

2. Der Bergsturz von Elm.

VON HERRN A. ROTHPLETZ in Zürich.

Hierzu Tafel XXI.

Am Abend des 11. September 1881, kurz nach 5 $\frac{1}{2}$ Uhr, ereignete sich am Plattenberg bei Elm im Sernfthale (Canton Glarus), nachdem kurz vorher schon zweimal sich bedeutendere Massen hauptsächlich von lockeren Felsblöcken und Waldboden abgelöst hatten und mit verheerender Gewalt den Berg hang heruntergestürzt waren, ein Felssturz von solcher Stärke, dass schon nach wenigen Sekunden gegen 60 Hektaren fruchtbaren Landes, 83 Häuser und 115 Menschen unter einer mächtigen Schuttdecke begraben lagen.

Einzelheiten der Schreckenscene sind mündlich und schriftlich viel besprochen und beschrieben worden; aber eine eingehende und gründliche Darstellung des ganzen Ereignisses wurde erst vor Kurzem in einer Broschüre, betitelt „Der Bergsturz von Elm“¹⁾, von Pfarrer Buss und Prof. HEIM gegeben. Jeder der beiden Autoren hat einen Theil verfasst: derjenige von Buss giebt zuerst eine kurze Schilderung von Elm vor dem Bergsturze und dann eine Zusammenstellung von Aussagen, welche ihm 18 Augenzeugen des Bergsturzes gemacht haben, und die Buss zu einem anschaulichen Bilde des Ganzen zusammenfasst, dem er noch die Aufzählung der Getödteten, der angerichteten Schäden u. s. w. folgen lässt. Dieser Theil ist rein beschreibender Natur, anders der zweite Theil, welcher über die Ursachen und weiteren Folgen des Sturzes, insbesondere aber auch über „die Art der Bewegung der Massen“ handelt und HEIM zum Verfasser hat.

Nur letzterer Gegenstand gehört zum Gebiete der Geologie, und er allein kann uns in Folge dessen an dieser Stelle interessiren. Der Grund, warum wir ihn einer nochmaligen Besprechung unterziehen, liegt darin, dass wir die Ueberzeu-

¹⁾ Der Bergsturz von Elm, Denkschrift von E. Buss, Pfarrer in Glarus und ALBERT HEIM, Professor in Zürich. Verlag von J. WURSTER in Zürich 1881. Mit Karten, Profilen, Lichtdruckbildern und Photographien sowie einer lithographischen Ansicht.

gung gewonnen haben, eine andere Auffassung der Massenbewegung lasse sich besser auf die festgestellten Thatsachen gründen und erkläre leichter alle näheren Umstände, während HEIM's Erklärung physikalisch nur schwer deutbar und in einigen wesentlichen Punkten mit den Aussagen der Augenzeugen nicht in Uebereinstimmung ist.

Das Bedürfniss einer scharfen Charakterisirung des Vorganges in physikalischer Beziehung braucht wohl nicht erst einer besonderen Rechtfertigung. Die geologischen Vorgänge physikalisch und chemisch zu erklären, ist ja gerade eine unserer hauptsächlichsten Aufgaben. Wir beginnen daher ohne Weiteres mit unserem Thema, welches wir in drei Abschnitten behandeln wollen, wie sich dieselben naturgemäss aus Vorstehendem ergeben.

I. HEIM's Erklärung der Massenbewegung und deren physikalische Schwierigkeiten.

Von den dem Hauptsturze vorausgehenden kleineren Stürzen wird hier nicht gehandelt. Ihre Erklärung bietet keinerlei Schwierigkeiten, und Meinungsdivergenzen existiren betreffs derselben nicht.

Seine Auffassung der Massenbewegung während des Hauptsturzes präcisirt HEIM (pag. 147) dahin¹⁾:

„1. Die abgetrennte Berggrinde bricht dem Abhange parallel über denselben herunter bis zum kleinen Plateau vor dem Plattenberg.“

„2. Von dem letzteren, das wie ein Gesimse wirkt, fliegen oder spritzen die Felsmassen zuerst horizontal frei durch die Luft bis auf den nördlichen Theil des Unterthales.“

„3. Die vorderen Schuttmassen, auf den Boden aufprallend und zugleich von den nachfolgenden weggeschnellt, fliegen theils an den Düniberg, theils, von dessen Gehängen abgelenkt, thalauswärts, wo sie in pfeilschnell gleitender Bewegung den ganzen Schuttstrom bilden. Die im Sturze hintersten Fels-trümmer bleiben auf dem Unterthal als grösster Schutthaufen liegen.“

„Vom oberen Abriss bis an das untere Ende des Schuttstromes haben die dort liegenden Blöcke einen Weg von etwa 2200 bis 2400 Metern zurückgelegt“ in, wie HEIM gleich darauf ausrechnet, „10 bis höchstens 30 Sekunden“, was eine Ge-

¹⁾ Wir citiren diese Sätze ohne weitere orientirende Bemerkungen, in der Meinung, dass eine genaue Betrachtung der auf Tafel XXI. gegebenen Skizzen genügenden Aufschluss gewährt.

schwindigkeit von circa 120 m (80 bis 240 m) per Sekunde“ erfordert.

Diese drei Momente des Sturzes werden nun weiter ausgeführt.

(S. 142.) „Klüfte, dem Abhang parallel, aber quer die Schieferung und Schichtung durchsetzend, haben ein Rindenstück vom Berge abgetrennt. Durch dessen Ausbruch ist an Stelle des früher etwas ausgebauchten, bewaldeten Gehänges, welches den Plattenbergkopf gebildet hatte, eine kahle Nische entstanden. Das gestürzte Felsstück glitt nicht Schicht auf Schicht, sondern brach (flog und rollte) in unregelmässiger Bewegung als eine furchtbare Schuttlawine quer zur Schicht-richtung nieder.“ (S. 145.) „Gleich unter der Terrasse des „Plattenberges“ wurde der Schutt, ähnlich wie ein Wasserfall, der auf ein Felsgesimse aufschlägt, horizontal herausgeworfen. Der hintere Theil des einbrechenden Felsens drängte die vorausgegangenen Massen und schleuderte dieselben derart, dass sie sogar aufwärts spritzten. Erst im nördlichen Theile des Unterthales erreichten sie den Boden.“

(S. 142.) „Die niederbrechende Felsmasse — so sollte man meinen — musste auf dem flachen Thalboden des Unterthales liegen bleiben. Allein hier treffen wir die auffallendste Erscheinung des Elmer Bergsturzes: sie brandete erst gegen den Düniberg hinauf und schoss dann, durch dieses Gehänge um einen Winkel von 25° aus der ursprünglichen SN.-Richtung gegen NNW. abgelenkt, noch 1500 Meter pfeilschnell auf dem fast ebenen Thalboden weiter thalauswärts.“ (S. 145.) „Der vordere untere Theil der niedergebrochenen Felsmassen liegt vorwiegend am Düniberg und im unteren Theile des Schuttstromes, beim Müsli, der nachfolgende obere Theil bildet den mächtigen Schutthaufen über dem Unterthal.“

„Die Bewegung der enormen trockenen Felsmassen auf so flachem Untergrund über 1400 Meter Horizontaldistanz erscheint uns Allen gleich unglaublich. Sie war nur dadurch möglich, dass der ausgezeichnete, fruchtbare Acker- und Wiesenboden des ganzen Thalstückes zwischen Unterthal, Müsli und Eschen, der durch anhaltenden Regen vorher gründlich durchweicht worden war, wie eine Schmiere für die Bewegung der Felsmassen wirkte, die, auf diesen schlüpfrigen Grund gestürzt, eine ungeheure „lebendige Kraft“ in sich hatten.“ (S. 147.) „Die ungeheure Schuttmasse kann nur plötzlich im Wurf bis an ihre heutige Grenze geglitten und dann plötzlich starr geblieben sein. Langsames Vorrücken, auch nur zwei Meter weit, ist nicht denkbar. Von dem Moment an, da die Staubwolke die Stirn des Schuttstromes sehen liess, und da die Entflohenen auf die Zerstörungsstätte zurückblickten, hat

Niemand mehr die geringste Bewegung wahrnehmen können. Nur so lange die Bewegung so ungeheuer schnell war, dass Reibung kaum zur Geltung gelangen konnte, glitt der Schuttstrom über die Unterfläche. Sobald die Bewegung abzunehmen begann, steigerte sich sofort die Reibung enorm und Stillstand trat ein.“

Damit haben wir HEIM's Auffassung mit seinen eigenen Worten im Auszug wiedergegeben. In Fig. 9 auf Taf. XXI. sind ferner die verschiedenen Bewegungsrichtungen eingetragen, wie sie sich nach HEIM's Darstellung uns zu ergeben scheinen, und wir wollen nun an Hand dieser Figur die einzelnen Momente des Sturzes näher beleuchten.

Die Linien a b stellen die auf die kartographische Ebene projicirten, parabolischen Fluglinien dar, auf welchen die vom Plattenberg - Gesimse abspritzenden Schuttmassen thalwärts nach Unterthal herunterflogen. Bei b berührten sie den Thalboden. Von b aus „flogen die Schuttmassen theils an den Düniberg, theils von dessen Gehängen abgelenkt, thalauswärts.“ Dieses Bewegungsmoment ist durch die Linien b c und b d c versinnlicht. Durch die Linien FF ist die N. 45° W. gerichtete Streichungslinie jener Gehänge angegeben.

Hier haben wir zunächst die Art und Weise zu erörtern, mit welcher die Massen den Ort b in der Richtung nach c verliessen. HEIM sagt, „die auf den Boden aufprallenden Massen werden von den nachfolgenden weggeschnell“ und „flogen an den Düniberg“, „branden gegen ihn hinauf.“ Dieses Hinaufbranden kann man sich auf zweierlei Weise vorstellen. Entweder blieben die einmal zu Boden gefallenen Massen auf demselben und wurden nur von den nachfallenden Massen fortgeschoben und so gleichsam den Düniberg heraufgedrückt in gleitender Bewegung, oder aber die Massen wurden bei b unter irgend einem spitzen Winkel wieder in die Höhe geschnell und flogen dann durch die Luft gegen den Düniberg herauf. Die erste Annahme ist jedoch unstatthaft, da sie für den Schuttstrom am Düniberg eine ganz andere Structur zur Voraussetzung haben würde, als diejenige ist, welche thatsächlich existirt und noch jetzt zu beobachten ist. Im dritten Abschnitte kommen wir noch einmal darauf zu sprechen. HEIM selbst scheint der zweiten Annahme zugeneigt, weil er die am Gehänge hinaufbrandenden Massen um einen Winkel von 25° in horizontaler Richtung abgelenkt werden lässt. Ein derartiges Abprallen ist aber nur denkbar, wenn die Massen erst unter einem bestimmten Winkel anprallen. Mithin bleibt also nur die Annahme übrig, dass die Schuttmassen bei b wieder in die Höhe geschnell wurden, und zwar mit einer nicht unerheblichen Kraft und Geschwindigkeit

(120 m in der Sekunde?). Eine Erklärung hierfür aber liesse sich höchstens in der Vermuthung finden, dass diese ziemlich unelastischen Schiefer- und Schuttmassen, welche zudem auf einen ebenfalls so gut wie unelastischen Boden aufielen, in Folge der grossen lebendigen Kraft, mit welcher sie aufschlugen, sich wie hoch elastische Körper verhalten hätten, — eine Annahme, die jedoch durch nichts begründet erscheint.

HEIM lässt die Massen am Düniberg um 25° von ihrer nördlichen Bewegungsrichtung abgelenkt werden. Da nun aber die Gehänge N. 45° W. streichen, so müssen offenbar die Massen zunächst um mehr als 45° aus ihrer Richtung gebracht worden sein. Diese Anfangsablenkung haben wir durch die Linien d c angedeutet. Bei c mussten nun die abgelenkten Massen mit anderen von b direct in nördlicher Richtung herkommenden zusammentreffen und daraus konnten sich dann die Flugrichtungen c f als resultirende ergeben. Anders scheint es uns nicht möglich, eine Ablenkung von nur 25° zu erklären.

Die letzten Bewegungsrichtungen wären also c f mit den seitlichen Ausschweifungen g g, auf welchen die Schuttmassen „plötzlich im Wurf bis an ihre heutige Grenze geglitten und dann plötzlich starr geblieben sind.“ Zur Erläuterung dieser auffälligen Annahme fügt HEIM hinzu (S. 147): „Nur so lange die Bewegung so ungeheuer schnell war, dass Reibung kaum zur Geltung gelangen konnte, glitt der Schuttstrom über die Unterfläche. Sobald die Bewegung abzunehmen begann, steigerte sich sofort die Reibung enorm und Stillstand trat ein.“ Aus diesen zwei Sätzen hören wir drei Fragen heraus, welche beantwortet sein wollen.

1. Warum kam die Reibung anfangs kaum zur Geltung? Die einzige genügende Antwort hierauf kann sein, weil ihr Betrag im Verhältnisse zur lebendigen Kraft der bewegten Massen verschwindend klein war. Diese lebendige Kraft ist uns annähernd bekannt, denn in ihre Formel $\frac{p v^2}{2g}$ können wir für v nach HEIM's Berechnung den Werth 120 einsetzen, so dass die lebendige Kraft ungefähr gleich $720 p$ ist, wo p das Gewicht der bewegten Massen bedeutet.

Nun nimmt HEIM weiter an, dass erstens die vordersten Massen sich bis zur Stirne des Schuttstromes (bis f) bewegten, während die zuletzt vom Plattenberg herabfallenden bei c und d liegen blieben, und zweitens dass die Bewegungsgeschwindigkeit der Massen zwischen c und f eine wesentliche Verzögerung nicht erfahren habe. Hieraus nun ergibt sich unmittelbar, dass, wenn wir den Reibungswiderstand = $y p$ setzen, y jedenfalls kleiner als $\frac{1}{2}$ sein muss, da sonst die vordersten Massen bei f nicht annähernd mit der Anfangsgeschwindigkeit von

120 Metern, sondern höchstens von 60 Metern angekommen sein würden.

2. Aus welchen Ursachen begann die Bewegung erst nahe den Punkten *f* abzunehmen. Reibungs- und Luftwiderstand können augenscheinlich nicht in Betracht kommen, da sie ja nicht erst dann, sondern auch schon zu Beginn der Bewegung vorhanden waren. Somit bleibt als einzige Ursache das Aufhören weiteren Nachschubes von *c* aus übrig. Danach müsste man also annehmen, dass erst als vom Plattenberg keine Schuttmassen mehr herabflogen, die Schnelligkeit sich verminderte, mit welcher der Schuttstrom über den Thalboden hinglitt.

3. Warum steigerte sich in diesem Momente sofort die Reibung so enorm, dass Stillstand eintrat? Dass überhaupt der Reibungswiderstand sich vergrösserte, soll nach HEIM daher kommen, dass die Reibung mit der Geschwindigkeit der Bewegung abnimmt. Hiergegen kann nun zunächst geltend gemacht werden, dass dieses Verhältniss von Reibung und Geschwindigkeit keineswegs feststeht, von vielen Physikern sogar geradezu nicht anerkannt ist. Aber selbst wenn man dasselbe zugiebt, so muss doch die Steigerung des Reibungswiderstandes bei langsamer Bewegung in gewissen Grenzen beschränkt bleiben. Die experimentellen Nachforschungen haben bisher bei langsamer Bewegung in der Regel einen Reibungswiderstand ergeben, der bedeutend kleiner als $1p$ ist. Wollte man auch für unseren Fall einen exceptionellen Widerstand annehmen, so würde es doch gänzlich unbegründet sein, an eine solche Grösse zu denken, die „plötzlich“ eine lebendige Kraft von einigen Hundert p auszugleichen im Stande gewesen wäre. Mithin ist nicht einzu- sehen, warum „die Reibung sofort enorm stieg und Stillstand eintrat.“

Unsere Aufgabe, zu zeigen, dass HEIM's Auffassung physikalisch nur schwer deutbar ist, glauben wir durch das Bisherige genügend gelöst zu haben. Wir beschränkten uns dabei jedoch nur auf das Hauptsächlichste. Für alle weiteren Einzelheiten verweisen wir noch besonders auf den dritten Abschnitt, und wenden uns jetzt direct dem Nachweise zu, dass HEIM's Erklärung keineswegs mit den Berichten der Augenzeugen in Uebereinstimmung steht.

II. Widerspruch zwischen HEIM's Erklärung und den Berichten der Augenzeugen.

Zunächst wollen wir die Augenzeugen selbst reden lassen, und zwar werden wir sie alle, soweit sich dieselben über den

Hauptsturz geäußert haben, anhören. Wir rufen sie jedoch in einer bestimmten Reihenfolge auf, da es bei der Wahrnehmung dieses Ereignisses, welches nur so kurz gedauert und doch eine so grosse Ausdehnung angenommen hat, sehr wesentlich auf den Standpunkt ankommen musste, den die Beobachter einnahmen.

Wir unterscheiden zwischen Beobachtern, welche den Bergsturz von vorn resp. Norden, solchen, die ihn ganz von der Seite resp. Osten oder Westen sahen und solchen, die, eine Zwischenstellung einnehmend, von der unteren Hälfte des westlichen Randes des Schuttstromes aus beobachteten.

1. Beobachtungen von der Seite.

Stellung zwischen Elm und Obmoos, also im Westen des Sturzes. (12)¹⁾ „Ich sah die Bergmasse sich ablösen und die Felsen mit unbegreiflicher Schnelligkeit, von der man sich kaum eine Vorstellung machen kann, durch die Lüfte in's Unterthal hinüberfliegen und zwar so, dass der untere Rand der Masse mir höher zu liegen schien als die Dächer des Dörfleins. Ich sah die Felsen über des Sigristen Haus herfahren und erkannte, unter der Wolke durch, die grünen Wiesen des Unterthales, so weit die Häuser des Dorfes Elm den Durchblick gestatteten. Die Unterthalhäuser wurden zersplittert durch die Lüfte getragen.“ Das untere Ende des Sturzes nach Müsli hin war dem Beobachter verdeckt.

(15) Standpunkt ebenfalls seitlich, aber im Osten, $\frac{1}{4}$ Stunde entfernt, auf der Alp Falzüber: Sah, wie „unter dumpfem Tosen und Krachen eine wüste, undurchdringliche Wolke, wie vom Winde gejagt, vom Berge hinausfuhr über das Thal. Er sah die Wohnungen im Unterthal Haus um Haus erst auseinander fahren, umstürzen, fortgleiten, wie geblasen und nachher die Wolke sich pfeilschnell darüber ausbreiten, soweit der Thalgrund reichte. Alles weitere verhüllte sich ihm.“

2. Beobachtungen von vorn.

Standpunkt: Geissthalalp, $\frac{3}{4}$ Stunden vom Sturz entfernt. (14) „Es währte einige Minuten (nach dem zweiten kleineren Sturze), so sahen wir Alles das herabfahren, was zwischen der Gabel hängen geblieben war (nämlich den ganzen Plattenbergkopf). Mir schien es, die Masse habe sich in der Luft überworfen. Sofort bildete sich eine ungeheure, russ-

¹⁾ Diese Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Nummern, mit welchen Buss die Zeugenaussagen bezeichnet hat.

schwarze Wolke. Im gleichen Augenblick rief mir STAUFFACHER, der etwas weiter unten und aussen stand, zu, „„Jetzt hat es schon die Häuser im Müsli genommen““.

„Ein dumpfes Getöse begleitete die ganze Erscheinung, und die rasch thalabwärts dringende Wolke zog sich bis gegen Matt hinaus.“

(6) Standpunkt ganz am unteren Rand der Sturzmasse auf der Müsliweid: „Bei den ersten Stürzen kam die Masse gerade ins Thal herabgeschossen, beim dritten dagegen hat es sie „überworfen“ und gegen das Thal herausgesprengt. Ich sah, wie beim Hauptsturz vom Unterthal her voran die Dächer und hinter ihnen her die Häuser durch die Luft geflogen kamen gegen das Alpegli zu, gerade wie wenn der Sturm im Herbst zuerst das dürre Laub von den Bäumen wegfegt und alsdann die Bäume selber. Auch die nachstürzende Bergmasse kam durch die Luft und wurde am Alpegli abgeschneilt. Ich sah unter der Wolke durch, wie Heinrich ELMER eine Kuh am Stricke führte und mit ihr gegen Landrath ZENTNER's Stall rannte, um sie in Sicherheit zu bringen. Ich sah alsdann die Eschenleute in der Wolke verschwinden und im gleichen Augenblick auch die Häuser im Müsli wie Spielzeug zusammenbrechen. Die Masse kam heran als eine gewaltige, rollende Wolke ohne allzu fürchterliches Getöse, und dass der Windzug die Richtung thalabwärts nahm, erkannte ich an den niederfallenden Bäumen am Ufer der Sernf.“

(18) Zeuge befand sich anfangs in Unterthal, floh, als der zweite Sturz niederging, über Alpegli und gelangte soeben an die Felspartien, welche mit bedeutendem Steilabsturz den „Knollen“ westwärts begrenzen. Er flüchtete auf einen schmalen, terrassenförmigen Vorsprung des Felsens, so dass dessen rückwärts vorspringende Kante ihn gegen die vom Plattenbergkopf herkommende Sturzmasse schützte. Er sagt: „Es krachte schon vom Berge her, rasch sprang ich links um die Kante des Steines. Diese ragte gegen links (d. h. südwestlich) auswärts. Jetzt kam die Masse. Die Felskante gab ihr die Richtung etwas nach links. Die Scheune (welche um weniges davon südlich stand) wurde emporgehoben und über den Felsen hinübergeworfen, obschon dieser höher war als die Scheune. Trümmer derselben hingen über uns herab und wir erstickten schier vom Staub, waren aber durch den überhängenden Theil des Felsens und die vorspringende Kante geschützt. Hinter dem Felsen stand die Schuttmasse still. Das war unsere Rettung; denn wenn sie noch weiter gekommen wäre, so wären wir lebendig begraben worden.“

(8) Zeuge floh nach dem zweiten Sturze von Unterthal direct auf den Düniberg hinauf und erreichte noch gerade eine

Höhe, bis zu welcher die Schuttmassen des Hauptsturzes nicht heraufkamen. Er berichtet: „Jetzt wurde auch ich selbst vom Staube erreicht, derselbe „kam mir vor den Athem“. Ich vermochte mich nicht mehr weiter zu schleppen, sank zusammen, legte mich auf den Bauch zur Erde nieder mit dem Gedanken: jetzt kann ich nicht mehr, ich will gewärtigen, was kommt. Zurückblickend, sah ich über der Wolke noch Steine fliegen. Nach einigen Augenblicken, wie ich glaubte, es sei Alles vorbei, stand ich wieder auf und ging einige Schritte aufwärts zu einem Bächlein oder Brunnen am Düniberg, um den Staub „auszuspülen; denn Mund und Nase waren davon angefüllt, und ich fühlte einen beständigen Hustenreiz. Rings umher war Alles dunkel und in Staub gehüllt.“

3. Beobachtungen von der unteren Hälfte des westlichen Randes.

Man muss bei den Angaben, welche diese Beobachter machen, wohl berücksichtigen, dass, um die ganze Erscheinung zu übersehen, für diese eine Drehung der Augen um nahe 160° nothwendig war. Bei der grossen Kürze des Ereignisses war es daher für den Einzelnen ganz unmöglich, alles zugleich zu beobachten. Dahingegen war die nahe und tiefe Lage der Observationspunkte für Detailbeobachtungen sehr günstig.

Zuerst lassen wir die Zeugen sprechen, welche der Front des Sturzes genähert standen, nachdem wir erst jedoch eine Frau angehört haben, welche in gleicher Höhe mit dem „Plattenberg“ von „Wald“ aus den Sturz sich ansah:

(13) „Oben im Tschingelwald hat alles sich bewegt wie ein Aehrenfeld, über welches der Sturmwind zieht. Dann stürzte der Wald in die Tiefe und gleichzeitig der ganze mächtige Felskopf über dem Schieferbergwerk. Wie eine ungeheure schwarze Lawine flog der in Staub aufgelöste Berg mit rasender Schnelligkeit durch die Luft, unter der Lawine verhüllte sich Alles. Sie habe nichts mehr gesehen als Rauch und, wie dieser sich allmählich gelichtet, die regungslose Masse des Trümmerhaufens.“

Nun folgt Zeugin (4) im Müsli, welche sich zu Beginn des Hauptsturzes in ihrem Hause hart neben dem Rande der jetzigen Schuttmasse befand:

„Gleich nach dem zweiten Sturze kam Alles mit einem Mal herunter, ohne dass ich indessen etwas Näheres unterscheiden konnte. Wie ich die Wolke sich gegen mich heranzwölzen sah, riss ich mein Kind aus der Wiege und sprang zum Hause hinaus in den Stall. Da (ich stand in der Stallthüre) kam Alles gegen unser Haus zu, die Masse schien mir

über den Boden hinzurutschen. Ich sah das Haus unseres Nachbarn, Alt-Rathsherr Niklaus ELMER, und den nahe dabei befindlichen Stall über den Boden herfahren bis an das Mauerlein unter unserem Haus und hier zerschellen. Mit dem Stall sah ich zugleich zwei Frauen gegen unser Haus fahren. Der Wind warf sie um, aber sie konnten sich doch retten. Ich spürte weder Wind noch Bewegung, und der Rauch drang nicht bis zu uns.“

(5) Zeuge in Müsli, im einem jetzt verschütteten Hause befindlich, floh nach Westen: „Da brauste die Steinwolke unter ungeheurem Krachen und Tosen gegen uns heran. Ich wurde vom Windzug zwei-, dreimal purzelbaumartig überworfen und rasch und leicht den Abhang hinaufgeschoben. Meiner Frau ging es ähnlich. Dicht hinter ihr schoss die Masse vorbei.“

Der bekannte Gensjäger und Bergführer ELMER (2), in seinem Hause nahe am Schuttrande in Unterdorf befindlich, erzählt: „Als gleich darauf der dritte Sturz erfolgte, sah ich in der Höhe des Tschingels die ganze Wand in Bewegung und Alles durcheinander spielen. Und wie ich thalabwärts blickte, sah ich die Häuser von der Landstrasse gegen Müsli zu sich bewegen, wanken, auffahren, bevor die Masse da war, wie wenn eine Kegelkugel unter die Kegel fährt oder wie wenn Jemand sie in die Luft schüttelte. Ich sah, wie die eiserne Brücke über den Sernf sich aufstellte und nach dem rechten Ufer überlegte. Im Nu war auch die Wolke da. Sie kam rollend heran wie der Rauch einer abgeschossenen Kanone, aber schwarz, kaum zwei Häuser hoch. Unter ihr sah ich nichts; einmal aber, gleich am Anfang, war's mir, wie wenn ein Wetterleuchten darin aufblitzte. Sie hinterliess keinen besonderen Geruch. Ich verspürte auch keinen starken Luftdruck, und mein Haus hat nicht gezittert.“

Lehrer WYSS, unweit davon von seinem Hause aus beobachtend, berichtet (1): „Ich sah die Masse von oben erst vertical stürzen und dann von der Sohle des Plattenberges an horizontal hervorquellen, indem der untere und weiter vorstehende Theil des Berges durch den Druck des darauf herabfallenden oberen Theiles herausgedrückt und in die Luft hinausgesprengt wurde. Die Schuttmassen schossen mit unglaublicher Schnelligkeit quer über das Unterthal hin. Sie fuhren z. B. über das Erlenwäldchen am Unterthalbach hinweg, so dass ich unter ihnen deutlich die Erlen sehen konnte. Plötzlich war's wieder ruhig geworden, der Schuttkegel lag da, ausgebreitet über das ganze Unterthal, das Unterdorf und Müsli bis nahe an mein Haus und blieb, wie er war; nichts

bewegte sich mehr. Von besonderem Windzug oder Luftdruck verspürte ich nichts.“

Ebenfalls im Unterdorf, aber etwas weiter herauf nach der Kirche zu befand sich der Rathsherr HAUSER (3), welcher folgendermaassen berichtet: „Der Hauptsturz warf sich senkrecht direct auf den Plattenberg; darunter schoss die Gebirgsmasse wie ein Pfeil hervor und gegen den Knollen hinüber und flog unter gewaltigem, aber doch nicht zu lautem Tosen, einem mächtigen Rauche gleich, fast horizontal über das Thal. Ich verspürte den Luftdruck nicht stärker als einen gewöhnlichen Unterwind.“

Im eigentlichen Dorfe Elm befand sich als Beobachter Pfarrer MOHR (9), welcher aussagt: „Ich sah eine dunkle, am Rand hellere Wolke thalwärts fahren mit der Schnelligkeit eines Lawinensturzes, noch besser eines Wasserfalles. Die Felsmasse selbst war verhüllt. Die unheilschwangere Wolke fuhr noch weiter durch die Saaten. Ich hatte gehofft, nur die Wolke, nicht das Gestein, sei so weit gegangen. Ich erbleichte, als der Nebel sich verzog und ich die dunkle Masse gelagert sah bis ins Müsli hinunter.“

Endlich giebt Pfarrer Buss noch eine Zusammenstellung einzelner einschlagender Aussagen, von denen auf den Hauptsturz folgende Bezug haben (S. 53): „Beim Abbruch zu oberst im Tschingel habe der Wald sich bewegt wie eine Heerde hüpfender Schaafe, die Tannen seien durcheinander gewirbelt, dann sei die Masse plötzlich gesunken. Die Bewegung derselben durchs Thal sei nicht ein Rutschen und Rollen, sondern ein Fliegen des Gesteins gewesen; hausgrosse Felsstücke habe man durch die Luft einhersausen und erst beim Anprall am Boden zerschellen sehen; die Masse habe ausgesehen und sich bewegt wie der Rauch einer Locomotive, nur dunkler. Vor der Masse her seien die Bäume gefallen wie Streichhölzchen, wie umgeblasen; die Häuser seien weit von ihren Standorten fortgetragen, wie Federn in die Luft geblasen, wie Karten gegen den Berg geschleudert worden. In Matt haben die Fensterscheiben geklirrt, die Bäume wie beim Föhn sich gewiegt und gebeugt und bei Engi sei ein bituminöser Geruch wie von geriebenen Steinen wahrnehmbar gewesen.“

Damit sind die Zeugenaussagen, soweit sie den Hauptsturz betreffen, erschöpft. Sehen wir nun zu, wie dieselben mit HEIM's Darstellung übereinstimmen.

Nach HEIM brach die Felsmasse in unregelmässiger Bewegung als eine furchtbare Schuttlawine parallel dem Abhange über denselben hinunter bis zum Plattenberg-Gesimse.

Dem gegenüber behaupten die seitlichen Beobachter (12, 15), welche diesen Theil der Sturzbewegung am Besten wahr-

zunehmen in der Lage waren, dass „die Bergmasse sich ablöste und die Felsen mit unbegreiflicher Schnelligkeit durch die Lüfte in's Unterthal hinüberflogen, dass eine wüste undurchdringliche Wolke wie vom Winde gejagt vom Berge hinausfuhr über das Thal.“ Von einem verticalen Herabbrechen ist hier also nicht die Rede.

Die Beobachter von vorn (6, 14) geben übereinstimmend an, dass die Masse sich in der Luft „überworfen“ und gegen das Thal herausgesprengt habe. Also auch hier keine Andeutung eines vorangehenden Verticalabsturzes. Das angebliche „Sich Ueberwerfen“ bedarf indessen einer Erklärung. Körper überwerfen sich in der Luft, wenn sie neben der geradlinigen Wurfbewegung noch eine drehende Bewegung um ihren Schwerpunkt besitzen. Erfolgt diese Drehung in der Richtung der Wurflinie und um eine dazu rechtwinkelige, horizontale Axe, so bewegen sich die Punkte oberhalb des Schwerpunktes stets schneller vorwärts als die unter demselben, weil diese sich nach rückwärts, jene nach vorwärts drehen. Die vom Berge sich loslösende Schuttmasse war nun aber kein Ganzes mehr, sondern bestand aus lauter einzelnen Blöcken; folglich konnte sie sich als solches auch nicht um sich selbst herumdrehen, d. h. überwerfen. Dahingegen konnte sie bei ihrer wolkenähnlichen Compactheit und grossen Bewegungsgeschwindigkeit wohl ein dem Ueberwerfen ähnliches Bild darbieten, sobald die zu oberst fliegenden Theile sich schneller bewegten als die unteren. Denn in diesem Falle flog die dunkle, sich vom Plattenberg ablösende und entsprechend der Böschung des Berges nach hinten oben zurückgeneigte Wand nicht nur einfach gegen die Zuschauer nach vorn, sondern ihr oberer zurückliegender überholte auch den unteren anfänglich vorausseilenden Rand, so dass dadurch eben bei den Zuschauern der Eindruck entstand, die Masse habe sich in der Luft überworfen. Dass aber und warum die obersten Massen am schnellsten flogen, werden wir im folgenden Abschnitte auseinander setzen.

Von den randlichen Beobachtern sprechen sich 5 über dieses Anfangs-Moment des Sturzes aus. Drei davon behaupten, dass im Tschingelwald zuerst alles sich bewegte wie ein Aehrenfeld, über welches der Sturmwind zieht, dass die ganze Wand in Bewegung gerieth und alles durcheinander spielte, worauf der ganze Berg in Form einer dunklen Wolke mit rasender Schnelligkeit durch die Luft thalwärts fuhr.

Also auch hier nichts von einer vorangehenden Verticalbewegung und überhaupt eine auffallende Uebereinstimmung mit den 4 anderen Aussagen. Es bleiben nur noch die Angaben von Lehrer WYSS und Rathsherr HAUSER in Unterdorf, welche allerdings die Sache so darstellen, als seien die Massen

erst vertical bis zum Plattenberg herabgestürzt, von dort dann horizontal wie ein Pfeil herausgeschossen und quer durch die Luft ins Unterthal geflogen. Offenbar existirt hier eine wesentliche Verschiedenheit in den Beobachtungen, von denen 7 gegen 2 stehen. HEIM nimmt die Version der zwei an; uns will jedoch die Aussage des Lehrer WYSS insofern nicht ganz zuverlässig erscheinen, als sie offenbar nicht das Ergebniss unmittelbarer, einfacher Beobachtung, sondern bereits späterer Reflexion ist. Wir werden später zeigen, dass sowohl vom Plattenbergkopf als vom Plattenbergbruch die Massen horizontal in die Luft hinausschossen. Falls nun HAUSER und WYSS in jenem Augenblicke den Plattenbergbruch fixirten, so konnte ihnen leicht die wahre Natur der Bewegung weiter oben am Berge entgehen, von der in ihrem Auge nur ein verschwommener Eindruck haften blieb, welchen sie sich dann nachträglich in der Weise zurechtgelegt haben mögen, wie es ihnen der causale Zusammenhang zu fordern schien.

Als zweites Moment des Sturzes giebt HEIM an, dass die bewegten Massen im Wurfe herabfliegend auf den Boden des Unterthales auffielen und darauf theils am Düniberg um 100 Meter heraufbrandeten, theils an dessen Gehängen abprallend eine Ablenkung von 25° in horizontaler Richtung erlitten. Von alle dem berichtet kein einziger Augenzeuge, und dieses zweite Moment muss daher als blosser Supposition HEIM's gelten, gegen deren Richtigkeit jedoch folgende Angaben zu Felde geführt werden können: Allgemein wird gesagt, die Massen schossen quer über das Unterthal hin (1, 9, 12, 15), also nicht mitten in das Unterthal herab. Zeuge (3) berichtet sogar ausdrücklich, die Masse sei gegen den Knollen hinübergeflogen. Zeuge (6), nördlich vom Alpegli an die von Norden nach Süden streichende Felswand geschmiegt, sagt, die Bergmasse kam durch die Luft (fiel also nicht erst im Unterthal zu Boden) und wurde am Alpegli abgeschnellt. Dieses Abschnellen bezieht sich übrigens nicht auf die angebliche Ablenkung um 25° am Düniberg, denn diesen letzteren konnte der Zeuge gar nicht sehen.

Das dritte Moment nun soll darin bestanden haben, dass die am Düniberg abgelenkte Schuttmasse, auf dem fast ebenen Thalboden hingleitend, bis an das heutige Ende des Schuttstromes bei Müsli und Müsliweid hinausschoss, wobei zugleich der Thalboden über 1 Meter tief ausgepflügt wurde. Doch auch hierüber bleiben die Augenzeugen stumm. Gegendtheils wird behauptet, dass die Wolke direct vom Berge herabkam und im Nu da war. Sie flog nicht auf dem Boden hin, sondern kam durch die Luft gebraust. Drei Zeugen sahen sie über Unterthal hinfliegen, d. h. sie sahen die Wolke bereits

über Unterthal und konnten letzteres dennoch darunter erkennen. Je weiter die Wolke flog, um so näher kam sie dem Thalboden, ELMER (2) in Unterdorf sagt, dass die Wolke rollend herankam wie der Rauch einer abgeschossenen Kanone. Nur Frau RHYNER (4) im Müsli giebt an, die Masse habe ihr über dem Boden hin zu rutschen geschienen (zu einer Zeit nämlich als sie der Zeugin Haus schon beinahe erreicht hatte), allein hieraus kann doch nur geschlossen werden, dass die Massen, kurz bevor sie gänzlich in Ruhe kamen, noch eine Strecke weit über den Boden hinglitten, ein Schluss, der im folgenden Abschnitt eine weitere Bestätigung finden wird. *

Das Ergebniss dieses Abschnittes können wir kurz in dem Satze zusammenfassen, dass HELM's Auffassung der Massenbewegung in mehreren Punkten von den Aussagen der Augenzeugen nicht bestätigt, in einigen sogar geradezu negirt wird, und auffallend genug sind dies gerade diejenigen Punkte, von welchen wir im ersten Abschnitt gezeigt haben, dass ihre physikalische Erklärung auf grosse Schwierigkeiten stösst.

III. Unsere Erklärung der Massenbewegung.

Die Zeugenberichte lassen sich kurz dahin zusammenfassen: Der Hauptsturz begann mit einer plötzlichen Loslösung der Tschingelfelswand, welche, sich in einzelne Schuttmassen und Felsblöcke auflösend, in Form einer dunklen Wolke pfeilschnell nordwärts in die Lüfte hinausschoss. Die Flugrichtung war theils eine rein nördliche, theils eine nordnordwestliche. Die Massen, welche sich zu oberst an der Tschingelwand loslösten, flogen am schnellsten und weitesten, sie berührten den Boden erst zwischen Eschen und Müsli, sowie am Düni-berg in einer Höhe von 1110 Metern über Meer. Die weiter unten gleich oberhalb des Plattenberggesimses sich in Bewegung setzenden Massen flogen am langsamsten und wenigsten weit, sie kamen bereits in Unterthal zu Boden. Die zwischen Eschen und Müsli auffallenden Schuttmassen fuhren noch eine Strecke weit horizontal auf dem ebenen Thalboden vorwärts. Die Dauer des ganzen Sturzes betrug nur 10 bis höchstens 30 Sekunden. Dieses Zeitmaass hat HELM indirect, aus der Distanz berechnet, welche mehrere Leute von Beginn bis zum Ende des Sturzes laufend zurückgelegt haben. Wir können dieser Berechnung nur beistimmen, für die Details aber verweisen wir auf HELM's Arbeit selbst. Noch zu erwähnen bleibt, dass theils den eigentlichen Felssturz begleitend, theils demselben vorausgehend und nachfolgend, nicht unbedeutende Massen von Waldboden und lockeren Felsen sowie Steinen

rutschend und rollend den Berghang herunterstürzten. Das Ablösungsgebiet dieser Massen ist viel grösser als dasjenige des eigentlichen Felssturzes und wurde auf den beigegebenen Skizzen besonders bezeichnet. Die Ursache dieser in ihrer Wirkung viel weniger furchtbaren „Schuttstürze“ oder Rutsche liegt zweifellos darin, dass die den Felssturz langsam vorbereitenden Bewegungen im Berge, von denen sogleich die Rede sein wird, den auf dem Bergehänge locker aufruhenden Blöcken und Erdmassen stellenweise eine solche Neigung gaben, dass sie sich nicht mehr halten konnten und in abwärts rutschende und rollende Bewegung kamen. Der Schuttstrom dieser Rutsche ist lange nicht so weit als der des Felssturzes hinausgeschossen, der äusserste Punkt, den er erreichte und bedeckte, war Unterthal. Nachträgliche Rutsche haben sich auch über dem Schutt des Felssturzes ausgebreitet, besonders im Westen von Unterthal.

Kehren wir nun wieder zum Felssturz zurück, so ist zunächst die Kraft zu bestimmen, welche denselben verursacht und eingeleitet hat. Die Hauptursache des ganzen Sturzes muss unbedingt — und hierin gehen wir mit HEIM völlig einig — in der Art gesucht werden, wie der grosse Schieferbruch beim Plattenberg betrieben worden ist. Auf eine Längserstreckung von 180 Metern wurden die Schiefer durch Tagbau gewonnen. Man war auf horizontaler Sohle bereits 65 Meter weit in den Berg vorgerückt. Das Hangende der abgebauten Schiefer liess man zunächst stehen, doch brach es meist nach kurzer Zeit, oft schon ohne künstliche Nachhülfe, von selbst herunter. Dadurch wurde die feste Basis, auf welcher die Felsen des steilen Tschingelwaldgehänges ruhten, z. Th. untergraben.

Die Schiefer¹⁾, deren Schieferungsebenen 30—60° gegen den Berg einfallen, sind von Klufflächen vielfach durchzogen. Auf diesen die Schieferung unter verschiedenen Winkeln quer durchsetzenden Spalten hatten sich in letzter Zeit mit zunehmender Häufigkeit Verschiebungen bemerkbar gemacht, wodurch einige dieser Spalten mehr in's Klaffen kamen. Die

¹⁾ HEIM sagt pag. 129, dass am Tschingelwald „die Schichten und Schiefer mit 30—60° Neigung in den Berg hineinfallen“. Dies gilt jedoch nur für die Schieferung; die Schichtung zeigt grösste Unregelmässigkeit und Veränderlichkeit. Die Schieferung muss durchaus als eine transversale bezeichnet werden. Figur 6 giebt eine Abbildung des Verhältnisses, wie es sehr oft beobachtet werden kann. Es ist hier nicht der Ort näher darauf einzugehen. In einer in Vorbereitung befindlichen Arbeit, die in allgemeinerer Weise über das Verhältniss von Schieferung und Schichtung unserer alpinen Gesteine handeln soll, wird es mir wohl möglich sein, auch diese Verhältnisse bei Elm gründlicher zu besprechen.

der Bergoberfläche zunächst befindlichen Schiefer zeigten die grössten Verschiebungen, in Folge deren die Schieferung daselbst sich mehr und mehr verflachte. Figur 8 giebt uns ein Bild des Risikopfs, der heute noch steht, aber von der Spaltenbildung bereits ergriffen, ein baldiges Herabstürzen befürchten lässt. Klaffende Klüfte haben hier das Gestein in einzelne grosse Klötze abgetheilt, von denen die obersten und äussersten von der Bewegung am stärksten ergriffen sind. Ein Hauptsplatt „der grosse Chlagg“, von ONO. nach WSW. streichend, klafft hier bereits 10—15 Meter weit. Was nördlich von ihm liegt, droht ebenso herabzustürzen, wie es der Plattenbergkopf bereits gethan hat.

„Der Moment, in welchem ein Bergsturz niederbricht“, sagt HEIM, „ist nur derjenige Augenblick, da die letzte Faser reisst, welche die längst zum Sturze allmählich vorbereitete, aber langsam abgetrennte Masse noch an den Mutterberg heftet.“ Wir können dies für unseren Fall genauer dahin präcisiren, dass diese letzte Faser riss, sobald die einzelnen Gesteinsklötze oder Felsen so weit aus ihrer Gleichgewichtslage verrückt waren, dass die Adhäsion auf den Klüftflächen die Kraft nicht mehr aufzuwiegen im Stande war, mit welcher der excentrisch gewordene Schwerpunkt der Gesteinsmassen sich bestrebt, eine neue Gleichgewichtslage zu erlangen. Sowie dieser Augenblick eintrat, mussten die Gesteinsmassen nothwendig in eine rasche, drehende Bewegung gerathen, deren Drehungsaxe ungefähr dem Berghang parallel gerichtet war.

Bei dieser Drehung musste gleichzeitig eine tangential Kraft („Centrifugalkraft“) gelöst werden, durch welche alle losen Körper, welche auf den sich drehenden Gesteinsmassen lagen, in zur Drehungsperipherie tangentialer Richtung in die Luft hinausgeschleudert wurden.

Die sich drehende Gesteinsmasse selbst aber war, wie man sich bei Betrachtung des noch stehenden Risikopfes leicht überzeugt, durch zahllose Klüfte in viele einzelne Klötze zertheilt, welche jedoch, so lange die Gleichgewichtslage der Felsen ungestört blieb, durch ihr eigenes Gewicht fest zusammen hielten, so dass die Gesteinsmasse als ein Ganzes in drehende Bewegung gerieth. Sobald jedoch die Centrifugalkraft die auf den Klüften vorhandene Adhäsion überstieg, musste sich die drehende Gesteinsmasse in einzelne Klötze oder Blöcke auflösen, die, einer nach dem anderen, in tangentialer Richtung abflogen.

Damit ist uns die Qualität der Kraft gegeben, welche die Gesteinsmassen, wie die Augenzeugen berichten, vom Tschingelwald in die Luft hinausgeschleudert haben. Wir können noch hinzufügen, dass die Grösse dieser Kraft von der Grösse des

Gewichtes und der Höhe der sich drehenden Masse abhängig war, woraus unmittelbar, bei Betrachtung von Figur 1, hervorgeht, dass die Tangentialkraft auf der Höhe des Plattenbergkopfes am grössten war, dass also die sich dort loslösenden Theile mit der grössten Geschwindigkeit abflogen und so die weiter unten fliegenden Massen bald überholen konnten, wodurch eben für die Beobachter der im zweiten Abschnitt erwähnte Schein des „Sich Ueberwerfens“ entstand.

Die Richtung der abfliegenden Massen ist auf Figur 2 u. 10 durch Pfeillinien angedeutet. Die Massen geringster Geschwindigkeit flogen in parabolischer Wurflinie nur bis Unterthal, diejenigen grösster Geschwindigkeit bis zum Düniberg und in die Gegend zwischen Eschen und Müsli. Die Umrisse der Fläche, welche von den aufschlagenden Massen bedeckt wurden, sind, wie Figur 2, 10 und 11 sofort zeigen, erstens von der Form des Absturzgebietes, zweitens von der Beschaffenheit jener Fläche selbst abhängig.

Dass die Massen wirklich annähernd in den von uns gezeichneten Richtungen geflogen seien, dafür darf man freilich keine bestimmte und ausdrückliche Bestätigung durch die Augenzeugen erwarten, da Niemand im Stande war, so genau zu beobachten. Dahingegen liefert uns die Structur und Beschaffenheit des Schuttstromes die nöthigen Anhaltspunkte und Beweise. Als Schuttstrom bezeichnen wir kurzweg alle die Schuttmassen, welche vom Felssturze herrühren und Düniberg, Unterthal, Müsli und Eschen bedecken. Auf den ersten Blick zeigt dieser Schuttstrom scheinbar ganz allgemein drei Eigenschaften: erstens dass der äussere Rand (adh der Figur 10) ganz scharf contourirt ist, zweitens dass den inneren, graugefärbten Theil der Oberfläche allseitig ein brauner Rand zonal umgiebt und drittens dass die flachgewölbte Oberfläche nach den Rändern zu sich stets etwas abflacht. Bei genauerem Zusehen jedoch lassen sich gegen diese Regelmässigkeiten zahlreiche Ausnahmen entdecken, die für die genetische Auffassung des Schuttstromes von höchster Bedeutung sind. Nämlich erstens der scharf contourirte Rand existirt nur zwischen *adg* und *hi*, fehlt aber zwischen *gh*. Hier findet man theils einzelne Blöcke und Schieferfragmente, theils ganze Schwärme solcher apophysenartig über den Rand herausgreifen. Zweitens fehlt der braune zonale Rand, welcher zwischen *ab* und *hi* sehr schmal, bei *c*, *e* und *f* breit und bei *d* am breitesten ist, zwischen *gh* ganz. Drittens flacht sich zwischen *ab*, *ef* und bei *d* der Rand nicht allmählich ab, sondern endet mit einer bis über 5 Meter hohen steilen Böschung. Diese Details lässt HEIM unerwähnt und darum auch unerklärt, für uns sind sie geradezu nothwendige Eigenschaften des Schuttstromes,

unmittelbare Folgen der Massenbewegung, wie wir sie für den Felssturz postulirt haben.

Wenn die durch die Luft fliegenden Massen durch die oben erwähnte Tangentialkraft getrieben waren, so ist es leicht begreiflich, dass während des Fluges die einzelnen Steine und Felsblöcke gegenseitig aneinander prallten, sich stiessen und rieben. Die Spuren dieser Thätigkeit zeigen fast alle Schieferblöcke, welche auf dem Schuttstrome liegen. Ihre Oberflächen sind bedeckt von geraden, krummen und geschweiften, schmalen und bis einige Centimeter breiten, flachen und tiefen Furchen und Kratzern. Es ist dies eine höchst bemerkenswerthe Erscheinung. Wir dürfen daraus schliessen, dass nicht alle Blöcke gleiche Geschwindigkeit hatten und dass jedenfalls viele auch noch mit drehender Bewegung einherflogen. Damit in Zusammenhang kann die Annahme gebracht werden, dass einzelne Wurfgeschosse der als rauchende Wolke vordringenden Schuttmasse vorauseilten, was Zeuge (3) ausdrücklich hervorhebt. Als folglich die Massen im Fluge ankommend auf die Gehänge des Düniberges und Alpegli aufschlugen, und ihre Bewegung somit momentan aufhörte, so mussten die einzelnen voreilenden und höher fliegenden Steine ebenfalls auf diese Gehänge, aber um wenig weiter oben, niederfallen, und es entstand so die Erscheinung, welche wir am Rande zwischen gh constatirt haben. Am Rande zwischen bdf findet sich etwas derartiges nicht, weil hier die Massen unter ziemlich spitzem Winkel auf eine so gut wie horizontale und nicht wie am Düniberg und Alpegli um 30 bis 50° geneigte Ebene aufzufahren, wobei ihre lebendige Kraft sich nicht ganz aufbrauchte, sondern zum Theil in eine auf dem Boden vorwärts schiebende Bewegung umsetzte, wodurch die allenfalls vorhandenen Vorläufer wieder eingeholt und in die ganze Masse mit eingeschlossen wurden.

Warum die unter spitzem Winkel auf den flachen Thalboden auffallenden Massen noch eine Strecke weit horizontal vorwärts glitten, ergibt sich unmittelbar aus Figur 2. Die durch die parabolische Pfeillinie angedeutete Kraft musste sich nämlich naturgemäss in eine verticale und horizontale Componente zerlegen. Gleichwohl ist es nöthig, den Vorgang noch etwas genauer zu betrachten. Da der Thalboden oberflächlich nicht aus festem Felsen, sondern aus einer weichen, lockeren Bodenart gebildet ist, so war das erste, was die aufprallenden Schuttmassen bewirkten, ein Eindringen in diesen Boden und stellenweise ein Herauspressen und Spritzen desselben. Dann erst konnte die vorwärts gleitende Bewegung beginnen, die aber in Folge dessen nicht mehr eine rein gleitende, sondern mehr eine schürfende, wühlende, „aufpflügende“ war. Bei solcher

Art von Bewegung ist aber der Reibungswiderstand sehr viel grösser als bei der rein gleitenden, somit die Bewegung selbst sehr bald aufgehoben. Nehmen wir z. B., nur um uns eine ungefähre Vorstellung zu machen, an, die lebendige Kraft der auffallenden Massen sei 840 p gewesen, wovon die Hälfte beim Eindringen in den Boden, beim Zerstückeln und Zerbrechen der Blöcke u. s. w. aufgebraucht worden sei, so würden sich diese Massen noch mit einer lebendigen Kraft von 420 p weiter bewegt haben. Nehmen wir nun für den Reibungswiderstand nur die gewiss nicht sehr hohe Grösse 2 p an, so könnten sich jene Massen nur 210 Meter weit fortgeschoben haben, — eine Distanz, welche in der That von den Schuttmassen bei d zurückgelegt worden zu sein scheint.

Dass die erwähnte Herauspressung des weicheren Untergrundes beim Aufschlagen der Schuttmassen wirklich stattgefunden hat, ist durch Schurfarbeiten nachgewiesen worden, welche beim Ausgraben eines neuen Bettes für die Sernf unternommen wurden. Figur 4 giebt uns ein Profil des neuen Sernfufers mitten im Schuttstrom. Der Untergrund ist hier von unten in die Schuttmasse herein- und heraufgepresst, jedoch ohne durch dieselbe bis zu Tage herauszudringen. Am Rande des Schuttstromes hingegen ist der Untergrund zonenweise bis zur Oberfläche herausgepresst und in einzelnen abwechselnden Bändern über den Schutt hinaufgeschoben und von solchem selbst wieder bedeckt (Fig. 3 u. 5). Es erklärt sich dies daraus, dass der Schuttstrom an den Rändern nicht so mächtig war als gegen die Mitte, während die schiefe Ueberlagerung eben die Folge jener vorwärts gleitenden Bewegung ist, die am vorderen Ende des Schuttstromes, also zwischen b d g, stattgefunden hat. Zwischen a b ist jener zonale Rand ausgeschürften Ackerbodens zwar auch vorhanden, aber nur ganz schmal und nicht wie anderwärts sich nach aussen verflachend. Die Erklärung dieses Umstandes ist darin zu finden, dass hier die auffallenden Massen sich ebenfalls nach NNW. vordrängten, mithin eine Bewegung und Ausbreitung des Randes nach aussen unmöglich war, trotzdem gerade hier der westwärts geneigte Untergrund solches begünstigt hätte. Bei e endet der Schuttstrom ebenfalls mit einem Steilrande, der dadurch hervorgerufen ist, dass sich die Massen um ungefähr 10—20 Meter aufwärts gegen die Eschenhäuser zu bewegen hatten, wobei der Reibungswiderstand auch stieg, so dass die Breite des Randes hier etwas geringer als bei f und d ist. Zwischen g h endlich ist gar keine Andeutung eines solchen Randes vorhanden, worin der beste Beweis liegt, dass die Schuttmassen am Düniberg nicht in gleitender Bewegung heraufgeschoben wurden, sondern im Fluge auf denselben nieder-

prasselten. Am Düniberg selbst, dessen Gehänge im Durchschnitt um 30° geneigt sind, blieb der grösste Theil der Schuttmassen ungefähr da liegen, wo er hingefallen war. Beim Alpegli hingegen, woselbst die Gehänge zum Theil unter einem Winkel von bis 50° aufsteigen, konnten sich die niedergefallenen Trümmer nicht überall in solcher schiefen Lage erhalten, sondern rutschten theils sofort, theils noch später im Verlaufe der nächsten Tage das Gehänge herunter, wobei an vielen Stellen die alte Oberfläche wieder zum Vorschein kam, auf der zahlreiche Trümmer von Häusertheilen, Geräthschaften, zerknickten Bäumen und mehrere menschliche Leichname herumlagen und aus der noch bleibenden Decke von Erdrinde ausgegraben werden konnten. Wo aber dieses Gehänge Absätze von geringerer Böschung besitzt, dort sieht man allemal noch jetzt bedeutendere Schuttmassen aufgehäuft (Fig. 7). Von einer tiefgreifenden Wegschürfung und Aufpflügung des Untergrundes ist an den wieder entblössten Gehängen nichts zu bemerken, was doch der Fall sein müsste, wenn man annehmen will, sämmtliche, weiter draussen liegenden Massen des Schuttstromes seien erst hier aufgefallen und dann schief abgeprallt.

Hiermit glauben wir bewiesen zu haben, dass unsere Auffassung der Massenbewegung beim Elmer Felssturze in vollständiger Uebereinstimmung sich befindet sowohl mit den Berichten der Augenzeugen als auch mit der Structur des Schuttstromes, sowie mit den Gesetzen der Physik, und es bleibt uns nur noch übrig, die Wirkungen zu untersuchen, welche der den Sturz begleitende und von ihm hervorgerufene Luftdruck verursacht hat.

Die Bewegung der Luft.

Dass dem Felssturz ein gewaltiger Windzug vorausging, darüber kann ein Zweifel nicht existiren. Seine Wirkungen haben auf die Augenzeugen einen tiefen Eindruck gemacht und seine Spuren sind noch jetzt am Rande des Schuttstromes vorhanden.

Gleichwohl ist es nothwendig, Ursache und Art des Windzuges etwas eingehender zu betrachten. Figur 1 lehrt uns, dass die Massenbewegung, wie wir dieselbe für den Felssturz angenommen haben, sowohl in horizontaler als auch verticaler Richtung auf die Luft einwirkte, so dass letztere nicht nur in nördlicher und nordnordwestlicher Richtung fortgeschoben, sondern auch nach unten, also gegen den Erdboden gepresst wurde. Die Folge davon muss ein im Querschnitt

scharf begrenzter Strom comprimierter Luft gewesen sein, welcher einerseits am Düniberg und beim Alpegli den Berghang herauf, andererseits das Sernfthal herabblies. Seine Existenz wird von den Augenzeugen bestimmt angegeben. Darüber, ob dieser Luftstrom eine ganz gleichförmige Bewegung nach Vorwärts besass oder ob nicht in ihm gleichzeitig drehende Wirbel entstanden, klären uns die vorhandenen Beobachtungen nicht auf. Indessen kann aus dem Vorhandensein einer doppelten, horizontalen und verticalen Pression, welche zudem an den verschiedenen Stellen einen oft sehr verschiedenen Werth hatte, sehr wohl auf die Bildung von vorwärts schreitenden Wirbelwinden geschlossen werden. Jedenfalls aber mussten solche Wirbel am seitlichen Rande des Luftstromes dadurch entstehen, dass einerseits die seitliche in Ruhe befindliche Luft von dem vorbeisausehenden Strome aufgesaugt wurde und andererseits die comprimerte Luft des Stromes selbst nach aussen in den luftleeren Raum hinausdrängte. Die Wirkung eines solchen randlichen Wirbelwindes werden wir alsbald kennen lernen.

Fassen wir nun die Geschwindigkeit des Luftstromes in's Auge, so ergibt sich zunächst, dass dieselbe von der Geschwindigkeit der Sturzmassen abhängig war. Letztere können wir in ihrem Minimalwerthe etwa auf 130 bis 140 Meter in der Sekunde schätzen. Die horizontale Distanz zwischen dem Absturzgebiet und dem äusseren Rande des Schuttstromes ist dabei gleich 1800 Meter, die verticale Fallhöhe gleich etwas über 600 Meter angenommen. Hierfür würde sich — die die Bewegung hemmenden Widerstände der Luft etc. ausser Acht gelassen — als Dauer des Fluges 10 Sekunden, als Endgeschwindigkeit ca. 190 Meter ergeben. Wegen jener Widerstände jedoch muss dieses Ergebniss um etwas reducirt werden.

Die Wirkungen des Luftdruckes haben sich natürlich noch viel weiter als der Schuttstrom erstreckt. Am stärksten waren sie in der Richtung Ad (Fig. 10), denn von d aus zog sich (genau in der Verlängerung der Linie Ad) eine Staubwolke noch 3 Kilometer weit bis Matt, „woselbst die Fensterscheiben klirrten und die Bäume wie beim Föhn sich gewiegt und gebeugt haben“, ja selbst bei Engi, also 6 Kilometer weit, soll ein bituminöser Geruch gekommen sein. Auch am Düniberg war die Gewalt des Windes bedeutend, und mehrere Menschen verdanken ihm ihr Leben, sofern sie durch die Luft fortgeweht und so mit unerwarteter Schnelligkeit von einem Orte weggeführt worden sind, an welchem gleich darauf die Schuttmassen verderbenbringend niederfuhren. Auch am Rande bei Müsli (cb) wurde ein kräftiger Windzug noch ausserhalb des Schuttstromes verspürt, während weiter südwärts (ab) ein

solcher gar nicht oder doch kaum fühlbar war. Es ist das wohl begreiflich, da ja bei *a* die Bewegungsrichtung nicht stromauswärts, sondern einwärts gerichtet war.

Dass durch den Luftdruck nicht nur alle beweglichen Gegenstände, Menschen und Thiere, sondern auch die grössten Häuser fortgeschoben, in die Höhe gehoben und fortgewirbelt worden sind, steht fest. Zwei Zeugen aber behaupten sogar, gesehen zu haben, dass die eiserne Brücke, welche über die Sernf führte, vom Luftzug, d. h. noch ehe die Sturzmasse sie erreicht hatte, aufgestellt und nach dem rechten Ufer übergelegt wurde. Einzelne Eisentheile dieser Brücke, zerbrochen und verbogen, hat man später am Rande des Schuttstromes, etwa 80 Meter südwestlich von ihrem ursprünglichen Standorte, ausgegraben. (Bei *y* der Fig. 9 und bei *b* der Fig. 10.) Offenbar also war die Brücke vom Wind in die Luft gehoben, zerrissen und dann, von einem Wirbel erfasst, erst westlich, dann südwestlich herübergeschleudert worden. Ueber die Wahrscheinlichkeit solcher Wirbelwinde ist bereits gehandelt worden.

Da wir wissen, dass schon ein starker Orkan mit einer Bewegungsgeschwindigkeit von 21 Metern genügt, um die grössten eisernen Kettenbrücken zu zerreißen und in die Luft hinauszublasen¹⁾, so hat für uns das Auffliegen der Sernfbrücke bei einer Geschwindigkeit des Luftstromes von über 100 Metern in der Sekunde durchaus nichts Befremdliches.

Dennoch ist es nothwendig, durch eine einfache Rechnung die Möglichkeit dieses Wegblasens zu beweisen, weil HEIM (pag. 144) sagt: „Wenn man dem Windstoss das Ueberwerfen der sammt Beschotterung ca. 400 Centner schweren Eisenbrücke zuschreiben will, irrt man sich.“

Setzen wir das Gewicht der Brücke gleich 20,000 Kilogramm und taxiren wir die Fläche, welche die Brücke dem Windzug entgegengesetzte, auf 10 Qu.-Meter, so muss offenbar die Stärke des Luftdruckes auf den Quadratmeter grösser als 2000 Kilogramm gewesen sein, wenn er die Brücke wirklich emporzuheben im Stande gewesen sein soll.

¹⁾ Colonel PASLEY berichtet: (REID, The law of storms pag. 428) „Die Hängebrücke von Montrose (Ostküste Schottlands) wurde von mir bald, nachdem sie bei dem Orkan vom 11. October 1838 in die Höhe geweht (blown up) worden war, inspiciert. Da sie, wie unsere Dächer in England, nur durch ihr eigenes Gewicht aufag und nicht gegen Orkanwirkungen geschützt war, so wurde sie von unten nach oben in die Höhe geblasen.“ Nach REID's Angaben hatte der Wind, als er zum zweiten Mal die Kettenbrücke bei Brighton (Süd-England) am 29. November 1836 zerbrach und theilweise wegblies, eine Stärke von 56 Meterkilogramm, also eine Geschwindigkeit von 21 Metern in der Sekunde.

Die Geschwindigkeit eines Windes, dessen Druckstärke 2000 Kilogramm auf den Quadratmeter beträgt, lässt sich aus nachfolgender Tabelle leicht berechnen, wenn man beachtet, dass der Druck dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional wächst. Die Tabelle ist zusammengestellt aus den von MOHN und REID mitgetheilten Scalen, wobei die Zahlen der Einfachheit wegen in den Bruchtheilen gekürzt wurden.

Geschwindigkeit in Met. pr. Sek.	Druck in Kilogr. auf Qu.-M.	Windbezeichnung.
0.5	0.03	
2.0	0.5	Wind.
4.0	1.9	
7.0	6.0	
11	15	
15	27	
20	48	Sturm.
28	96	
35	150	Orkan.
45	240	

Ein Druck von 2000 Kilogramm auf den Quadratmeter erfordert darnach eine Geschwindigkeit von 126—128 Metern in der Sekunde. Nach unserer früheren ungefähren Taxirung war aber die Geschwindigkeit der Luftbewegung vor dem Sturze her eine noch grössere, und es muss daher durchaus als im Bereiche der Möglichkeit liegend angesehen werden, dass die Sernfrücke wirklich lediglich durch den Luftdruck aufgehoben und weggeführt worden ist.

HEIM's Annahme, die Brücke sei durch den herangeleitenden Schuttstrom ausgepflügt und so fortgeschoben worden, ist schon darum nicht haltbar, weil alsdann die Bewegung des Schuttstromes, wenigstens an dieser Stelle, als eine nach Südwesten gerichtete gedacht werden müsste, was aber nicht gut möglich ist.

Endlich verlangen auch die Luftbewegungen, welche hinter und über den fallenden Felsmassen stattgefunden haben, berücksichtigt zu werden. Wurde die Luft vor und unter dem Sturze weggetrieben und gleichzeitig verdichtet, so bildete sich hinter den fliegenden Massen jedenfalls ein Raum, der nur mit verdünnter Luft erfüllt war, indem die Luft von oben und von der Seite nicht ebenso rasch nachzudringen im Stande

war, als die Felsmassen vorwärts drangen. Als sie dann dennoch nachrückte und in den luftleeren Raum hereinschoss, mussten bedeutende Luftströmungen und wohl auch Wirbelwinde entstehen, welche die feineren Bestandtheile des nun bereits zur Ruhe gekommenen Schuttstromes oberflächlich erfassten und wieder mit in die Höhe wirbelten. Auf diese Weise erklärt sich die von allen Beobachtern constatirte Thatsache, dass eine kurze Zeit lang der Schuttstrom von einer undurchsichtigen Staubwolke ganz verhüllt war.

Höchst wahrscheinlich haben diese kleinen Wirbel noch eine andere Art von Spuren hinterlassen. HEIM schreibt (pag. 148): Auf der Oberfläche des Schuttstromes finden sich „häufig sonderbare, oft spitze, steile, kegelförmige Hügel, 1—3 Meter hoch, welche aus zerkleinertem Material, aus grauer Schiefererde und kleineren eingebackenen Steinen bestehen. Die Bildungsweise dieser Massen ist uns unerklärt geblieben.“ Als wir den Schuttstrom besuchten, waren zwar von diesen Kegeln noch Reste zu sehen, allein Wind und Wetter hatten das feinere Material bereits zu sehr umgelagert und weggeschlemmt, als dass sich die Entstehung besagter Hügel noch sicher hätte feststellen lassen können. Immerhin aber bleibt ihre Bildung auf diese Weise höchst wahrscheinlich.

Zum Schlusse wollen wir nicht unterlassen noch besonders hervorzuheben, dass die Art der Massenbewegung beim Felssturz von Elm neben dem rein wissenschaftlichen noch ein eminent praktisches Interesse darbietet. Dass der Schuttstrom 2000 Meter lang ist und damit die Verheerung eine so weitreichende war, konnte nach HEIM „Niemand ahnen“ und wäre nicht zufällig der Düniberg im Wege gestanden, so hätten die Schuttmassen nach seiner Anschauung wahrscheinlich einen ganz anderen, nicht so verderblichen Weg genommen. Wir hingegen halten die Form und Grösse des Schuttstromes lediglich durch die Art bedingt, mit welcher sich die Felsmassen des Tschingelwaldes losgelöst haben. Und wenn der schon halb zerbrochene, aber noch stehende Risikopf, von selbst oder durch künstliche Mittel veranlasst, einmal ebenfalls niederstürzen sollte, so wird die Art der Loslösung auch dann allein über Grösse und Ausdehnung des Sturzes entscheiden.

Erklärung der Tafel XXI.

Figur 1. Längsprofil durch das Gebiet des Felssturzes, mit Andeutung der wolkenähnlich durch die Luft fliegenden Sturzmassen. Die Pfeillinien zeigen die Bewegung der Luft an. Maassstab 1:20000.

Figur 2. Sammelprofil, zusammengesetzt aus drei Längsprofilen, welche durch das Abrissgebiet einerseits und andererseits durch das untere Ende bei Müsliweid, Alpegli und am Düniberg gelegt sind.

Figur 3. Aus Einzelbeobachtungen construirtes Querprofil durch den zonalen Rand des Schuttstromes bei Eschen. Die helleren Partien sind der aufgewühlte und schief herausgepresste Thalboden, die dunkleren Partien sind die Schuttmasse selbst. Maassstab 1:2000.

Figur 4. Profil, durch das neue Sernfufer aufgeschlossen, zeigt ebenfalls von unten heraufgepressten Thalboden von Sturzmassen überlagert.

Figur 5. Aufgearbeiteter und vorwärts geschobener Culturboden mit Fragmenten von Geräthschaften, überlagert von Sturzmasse, aufgeschlossen beim Bau der neuen Strasse.

Figur 6. Eocäner Schiefer mit transversaler Schieferung. Die Schichtung ist durch die punktirten Linien angedeutet.

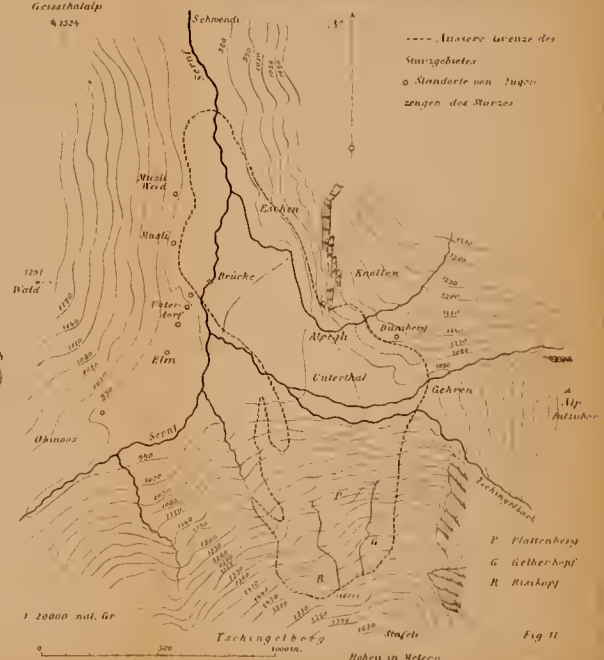
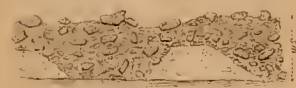
Figur 7. Profil des Berghanges beim Alpegli. Die steileren Partien (bis 50° geneigt) sind nur wenig von Schutt bedeckt.

Figur 8. Ansicht des Risikopfes, vom Gelben Kopf aus gesehen, Maassstab ungefähr 1:5000. Der am weitesten klaffende Spalt ist „der grosse Chlagg“.

Figur 9. Die Massenbewegung beim Sturze, wie sie sich aus HELM's Angaben construiren lässt, ist durch Linien angedeutet.

Figur 10. Andeutung der Massenbewegung nach unserer Auffassung. A ist das Abrissgebiet des Felssturzes. Die punktirten Felder bedeuten diejenigen Areale, welche von den Rutschungen bedeckt wurden oder von welchen solche ausgingen.

Figur 11. Kartenskizze der Umgebung von Elm, auf welcher das Sturzgebiet durch eine punktirte Linie begrenzt ist.



Rotpletz del.

Lith. J. J. Holer. Zürich.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1881

Band/Volume: [33](#)

Autor(en)/Author(s): Rothpletz August

Artikel/Article: [Der Bergsturz von Elm. 540-564](#)