen Massen in vollem Gange ist.

Die kürzeren, mit stärkerem Gefälle zum Hauptthal abfliessenden Gräben der nördlichen Gailthaler Kette sind überall, auch im oberen Lessachthal, frei von Gehängeschutt. Sie tragen viel häufiger Wildbachcharakter, als die Nebenthäler des Südgehanges und haben daher in höherem Maasse zur Entstehung von Schuttkegeln Ver-



Abb. 3. *Fünf Thürme (Cinque Torri) bei Cortina d'Ampezzo.*
(Ein Beispiel der Gesteinsverwitterung im Hochgebirge.)

anlassung gegeben. Die schönste Ausbildung zeigt ein Kegel, auf welchem das grosse Dorf Ober-Tilliach liegt.

Unterhalb von Mauthen, wo im Norden wie im Süden die Gräben schutfrei sind, ist das erodierte Material als Schuttkegel weit in das Gailthal hineingebaut. Der grösste Kegel, ein wahres Prachtstück seiner Art, liegt westlich von Reissach; die leicht verwitternden Triaskalke des jäh aufstrebenden Reisskofels werden hier von dem noch leichter zersetzbaren Grödener Sandstein begrenzt. Die den unzugänglichen Südbabsturz des Berges umsäumenden Geröllhalden gehen ohne Unterbrechung in den Keschutt über.

Das Drauthal zeigt in seiner ganzen Erstreckung von Sillian bis Villach denselben Erosionstypus wie das untere Gailthal. Der ebene, nicht terrassierte Thalboden ist von

ausgedehnten Schuttkegeln bedeckt; ein oberhalb von Lienz die Einmündung des Iselthales verengender Kegel ist besonders dadurch ausgezeichnet, dass das Wasser in zwei vollkommen getrennten Bachrinnen hinabrinnt. Einige Beispiele von Niedermuren aus diesen Thalgebieten kommen weiter unten (p. 20) zur Besprechung.

Bemerkenswerthe Unterschiede in der Schutführung werden bei gleichem geologischen Untergrund durch verschiedene Vertheilung der Gefällsstufen auch im Pinzgau bedingt. So führen nach Schjerner¹⁾ diejenigen Tauernbäche, welche bei der Einmündung in das Hauptthal eine Steilstufe bilden, wenig Schutt zur Salzach hinab, so die Krimmler Ache, die Untersulzbacher-, Kapruner- und Rauriser-Ache. Bei diesen Thälern wird der Schutt wie im Gailthal unmittelbar und unausgesetzt dem Hauptthal zugeführt. Der Mühlbach vermag hingegen diesen dauernden Transport nicht zu bewältigen und enthält andererseits eine Menge Schutt, der bei ausserordentlichen Hochwassern zu Thal befördert wird. So hat am 5. August 1798 das Dorf Mittersill eine vollständige Vermurung erlitten, deren Masse auf 20 Millionen *cbm* geschätzt wurde.

Die übrigen Pinzgauer Tauernbäche²⁾ sind dauernd gefahrbringend; das gleichmässige Gefälle des unteren Thalstriches ist noch hinlänglich, um bei Hochwasser grössere Blöcke zu befördern. Andererseits ist die Neigung zu gering, und die Thalweite zu gross, um im unteren Theile Sperren für Zurückhaltung der Geschiebe anzulegen. Nur am Obersulzbach, dessen Geschiebeführung am meisten gefahrdrohend ist, konnte an einer etwa 20 *m* breiten Stelle des Unterlaufes eine Sperre zwischen zwei harten Gneissfelsen angelegt werden, die nach der Berechnung $1\frac{1}{2}$ Millionen *cbm* Gesteinsschutt aufnehmen und für 60—80 Jahre ausreichen dürfte.

Wie aus den obigen Darlegungen hervorgeht, bricht der einer steilen Thalstufe entsprechende Wasserfall die transportierende Kraft der Wildbäche und veranlasst die Bildung eines Schuttkegels. Der Ingenieur ahmt diesen einfachen Grundsatz nach, indem er die Gefällscurve eines Wildbaches in eine Anzahl von künstlichen Steilstufen und ganz flachgeneigten Strecken zerlegt. An den Wasserfällen der Stufen wird die lebendige Kraft des Wassers gebrochen und die flachen Strecken des Laufes in eine ebenso grosse Anzahl künstlicher Schuttkegel umgewandelt. Die technische Ausführbarkeit eines solchen in seiner Grundanlage leicht verständlichen Werkes hängt von der geologischen Beschaffenheit des Untergrundes und der Güte des verwendeten Baumaterials ab, ist also nicht überall möglich.

II. Der Einfluss menschlicher Thätigkeit auf die Murenbildung.

1. Die Bedeutung des Waldes und der Entwaldung. Über den Einfluss der Entwaldung auf Ausbreitung und Entstehung der Muren ist viel geschrieben worden, und das häufig angeführte Beispiel der französischen Seealpen beweist, dass rücksichtsloser Kahlschlag die Vermurung der Thäler und die Verödung ganzer Länder zur Folge haben kann, wenn ungünstige klimatische und andere Einflüsse (Weidegang) die Wiederbewaldung verhindern.

Ein meteorologisch den Küsten des Mittelmeeres ähnliches Gebiet, in dem die hier fast vollendete Waldverwüstung noch in voller Blüthe steht, ist der Westen von Amerika. Es findet ein unglaublicher, durch Gesetze kaum gehemmter Kahlschlag statt: fast schlimmer noch als die Holzfäller verwüsten den Wald die durch reine Nachlässigkeit, aus nicht gelöschten Wachfeuern, entstehenden Waldbrände, welchen die Sommerdürre eine ungeheure Verbreitung verschafft. Sogar im Yellowstone Park, in dem jede Art von Waldverwüstung nicht nur verboten, sondern auch durch die

¹⁾ Der Pinzgau. Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde. X 2., p. 148.

²⁾ Obersulzbach, Habach, Hollersbach, Felberache und Stubache (a. a. O.)

bewaffnete Macht verhindert wird, ist etwa ein Fünftel der vorhandenen Wälder verbrannt. In den von mir im Jahre 1891 besuchten Waldgebieten Arizonas, deren Kahlschlag erst begonnen hatte, sah man am Ende der trockenen Jahreszeit, im October, stets aus einem oder aus mehreren Waldbränden gleichzeitig missfarbigen Rauch am Horizonte emporsteigen.

Die Vermurung der Thalböden kommt bei der Geringfügigkeit der Besiedelung hier weniger in Betracht, als die Gefährdung des Mittel- und Unterlaufes der Flüsse durch Hochfluthen, deren verderbliches Anschwellen durch rasches Zusammenfließen der Niederschläge auf den waldentblösten Gebirgshängen begünstigt wird. Die Bannlegung des Waldes in dem der Provinz Schleswig-Holstein an Grösse gleichkommenden Yellowstone National-»Park« kann allein das Übel nicht mindern, da die trostlose Waldverwüstung in den übrigen Flussgebieten des Mississippi-Stromlandes unaufhörlich vorschreitet.

Dass in einem ungünstigen Klima bei starker Verschiedenheit der Niederschlagsmengen in den einzelnen Jahreszeiten gerade durch die Verwüstung der Wälder eine Steigerung der Hochwassergefahren bedingt wird, ist eine bekannte Thatsache. Weniger einfach ist die Frage zu beantworten, ob ein gut gepflegter Wald allein unter allen Umständen die Wirkung der Murbrüche und Überschwemmungen zu brechen vermag? Die Regenfluthen des September 1882 verheerten ein Gebiet in den südlichen Ostalpen, das klimatisch infolge der grösseren Menge sommerlicher Niederschläge immer noch günstiger dasteht, als die Berge der französischen Mittelmeerländer oder das westliche Nordamerika. Andererseits hatte die forstliche Misswirthschaft hier besonders arge Verwüstungen angerichtet. Ein classisches Beispiel der ganz besonders unvernünftigen Form dieser Waldverheerung verdanke ich Herrn Robert Hans Schmitt (z. Z. Deutsch-Ostafrika): Im Sextener Thale, in den leicht verwitterbaren, aus rothem Grödener und Werfener Sandstein bestehenden Vorbergen der Rothwandspitze und des Elfers, hatten die Bauern Anfang der achtziger Jahre den Gemeindewald in einzelne Parzellen (»Pointen«) getheilt, deren jede die Form eines Kegelausschnittes auf dem Gehänge besitzt. Statt nun nach einem bestimmten Systeme entweder die stärksten Bäume (Plänterbetrieb) oder auch nur die Stämme eines bestimmten Höhengürtels herauszuschlagen, begann jeder Besitzer von der Grenze seiner Parzelle die Bäume fortzunehmen, damit ihm bei der ziemlich undeutlichen Abgrenzung der liebe Nachbar nicht zuvorkäme. Da die Pointengrenzen von oben nach unten genau dem Gehänge folgen, entstanden Längsrisse durch den Wald, welche naturgemäss den Murgängen die Richtung vorzeichneten. Das Unheil wollte es, dass der September 1882 mit seinen ungewöhnlichen Regengüssen gerade das Pusterthal heimsuchte, und vor allem ist seit dieser Zeit das Sextener Thal der Schauplatz verheerender Murbrüche. Hier hat nicht einmal die besonders intensive Ausnützung des Waldes, sondern die Ein-sichtslosigkeit der Bewohner das Unheil verschuldet.

Ganz andere Gebiete wurden im Sommer 1897 von einer aussergewöhnlichen Regenmenge heimgesucht: In den östlichen Nordalpen ist besonders infolge des guten Zustandes des bayerischen Gebietes die Forstpflge durchschnittlich besser als in den Südalpen; das ausseralpine Österreich, das Königreich Sachsen und Schlesien enthalten nur Mittelgebirge mit vorzüglich gepflegten Wäldern. Gerade in Schlesien hat eine Veränderung des Waldbestandes seit Anfang des Jahrhunderts oder doch wenigstens seit Aufstellung des preussischen Grundkatasters Anfang der sechziger Jahre nicht stattgefunden,¹⁾ wie neuerdings festgestellt wurde. Trotzdem wurden gerade diese Länder von der schauerlichsten Verwüstung heimgesucht.

¹⁾ Oderstrombauwerk. Herausgegeben vom Bureau des Ausschusses zur Untersuchung der Wasserverhältnisse in den den Überschwemmungen am meisten ausgesetzten Flussgebieten. Berlin. D. Reimer. 1896, I, p. 122.

Die Zurückhaltung des Tagwassers durch den Wald findet bei ausserordentlichen Regengüssen bald eine Grenze, wie nicht nur durch die Ereignisse von 1897, sondern auch schon durch die Untersuchung der Hochfluthen in Niederschlesien (August 1888) und in den Beskiden (Juni 1894) bestätigt wurde.¹⁾ Beide entspringen in Gebieten mit dichtem und vortrefflichem Waldwuchs.

Es ist also scharf zu scheiden zwischen der in gewissem Sinne normalen Erosionsarbeit der regelmässig wiederkehrenden Schneeschmelzen und Regenperioden und den ungewöhnlichen, in grösseren Zwischenräumen auftretenden lokalen Wolkenbrüchen, sowie den, grössere Gebiete betreffenden Regengfluthen (1882, 1897).

Die Wirkungen der normalen Abtragung des Gebirges durch Wildbäche und fliessendes Wasser wird die andauernde Thätigkeit des Forstmannes und Ingenieurs stets auf ein ungefährliches Maass zurückzuführen im stande sein. Bei ungewöhnlichen Elementarereignissen versagt zunächst die das Wasser bindende Kraft des Waldes; auch die Thalsperren, die Verbauung der Wildbachbetten und die Befestigung der Hänge dürften ungewöhnlichen Ereignissen gegenüber nur bedingten Schutz gewähren.

In einem der Hauptüberschwemmungsgebiete des Jahres 1897, in den Quellbezirken des Oderstromgebietes, fehlen andererseits bauliche Maassnahmen für Zurückhaltung der Geschiebe oder des Hochwassers nach dem Werke des kgl. preuss. Ausschusses (I, p. 213) fast ganz. Die guten Anfänge, die in der Olsa und ihren Seitenbächen gemacht sind, haben schon dem Hochwasser des Juni 1894 nicht widerstehen können. Die wenigen Schutzbauten, welche in den Quellgebieten der deutschen Flüsse gemacht worden sind, vermochten den Wasserläufen ihr an Wildbäche erinnerndes Verhalten nicht zu nehmen und beschränken sich in den unteren, dichter besiedelten Thalstrecken auf den Schutz gegen das Ausufernd bei mittleren Hochwässern. Für sämtliche Nebenflüsse der Oder gilt das harte Urtheil des Oderstrombauwerkes (1896, I, p. 214), »dass die bisherigen Bauten immer nur stückweise und nicht nach einheitlichen Grundsätzen ausgeführt worden sind und dass es an einer sachverständigen Aufsicht und Unterhaltung des Geschaffenen gebricht«. Die Überschwemmungen des Jahres 1897 haben diesem ein Jahr zuvor gedruckten Ausspruch nur zu sehr Recht gegeben.

Ob und wie weit ein Gebirge, dessen Wildbäche verbaut und dessen Flüsse in sachgemässer Weise reguliert sind, den Angriffen eines aussergewöhnlichen Hochwassers zu widerstehen vermag, darüber liegen keine Erfahrungen vor, weil kein Gebirge eine vollkommene Verbauung seiner Wildbäche, eine einheitliche Regulierung seiner Abflüsse erfahren hat. In den Westalpen sind die Schutzbauten einige Jahrzehnte, in den Ostalpen nicht viel über ein Jahrzehnt alt, die im oberen Flussgebiet der Oder gemachten Anfänge sind noch ganz fragmentarischer Art. Aber es ist mehr als wahrscheinlich, dass nur gegenüber den regelmässigen Hochwassern, nicht gegenüber Katastrophen, wie der von 1897, eine einigermaassen vollständige Sicherheit erreichbar ist. Es fallen — allerdings in seltenen Ausnahmefällen — ganz unglaubliche Wassermengen vom Himmel herab, und man könnte ebenso gut versuchen, den Ausbruch eines Vulcanes, die Stösse eines Erdbebens durch menschliche Kunst abzuwehren, wie die Verheerungen solcher Überschwemmungen zu bannen.

Es ist ferner sicher, dass eine Verbauung der Wildbäche nach dem in den französischen Alpen erprobten System zwar die Schuttmassen zurückhält, aber eine Verlangsamung des Wasserabflusses in keinem irgendwie erheblichen Maasse bedingt. Ein System von Stauweihern oder grössere Thalsperren für Staubecken können nur im Mittelgebirge in Frage kommen, wo die Industrie oder die Teichwirthschaft die Kosten

¹⁾ Oderstrombauwerk I, p. 127.

der Anlage tragen hilft. Aber auch hier sind dieselben, wie die zahlreichen Dammbrüche der Neuzeit beweisen, mindestens eine zweischneidige Waffe: Eine Auflösung und Zersetzung anstehenden Gesteins an der Grenze der Sperrmauer wird auch die grösste Vorsicht nicht verhindern, wenn die geologischen Verhältnisse ungünstig sind. Für das Hochgebirge der Alpen ist die Anlage von Staubecken wohl noch niemals ernstlich in Frage gekommen.

Im Sinne der Zurückhaltung des Wassers oder mit anderen Worten der Verminderung der Hochwassergefahr wirkt ferner das Drainieren und Entsumpfen von Wiesen und Mooren. Wengleich die räumliche Ausdehnung von Wiesen, Mooren und Alpenweiden im Gebirge etwas geringer ist als die des Waldes, so ist die Wichtigkeit dieses Factors doch nicht zu verkennen. Wie die Untersuchungen des Culturingenieurs Krause auf den Fürstl. Pless'schen Wiesen im Kreise Pless (O. S.) darthun, hält der drainierte, poröse Boden das Wasser länger zurück als undurchlässiges, undrainiertes Erdreich. Ein Hochmoor ist im ursprünglichen Zustande einem vollgesogenen Schwamme zu vergleichen, über den alles neu hinzutretende Wasser einfach hinwegläuft; ein drainiertes Hochmoor entspricht einem trockenen Schwamm, der sich vollsaugt und dann das Wasser allmählig ablässt.

Da die besonders murengefährlichen alten Moränengebiete der Alpen gleichzeitig durch Ausdehnung der Moore und sauren Wiesen gekennzeichnet sind, darf diese bei der Drainage gemachte Erfahrung nicht gering angeschlagen werden. Selbstverständlich sind Einschränkungen erforderlich; eine Drainage würde murengefährlich wirken, wenn unterhalb des Hochmoors lose Massen auf steilem Gehänge lagern, wie der Nordabhang des unteren Ridnaunthales zeigt.

2. Bahnbauten im Gebirge. Besonderes Unheil ist dort zu gewärtigen, wo die vorhandene Muren- und Hochwassergefahr durch unvorsichtige Anlage von Chaussee- oder Eisenbahnbauten gesteigert wird. Auch hier ist im Sinne der vorhergehenden Ausführungen zunächst von denjenigen Katastrophen abzu- sehen, welche als Folge ungewöhnlicher Naturerscheinungen aufzufassen sind. Der Dammbruch von Kollmann unweit Waidbruck an der Südbahn,¹⁾ die massenhaften Zerstörungen der Bahnkörper im Herbst 1882 und im Sommer 1897 sind Ereignisse, denen die Alpenbahnen stets in grösseren Zwischenräumen ausgesetzt sein werden. Es handelt sich vornehmlich um solche Gefahren, die nach der Natur der Gesteine oder nach dem Neigungswinkel des Gehänges mit einiger Sicherheit periodisch zu erwarten sind. Den Ausgang des grossentheils im Kalkglimmerschiefer liegenden Valser (besser Vallser, vallis) Thales bei St. Jodok am Brenner verquert ein hoher Eisenbahndamm, dessen Wölbung zu eng construiert wurde. Am 14. September 1877 fand im Windschauelgraben an der Alpeiner Alpe ein vier Stunden dauerndes Regen- und Hagelwetter statt; der Schuttkegel des Windschauelgrabens staute den Alpeiner Bach vorübergehend zu einem See auf, dessen Entleerung ein gewaltiges Hochwasser zur Folge hatte. Die mitgeführte Schottermasse, besonders aber die losgerissenen Baumstämme, verstopften die Dammwölbung bei St. Jodok. Nur der Unerschrockenheit einiger Männer, die sich an Seilen herunterliessen und die Stämme mit Haken herausrissen, ist es zu danken, dass das untere Jodoker Thal vor unberechenbarem Unheil bewahrt blieb. Auch am Mühlthaler Bach, gegenüber von Schönberg, war infolge mangelnder Kenntniss der möglichen Hochwassermengen das Abzugsloch für das Wasser zu eng hergestellt worden. Als jedoch hier 1871 eine Verstopfung eintrat und das Wasser bis zur Dammkrone stieg, war glücklicherweise für den Abzug der thalwärts gelegene Mühlthaler Eisenbahntunnel vorhanden. Diese Unterbrechung des Bahnbetriebes hat die Aufmerksamkeit der Ingenieure auf den baulichen Fehler gelenkt.

Während derartige Versehen leicht durch Erweiterung des Durchlasses zu ver-

¹⁾ Vergl. Toula, über Wildbachverheerungen, S. 507, Kollmann und der Garderbach.

bessern sind, können die materiellen Verluste nicht wieder eingebracht werden, welche die Südbahn durch die falsche Wahl des Geleises zwischen Gries und Brennerhöhe erlitten hat: In dem Kalkphyllit des Padaunkogels ist das Fallen der Schichten im wesentlichen westlich, d. h. auf die Bahnstrecke zu gerichtet. Infolge dessen sammelt sich das Wasser des ganzen Berges auf dieser Seite und beschleunigt die Zersetzung des leicht verwitternden Gesteins. Die in die Bergflanke eingeschnittene Bahnstrecke ist aber nicht nur von der Auflösung der unmittelbar angrenzenden Wand, sondern auch von dem Nachbrechen des gesammten steilen Gehänges bedroht, auf dem die Verwitterung ebenfalls unausgesetzt thätig ist. Das gegenüberliegende westliche Gehänge, das allerdings durch eine grosse Brücke bei Gries hätte zugänglich gemacht werden müssen, besteht aus demselben Gestein, das jedoch hier infolge der gleichbleibenden westlichen Fallrichtung viel weniger leicht verwittert. Ob es möglich sein wird, durch fort-dauernde Schutzbauten und grosse Wachsamkeit,¹⁾ die Strecke auf dem Ostabhang der Brennerfurche fahrbar zu erhalten, steht dahin. Die grössere Wahrscheinlichkeit spricht dafür, dass die unausgesetzt nachbrechenden, murenartigen Rutschungen, vielleicht auch einmal ein grösserer Absturz,²⁾ schliesslich doch zu einer Verlegung der Bahntrace zwingen werden.

Die mangelnde oder unvollständige Kenntniss des geologischen Baues der Gebirge verursacht also bei dem Bahnbau noch grössere Kosten als bei der Forst- und Landwirtschaft. Der Million, welche vielleicht der Bau einer Brücke über den Oberberger Bach bei Gries erfordert hätte, stehen die voraussichtlich nutzlosen Kosten gegenüber, welche die Schutzbauten am Padaunkogel bereits verschlungen haben.

III. Die Eintheilung der alpinen Muren.

Eine Eintheilung und Gruppierung der Muren ist nur in künstlicher Weise möglich. Angesichts der Vielgestaltigkeit der Erscheinung werden entweder die geologischen oder die geographisch-physikalischen Gesichtspunkte unberücksichtigt bleiben müssen. Bei einer Unterscheidung der Schuttströme, die in verwittertem, anstehendem Gestein und den Wildbächen, die in Moränen oder Gebirgsschutt entspringen, würden die letzteren etwa neun Zehntel der Gesamtheit umfassen. Surell und Cézanne haben in ihrem oben erwähnten grossen Werke³⁾ den Gesichtspunkt der Entwicklung in den Vordergrund gestellt; sie unterscheiden:

1. Neu entstandene Muren mit unvollkommener Gefällscurve (d. h. solche, bei denen ein grösserer Gefällssprung zwischen Schuttkegel und Abflusskanal besteht);
2. Thätige Muren mit gleichmässigem Gefälle (in denen der Wildbach auf dem Schuttkegel seinen Lauf häufig verändert);
3. Erloschene Muren, die weder im Sammeltrichter noch auf dem Schuttkegel weitere Veränderungen erfahren und einen bestimmten Lauf auf letzterem einhalten.

Die drei Entwicklungsphasen der Muren werden durch dieses Schema klar zum Ausdruck gebracht; aber eben weil jeder Wildbach in seiner Entwicklung alle drei Phasen durchläuft, fehlt die Möglichkeit einer schärferen Unterscheidung.

Die Schwierigkeit der Abgrenzung wird noch dadurch vermehrt, dass sich nicht nur 1 in 2 und 2 in 3, sondern unter Umständen auch 3 in 2 rückwärts verwandeln kann: Ein Wildbach erlischt, wenn die Gleichmässigkeit der Gefällscurve hergestellt, oder wenn das vorhandene lose Material abgetragen ist. Hat sich infolge

¹⁾ Es findet eine fortdauernde Überwachung des Padaungehänges von einem Beobachtungsposten aus statt.

²⁾ Für denselben waren jedoch bis 1894 noch keinerlei Anzeichen vorhanden.

³⁾ Vergl. auch Penck, Morphologie der Erdoberfläche, I. 1894, p. 323—325.

allmählig fortschreitender Verwitterung aber wieder loses Material auf steilem Hange angesammelt, so wird dasselbe in grösseren oder geringeren Zwischenräumen zu Thale geführt werden, und diese »intermittierenden« Murgänge, zu denen z. B. der obere Sautenser und der Piburger Wildbach bei Ötz (siehe unten) gehören, können somit weder zu der zweiten, noch zu der dritten Gruppe gerechnet werden, ganz abgesehen davon, dass ein starker Gefällsprung oberhalb des Schuttkegels auch eine Ähnlichkeit mit der ersten Gruppe bedingen könnte.



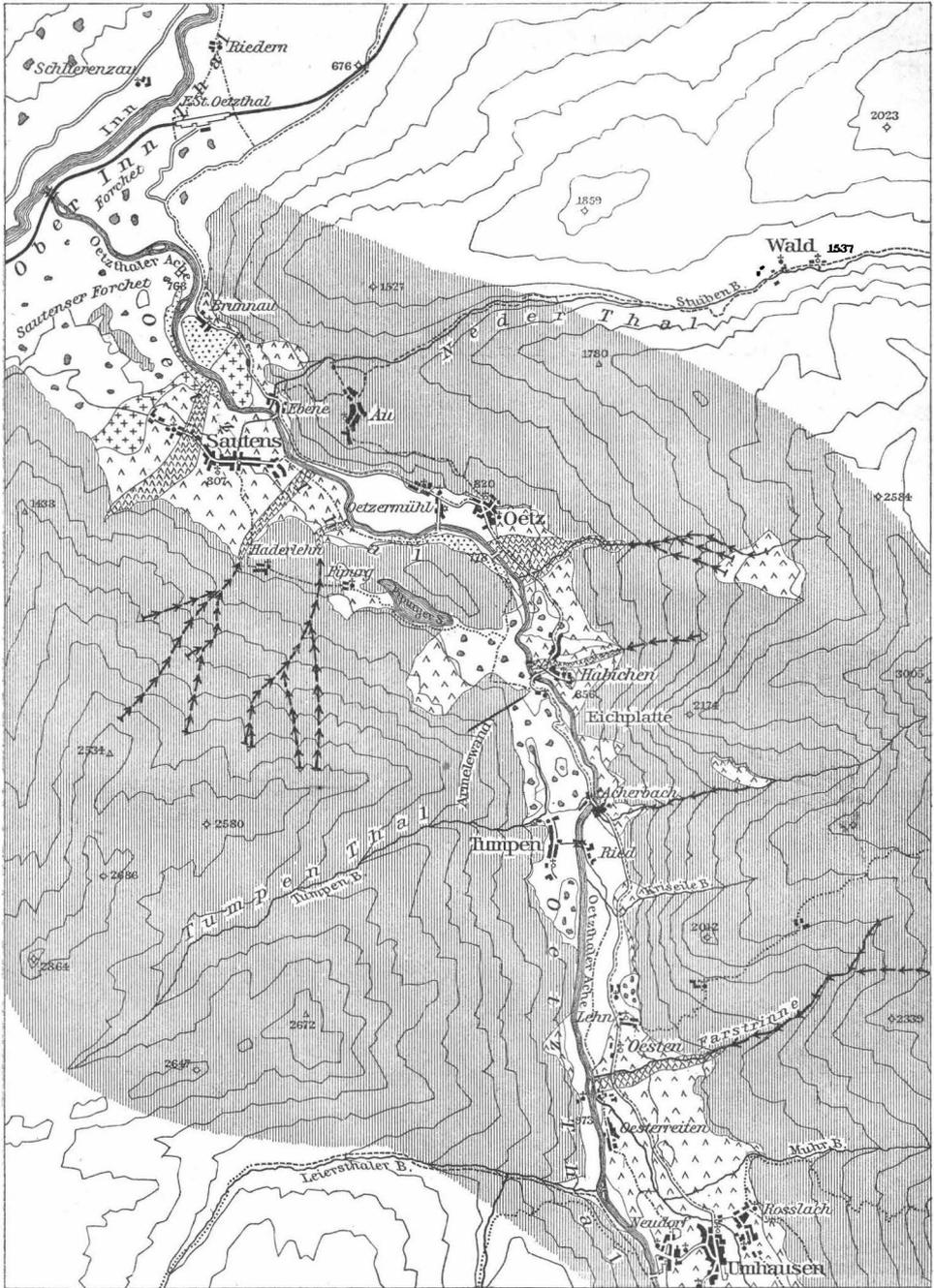
Abb. 4. Blick gegen den Cristallo bei Tre Croci.

(Schuttkegel einer oberhalb der Waldgrenze entspringenden Hochmure.)

Nach einem scheinbar äusserlichen, aber für praktische Zwecke wichtigen Gesichtspunkte kann man bei den Wildbächen unterscheiden:

1. Die Hochmuren entspringen in und oberhalb der Baumgrenze;
2. Die Niedermuren entstehen unterhalb der Baumgrenze im Bereiche des dichten Baumwuchses.

Praktisch wichtig ist diese Unterscheidung, insofern die erste Entstehung der im Bereich der vereinzelt Lärchen und Zirben oder oberhalb des Baumwuchses beginnenden Muren mit der Waldverwüstung nichts zu thun hat und nur die weitere Ausdehnung durch den Wald eingeschränkt werden kann. Die vollständige Verbauung einer grossen Hochmure muss, wenn sie Aussicht auf dauernden Erfolg haben soll, bis in die höchsten Abrisspunkte durchgeführt werden und ist mit Rücksicht auf die hierdurch bedingten grossen Kosten immer nur in einzelnen



Maßstab 1:15.000

- | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|--|---|
| | Anstehendes Gestein | | Moränen | | Bergstürze durchweg prähistorisch aus Kalkblöcken (Mündung der Ötztal-Ache, Ischgl, vorliegenden Gneissblöcken, bestehend (Habichen)) | | Schutzregel mit der 1887 beschriebenen Muren. |
| | Vorwiegend Glimmerschieferlagere Moränen | | Moränenwand an der Röhrlatte sowie der Ammelwand ein mächtiger Anstieg | | Alluvialebenen. | | Murenstraßen auf den Gehängen |
| | Rutschfläche (Verschiebungsfäche) | | Jüngere Fluss-terrassen. | | Ursprungsstellen der Muren. | | |

Das Muren- und Bergsturz-Gebiet des unteren Ötztales.

Nach der Originalaufnahme (1/25000) des Verfassers auf 1/3 reduziert.

Abstand der Höhenlinien 200 m.

Fällen möglich. Niedermuren entstehen hingegen häufig infolge von Kahlschlag, Lawinen oder Windbruch auf besonders tiefgründigem Schutt unten am Gehänge; der kurze Lauf kann in den allermeisten Fällen durch sachgemässe Verbauung, Beflechtung der lockeren Gehänge mit Weiden und Wiederaufforstung in ein ungefährliches Wasser-rinnsal umgebildet werden. Wegen der geringeren Ausdehnung des Schuttkegels ist die Vermurung der Felder im Thale räumlich unbedeutend und der Schaden nur dort beträchtlicher, wo der Abriss unmittelbar über einem Dorfe erfolgt.

1. Die Hochmuren. Die mit verwitterndem Gestein und alten Moränen bedeckten steilen Gehänge der Wetter- und Sebenspitze, nördlich vom Ridnauner Thalboden, waren einst oberhalb der Baumgrenze mit einer unzusammenhängenden Rasendecke belegt. Infolge von Schneeschmelzen und Wolkenbrüchen, denen sich an dem steilen Abhang manche Angriffspunkte boten, vor allem aber infolge des unausgesetzten



Abb. 5. Die Ötzer Mure
(etwas oberhalb des Ortes).

Weideganges der Schafe hat sich die Rasendecke im östlichen Theile des Gehänges gelockert; überall aber, auch westlich, wo der Zusammenhang des Pflanzenteppichs noch besser gewahrt ist, öffnen sich tiefeingerissene, schwer zugängliche Runsen. Hier nehmen die ausgedehnten, steil geneigten Schutthalden ihren Ursprung, die sich auf dem Gehänge wo die Waldbedeckung fehlt, ohne Unterbrechung bis in das Thal hinabziehen. Bei jedem stärkeren Unwetter, bei jeder Schneeschmelze, wälzen sich Muren hinab. Die verderbliche Wirkung dieser Schuttströme, von denen die grösste 1891—93 gegenüber dem Ridnauner Wirthshaus mündete, wird durch den Hauptbach gemildert, welcher den Murenhang unmittelbar begrenzt und bisher die herabquellenden Massen fortgeführt hat. Wo im unteren Theil die ursprüngliche dichte Waldbedeckung erhalten ist, fängt dieselbe Muren und Schutthalden gewissermassen auf. Den ersten Anstoss zur Muren-

bildung geben aber die über der Baumgrenze, in den zertretenen Alpenweiden, in ca. 2200—2400 *m* Höhe entspringenden Runsen.

Auch im Schladminger Unterthal, in den Niederen Tauern, im Gebiete eines leicht verwitternden Thonglimmerschiefers, ist der unausgesetzte Schaftrieb als erste Ursache der Murenbildung anzusehen. Da die Schuttrunsen 500 *m* oberhalb der Waldgrenze beginnen, kann der schutzbringende Einfluss des Waldes nur in der Einengung der in grosser Höhe entspringenden Muren gesucht werden.

Die die Kalkwände umsäumenden Schutthalden lösen sich in Muren auf; dort wo ein steileres Gehänge folgt, und je näher wir der Baumgrenze kommen, um so weniger Hindernisse stellen sich der verheerenden Ausdehnung der Schuttströme entgegen. Das Bild (4) auf Seite 13 führt uns an den Fuss der stolzen *Cristallo*-Wände oberhalb von *Tre Croci*. Die Abrissstelle der Mure liegt weit über den letzten Bäumen in den Schutthalden, welche den rechten Theil und die Mitte des Bildes einnehmen. Der ebenfalls rechts liegende Tobel tritt wenig hervor, der noch im Bereich der schütter stehenden Bäume ausgebreitete Schuttkegel nimmt den ganzen Vordergrund ein. Ebenso liegt der Ursprung der grossen Mure von Kematen im *Pfitschthal* und der der grossen *Otzer Mure* (etwas oberhalb des gleichnamigen Dorfes) in der Baumgrenze oder noch etwas höher. Die grosse Zahl der Muren im unteren Abschnitte des *Ötzthales* beruht weder auf einer besonders intensiven oder unverständigen Form der Waldnutzung noch auf der ungünstigen Beschaffenheit des Gesteines. Der vorwaltende Glimmerschiefer mit seinen eingelagerten Hornblendeschieferzügen ist keineswegs besonders weich oder leicht zersetzbar, der Gneisszug der *Eichplatte* und der gegenüberliegenden *Ärmelewand* sogar ein besonders widerstandsfähiges Gestein. Die unverhältnissmässig grosse Zahl der Muren und der Bergstürze (über letztere fehlen historische Nachrichten gänzlich) erklärt sich ausschliesslich durch die ungewöhnliche Steilheit des Gehänges. Bergstürze nehmen, wie unser *Kärtchen* (Seite 14) zeigt, zwischen der Mündung der *Ache* und der Ortschaft *Tumpen* beinahe die Hälfte der Thalfläche ein; das ausgedehnte, mit kümmerlichen Kiefern bewachsene Hügelland des *Forchet* am Ausfluss der *Ache* ist ein gewaltiger, fast ausschliesslich aus Kalkblöcken bestehender Bergsturz, der von dem südlichen Abhang des *Tschürgant* stammt und nicht nur das *Innthal*, sondern auch die ganze Mündung des *Ötzthales* ausfüllt. Da der Kalkschutt bei *Sautens* unmittelbar auf alten *Moränen* liegt, ist der Abbruch wahrscheinlich in die Zeit nach dem Abschmelzen der grossen *Gletscher* zu verlegen. Das obere, etwas kleinere Bergsturzgebiet besteht aus den gewaltigen, waldbedeckten Gneissblöcken der *Ärmelewand* und hat den *Piburger See* am Südostende aufgestaut, andererseits die Flussenge des *Gsteig* oberhalb *Otz* gebildet.¹⁾

Die Muren, welche noch jetzt periodisch den Thalboden von *Otz* verheeren, sind auf dieselbe Grundursache: die Steilheit des Gehänges, zurückzuführen, wie die Bergstürze, ihre gigantischen prähistorischen Vorläufer.

Der unmittelbar oberhalb des Ortes *Ötz* bei jedem stärkeren Regen strömende, denselben theilweise bedrohende *Wildbach* (Abb. 5) soll schon vor 200 Jahren²⁾ seine Schuttströme in das Thal gesandt haben. Dann verwuchs die im Gehängeschutt befindliche Abrissstelle, deren gefährdetste Theile, wie die Abbildung zeigt, innerhalb der Baumgrenze liegen, während die obersten Quellläste weit in die *Acherberg-* (oder *Ötzer-*) *Alpe* hinaufreichen. Im Jahre 1817 riss eine *Schneelawine* den Boden auf und vernichtete den Wald theilweise, an dessen Ausnützung in der Höhe zwischen 1800 und 1900 *m* damals natürlich Niemand dachte. Mit diesem Zeitpunkt beginnt die leider alljährlich

¹⁾ Der Abschluss des *Umhausener Beckens* ist wahrscheinlich zuerst durch die erwähnte Zone härteren Gneisses (*Achenkogel*—*Eichplatte*—*Ärmelewand*) erfolgt. Der sichtbare Rand der Thalstufe wird jedoch jetzt durch das *Blockgewirre* des Bergsturzes gebildet.

²⁾ Genauere Nachrichten fehlen, da die Urkunden bei einem Brande zu Grunde gegangen sind.

vorschreitende Verheerung des Thalbodens. Die Ötzer Mure ist u. a. dadurch wichtig, dass auf der Acherberg- (oder Otzer-) Alpe im Quellgebiete des Wildbaches einmal ein wirklicher Versuch mit dem zuweilen empfohlenen Hilfsmittel der horizontal geführten »Sickergräben« gemacht worden ist. Die Feuchtigkeit schwächerer Regen ist durch diese Gräben allerdings aufgesogen und vertheilt worden, aber bei dem ersten stärkeren Guss saugte sich der Schutt des Abhanges zuerst schwammartig voll und riss dann, zu einem der gewaltigsten Ausbrüche anschwellend, in grossen Massen ab.

In der Baumgrenze liegt ferner der westliche Quellast der Piburger Mure, sowie die Mehrzahl der Abrissstellen der oberen Sautenser Mure. Die letztere ist älter als der Otzer Wildbach und lässt ebenso wie die Mure des kleinen Acherbaches bei Tumpen eine Periodicität innerhalb mehrerer Jahrzehnte erkennen. Die Tumpener Mure brach am Südabhang der Eichplatte oberhalb Habichen am 2. Juli 1881¹⁾ plötzlich aus, nachdem 1851 hier ein ähnliches Ereigniss stattgefunden hatte. Die Gewalt des Sturzes sprengte eine vorstehende Felsecke ab, so dass ein früher verdeckter Wasserfall von der Strasse aus sichtbar wurde; ein Bauernhof ward von Blöcken und Schlamm verschüttet; Anfang August 1881 fand ein zweiter Murgang statt. Seitdem ist der Wildbach wieder ruhig geworden. Der Ursprung der Tumpener Mure, sowie derjenige von einzelnen Abrissstellen der Piburger und oberen Sautenser Mure liegt oberhalb der Grenze des geschlossenen Waldes in einem Höhengürtel, in welchem nur noch einzelne Bäume vorkommen. Grössere Schutt- oder Moränenmassen fehlen hier gänzlich, da die Steilheit des Gehänges jede dauernde Anlagerung unmöglich macht. Aber in unregelmässigen Zwischenräumen — alle 30 bis 50 Jahre — wird durch einen Wolkenbruch oder eine stärkere Schneeschmelze der aufgesammelte Schutt rein ausgefegt.

Der grösste und verheerendste Wildbach des unteren Otzthales, die oberhalb der Farstrinne entspringende Öster-Mure, entsteht ebenfalls über der Baumgrenze in einer 2200 m hoch beginnenden Schutthalde der Hohen Wasserfall-Spitze (3005 m). Zahlreiche Felder und Häuser des Dorfes Osten, darunter das Schulhaus, sind allmählig unter den Trümmern begraben worden; leider vereinigt sich hier die massenhafte Anhäufung von Gehängeschutt in grosser Höhe und die steile Neigung des Gehänges, um eine wirksame Verbauung kaum in den Bereich der Möglichkeit kommen zu lassen. Dass eine am Ausgang des Tobels errichtete, mauerartige Thalsperre nicht nur zwecklos ist, sondern unter Umständen infolge eines Dammbrechens sogar gefährlich wirken kann, ist eine längst be-

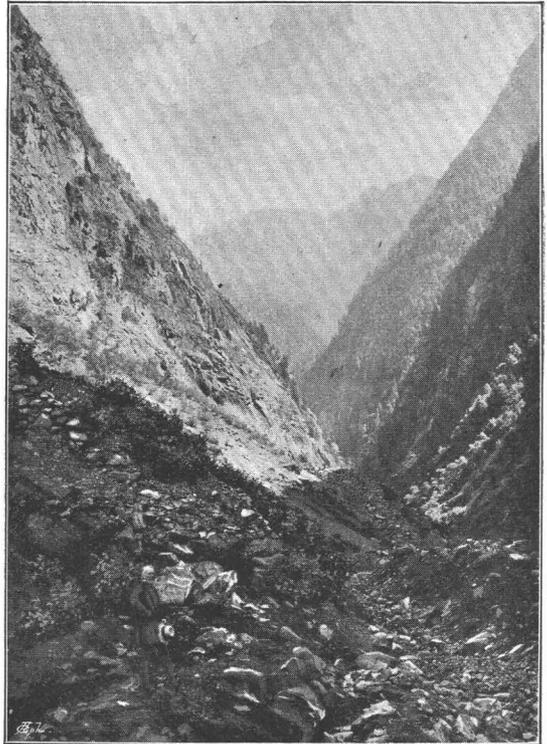


Abb. 6. Farstrinne im Ötzthal.
(Mit einer zerstörten Thalsperre im Vordergrunde.)

¹⁾ In meinen vorläufigen Bericht »Mith. des D. u. Ö. A.-V.«, 1892, haben sich leider hier einige Fehler (z. B. 9 statt 8) eingeschlichen.

kannte Thatsache¹⁾: Den Vordergrund des die Farstrinne darstellenden Bildes zeigt eine solche, durch einen stärkeren Ausbruch zerstörte, zwecklose Mauer. (Abb. 6).

2. Die Niedermuren. Die am unteren Theile des Thalgehanges entspringenden Wildbäche sind im Grossen und Ganzen weniger häufig als Hochmuren, von deren Wirksamkeit die grossen Schuttkegel fast aller Alpenthäler Zeugniß ablegen. Im Landschaftsbilde des Thalanges treten jedoch diese Gebilde viel mehr hervor, da ausser dem Tobel und dem Schuttkegel auch der Sammeltrichter sichtbar ist. Infolgedessen stellen auch die Bilder des Kottla-Wildbaches (Abb. 1, 2) eine Niedermure dar. Gewissermassen der embryonale Anfang derartiger Wildbäche sind die Dammrutschungen, die man in Bergwerkshalden und frisch aufgeschütteten Eisenbahndämmen nach heftigem Regen beobachten kann. Hier ist häufig die Gliederung in Sammeltrichter, Abflusstobel und Schuttkegel mit modellartiger Deutlichkeit zu sehen. Ähnliche kleine Abrutschungen zeigen z. B. die wiesenbedeckten Moränen des Melachthales, oberhalb der Innthalstation Kematen nach stärkeren Regengüssen.

Die in mancher Hinsicht typische Umgegend von Ötz enthält neben zahlreichen Hochmuren nur zwei Niedermuren: 1. Den kleinen Wildbach von Habichen,²⁾ der an dem steilen Abhang der Eichplatte entspringt und 1883 einige Häuser des Ortes verschüttet hat. 2. Das Dorf Ötz selbst wurde 1851 durch einen kleinen, vom Windeck stammenden, auf der Karte gar nicht angegebenen Bach zur Hälfte vermurt.

Seit man — erst von 1888 an — den unteren, gefährdeten Theil des Abhanges wieder sorgfältig aufgeforstet hat, erscheint hier jede Gefahr behoben. Bemerkenswerth ist der Umstand, dass die Schwarzföhre (*Pinus austriaca*) wegen ihres raschen und kräftigen Wachstums für derartige Zwecke am besten geeignet ist.

Sehr viel gefährlicher als diese Abschwemmungen des wenig mächtigen Gehängeschuttes³⁾ sind die Einrisse in den mächtigen Grundmoränenbildungen, welche gerade im Brennergebiet häufig die unteren Gehänge bedecken. Derartige Muren finden sich z. B. in dem von Süden her bei Sellrain mündenden Saigesthal, in welchem sich die Moränen⁴⁾ von 2100 *m* Höhe bis 1100 *m* hinabziehen. Da der Bach den Fuss der Schuttmasse unablässig benagt, sind Rutschungen und Murbrüche unausbleiblich.

Gewaltige, tief eingerissene Sammeltrichter und Tobel durchfurchen die überaus mächtigen alten Moränen oberhalb des reichen, auf einem Schuttkegel des Mittelgebirges liegenden Dorfes Götzens. Der letztere Schuttkegel stammt aus einem, in seinem Sammeltrichter als Petersbach (G. St. K. 1/25000), weiter abwärts als Geroldsbach bezeichneten Wildbach. Die höchsten Abrissstellen gehen nicht viel über 1400 *m* hinauf. Bisher ist es den Bauern in Götzens noch gelungen, ihr Dorf und ihre Felder durch eine mächtige, bis 15 *m* hohe Steinmauer zu schützen und den Wildbach östlich entlang dem Berghange abzuleiten.

Hinsichtlich ihres geologischen Ursprunges vergleichbar sind die in Moränen entstehenden Muren im unteren Pfitschthale, zwischen Tulfer und Alvens, ferner im Pflerschthale die an der Mündung des Vall Ming, des Laturner und Tofringer Baches ausbrechenden kurzen Wildbäche.

¹⁾ Vergleiche z. B. Neumayr-Uhlig, Erdgeschichte I, p. 469—473. Der angeführte Abschnitt enthält die ausführlichste und anschaulichste Darstellung des Murenphänomens, welche bisher in einem Handbuch veröffentlicht wurde.

²⁾ Der Verlauf desselben konnte auf der die Muren von 1892 darstellenden Kartenskizze nur in ungefähren Umrissen wiedergegeben werden. In dem vorläufigen Bericht (Mith. des D. u. Ö. A.-V. 1892) ist statt Habichen versehentlich Tumpen geschrieben.

³⁾ Eine ähnliche Abrutschung wurde z. B. im Schwarzwaldbach am Südgehänge des Pflerschthales beobachtet. Hier findet sich ein Erdschlipf innerhalb eines schütterten Waldes auf dem vorherrschenden, von wenig Schutt bedeckten Glimmerschiefer. Dieser hat zuletzt bei einem Wolkenbruch im August 1893, vorher 1886, gemurt.

⁴⁾ Nach den Beobachtungen von Dr. R. Michael.

Der nördliche (Gschntzer) Abhang des Nösslacher Joches ist bis weit hinauf mit altem, oberflächlich verwaschenem Moränenschutt bedeckt, der eine bedeutende Mächtigkeit besitzt und wegen steiler Neigung des Gehänges murengefährlich ist. Während der Frühjahrs-Schneesmelze saugt sich dieser Schutt voll Wasser und rückt langsam abwärts. Ansätze zur Murenbildung, Abrutschungen und Spalten sind trotz des dichten Waldbestandes schon mehrfach eingerissen. Insbesondere hat ein Schneefall Anfang Juli 1891 und das demselben folgende rasche Abschmelzen einige grössere Erdschlipfe hervorgerufen, die jedoch bis zum Jahre 1894 noch keinen gefährdrohenden Umfang angenommen haben. Die sehr viel ausgedehnteren Moränen der Obernberger Seite lagern auf flacherem Gehänge und sind daher trotz der weit vorgeschrittenen Entwaldung nicht von der Murengefahr bedroht.

Eine Reihe besonders gefährlicher Niedermuren brachte ein Wolkenbruch am 22. und 23. August 1891 über die Gegend von Tarvis und Arnoldstein¹⁾ in Kärnten. In Untertarvis stürzten sechs Häuser ein, Arnoldstein wurde zum Theil überschwemmt, zum Theil verschottert und die Strecken Tarvis—Pontafel sowie Tarvis—Kronau (Lai-bacher Linie) der Staatsbahn unfahrbar gemacht.

Das zu Ende der achtziger Jahre von mir geologisch genau aufgenommene Gebiet ist dicht bewaldet und schon infolge der grossen Ausdehnung des staatlichen Forstbesitzes in dieser Hinsicht wohl bewirthschaftet. Nur die ganz ungewöhnlich ungünstigen Boden- und Abflussverhältnisse erklären derartige Erscheinungen, lassen aber andererseits den Schluss berechtigt erscheinen, dass verheerende Niedermuren, wie die von Tarvis und Arnoldstein, auf wenig ausgedehnte Gebiete beschränkt sind.

Die Gegend zwischen Tarvis und Arnoldstein, d. h. die westlichen, niedrigen Ausläufer der Karawanken, sind durch enorme Anhäufungen von vorwiegend kalkigen Grundmoränen ausgezeichnet, die der alte julische, nach Nord abfliessende Hauptgletscher hier hinterlassen hat. Die räumliche Ausdehnung der Moränen kommt der des anstehenden Gesteines ungefähr gleich. Der Seltshacher-, bei Arnoldstein ausmündende Wildbach und der ebenfalls murengefährliche Weissenbach bei Goggau durchfliessen in ihrem Unterlaufe ausschliesslich mächtige Moränenmassen. Weniger ausgedehnt, aber in bedrohlicher Lage unmittelbar oberhalb des Marktes Untertarvis sind die Terrassenschotter eines nach der Eiszeit entstandenen Sees, der durch die erwähnten Moränen aufgedämmt wurde. Der Abfluss dieses ehemaligen Sees ist der heutige Gailitzbach mit seinen steilen, cañonartig eingeschnittenen Wänden und seiner noch unentwickelten Gefällscurve. Diese unausgeglichene Curven des Abflussprofils und die starke Ansammlung loser Massen in dem unteren, von steilen Gräben durchfurchten Theile des waldbedeckten Gehänges erklären die verheerende Wirkung der allerdings ungewöhnlich starken Wolkenbrüche von 1891.

Zu den Niedermuren gehören die Schuttströme, welche im Zauchenthale (einem Parallelthal des obersten Ennstales) südwestlich von Radstadt in einem ungewöhnlich ausgedehnten Moränengebiet entspringen; dasselbe bedeckt die ganze Vorlage der Radstädter Tauern und erstreckt sich vom Laheitberge bis Hinterwies und Schenkenreith, sowie nördlich bis Reit und Gottfried; weiter oben im Zauchenthale ist Gehängeschutt auf steilgeneigter Unterlage ein nicht weniger gefährliches Ursprungsgebiet. Der Ursprung all dieser Muren liegt unterhalb 1300 m in dicht bestandenen, wohlgepflegtem Walde.

Man hat hier zunächst den auf das Gehöft Hinterwies zustrebenden Wildbach durch einen starken Steindamm abgelenkt und sodann das Gefälle im Thalwege durch einige massiv im Bachbette aufgemauerte Stufen unterbrochen. Hand in Hand

¹⁾ Toula, Über Wildbachverheerungen, Wien 1892, p. 536 ff., giebt einen sehr eingehenden, durch zahlreiche Abbildungen erläuterten, auf eigener Anschauung beruhenden Bericht.

hiermit gieng die Befestigung der Abrutschstellen durch Weidengeflecht und An-schonung. Durch diese Maassnahmen wurde der Schotter zum Theil im Gehänge zurückgehalten, zum Theil im Bachbett zur Ablagerung veranlasst. Weitere Arbeiten waren im Ennsthal nöthig, wo der geschiebefreie Bach geradegelegt und auf Brücken über die tiefer liegenden Wasserläufe der Moorwiesen hinweggeleitet werden musste.

Im Zauchenthale erfolgte der letzte grössere Ausbruch am 2.—5. August 1895 infolge andauernden Regens. Eine Verbauung unter Heranziehung von Sträflingen fand 1895 und 1896 statt. 1897 trat keine grössere Verheerung ein, während gleichzeitig die wenig entfernte Mandling bei der gleichnamigen Station den Eisenbahndamm fortriss und das Ennsthal weithin vermurte.

Dass bei Anwendung der entsprechenden Geldmittel und Befolgung des im Dauphiné erprobten Systems auch die gefährlichsten Niedermuren verbaut werden können, dafür liefern u. a. die bei Mauterndorf, Oberdrauburg und Kötschach im Gailthale erzielten Erfolge den Beweis. Bei Kötschach gefährdete ein verhältnissmässig kurzer, den leicht verwitternden Grödener Sandstein durchfurchender Wildbach den Ort, wurde aber schon Ende der achtziger Jahre vollständig gebändigt. Fast noch ungünstiger lagen die Gesteins- und Abflussverhältnisse bei dem Oberdrauburg durchfliessenden Wildbach. Ein bei Regenwetter stark anschwellender Bach, dessen Ursprung im harten Urgebirge liegt, durchquert in seinem Unterlauf einen schmalen, steilwandigen Cañon, dessen Wände aus vollkommen zerquetschten, steilgestellten Kalkmergeln bestehen. Der häufige Wechsel von kalkigem, thonigem und erdigem (dolomitischem) Gestein stellte hier der Verbauung des Bachbettes und der Bepflanzung der Hänge scheinbar unüberwindbare Hindernisse entgegen, die aber trotzdem besiegt worden sind.

Bei allen, selbst den gefährlichsten Formen der Niedermuren ist eine Verbauung dadurch erleichtert, dass in dem verhältnissmässig kleinen Niederschlagsgebiet die Menge des fallenden Regenwassers gering und die Möglichkeit einer steten Beaufsichtigung gegeben ist; ebenso sind die durch die Schneeschmelze drohenden Gefahren unten im Thal wesentlich vermindert.

IV. Eigenthümliche Ausbildungsformen der Muren.

Eismuren und vulcanische Schlammströme. Abgesehen von den bisher betrachteten Muren, unter denen die embryonaler entwickelten die Entstehungsart meist deutlicher erkennen lassen als die grösseren Wildbäche, finden sich eigenthümliche Ausbildungsformen in gletscherreichen Gebieten und in lockeren, vulcanischen Aschenschichten: Eismuren entstehen dort, wo infolge irgend eines äusseren Anstosses (Erdbeben von Achurý, Unterspülung der Gletscherbasis des Altels, Wasseransammlung innerhalb eines Gletschers) ein Gletschersturz eintritt und die aus Eis, Wasser, Erde und Blöcken bestehende Masse mit elementarer Gewalt losbricht. Die grössten Verwüstungen entstehen allerdings nur, wenn der Eisschuttstrom einen Bach aufstaut, dessen Wasser schliesslich den Wall durchbricht. Als der einfachste und am wenigsten gefährliche Fall ist die sofortige Umlagerung der Moräne auf steilem Gehänge anzusehen (Abb. 7).

Vulcanische Schlammströme bilden sich durch die häufig eine Eruption begleitenden starken Regengüsse oder durch das Schmelzen des Gletscherschnees hoher Vulcanberge vor einem Ausbruch; die losen Aschen- und Staubmassen, welche die thätigen Vulcanberge vorwiegend zusammensetzen, bilden das Material.

Das bekannteste Beispiel einer vulcanischen Schlamm-Katastrophe ist die Verschüttung von Pompeji. Ähnliche Erscheinungen sind mehrfach in den Anden Südamerikas beobachtet worden, wo als Vorbote eines vulcanischen Ausbruches der Firn plötzlich schmolz und die Wassermassen auf ihrem Wege thalabwärts sich durch Aufnahme vulcanischer Asche in einen Schlammstrom umwandelten.

Während die letztgenannten Erscheinungen in den Alpen fehlen und dem Zwecke unseres Aufsatzes somit fernliegen, gehören die Eismuren zwar zu den selteneren, aber wegen des Maasses der Zerstörung, die sie verursachten, besonders eindrucksvollen Ereignissen.

In keiner Art katastrophenähnlich, aber für das Verständniss geologischer Vorgänge wichtig, erscheint die Umlagerung der Endmoränen an den Trafoier Gletschern. Dass die losen, von den abschmelzenden Gletschern hinterlassenen Moränen auf steilem Gehänge ein für die Entstehung von Muren besonders geeignetes Material bilden, ist ohne weiteres klar und wird durch einen Blick auf das schöne Bild der Trafoier Gletscher veranschaulicht. Zur Ablagerung von Moränen kommt es hier nirgends — abgesehen von einer in der Mitte rechts oben hervortretenden Seitenmoräne. Der gesammte, sonst als Stirn- und Grundmoräne abgesetzte Schutt wird von den wildbachartigen Schmelz-Wässern thalwärts geführt und als Schuttkegel am Fuss der Wände abgelagert. Die Abbildung 7 giebt einen guten Begriff von den Vorgängen der Umlagerung, welche vielfach das Abschmelzen der riesigen diluvialen Gletscher begleitet haben (siehe unten p. 25).

Als ein reiner Gletscherabbruch ist die in der Nähe des Gemnipasses erfolgte furchtbare Altelskatastrophe anzusehen, die in wenigen Augenblicken ein blühendes Alpenthal in eine Eiswüste verwandelte.¹⁾ Der Ort des Ereignisses ist ein Hochthal von 2 km Länge und 1 km Breite, begrenzt im

Osten durch das Massiv des Altels, des Balmhorns und des Rinderhorns, im Westen durch einen die Thalsole nur um 300 m überhöhenden Felsgrat, der vom Gallihorn gegen die Weisse Fluh hinzieht. Um 4 Uhr 43 Min. morgens am 11. September 1895 löste sich ein Theil, etwa zwei Drittel des Daches, von dem Hochfirn, welcher dem Altels sein bezeichnendes Aussehen verleiht, ab und stürzte, in seinem Lauf alles ver-



Abb. 7. Trafoier Gletscher vom Weissen Knot.

¹⁾ Vergl. Mitth. d. D. u. Ö. A.-V. 1895, p. 243, denen die folgende Darstellung entnommen ist.

heerend und verwüstend, thalwärts. Die Sturzhöhe wurde mit rund 13—1400 m gemessen (Abbruchstelle ca. 3300 m, Thalsohle 1950 m). Die stürzende Masse betrug nach A. Heim's Berechnung 4 Millionen Kubikmeter. Die Ursachen der Katastrophe liegen, abgesehen von dem geologischen Bau des Altels, in dem vorhergegangenen abnorm warmen Sommer: Sickerwässer unterhöhlten den Firn und die geringe Reibung zwischen demselben und dem glatten, nur von wenigen Schieferbänken durchzogenen Kalk war nicht imstande, dem enormen Gewicht der abwärts dringenden Firnmasse Stand zu halten. Die Wucht des Sturzes muss gewaltig gewesen sein. Der der Sturzbahn gegenüberliegende, die Thalsohle um ca. 300 m überragende Gallihorn-Weissfluhgrat war vollkommen mit Eistrümmern und Schutt bedeckt. Leider sind der Katastrophe, deren materieller Schaden auf 150000 Frs. beziffert wird, auch sechs Menschenleben zum Opfer gefallen. Bereits gegen Ende des vorigen Jahrhunderts hat, wie die Nachforschungen ergeben, ein ähnlicher Absturz dasselbe Hochthal betroffen.

Wahrhaft ungeheuerliche Formen nehmen die murenartigen Hochwasserfluthen dort an, wo durch einen Gletscher der Hauptbach abgesperrt wird und der Stausee sich nach Durchnagung der Sperre verwüstend über die Fluren und Dörfer des Thales ergiesst.

Die bekanntesten Beispiele aus den Alpen sind die Vorstösse des Vernagtferners und die Rückzugsbewegungen der Gletscher des Martellthales, welche ganz ähnliche Aufstauungen hervorriefen.

Die schon häufig dargestellte Geschichte der Ausbrüche des Vernagtferners ist den Mitgliedern des D. u. Ö. A.-V. durch die vor kurzem veröffentlichte, mustergültige, abschliessende Monographie S. Finsterwalder's wieder nahe gerückt worden¹⁾ und braucht daher hier nicht von neuem behandelt zu werden. Auch die Abwehrmittel gegen die Ausbrüche sind in jenem Werke von neuem kritisch besprochen worden.

Der Langen- und der Zufallferner im obersten Martellthal waren vor dem allgemeinen Gletscherrückgang vereinigt und bedingen jetzt in ihrer Trennung dieselben Stauungserscheinungen, wie der Vernagtferner während seines Vorstossens. Die von Ed. Richter und S. Finsterwalder (diese Zeitschrift 1890, p. 21—34) veröffentlichten Beobachtungen thun dar, dass der Zufallferner die Abflüsse des Langenferners zu einem Eissee aufstaut, dass die Wassermassen periodisch durch Gletscherthore des ersteren ausbrechen und verheerende, murenartige Hochfluthen im Martell- und Etschthal zur Folge haben. Die Zweifel, welche über diese Art der Entstehung noch möglich waren, wurden durch die übereinstimmenden Wahrnehmungen des Jahres 1891 zerstreut.²⁾ Die minder gefährlichen Hochfluthen des Martellthales spielten sich nach S. Finsterwalder (l. c. p. 21) folgendermaassen ab. Ende Frühling, wenn in höheren Lagen die Schmelzung des Winterschnees am ergiebigsten ist (11. Juni 1888; 5. Juni 1889) tritt urplötzlich, ohne irgend ein atmosphärisches Ereigniss, bei heiterem Himmel ein mächtiges Wachsen des Thalbaches der Plima ein; der Bach wächst über das gewöhnliche Hochwasser hinaus und sinkt nach einer halben Stunde in sein Bett zurück, nicht ohne tiefgreifende Spuren zu hinterlassen. Neuerdings ist durch zweckmässige Anlage einer Thalsperre weiteren Gefahren vorgebeugt.

Die furchtbarsten Ausbrüche, von denen wir Kunde haben, betreffen das Achurythal am Grossen Ararat und den Devdorok-Gletscher am Nordostabhange des Kasbek im centralen Kaukasus.

Die durch den 1832er Ausbruch des Devdorokgletschers in Bewegung gesetzten Schuttmassen, die hausgrossen Felsblöcke, welche in der »kalten Lava« thalab geschafft wurden, finden ihr Analogon nur in den Moränen und Findlingen der Eiszeit. Weit oberhalb der heutigen Grusinischen Heerstrasse bemerkt der Wanderer

¹⁾ Wissenschaftliche Ergänzungshefte zur Zeitschrift des D. u. Ö. A.-V., I.

²⁾ Toula, Wildbachverheerungen, p. 544 ff.

noch jetzt, 1897, am Gehänge einen Weg,¹⁾ der den bis 90 *m* Höhe aufgedämmten See umgieng und unterhalb des Staudammes steil in das Thal hinabführt.

Eine Ausfüllung des Terekthales bis zur Maximalhöhe von 90 *m* und eine Vermurung des Thalbodens bis zur Länge von 2 *km*, den Transport von 15 Millionen *cbm* fester Stoffe, darunter des berühmten Yermolow-Blockes bei Lars (mit einem Inhalt von 5655 *cbm*²⁾), das sind die Wirkungen der grössten Eismure, von der wir aus historischer Zeit Kunde besitzen. Wohl ebenso erstaunlich ist die Erosionskraft des Terekflusses, der in etwa 70 Jahren den Damm bis auf wenige Reste beseitigt hat.

Die Vorgänge der Aufdämmung sind dieselben wie bei den Ausbrüchen des Vernagtferners. Der bei 3600—3900 *m* beginnende und bis 2300 *m* hinabreichende, 2300 *m* breite Devdorok-Gletscher dehnt sich während einer Vorstossperiode bis zur gegenüberliegenden (linken) Seite des in den Terek mündenden Kabakhithales aus. Eine locale Verengerung desselben von 350 auf 30 *m* macht die Aufdämmung möglich. Die oberhalb des Eisdammes gesammelten Schmelzwässer des Gebirges brechen schliesslich durch und bilden eine aus Wasser, Eis, Schlamm und Blöcken bestehende Hochfluth, die zunächst den Terek zu einem zweiten See staut und dann zum zweiten Male ausbricht. Glücklicherweise beschränken sich bei der Spärlichkeit der Bevölkerung im oberen Terekthale die Wirkungen wesentlich auf die Zerstörung der Militärstrasse. Neuerdings befindet sich der Devdorok-Gletscher wieder im Vorrücken.

An Grossartigkeit findet dieser Ausbruch nur in der Eismure von Achurý am Ararat ein Seitenstück.

Der 1846 durch ein Erdbeben verursachte Gletscherabbruch von Achurý (nicht Arguri) am Grossen Ararat in Armenien ist den Lesern der Zeitschrift durch die lebendige Schilderung in dem Aufsätze Neumayr's über Bergstürze (diese Zeitschrift 1889, p. 49) bekannt. Auch hier verursachte die Aufstauung und der Ausbruch eines Sees die furchtbarsten Verheerungen. Ich kann aus eigener Anschauung der Gegend hervorheben, dass die Oberflächenformen des Berges auf eine Periodicität des Ereignisses hinweisen. Der halbkreisförmige, von Gletschern umsäumte Einriss des Jacobs-thales am Masis³⁾ ist der gewaltigste Einschnitt auf dem östlichen und nördlichen Gehänge des stolzen Berges; der bis Aralych reichende, enorme Schuttkegel besitzt eine der Tiefe der Schlucht entsprechende Breite und kann nur durch häufig wiederholte Ausbrüche gebildet worden sein. Der grösste, auf etwa 6—7000 *cbm* geschätzte Felsblock, welcher von der aus Eis, Schlamm und Wasser bestehenden Masse mitgerissen wurde, entspricht in seinen Verhältnissen ungefähr dem genau gemessenen Yermolowsteine des Terekthales; in diesem Gewicht scheint also eine Art von Maximalgrenze der von Eismuren bewegbaren Blöcke zu liegen.

Eine ganz andere Grundursache, die Ansammlung einer Wassermasse inmitten des Gletschereises, liegt der Katastrophe von St. Gervais zu Grunde; die hauptsächlichliche Überschwemmung und Vermurung ist allerdings auch hier durch Verstopfungen innerhalb des Abflusscanals und den Ausbruch der aufgestauten Wasser- und Schlammengen verursacht worden.⁴⁾

Das Bad St. Gervais an der Arve, westlich vom Mont Blanc, wurde am 12. Juli 1892 zwischen 1 und 2 Uhr nachts von einer furchtbaren, Schlamm und

¹⁾ Der Weg war für die Excursion des internationalen Geologencongresses mit einer sehr deutlichen weissen Markierung versehen worden.

²⁾ Loewinson-Lessing, XXII Guide des Excursions des VII Congrès géologique, p. 12 und 16. Der in Flussalluvium liegende Block besitzt 29 *m* Länge, 15 *m* Breite und 13 *m* Höhe.

³⁾ Der armenische ortsübliche Name des Grossen Ararat.

⁴⁾ J. Vallot, A. Delebecque u. L. Duparc, Arch. Science physique et naturelle, XXVIII, 1892, p. 177—202. Man vergleiche vor allem Toula, Vorträge des Vereins z. Verbreitung naturwissensch. Kenntnisse in Wien, XXXIII, Heft 14, p. 27.

Steine in Masse herabführenden Wasserfluth verheert. Ein kleiner, im Rückzug begriffener Gletscher an der Tête Rouse hat durch einen merkwürdigen, in einer Höhe von 3200 *m* erfolgten Abbruch den ersten Anstoss zu der furchtbaren Verheerung gegeben. Bei einer acht Tage nach dem Ausbruche erfolgten Untersuchung der Abbruchstelle fand man an der Stirnseite des Gletschers eine fast senkrechte Eiswand von 40 *m* Höhe, die einen Halbkreis von ca. 100 *m* im Durchmesser bildete. In der Mitte der Wand lag eine Höhle, eine Art Gletscherthor von 20 *m* Höhe und 40 *m* Breite, aus der das Wasser hervorgebrochen war. Die Masse des aus dem Gletscher herausgeströmten Wassers wird auf 100000 *cbm*, die abgebrochene Eismasse auf beinahe ebensoviel (90000 *cbm*) geschätzt. Räthselhaft und bisher ohne Analogon ist die Anhäufung einer solchen Wassermenge im Innern eines wenig ausgedehnten Gletschers.¹⁾ Bis zum Dorfe Bionnassay hatte die aus Wasser, zertrümmertem Eis und mitgerissenem Moränenschutt bestehende Mure Raum zur Fortbewegung und Ausbreitung; die Zerstörung beschränkte sich daher auf das Fortreissen der Ufer, während das Dorf selbst unbeschädigt blieb.

Unterhalb Bionnassay folgt die enge, 2—3 *km* lange, durchschnittlich unter 16° geneigte Schlucht, welche unsere Abb. 8 darstellt.²⁾ Hier erfolgten die stärkste, bis auf den Steingrund hinabreichende Erosion und andererseits, besonders am Ausgange der Schlucht, vorübergehende Stauungen, welche ein Ansteigen der Muren bis auf 30—35 *m* Höhe bedingen. (Die Ähnlichkeit mit den Vorgängen in der Terekschlucht, wo die gestaute Masse allerdings die dreifache Höhe erreichte, ist augenfällig.)

Trotzdem wurde das unterhalb der Schlucht liegende Dorf Bionnay nur zum Theil zerstört. Aber weiter abwärts folgt eine zweite Enge, die Schlucht von St. Gervais, wo eine zweite Stauung und ein zweiter, von grösserer Zerstörung begleiteter Durchbruch erfolgte. Hierbei wurden die Gebäude des Bades St. Gervais bis zum ersten Stockwerk verschüttet, ein Theil des Weilers Fayet verheert, der Thalboden 3¹/₂ *m* hoch vermurt und Blöcke bis 200 *cbm* Inhalt in Bewegung gesetzt; der Verlust an Menschenleben war ebenfalls ungewöhnlich hoch (ca. 150 Personen).

V. Die Bedeutung der Muren für die Oberflächenform des Gebirges.

Die in der Gegenwart glücklicherweise seltenen Erscheinungen der Eismuren wurden an der Hand vorliegender Berichte und eigener Beobachtungen eingehender gewürdigt, da sie das Verständniss der Vorgänge der Vergangenheit vermitteln. Die erheblichen Schwankungen der Gletscher, die Vorstoss- oder Rückzugsbewegungen werden häufig von murenartigen Gletscherstürzen begleitet: die Katastrophen des Altels, des Martellthales und des Tête Rouse-Gletschers erfolgten bei rückschreitender, die des Devdorok- und Vernagt-Gletschers bei vorschreitender Bewegung der Eismassen. Bei stationärem Gletscherstand sind derartige Ereignisse niemals beobachtet worden. Das in mannigfachen Ruhepausen und gelegentlich erneuten (»postglacialen«) Vorstössen unterbrochene Abschmelzen der diluvialen Riesengletscher dürfte also von zahlreichen Ausbrüchen von Eismuren begleitet gewesen sein.

Ebenso ist die Zeit nach dem Abschmelzen der Gletscher durch grössere Häufigkeit der eigentlichen Wildbäche gekennzeichnet.

Der Rückzug der grossen Gletscher hat die Alpen in einem Zustande schauerlicher Verwüstung gelassen; der grösste Theil des Gebirges dürfte dem Bilde entsprochen haben, welches uns angesichts des verlassenen Bettes des Vernagtletschers Finsterwalder

¹⁾ Forel hat daher auch die Meinung ausgesprochen, die Katastrophe sei einfach durch Absturz des Stirnendes des Gletschers, wie am Altels, erfolgt.

²⁾ Für die Überlassung der photographischen Vorlage sei an dieser Stelle Herrn Hofrath Prof. Dr. Toula bestens gedankt.

mit bezeichnenden Worten entrollt: »Über 2 *km* weit zieht sich ein breites, felsdurchsetztes Schuttfeld von abschreckender Öde und Wildheit empor Bei anhaltendem Regen kommt unheimliches Leben in die starre Landschaft. Muren durchfurchen die abschüssigen Schutthalden, losgewordene Moränenblöcke rollen zu Thal und am Abbruch der Zwerchwand sausen zahllose Felstrümmer hernieder und schlagen mit lautem Getöse auf den Blockhalden auf. Im Frühsommer, zur Zeit der Schneeschmelze, ist hier kein Fussbreit Boden, über den nicht Lawinen fegen.«¹⁾

Vergleicht man die gewaltige Ausdehnung der Schuttkegel in den Alpenthälern mit der Häufigkeit der Murbrüche in der Gegenwart, so ergibt sich die naheliegende und schon mehrfach hervorgehobene Folgerung, dass die Mehrzahl der Schuttkegel in



Abb. 8. Schlucht unterhalb Bionassay mit den Resten der 30—35 m hoch ansteigenden Mure.

ihrer Entstehung und ihrem hauptsächlichlichen Wachsthum älter sind, als die geologische Jetztzeit: Die jeweilig von den einstigen Riesengletschern verlassene Zone des Gebirges zeigte in gewaltiger Vergrößerung das Bild des von dem Vernagtgletscher verwüsteten Landes und bot somit die besten Vorbedingungen für die Entstehung der Muren. Erst nachdem der in labilem Gleichgewichte auf dem Gehänge zurückgelassene Gletscherschutt durch Wildbäche in die Tiefe geschafft und in Kegelform abgelagert war (Abb. 7, Trafoier-Gletscher), bot sich die Möglichkeit der Entstehung einer zusammenhängenden Pflanzendecke, von Wiesen und Wäldern. Andererseits enthalten die Schuttkegel der grossen Alpenthäler den besten, sumpffreien Boden und tragen bei weitem die Mehrzahl der menschlichen Ansiedelungen, wie der Augenschein ebenso wie die statistische Zusammenstellung lehrt.

¹⁾ Der Vernagtgletscher, Wissenschaftliche Ergänzungshefte zur Zeitschr. des D. u. Ö. A.-V. I., p. 78.

Die Verwüstungen der gegenwärtigen Wasser- und Eismuren dürfen somit die günstige Einwirkung nicht ganz vergessen machen, welche die Wildbäche in der jüngsten geologischen Vergangenheit auf den Pflanzenwuchs und die Besiedlungsfähigkeit des Hochgebirges ausgeübt haben.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die ausserordentliche Mannigfaltigkeit des Muren-Phänomens, von dessen Ausbildungsformen auf dem beschränkten Raum nur einige wenige Beispiele gegeben werden konnten, beruht in erster Linie auf der verschiedenartigen Beschaffenheit des geologischen Untergrundes. Sieht man von den mannigfachen Entwicklungsformen der »Eismuren« ab, so sind die Unterschiede, welche das Böschungsverhältniss sowie die Menge und Vertheilung der atmosphärischen Niederschläge bedingen, mit der Vielgestaltigkeit der geologischen Verhältnisse nicht entfernt zu vergleichen.

Als Vorbeugungsmittel gegen die Entstehung von Muren, d. h. zur Entscheidung der Frage, wo der Wald ohne Furcht vor Schaden geschlagen werden kann, wo eine beschränkte Ausnützung möglich, und wo ein unbedingter »Bann« erforderlich ist, erscheint vor allem eine genaue geologische Karte nothwendig. Das Lesen derselben, die Benützung für praktische Zwecke wird dadurch erleichtert, dass, wie die obigen Ausführungen zeigen, als murengefährlich im Wesentlichen nur die losen, aufgelagerten Massen¹⁾ zu bezeichnen sind. Leider sind die für die Ostalpen in erster Linie in Betracht kommenden Spezial-Karten der k. k. geologischen Reichsanstalt nicht nur schwer zugänglich,²⁾ sondern auch ihrem Werthe nach, entsprechend dem langsamen Fortschritt der Untersuchungen in einem gewaltigen Gebiete sehr ungleich.

Die geologischen Untersuchungen des D. u. Ö. A.-V., die Aufnahme des Karwendelgebirges und die neuerliche Untersuchung des Brennergebietes sind somit nicht nur für die wissenschaftliche Kenntniss der Gebirge, sondern auch für praktische Zwecke bedeutsam.

Die wichtigsten Ergebnisse unserer Studien lassen sich kurz in Folgendem zusammenfassen:

I. In praehistorischer Zeit, während und nach dem Abschmelzen der diluvialen Gletscher, war die transportierende Thätigkeit der Muren eine der Vorbedingungen für die Festlegung der beweglichen Schuttmassen, für die Entstehung einer Pflanzendecke und somit für die spätere Besiedelung des Gebirges.

II. 1. Die hauptsächlichsten und dauernden Verwüstungen verursacht im Gebirge weniger das Hochwasser, als vielmehr die von demselben bewegten Schuttmassen.

2. Die das »Wasser bindende« Kraft eines gut gepflegten Waldes ist nur für die regelmässigen Schmelzwasser- und Regenperioden ausreichend, aussergewöhnlichen Hochfluthen gegenüber fast belanglos.

3. Die Zurückhaltung des Gebirgsschuttes an seinen ursprünglichen Lagerungsstätten oder an geeigneten Stellen der Thäler ist die Hauptaufgabe der technischen Regulierung.

4. Hiefür ist, — abgesehen von den nothwendigen baulichen und forstlichen Erwägungen — in erster Linie die vollständige Kenntniss der vorhandenen Schuttmengen, oder mit anderen Worten, eine möglichst genaue geologische Aufnahme des Gebirges nothwendig.

¹⁾ Durch Benutzung geeigneter geologischer Karten kann sowohl der Entstehung von Muren vorgebeugt, als auch dem Ingenieur bei der Verbauung von Murgängen wichtige Hilfe geleistet werden.

²⁾ Die Vervielfältigung durch Handcolorit auf Grundlage der G. St. K. $\frac{1}{75000}$ erfordert eine Bestellung mehrere Monate vor dem Gebrauch. Allerdings wurde neuerdings mit der Veröffentlichung gedruckter geologischer Karten begonnen.