

#### 4. Der Bergsturz von Elm.

Von Herrn ALBERT HEIM in Zürich.

Hierzu Tafel IV.

Herr A. ROTHPLETZ in Zürich ist zuerst mündlich in der Sitzung der zürcherischen naturforschenden Gesellschaft, hernach in dieser Zeitschrift, Jahrgang 1881, gegen die von mir dargestellte Art der Bewegung der Massen beim Bergsturz von Elm aufgetreten. Obschon er mit seiner Auffassung ganz allein steht, erscheint mir eine Erwiderung doch nothwendig, 1. weil ich früher die Begründung der allgemeinen Anschauung, da ein Widerspruch nicht in Aussicht stand und namentlich die abweichende ROTHPLETZ'sche Auffassung von Niemandem hätte im Voraus errathen werden können, etwas zu kurz gehalten habe; 2. weil vor dem Druck unseres Buches über Elm<sup>1)</sup> die allseitige Begehung des Schuttgebietes noch zu gefährlich erschien, so dass eine Menge bezüglicher Beobachtungen erst später allmählich von mir gemacht werden konnten, die ich hier zum ersten Mal aufführen werde; 3. weil wir seither auch noch die Zahl der Zeugenaussagen wesentlich vermehren konnten und 4. weil die bisher übersehene Erscheinung der Schuttströme auf flachem Grunde, welche Herr ROTHPLETZ in Frage stellt, bei grossen Bergstürzen eine allgemeine Bedeutung hat.

Das Folgende soll also nicht blos eine Entgegnung auf den Angriff des Herrn ROTHPLETZ sein, sondern zugleich eine Ergänzung meiner bisherigen Publication. Ueberdies habe ich hier den Vorthail, vor Fachgenossen zu reden, während ich in meiner früheren Publication an einen weiteren Leserkreis mich halten musste. Ich werde hier zuerst die Arbeit des Herrn ROTHPLETZ und deren Werth in den Hauptzügen besprechen und nachher zur näheren Begründung meiner Auffassung übergehen.

---

<sup>1)</sup> Der Bergsturz von Elm, den 11. September 1881, Denkschrift von ERNST BUSS, Pfarrer in Glarus, und ALBERT HEIM, Prof. in Zürich, mit Karten, Plänen und Ansichten. Zürich 1881, J. WUSTER & Comp. Geographischer Verlag. Preis 3 Mk. 40 Pf. Der Nettoertrag des Werkes ist für die durch den Bergsturz Geschädigten bestimmt.

## A. Die Arbeit des Herrn A. ROTHPLETZ über den Bergsturz von Elm.

In seinem ersten Theile bespricht ROTHPLETZ „HEIM'S Erklärung der Massenbewegung und deren physikalische Schwierigkeiten“.

ROTHPLETZ kann sich zunächst nicht vorstellen, dass eine Felsmasse, die in Trümmer aufgelöst in einen Thalgrund niederstürzt, am jenseitigen Abhang noch ein Stück weit hinaufschlägt oder hinaufrollt — hinaufbrandet, wie ich mich mit Vorliebe ausgedrückt habe. Er zergliedert und schematisirt nun in Wort und Bild (seine Fig. 9) diese meine Auffassung und findet dabei, dass das Hinaufbranden der Blöcke an den Düniberg nur auf zweierlei Weise vorstellbar sei: „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 im „Thalgrunde unter irgend einem spitzen Winkel wieder in die „Höhe geschnellert und flogen dann durch die Luft gegen den „Düniberg herauf.“ ROTHPLETZ meint nun, es habe eine Bedeutung, wenn er diese beiden Weisen glücklich auf theilweise unverkennbare Schwierigkeiten zuspitzt. Den allein wirklichen, natürlichen, so oft zu beobachtenden Fall: das Hinaufbranden des Schuttstromes, selbstverständlich unter einer dem Boden entlang mehr oder weniger rollenden und zugleich schiebenden Bewegung der einzelnen Trümmer, vorwiegend in Folge des noch vorhandenen Ueberschusses an lebendiger Kraft, unter Mitwirkung des Nachschubes durch die hinteren Blöcke, übersieht er. Dies ist aber eine vielfach bewiesene, bei fast jedem Bergsturz vorkommende und auch oft noch lange nachher leicht zu constatirende Thatsache, die leicht bei Gelegenheit auch kleinerer Ablösungen, bei Lawinen etc. im Gebirge in einem Grade beobachtet werden kann, welcher den des Gebirges weniger Kundigen in Erstaunen setzt. Schon jeder einzelne heruntergerollte Stein fährt ein Stück weit an gegenüberliegendem Abhänge hinauf, selbst ohne dass noch Nachschub auf ihn stösst. Die Bewegung einer grossen Trümmermasse nähert sich, wie diejenige von Sand, der Bewegung von Flüssigkeiten umsomehr, je grösser die Geschwindigkeit und je grösser die Masse im Vergleich zu den Trümmern ist. Die Trümmer verhalten sich zum Ganzen nicht gleich, aber vergleichbar den Molekülen zur Flüssigkeit. Mein Ausdruck „hinaufbranden“ ist deshalb bezeichnend.

Die Höhe am Düniberg, in welche die Blöcke hinaufgebrandet sind, beträgt übrigens kaum  $\frac{1}{6}$  der grössten Sturzhöhe und erscheint beim Ueberblick von oben sofort ganz selbstverständlich und nothwendig. Um „Aufällswinkel“, „Elasticität“, „Anprallen“, „Abprallen unter gleichen Winkeln“ etc., mit welchen Begriffen ROTHPLETZ gegen mich in Wort und Bild (seiner Fig. 9 b, d, c, f und dergleichen) rechten will, handelt es sich selbstverständlich bei einer Felstrümmerlawine und unregelmässig weicher Bodenunterlage, wo jeder Block verschieden aufschlägt und einer die Bewegungen des anderen beeinflusst, nicht. Ein Strom von vielen Tausend gleichzeitig bewegten einzelnen Steinen bewegt sich nicht nach dem Schema eines einzelnen Körpers. Unterthal und Düniberg in Elm sind kein Billardtisch und der Fels vom Tschingelberg keine Billardkugel. Es ist Mangel an Takt in der Auffassung natürlicher Vorgänge und der Anwendung von physikalischen Gesetzen auf dieselben, welcher dazu verführt, den natürlichen complicirten Vorgang gewaltsam zu schematisiren, um ihn in die Zwangsjacke eines für einen ganz anderen einfachen Fall gefundenen Naturgesetzes bringen zu können. Das aber ist der Boden der Kritik, welche ROTHPLETZ an mir zu üben versucht hat; in der Meinung, sich den Naturgesetzen anzupassen, verliert er die Natur selbst ganz aus den Augen.

Ich habe in der citirten Denkschrift gesagt, die 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.“ Dieser Satz macht ROTHPLETZ viel vergebliche Arbeit, indem er mein Wort „plötzlich“, das selbstverständlich im bürgerlichen Sinne zu verstehen war, mathematisch auffasst und nun diese Plötzlichkeit nicht begreifen kann. Er rechnet gegen mich und supponirt dabei, dass 60 m per Secunde und dann momentaner Stillstand mir noch nicht plötzlich genug wäre! Ich aber wollte blos sagen, dass nicht ein langsames Gleiten, wie es bei schlammigen Schuttmassen von Bergstürzen oft noch Stunden oder sogar Tage lang anhält, mit im Spiel gewesen ist, sondern dass die sehr schnelle Bewegung verhältnissmässig bis nahe an den Rand der Schuttmassen sehr schnell geblieben ist. Ob sie dort 120 m oder nur noch 60 m oder 30 m per Secunde betragen hat, ist für das Auge des Zuschauers ganz ununterscheidbar und scheinbar gleich schnell. Wenn eine Masse, welche vorher in ungefähr 20 Secunden über 2000 m weit daher gerast kam, nun mit 30 m oder 20 m Geschwindigkeit nur noch wenige Meter zurücklegt, bis sie starr bleibt, —

wenn sie also vielleicht eine oder ganz wenige Sekunden später stillsteht, so dürfen wir dies noch sehr wohl einen plötzlichen Stillstand nennen. So etwa habe ich mir diesen Stillstand gedacht. Er ist plötzlich im Vergleich mit dem Anhalten eines Eisenbahnzuges, eines Dampfbootes, er ist sogar wahrscheinlich noch plötzlicher gewesen, als das Anhalten eines im schnellsten Galopp stürzenden Pferdes.

Dass ich nicht „plötzlich“ im mathematischen Sinne sagen wollte, lag für den physikalisch Gebildeten klar ausgesprochen in dem nachfolgenden Satz der Denkschrift: „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 abnahm, steigerte sich sofort die Reibung enorm, und Stillstand trat ein.“ Das will doch nicht mehr sagen, als dass die Abnahme der Bewegung nicht eine gleichförmige, sondern eine von einem gewissen Punkt an rasch beschleunigte war. Wir kommen darauf zurück.

Dies sind nun die Widersprüche, welche ROTHPLETZ zwischen den „physikalischen“ Gesetzen und meiner Auffassung zu finden weiss. Zunächst handelt es sich um eine der Natur entfremdete falsche Schematisirung und Zergliederung meiner Auffassung, betreffend die Blöcke am Düniberg, die dadurch auf Schwierigkeiten geleitet wird, sodann um Missverständniss eines Wortes.

In seinem zweiten Theil bespricht ROTHPLETZ den „Widerspruch zwischen HEIM's Erklärung und den Berichten der Augenzeugen“. Wir werden später zeigen, wie die Zeugenaussagen zu unserer Auffassung zwingen. Hier weisen wir nur vorläufig darauf hin, dass ROTHPLETZ aus folgenden Irrthümern seinerseits zu diesem seinen Abschnitt gelangt ist:

1. Was die Zeugen über die drei verschiedenen Akte der grossen Massenbewegung (Bergfall, Steinwolke und Schuttstrom) ausgesagt haben, wirft er beliebig durcheinander, und bezieht namentlich die Aussagen über den 2. Akt meistens auf den Anfang.

2. ROTHPLETZ ist über die Stellung des wichtigen Zeugen No. 18 in Wort und Bild, Fig. 11, im Irrthum und zieht aus dessen Zeugniss deshalb falschen Schluss. Der Stein hinter welchen derselbe sich flüchtete, ist vom Alpegli in der Richtung gegen den Düniberg, nicht aber an der Felsecke unter Knollen gelegen.

3. Mit den Zeugenaussagen wird so unvorsichtig umgegangen, dass z. B. pag. 552, unterer Theil des mittleren Absatzes, die Aussage des Zeugen No. 6, der bei der Müsliweid stand, nun auf den ganz verschiedenen Standpunkt des eben

genannten Zeugen No. 18 bezogen wird, welche Verwechse-  
lung zu weiterem Missverständniß der Aussagen führt. Nach  
pag. 557 soll Zeuge 3 ausdrücklich hervorheben, dass einzelne  
Wurfgeschosse der Wolke voraneilten, während er dies in der  
That ausdrücklich verneint! (Denkschrift pag. 38), und ähn-  
liches mehr.

4. In den Zeugenaussagen kommt oft der Ausdruck die  
schwarze „Wolke“ vor und es wird ihre an Locomotivrauch  
erinnernde Bewegung beschrieben. Einige Zeugen halten Wolke  
und Schuttmasse für den unteren Theil (Akt III.) deutlich  
auseinander, die erstere ist der feine von der Luft wirbelnd  
bewegte und mitgerissene Staub. Sehr vielen war der Schutt  
durch die Staubwolke verdeckt. ROTHPLETZ deutet die Aus-  
sagen so, dass er irrthümlich die „Wolke“ für den Schutt  
nimmt wo dies seiner Anschauung günstig ist, und die Wolke  
von Akt II. mit der Wolke von Akt III. verwechselt.

5. Ganz willkürlich reißt ROTHPLETZ die ihm passenden  
Worte der Zeugenaussagen aus dem Zusammenhang heraus  
und ignorirt einfach die bestimmten, ihm widersprechenden  
Worte. Mit Vorliebe verwerthet er die etwas unbestimmten  
Aussagen.

Im dritten Theil bespricht ROTHPLETZ „unsere“ (d. h.  
seine) „Erklärung der Massenbewegung“. Auch hierüber  
verspare ich die Einzelheiten bis ich den Faden zur positiven  
Begründung meiner Auffassung aufgenommen habe, und betone  
in diesem negativen Theil meines Aufsatzes nur das mecha-  
nische Princip.

Pag. 555 finden wir nun die Anschauung von ROTHLEPZ  
über den Anfang der Bewegung auseinandergesetzt. Man muss  
die Worte von ROTHPLETZ in extenso lesen, sie lauten:

„Wir können dies“ (d. h. das Losreißen der letzten Faser  
vor dem Sturze) „für unseren Fall genauer dahin präcisiren,  
„dass diese letzte Faser riss, sobald die einzelnen Gesteins-  
„klötze oder Felsen so weit aus ihrer Gleichgewichtslage ver-  
„rückt waren, dass die Adhäsion auf den Kluftflächen die Kraft  
„nicht mehr aufzuwiegen im Stande war, mit welcher der  
„excentrisch gewordene Schwerpunkt der Gesteinsmassen sich  
„bestrebte, eine neue Gleichgewichtslage zu erlangen. Sowie  
„dieser Augenblick eintrat, mussten die Gesteinsmassen noth-  
„wendig in eine rasche drehende Bewegung gerathen, deren  
„Drehungsaxe ungefähr dem Bergabhang 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 . . .  
 „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 dre-  
 „hende 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 andern, in tangentialer  
 „Richtung abflogen.“

Dies verstehen weder Andere noch ich, am allerwenigsten die Physiker, die ich um ihre Ansicht über diese Deduction gebeten habe! Eine Zergliederung der ROTHPLETZ'schen Worte ist deshalb überflüssig. ROTHPLETZ behauptet: es sei eine tangentiale Kraft vorhanden, welche „die Gesteinsmassen vom Tschingelwald direct in die Luft hinausgeschleudert“ habe, und später bezeichnet er diese Bewegung als ein „abfliegen“. Aus den in seinen Figuren gezeichneten Flugbahnen sehen wir, dass, wie durch eine fürchterliche Mine gesprengt, seine Felsmassen zunächst nicht dem Gesetz der Schwere entsprechend fallen, sondern flach in die Luft hinaus vom Berge abfliegen! Eine besondere Kraft, eine explosible Spannung im Gehänge oder dergleichen wird nicht angenommen; ROTHPLETZ denkt sich, dass diese Abflugkraft aus Umsetzung der Schwerkraftwirkungen entstanden sein soll.

Gehen wir nicht den ROTHPLETZ'schen Worten, sondern dem physikalischen Inhalt seiner Behauptung auf den Grund:

Die Schwerkraft kann nur dann in eine lebendige Kraft, in die Luft hinausgerichtet, umgesetzt werden, wenn sie selbst vorher der betreffenden Masse überhaupt lebendige Kraft ertheilt hatte, was nur durch Verticalbewegung möglich ist. ROTHPLETZ nimmt fast horizontale Ablenkung mit einer enormen lebendigen Kraft gleich beim Beginn der Bewegung, also zur Zeit an, da überhaupt eine lebendige Kraft noch gar nicht vorhanden sein kann. Seine Tangentialkraft ist lebendige Kraft aus Nichts! Lasse ROTHPLETZ erst die Felsmassen in der Fallrichtung des Gehänges ein bedeutendes Stück weit zur Tiefe stürzen und nachdem erst dadurch in denselben lebendige Kraft sich aufgespeichert hat durch ein vorspringendes Gesimse die Bewegungsrichtung brechen oder ablenken, dann erst wird Herausfliegen möglich, und dies um so mehr, je grösser die vorangehende Verticalbewegung war. Fluglinien, wie sie ROTHPLETZ zeichnet, könnten nur das Resultat einer vorher sehr bedeutenden Verticalbewegung sein, die er aber vollständig

leugnet. Aus der ROTHPLETZ'schen Zeichnung geht ferner sofort hervor, dass nach seiner Auffassung Steilheit und Tiefe des Abhanges, an welchem die Massen sich losrennen, auf die Bewegung derselben, und die Entfernung, in welche sie fliegen werden, keinen Einfluss haben könnte; denn durch Abfliegen verlassen sie ja diesen Abhang sofort. Warum, müssen wir ROTHPLETZ fragen, fliegen denn Trümmer eines kleinen Felsabsatzes, unter welchem ein Gehänge von bloß 15 bis 20° Böschung folgt, nicht auch frei über dasselbe hinaus? Wenn die ROTHPLETZ'sche Annahme richtig wäre, so wäre man selbst in weiten Bergthälern einem beständigen Bombardement durch „abfliegende“ Steine ausgesetzt.

Zwischen die Schwerkraft und das „Abfliegen“ setzt ROTHPLETZ eine Centrifugalkraft ein. Schwerkraft kann sich aber nur dadurch bei einer losbrechenden Felsmasse in Centrifugalkraft umsetzen, dass der niederstürzende Fels während des Falles durch Reibung am Gehänge an seiner hinteren oder unteren Seite zurückgehalten, und dadurch gedreht wird. Stets ist die Drehung am Anfang sehr träge, so lebhaft sie allmählich auch werden kann. Die Abwärtsbewegung ist stets viel kräftiger als die drehende; stets wird die Centrifugalkraft nur ein Bruchtheil der vorher durch den Fall angehäuften, abwärts gerichteten, lebendigen Kraft bleiben können. ROTHPLETZ aber lässt sie vom ersten Moment an, noch bevor sie entstehen konnte, enorm überwiegen! Eine Centrifugalkraft musste „gelöst“ werden, sagt ROTHPLETZ, als ob Centrifugalkraft, d. h. lebendige Kraft, schon im Ruhestand hätte vorhanden sein können!

In seiner Deduction spricht ROTHPLETZ auch von Drehung der sich ablösenden Masse „als ein Ganzes“ um eine Axe parallel dem Abhang. Die sich loslösende Masse war eine Bergrinde am schiefen Abhang, und als solche ist sie auch in den ROTHPLETZ'schen Profilen dargestellt. Woher soll die Kraft kommen, die dieses Stück Felsrinde zuerst „als ein Ganzes“ dreht oder sogar aufrichtet — da es doch an schiefelem Gehänge liegt, so dass die Schwerkraft der Drehung nach Aussen entgegenwirkt?

In der ROTHPLETZ'schen Deduction sind also die einfachsten mechanischen Grundbegriffe und Grunderscheinungen und jedes mechanische Gefühl in's Gesicht geschlagen worden. Kraft und lebendige Kraft sind verwechselt! Das ROTHPLETZ'sche Abfliegen schon im obersten Theile des Abrissgebietes ohne vorherigen Verticalsturz ist nicht nur „physikalisch schwer deutbar“, sondern genau so unmöglich, wie die Annahme, dass ein ruhender Stein plötzlich aus sich heraus in die Höhe fliege. Wenn Zeugen dies Abfliegen be-

haupten würden, müssten wir sie mit der grössten Sicherheit als irrende Zeugen wegweisen. Uebrigens hat dies auch kein Zeuge behauptet, ROTHPLETZ hat blos die Zeugenaussagen in dieser Art missdeutet.

## B. Die Massenbewegung beim Bergsturz von Elm.

In unserer Denkschrift haben Pfarrer Buss und ich durch die Zeugenaussagen nachgewiesen, dass zwei kleinere Stürze, welche die beiden Flanken des Plattenbergkopfes lösten, dem Hauptbruch vorangegangen sind und wir haben in einem Plane der Gegend die Ausdehnung dieser einzelnen Brüche eingezeichnet. Diese, sowie der nun folgende Hauptsturz, haben alle den Charakter ächter „Felsstürze“<sup>1)</sup> d. h. die früher anstehenden Felsen brechen quer zur Schichtung ab und bewegen sich dann in einer von der Schichtung ganz unabhängigen Richtung weiter. Die Differenzen zwischen der ROTHPLETZ'schen und unserer Auffassung beziehen sich auf die Bewegung der Felsmassen lediglich des dritten Sturzes, welcher der Hauptbruch war, der in so ungeheurer Ausdehnung den fruchtbaren Thalgrund verwüstet hat.

Uebersichtlich zusammengestellt sind in der Massenbewegung des Hauptsturzes drei rasch aufeinander folgende und unmittelbar ineinander übergehende Akte oder Abschnitte zu unterscheiden. Dieselben sind (Taf. IV. Fig. 2 u. 3):

Akt I. Die abgetrennte Bergrinde bricht dem Abhang parallel über denselben herunter bis zum kleinen Plateau vor dem „Plattenberg“. Wir haben diesen Abschnitt als „Bergfall“ bezeichnet.

Akt II. Von dem Plateau vor dem Plattenberg, das wie ein Gesimse ablenkend wirkt, fliegen oder spritzen die Felsmassen, die hintern die vorderen drängend, horizontal frei durch die Luft in einem Bogen bis auf den nördlichen Theil des Unterthales und den unteren Theil des Dünibergabhanges. Wir haben diesen Theil „Steinwolke“ genannt: bezeichnender noch wäre der Ausdruck Bergflug, Steinflug oder Steinwurf.

Akt III. Die vorderen Schuttmassen, auf dem Boden aufgeschlagen und zugleich von den nachfolgenden weggeworfen, rollen und fahren theils an den Düniberg, theils von dessen Gehänge abgelenkt thalauswärts, wo sie in Pfeilschnell gleiten-

<sup>1)</sup> Vergl.: „Ueber Bergetürze“ von ALBERT HEIM (Neujahrsblatt der zürcherischen naturforschenden Gesellschaft), mit einer Tafel, Zürich 1882. Verlag von J. WURSTER & Comp.

der Bewegung auf wenig geneigtem Untergrund den langen Schuttstrom bilden. Die hintersten Felstrümmer des Stromes bleiben auf dem Unterthal als grösster Schutthaufe liegen.

ROTHPLETZ hingegen betrachtet alles als einen Bergflug und giebt nur zu allerletzt noch auf höchstens 200 m (Maass aus seiner Figur 2) Distanz etwas rutschende Bewegung zu. Er läugnet vollständig den „Bergfall“ und weit aus zum grössten Theil nämlich zu  $\frac{7}{8}$  den „Schuttstrom.“ Wenn er dennoch — wahrscheinlich wider Willen überwältigt von der stromförmigen Lagerung des Schuttes im Thalboden — das ganze Ablagerungsgebiet stets „Schuttstrom“ nennt, so verbindet er damit keineswegs den Begriff des Strömens und erzeugt Unklarheit in seiner eigenen Darstellung. Das Wort „Schuttstrom“ gehört nur zu unserer Auffassung.

Wenn wir den Namen Schuttstrom auf den dritten Akt beziehen, so soll damit nicht gesagt sein, dass nicht auch die vorhergegangenen Akte eine dem Strömen einer Flüssigkeit sehr nahe verwandte Bewegung gewesen sind. Die beiden ersten Akte waren aber ähnlicher einem Wasserfall als einem Strom und sind nun abgelaufen. Das Resultat des dritten Aktes liegt noch als erstarrter Strom vor uns, so dass hier das eine Wort die geschehene Bewegung und die noch vorhandene Ablagerung zugleich bezeichnet.

Eine Flüssigkeit verdankt ihre Eigenschaften der Verschiebbarkeit der einzelnen Theile gegeneinander, welche Theile durch keine Expansivkraft von einander getrennt werden, der Schwere folgen, und im Verhältniss zur Gesamtmenge sehr klein sind. Die einzelnen Theile beeinflussen gegenseitig ihre Bewegung, so dass dieselbe eine andere wird, als wenn das in sich starre Theilchen allein sich bewegen könnte.

Zwischen der Bewegung einer Flüssigkeit einerseits und der Bewegung von Schnee, von Sand oder von einer in Trümmer sich auflösenden Felsmasse andererseits besteht keine absolute Grenze, indem stets die einzelnen, in sich starren Theilchen sehr klein sind im Verhältniss zu der sich gleichzeitig bewegendenden Gesamtmasse. Da wie dort ist die Cohäsion zerstört, die innere Reibung oft kleiner als die Reibung am Untergrund. Der wesentlichste Unterschied für die Bewegung liegt nur darin, dass die „innere Reibung der Flüssigkeit“, d. h. die Reibung der einzelnen Theilchen an einander bei dem Felstrümmerstrom, Sandstrom, Schneestrom (Lawine) etc. grösser ist, als bei der absoluten Flüssigkeit, weshalb die Böschungen, welche eine Trümmermasse zum Fliessen veranlassen, viel bedeutender sein müssen.

Ueber die Bewegung der einzelnen Theile innerhalb eines

solchen an Flüssigkeit erinnernden Stromes können wir uns eine theilweise Vorstellung machen. Ein Stein im Trümmerstrom schlägt nicht nur an den Boden, sondern in zahllosen Stößen auch an andere Trümmer an und beschreibt wohl hiedurch, zwischen den ebenfalls zur Tiefe eilenden Nachbarn hin- und herschwingend, Zickzacklinien um eine continuirliche Curve herum. Das seitliche Abfliegen ist nur für die äusseren Steine des Stromes möglich, die inneren hemmen sich hieran gegenseitig. Die Masse bleibt deshalb der Hauptsache nach beisammen, denn, ablenkende grössere Gesimse ausgenommen, werden niemals alle Steine im gleichen Momente zu weiten Sätzen veranlasst sein. Die tiefsten, durch die Reibung am Boden zurückgehalten, werden am raschesten drehen. Die rollende Bewegung nimmt gegen die höheren Theile des Trümmerstromes ab, hier herrscht das Strömen vor. Hintere Massen können vordere im Allgemeinen nicht überholen, wohl aber durch Anstossen und Uebertragen eines Theiles ihrer lebendigen Kraft die vorderen Massen noch schneller vor sich her werfen und drängen; ein „Ueberwerfen“ des Ganzen, wodurch die hintersten Theile die vordersten würden, tritt nicht ein. Es darf nicht erwartet werden, dass bei ein und demselben Bergsturze Blöcke aus den höchsten Theilen des Abrissgebietes weiter hinaus fahren als diejenigen von etwas geringerer Fallhöhe eben weil in dem Blockstromgedränge die ersteren ihre grössere lebendige Kraft, stossend, an die vorderen Massen abgeben. Wie der Sturzbach spritzt, der Wasserfall in tausend Tropfen auseinander stiebt, die flache Böschung aber wieder einen zusammenhängenden Wasserabfluss schafft, so wird es auch je nach der Böschung beim Felssturz zu erwarten sein. In dieser Weise ordneten sich beim Felssturz von Elm in der That die drei Akte aneinander. Akt I. war ein Sturzbach, Akt II. ein freier Fall von Trümmern, Akt III. der gesammelte Abfluss in zusammenhängendem Strome.

Wenn Gletschermassen über Wände herunterbrechen, lösen sie sich sofort in Eistrümmer auf. Die Gletscherlawine sieht genau aus wie ein gewaltiger Sturzbach mit Wasserfällen, blos der Ton ist mehr ein Knallen und Donnern, weniger Rauschen. Die grossen Schneelawinen bieten genau den gleichen Anblick. Nach einer gewaltigen Cascade, die den Schnee in weissen Wolken aufstieben machte, gehen sie als grosser zusammenhängender Schneestrom mit ganz scharf begrenzten steilen Rändern auf den flachen Gründen oder gar an die gegenüberliegenden Gehänge hinauf weiter. Die Bewegung ist dann nur am Stirnrand und den Seiten wälzend, in der Mitte schneller, mehr gleitend. Wir können direct beobachten, dass ein einzelnes Stück Gletschereis, an eine Felswand geworfen, unter

ungefähr gleichem Winkel abprallt, dass dies aber bei einer grossen Gletscherlawine keineswegs der Fall ist. Die elastische Bewegung der einzelnen Theilchen wird offenbar im Strome absorbiert. Der Lawinenstrom brandet, wie es auch Wasser thut, an ein Hinderniss hinauf, schmiegt sich aber so viel als möglich der Form desselben und des Untergrundes an. Vorspringende Coulissen oder Gesimse lenken ihn in ihre Streichrichtungen ab, werfen ihn aber nicht wie ein einzelnes Eisstück zurück. Der Trümmerstrom ist also weniger elastisch, er ist mehr plastisch und hat in seiner Bewegungsrichtung einen höheren Grad von Inertie als das einzelne Stück, das von elastischen Wänden hin und her geworfen werden kann. Einzelne Trümmer- und Wellenbewegungen werden von Auffallsflächen unter gleichem Winkel zurückgeworfen, nicht aber Strömungen. Die Wege vereinzelter Trümmer sind scharf gebrochene Linienzüge, die Bewegungsfaden einer grösseren Strommasse (Eis, Schnee oder Felsschutt) hingegen sind wie bei Flüssigkeiten mehr und mehr continuirlich sich anschmiegende Curven. Ich habe in Fig. 2 und 3 Taf. IV. die Bewegungsfaden, wie ich sie mir für den Bergsturz von Elm denke, eingetragen.

Ich habe schon zahlreiche grosse und kleinere Gletscherlawinen, Schneelawinen und kleinere Felsbrüche im Sturze beobachtet und dabei stets die überraschende Aehnlichkeit der Bewegung mit Wasser und die Zunahme dieser Aehnlichkeit mit der Grösse der Gesamtmassen und der relativen Kleinheit der einzelnen Trümmer constatirt. Ferner habe ich in Versuchen mit Sand auf Relief die durchaus schlagende Gleichheit in der Bewegung wahrgenommen. Niemals aber habe ich eine Bewegung wie das ROTHPLETZ'sche „Abfliegen“ gesehen.

Fassen wir zusammen: Eine Masse von Trümmern, die im Vergleich zur Grösse der Trümmer sehr bedeutend ist, bewegt sich nicht wie ein einzelnes Felsstück, sondern wie Schnee, Sand, also ähnlich einer Flüssigkeit.

Gehen wir die einzelnen Akte des Bergsturzes von Elm der Reihe nach durch:

## Akt I. Der Bergfall.

### a. Die mechanischen Verhältnisse im Abrissgebiet.

Die zahllosen Risse und Verschiebungen, welche das Gestein in allen Richtungen, auch ausserhalb der grossen Hauptablösung, besonders quer zu den Schichten und Schiefen schon vor dem Losbruch durchsetzt hatten, verhinderten jede

Bewegung als Ganzes und brachten sofort bei beginnender Bewegung die Verhältnisse der Sand ähnlichen Massen ins Spiel.

Die vorhergegangenen, langsam beginnenden Bewegungen beweisen alle, dass die Tendenz zu Einsturz in der Richtung des Gehänges vorhanden war und dass deshalb sehr wahrscheinlich die rasche Bewegung mit dem Weichen des Schieferbruchdaches begonnen und von da rasch nach oben gegriffen hat. Die vorangegangenen Bewegungen, wie sie in der Denkschrift geschildert sind, waren:

1. Beginn der Spaltenbildung im Fels direct über dem unterhöhlenden (180 m langen und bis 65 m tiefen) Schieferbruch und allmähliches Fortschreiten der Gebirgslockerung im Laufe der Jahre von hier nach oben.

2. Im Hintergrund des Schieferbruches Entstehen von neuen Rissen und langsames Herausdrücken des Gesteines.

3. Der „grosse Öhlagg“ (d. h. die grosse Spalte, welches Wort abgeleitet ist von klaffen) umrandete oben die sturzbereite Masse. Es war eine bedeutende, ca. 10 m tiefe Absenkung, die allmählich im Lauf von etwa  $1\frac{1}{2}$  Jahren entstand und eine Massenbewegung des Felsens in der Richtung des Gehänges abrutschend anzeigte.

Zu einem Obensichhinüberdrehen im Sinne von ROTHPLETZ fehlte jedes Anzeichen und bei der noch lange nicht senkrechten Aussenfläche jede Möglichkeit. Bei einem Sturz durch Unterhöhlung wird niemals das der Stütze Beraubte fast horizontal in die Luft hinaus springen, sondern gegen die Untergrabung hinab einstürzen.

Die Hauptnische, aus welcher der Fels ausgebrochen ist, ist etwas trichterförmig unten etwa 160 m, oben etwas über 200 m breit. Sie hat eine ganz andere Gestalt, als sie ROTHPLETZ in seinen Figuren 9, 10 und 11 innerhalb des Abrissgebietes durch eine Linie einzeichnet. Ihre Seitenwände, besonders die westliche, springen steil in den Berg hinein. Die Oeffnung der Nische ist gerade gegen Norden gewandt, so dass die anfängliche Bewegung der ausbrechenden Gesteine im Grundriss ebenfalls, bevor eine Ablenkung eintrat, nur gegen Nord gerichtet sein konnte, nicht gegen NNW. wie ROTHPLETZ sie willkürlich „abfliegen“ lässt.

#### b. Zeugenaussagen.

Nur wenige der Augenzeugen vermochten den ganzen Hergang zu überblicken. Sehr vielen derselben war durch ihre Stellung im Raume, oder durch die Wendung zur Flucht, oder durch ihre Stellung zu der rasch entstandenen Staubwolke etc. ein Theil des Phänomenes verdeckt. Mehrere Augenzeugen

blickten erst zum Tschingelberg hinauf, da sie das erneute Krachen hörten. Bevor der Schall an ihr Ohr gelangt war und sie sich nach demselben gewendet hatten, war Akt I. schon vorbei, oder in seinem letzten Theil schon durch die eben entstandene Staubwolke verhüllt. Es ist deshalb leicht begreiflich, dass dieselben ihre Erzählung erst mit Akt II. beginnen, irrthümlich aber, wenn ROTHPLETZ diese letztere nun auf den Anfang der Bewegung bezieht. Wir können in Anbetracht der furchtbaren Schnelligkeit, mit welcher die Erscheinungen ineinander übergingen, von den Beobachtern im Allgemeinen keine Vollständigkeit verlangen; der eine hat den einen, der andere einen anderen Moment aufgefasst.

Die Zeugenaussagen, welche über Akt I. Andeutungen geben sind die folgenden. (Ich citire die Zeugen mit den in unserer Denkschrift enthaltenen Nummern, lasse aber alle ihre Aussagen weg, welche sich nicht direct auf die Bewegung der Massen beziehen. Die Standpunkte der Zeugen sind durch die gleichen Nummern in Fig. 1 Taf. IV. angegeben, soweit sie im Rahmen dieser Figur liegen.)

No. 1. Lehrer WYSS, Beobachter der meteorologischen Station in Elm, Standpunkt Unterdorf: „Ich sah die Masse erst vertical von oben stürzen und dann ... etc.“

No. 2. Gemsjäger und Führer HEINRICH ELMER, Standpunkt Unterdorf: „Als gleich darauf der dritte Sturz erfolgte, „sah ich in der Höhe des Tschingels die ganze „Wand in Bewegung und Alles durcheinander „spielen.“

No. 3. Gemeindevorstand und Rathsherr FRIDOLIN HAUSER, Standpunkt Unterdorf: „Im gleichen Augenblick (nachdem „Zeuge die Bewohner im Unterthal fliehen sah) brach der „Hauptsturz los. Er warf sich senkrecht direct auf „den Plattenberg“ (d. h. Schieferbruch).

Nr. 4. M. RH—K, Standpunkt im Müsli: „Gleich nachher kam Alles mit Einem Mal herunter, ohne dass ich „indessen etwas Näheres unterscheiden konnte.“

No. 9. Pfarrer MOHR, Standpunkt im Dorf: „Dann“ (d. h. nach den ersten kleineren Stürzen) „Stürzen und „Fallen auf allen Seiten zugleich. Dann der grosse Hauptsturz in der Mitte. Ich sah eine dunkle, am Rand hellere „Wolke thalwärts fahren mit der Schnelligkeit eines Lawinensturzes, noch besser eines Wasserfalles. Die Felsmasse „selbst war verhüllt.“

No. 12. B. RH., Standpunkt zwischen dem Dorf und Obmoos: „Ich sah die Bergmasse sich ablösen ...“

No. 13. S. H., Standpunkt „Wald“ östlich, ungefähr 350 m über dem Müsli, sagt: „Endlich habe gleich darauf

„unter schauerlichem Dröhnen der ganze Berg sich gelöst, „als ob der jüngste Tag hereinbrechen wollte. Oben im „Tschingelwald habe 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.“

No. 14. Landjäger WERNER FREYTAG, Standpunkt unterste Sennhütte der Geistthalalp, 350 m über dem Thalboden: „Es „währte einige Minuten, so sahen wir alles das herabfahren, was zwischen der Gabel hängen geblieben „war, nämlich eben den Plattenbergkopf.“

No. 15. M. RH., Standpunkt östlich des Bergsturzes auf Falzüber: „... bis unter dumpfem Tosen und Krachen eine „wüste, undurchdringliche Wolke, wie vom Winde gejagt, vom „Berge hinausfuhr über das Thal.“

No. 19. Die vom Pfarrer Buss gesammelten Einzelaussprüche von Augenzeugen enthalten die Worte:

„Beim Abbruch zu oberst am Tschingel hat sich der Wald „bewegt „wie eine Heerde hüpfender Schafe“, die „Tannen seien „durcheinandergewirbelt“, dann sei die Masse „plötzlich gesunken.“

No. 20. JOH. MARTI, Kreisförster, Standpunkt Schützenstand in Matt: „Plötzlich wurde am Tschingelberg alles wie „lebendig und Wald und Fels stürzten scheinbar „senkrecht über den Abhang hinunter. Alles weitere „beim Plattenberg und von da an abwärts war uns durch einen „Bergvorsprung verdeckt, bis wir im Thalboden gegen Schwendi „eine Staubwolke herauskommen sahen.“

No. 21. KASPAR ZENTNER, Schuster, 40 Jahr alt (in der Denkschrift noch nicht enthalten), Standpunkt Strasse zwischen Unterthal und der eisernen Brücke: „...„und sah nun den „dritten Sturz herankommen, die Massen waren schon bei den „Unterthalstauden bei der Brücke, die über den Raminbach „zu den Plattenhütten führte.“

Ich habe einigen dieser Zeugenaussagen noch einige Erläuterungen beizusetzen und zwar:

Zu No. 2. Der Gemsjäger beobachtete mit dem Fernrohr. Er hatte in Folge dessen nur ein kleines Gesichtsfeld, mit dem er der Bewegung nicht nachzufolgen vermochte. Als er sein Auge vom oberen Tschingelabhang wegwandte, donnerte der Schuttstrom schon gegen den Sernft heran, so dass sein Zeugnis über Akt II. nichts und über Akt I. nur den Anfang (mit den anderen Zeugen übereinstimmend) enthält.

Zu No. 4. Vom Standpunkt dieses Augenzeugen hätte eine Bewegung wie das ROTHPLETZ'sche „abfliegen“ niemals

als „herunterkommen“ bezeichnet werden können, sondern wäre als hinaus- oder sogar hinauffliegen erschienen.

Für No. 9 gilt ganz das Gleiche. Vergleichen mit Lawinsturz und Wasserfall von diesen Standpunkten aus widersprechen der ROTHPLETZ'schen Anschauung.

No. 12 deutet Akt I. kaum an, wahrscheinlich weil derselbe abließ, bevor sein Blick die Felsen traf.

Zu No. 13 und 14 wiederhole ich die ähnliche Bemerkung, welche wir No. 4 beigefügt haben.

In No. 19 fällt der Vergleich mit einer Heerde hüpfender Schafe auf; er scheint mir aber sehr bezeichnend, wenn ich mich an das Bild des über eine etwas unebene steile Fläche rieselnden Sandes erinnere. Auch hiernach ist die Masse zuerst gesunken, nicht aber hinausgeflogen.

No. 20 hätte die oberen ROTHPLETZ'schen Fluglinien ohne Unterbruch sehen müssen, nur eine zunächst auf einige hundert Meter steil abfallende Bewegung konnte sich jenem Standpunkte verbergen.

No. 21 hätte nach ROTHPLETZ den Steinregen hoch über sich hinfliegen sehen und selbst getroffen werden müssen, während er die Massen bis an den Boden des Unterthales fallen sieht, bevor sie das Thal hinaus gegen ihn herkommen.

Von unseren 12 Zeugen erklären 9 ohne jede Zweideutigkeit, dass die Bewegung mit einem steilen Fallen begonnen hat. No. 12 und No. 15 halten sich in unbestimmten Ausdrücken, No. 2 spricht sich über Akt I. und II. aus oben bezeichnetem Grunde nicht aus. Keine einzige dieser Zeugenaussagen stellt den Verticalsturz als Akt I. in Abrede; keine einzige sagt positiv aus, dass schon von oben die Massen in die Luft hinausgeflogen wären, und diejenigen, welche von „überwerfen“, „in die Luft hinausfliegen“ etc. reden (wie No. 1, No. 3, No. 12, No. 13, No. 14, No. 19), erzählen dies ausdrücklich als das was einer Verticalbewegung nachgefolgt ist, als Akt II., oder sie bezeichnen, wie No. 6 und No. 8, ohne sich über Akt I. besonders auszusprechen, doch diese Bewegung durchaus nicht ausdrücklich als den Anfang. Die Zeugen No. 1, No. 3, No. 13, No. 14, No. 20, No. 21 lassen an Bestimmtheit ihrer Aussagen nichts zu wünschen übrig und stehen mit keiner einzigen anderen Zeugenaussage im leisesten Widerspruch.

ROTHPLETZ hat keine entgegenstehenden anderen Zeugenaussagen aufgebracht, er hat mit Ausnahme von No. 20 und 21, die in unserer Denkschrift noch nicht aufgeführt worden waren, den Wortlaut der obigen Zeugnisse acceptirt. Wie er aus denselben ableitete: „Also auch hier keine Andeutung eines vorangehenden Verticalsturzes“, welcher Satz in wenig

variirten Worten auf pag. 551 dreimal von ihm ausgerufen wird, ist unbegreiflich. ROTHPLETZ zählt in den obigen Aussagen 7 Stimmen gegen eine Verticalbewegung und nur 2 für eine solche und erlaubt sich mit No. 1 und No. 3, welche von den gebildetsten und zuverlässigsten, der Beobachtung gewohntesten Männern stammen, einfach dadurch fertig zu werden, dass er sie misskreditirt!

## Akt II. Der Steinwurf.

### a. Die Zeugenaussagen.

Nach unsern allgemeinen Erörterungen über die Bewegung von Trümmerströmen ist es einleuchtend, dass der Felssturz, da er auf die theils aus Schutt, theils aus Fels bestehende, etwa 200 m über dem Unterthalboden gelegene Terrasse unter dem Plattenberg aufschlug, von diesem Gesimse in die Luft hinaus abgelenkt werden musste. An lebendiger Kraft zu diesem Sprunge fehlte es nun nach einigen hundert Metern Sturz nicht mehr. Dieser Akt II. hat begreiflicher Weise den überwältigendsten Eindruck auf die Augenzeugen ausgeübt. In der folgenden Wiedergabe ihrer Worte fahren wir bei den schon über Akt I. vernommenen Zeugen dem Worte nach genau anschliessend fort und nennen die Standpunkte nur bei den neu aufzuführenden.

No. 1. „und dann (sah ich die Masse) von der Sohle „des Plattenbergs an horizontal hervorquellen, indem der untere „weiter vorstehende Theil des Berges durch den Druck des „darauf herabfallenden oberen Theils herausgedrückt und in „die Luft hinausgesprengt wurde. Ich hatte den Eindruck, die „ungeheuren Schuttmassen müssten das ganze Thal ausfüllen. „Sie 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.“

No. 3. „Darunter (d. h. unter dem Plattenbergbruch) „schoss die Gebirgsmasse wie ein Pfeil hervor und gegen den „Knollen hinüber.“

No. 6. MATTHIAS RHYNER, Tagwenvogt (Gemeindebau-  
meister und Ingenieur), Standort Müsliweid: „beim dritten „Sturze dagegen hat es die Masse 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. ... Auch die nachstürzende Bergmasse kam durch die

„Luft, und wurde am Alpegli abgeschnellt. 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.“

No. 8. M. Rn., Standpunkt Düniberg auf der Flucht: „Zurückblickend sah ich über der Wolke noch Steine fliegen ... rings umher war alles dunkel und in Staub gehüllt.“

No. 9. „Ich sah eine dunkle, am Rand hellere Wolke ... Die Felsmasse selbst war verhüllt.“

No. 12. „... ich sah 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, soweit die Häuser „des Dorfes den Durchblick gestatteten. Die Unterthalhäuser „wurden zersplittert durch die Lüfte getragen.“

No. 13. „Wie eine ungeheure schwarze Lauine flog (nach „dem Sturz „zur Tiefe“) der in Staub aufgelöste Berg mit „rasender Schnelligkeit durch die Luft, unter der Lauine verhüllte sich Alles, ich habe nichts mehr gesehen als Rauch...“

No. 14. „Mir schien es, die Masse habe sich in der Luft überworfen. Sofort bildete sich eine ungeheure russschwarze „Wolke.“

No. 15. „... ich sah die Wohnungen im Unterthal Haus „um Haus erst auseinanderfahren, umstürzen, fortgleiten, wie „geblasen und nachher die Wolke sich pfeilschnell darüber „ausbreiten, soweit der Thalgrund reichte. Alles Weitere verhüllte sie mir.“

No. 19. „Die Bewegung der Felsmassen sei nicht ein „Rutschen und Rollen, sondern ein „Fliegen des Gesteins“ gewesen, „hausgrosse Felsstücke habe man durch die Luft „einherhausen und erst beim Anprall am Boden zerschellen „sehen.“ Die Masse habe ausgesehen und sich bewegt, „wie „der Rauch einer Locomotive, nur dunkler.“

No. 22. OSWALD SCHNEIDER, Knecht, 23 Jahr alt (in der Denkschrift noch nicht enthaltend), Standpunkt Runse westlich neben den Alpegligaden: „Die Schuttmasse wurde bis auf „3 Fuss gegen uns herzugeschlagen, Steine flogen zudem „über uns hinweg von einer Grösse, dass man sie kaum auf „einem Karren führen könnte und der Staub drang uns erstickend in Mund und Nase.“

b. Die Resultate aus den Zeugenaussagen  
über Akt II.

Der freie Sprung der Felsen vom Plattenberg quer über das Unterthal, der durch diese Zeugen festgestellt wird, ist von keiner Seite angezweifelt worden. Einige Erscheinungen desselben bedürfen indessen besonderer Hervorhebung.

1. Wie bei einem durch ein Felsgesimse hinausgeworfenen Wasserfall die untere Grenze des Wassers ziemlich scharf wird, oben aber die Tropfen weit auseinander spritzen, so war dies auch bei diesem Felstrümmersprung der Fall. Die Staubwolke wirbelte vorwärts in die Breite und Höhe (No. 1, 13, 15), einzelne Steinschwärme flogen in hohen Bogen hinaus (No. 8 und 22), unter dem fliegenden Schutt aber konnte man während eines Momentes noch Häuser, Bäume, Menschen, Vieh mit aller Bestimmtheit unterscheiden (No. 1, 6, 12). Denjenigen Zeugen, welche von erhöhter Position beobachteten (No. 13, 14, 15), verhüllte die Staubwolke, die sich viel höher und weiter ausbreitete und wie der Rauch einer Locomotive bewegte, die „Steinwolke“ und was unter derselben vorging. Solche Beobachter sahen aber, dass in der Schutt- und Staublaine plötzlich eine heftige Bewegung horizontal von der Bergwand herauskam, was für sie den Schein hervorbrachte. als habe die stürzende Bergrinde sich mitten im Fall — nicht wie ROTHPLETZ meint zu Beginn desselben — überwerfend gedreht (No. 6, namentlich der von vorne beobachtende No. 14). Nur die tief stehenden und die Bewegung mehr oder weniger im Profil beobachtenden Zeugen konnten die Erscheinung vollständiger übersehen und die bestimmtesten Berichte liefern (No. 1, 3, 12 und auch 6), aus welchen ersichtlich ist, dass kein „Ueberwerfen“, d. h. kein Voraneilen der oberen Felsmassen, sondern ein horizontales Herausquellen vom Gesimse unter dem Plattenberg stattgefunden hat.

2. In welcher Richtung und wie weit hinaus ging der Steinflug? Darüber sagt Zeuge 1: „quer über das Unterthal hin.“ No. 3: „gegen den Knollen hinüber.“ No. 6: „gegen das Alpegli zu und wurde am Alpegli abgeschneilt.“ No. 12: „in's Unterthal hinüber.“ No. 21 sieht die Steinmasse theilweise schon bei den Unterthalstauden den Boden erreichen. Zeuge 8 und 22 sehen die Steine am Düniberg durch die Staubwolke fliegen. Ein Blick auf die Karte lehrt uns, dass alle diese Richtungsangaben genau mit der Süd-Nordlinie zusammenfallen, keine einzige lässt sich für die von ROTHPLETZ angenommenen gegen NNW. gerichteten Fluglinien interpretiren. Zeuge No. 6 hätte seiner Lage entsprechend gar nicht unter der Steinwolke durchsehen können, wenn dieselbe

gegen NNW., d. h. direct gegen ihn geflogen wäre — auch er hat den Steinflug in schiefer Profilansicht beschrieben; desgleichen Zeuge 21. Alle diese Zeugen lassen die Felsmassen am Alpegli, im nördlichen oder sogar im mittleren Theil des Unterthales, an der Ecke unter dem Knollen, am Düniberg, also gerade nördlich gegenüber der Ausbruchsnische und dem Plattenberg den Boden erreichen, kein einziger erst in der Nähe des Müsli, des Sernfflusses oder des Eschen, wie ROTHPLETZ dies behauptet und in seinen Figuren zeichnet. Wenn ROTHPLETZ diejenigen Zeugen, welche nur die sofort auch thalauwärts sich verbreitende Staubwolke beobachtet haben, in derselben aber nichts unterscheiden konnten, für seine Auffassung in die Linien stellt, passt dies zu der Behandlungsweise, welche er überhaupt den Worten der Zeugen wie den meinigen angedeihen lässt. Eine detaillirte Erörterung über dergleichen lasse ich indessen als unerquicklich und wenig nützlich weg.

3. Der Steinflug muss an seinem äusseren Rande stets Streuung der Trümmer geben. Das einzige Stück Umgrenzung des Ablagerungsgebietes, wo eine solche Streuung der Trümmer stattgefunden hat, so dass vereinzelte Stücke weiter hinausgeflogen sind und in den Boden eingeschlagen haben, ist in der That die direct nördliche, dem Plattenberg gegenüberliegende Linie Düniberg, Alpegli und Knollen. (No. 8 und 22.) Hätte der Steinflug auch gegen den Sernf hinabgereicht, so müsste auch dort am Rande des Schuttess Streuung der Trümmer eingetreten sein, und zwar um so mehr, je flacher der Auffallswinkel der Trümmer war. (Seite 557, Zeile 24 — 26 von oben meint zwar ROTHPLETZ, dass ein flacher Auffallswinkel weniger Streuung gebe, als ein steilerer!)

Akt II. fassen wir dahin zusammen: Die Steinmasse flog als Steinwolke von der Plattenbergterrasse an in nördlicher Richtung in die Luft hinaus und fiel im nördlichen Theil des Unterthales und am Gehänge gegen Düniberg und Alpegli nieder. Die Staubwolke aber verbreitete sich rasch viel weiter seitlich, besonders nach der freien Thalseite gegen Westen und nach oben und verhüllte die Steinwolke für viele Standpunkte. Dass die Staubwolke fortwährenden Zuwachs während Akt II. und auch Akt III. empfing, versteht sich von selbst.

### Akt III. Der Schuttstrom.

Der Untergrund, über welchen der Schuttstrom hinausfuhr, hat von dem Fusse des Tschingelberggehänges bis an seine untere Front blos 3 bis  $3\frac{1}{2}$  pCt. Gefälle. In seiner Mittellinie gemessen, hat er 1400 bis 1450 m Länge. Zwischen

Unterthal und Dorf Elm misst er 400 m, vom Müsli gegen Eschen 500 m Breite. Die Oberfläche des Schuttstromes beträgt nahe an 580000 m<sup>2</sup>. Er ist im Mittel 15 bis 20 m mächtig und hat einen Inhalt von ungefähr 10 000 000 m<sup>3</sup>. Genauere Messungen zur Revision dieser vorläufigen Zahlen können erst im nächsten Sommer ausgeführt werden.

Wir treten den Beweis für Akt III. an:

## I. Aussagen der Augenzeugen und deren Resultate.

Die grösstentheils schon oben angeführten Zeugen fahren nach ihren Mittheilungen über Akt II. fort wie folgt:

No. 1. „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.“ Lehrer Wyss hat (vergl. Denkschrift Seite 140) in dem Momente, da Akt III. begann, sich von dem offenen Fenster in seinem Hause, an welchem er, die Uhr in der Hand, beobachtend stand, weggewendet und auf die Strasse geflüchtet, so dass er Akt III. nicht näher beobachten konnte.

No. 2. „Und wie ich thalabwärts blickte, sah ich die Häuser an 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. Bei den fortgewehten Häusern nahm ich keine Menschen wahr. Im Nu war auch die Wolke da. Sie kam rollend heran wie der Rauch einer abgeschossenen Kanone, aber schwarz, kaum zwei Häuser hoch.“

No. 3. „... und flog vom Knollen unter gewaltigem aber doch nicht allzu lautem Tosen, einem mächtigen Rauche gleich, fast horizontal über das Thal.“

No. 4. „... da kam Alles gegen unser Haus zu, die Masse schien mir über den Boden hin zu rutschen. Ich sah das Haus unsers Nachbarn Alt-Rathsherr Niklaus ELMER und den nahe dabei befindlichen Stall über den Boden herfahren bis an das Mauerlein unter unserm Haus und hier zerschellen. Mit dem Stall sah ich zugleich zwei Frauen gegen unser Haus zu fahren.“

No. 5. I. B. auf der Flucht beim Müsli: „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 hin-

„aufgeschoben. Meiner Frau ging es ähnlich. Zwei Schritte „hinter ihr schoss <sup>1)</sup> die Masse vorbei.“

No. 6. „ . . . die nachstürzende Bergmasse wurde am „Alpegli abgescnellt. Ich sah alsdann die Eschenleute in der „Wolke verschwinden und im gleichen Augenblicke auch die „Häuser im Müsli wie Spielzeug zusammenbrechen. Die Masse „kam heran als eine gewaltige rollende Wolke ohne allzu fürch- „terliches Getöse.“

No. 9. „Das Getöse hörte noch nicht auf. Die unheil- „schwängere 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.“

No. 10. Alt-Präsident ZENTNER im Dorf: „Vom Unter- „thal schoss der schreckliche Strom mit Blitzesschnelle das „Thal hinab über den Sernfluss vom Bruch weg fast eine halbe „Stunde weit.“

No. 13. „Ich habe nichts mehr gesehen als Rauch und, „wie dieser sich allmählich gelichtet, die regungslose Masse des „Trümmerhaufens.“

No. 17. F. Rh. Standpunkt bei der Sernfbrücke: „Da „kam der Sturm schon durch das Unterthal herab.“

No. 19. Fr. E. Standort Müsli: „So schnell sie konnten, „eilten jetzt die Beiden hinaus (aus dem Haus), eilten über „die Strasse und die anstossende Wiese dem Bergabhang zu, „und waren eben daran, ein Mäuerchen zu übersteigen, als „sie, noch halb unten stehend, auch schon von der Wand ihres „eigenen Hauses berührt wurden. Dasselbe war ihnen auf dem „Fusse nachgeschoben worden.“

No. 21. Standpunkt auf der Strasse zwischen Unterthal und eiserner Brücke gegen letztere sich zurückziehend unter beständigem Rückblicken, deponirte am 1. Dezember 1881 nach den unmittelbaren Aufzeichnungen von Herrn Pfarrer Buss: Oben sah es aus wie eine Wolke, unten bei den Unterthalstauden angelangt war dagegen kein Nebel (Staub), so dass ich die Masse ganz deutlich gerade heraus direct gegen mit zuschiessend sehen konnte. Es war echte Bergmasse, und sie kam nicht in Sprüngen, nicht hüpfend, nicht durch die Luft, sondern geschoben dem Boden nachgeschossen wie eine Rufe (d. h. ein ausbrechender Wildbach). Sie war vorne

<sup>1)</sup> Es sei hier bemerkt, dass in dieser wie in den folgenden Zeugen- aussagen sehr oft die Bezeichnung „schiessen“ in dialektischer Bedeutung angewendet wird. Schiessen heisst nicht nur was durch die Luft fliegt, sondern vielmehr noch was rasch dem Boden entlang fährt, z. B.: eine Maus ist durch die Stube „geschossen“ für gerannt.

höher als hinten, zu vorderst rundlich, bauchig, in ihrer Bewegung wellenförmig. Alles rollte darin durcheinander, wie wenn es kochte, wie kochender Maisbrei. Das Rauschen und Poltern war schrecklich. Ich rannte nun athemlos über die Brücke und bog sofort um die Ecke des Hauses von Rudolf RHYNER (das schief gebrochene Haus der Abbildungen in der Denkschrift). Ich kehrte mich um, hielt inne, stemmte mich fest gegen das Haus, dann wie ich um die Ecke bog schoss die ganze Masse auf einen Meter Distanz an mir vorbei. Sie war wenigstens 12 Fuss hoch. Ein einziger Sprung hatte mich gerettet. Bei den letzten Sprüngen, die ich gemacht hatte, zwirbelten (d. h. tanzten) mir kleine vom Boden aufgehobene Steine um die Beine wie Laub, das der Wind aufwirbelt. Das Haus krachte, bewegte sich und schien zusammenzubrechen. Ich floh auf Händen und Füßen durch den Gartenacker bis zur Strasse und war gerettet. Nirgends hatte ich Schmerzen, kein Stein hatte mich getroffen. Von Luftdruck hatte ich kein bestimmtes Gefühl. Die Ueberreste meines Hauses im Müsli fand ich bald etwa 80 Schritte vom früheren Standort. Ich habe seither die Distanz von der Stelle, an welcher ich mich beim Losbruch des Hauptsturzes befand, bis zu Rudolf RHYNER'S Hausecke wiederholt gemessen, so gut dies über den Schutt möglich ist, und fand 290 bis 300 Schritte. Die Zeit meines Laufens schätze ich auf 40 Sekunden.

Aus den Zeugenaussagen geht hervor:

1. Dass der Schutt gegen den Sernf, Eschen, Müsli etc. vom Unterthal heraus in der Thalrichtung abwärts flach dem Thalboden entlang kam, nicht aus hohen Lüften herab (No. 2, 3, 4, 6, 10, 17, 19 und endlich 21). Ein Bild wie es No. 2 beschreibt: „kaum zwei Häuser hoch“ oder gar wie No. 21 schildert, hätte namentlich vom Standpunkt dieser beiden Augenzeugen aus unmöglich entstehen können, wenn die Schuttmassen nicht schon am Alpegli und im unteren Theile des Unterthales den Boden dauernd erreicht hätten. Nach der ROTHPLETZ'schen Anschauung hätten No. 2, 3 und 21 nicht eine Wolke oder Bergmasse rollend herankommen sehen, „fast horizontal“, „aus dem Thal heraus“, „kaum zwei Häuser hoch“, sondern die Wolke wäre für sie in grosser Höhe am Himmel geflogen. Das gleiche gilt für die Aussagen der Zeugen 10 und 17. Es ist um so auffallender, dass ROTHPLETZ in diesem Punkte die Aussage des Zeugen No. 2 ignoriert, als er sonst jener Aussage wo sie ihm zu passen scheint grosses Gewicht — zwar nicht ohne Missverständnisse — beilegt. Kein einziger der Zeugen bestreitet, dass der Schutt aus der Gegend des Unterthals hergeströmt kam, mehrere drücken sich unklar oder so aus,

dass man die Aussage in dieser Richtung verschieden deuten könnte; bei Andern war die Beobachtung gehindert (so No. 1, 5, 9, 13). Kein einziger Zeuge aber hat in der Nähe des Sernf oder überhaupt im unteren Theile des gelagerten Schutttes denselben aus der Luft niederprasseln sehen, was ROTHPLETZ behauptet. Die unter den „anderweitigen Beobachtungen“ (No. 19) angeführte Aussage: „hausgrosse Felsstücke habe man durch die Luft einher- „sausen und erst beim Anprall am Boden zerschellen sehen“ kann nicht im Sinne ROTHPLETZ verwendet werden, weil wir weder den Urheber desselben, noch dessen Standpunkt kennen und selbst nicht einmal wissen, ob sie sich auf den Hauptsturz oder einen der vorangegangenen bezieht. Selbst Beobachtungen wie diejenigen des Zeugen 6 wären bei einem Hergang nach ROTHPLETZ einfach unmöglich gewesen. Ich kann noch hervorheben, dass die allgemeine Ansicht in Elm wie ich sie ausser von den Zeugen, deren Aussagen Pfarrer Buss förmlich protokolliert hat, so oft immer wieder von Lippen von andern Augenzeugen vernommen habe, dahin geht, dass „der rauchende Schuttstrom“ vom Alpegli und Unterthal her dem Boden entlang sich bewegte. Der von No. 2 angewendete, ROTHPLETZ widersprechende Vergleich mit der Kegelkugel, die unter die Kegel fährt, ist unabhängig auch noch von andern Augenzeugen gemacht worden. Die protokollierten Aussagen sind hierin, wenn auch klar genug, zum Theil doch nicht von der wünschbaren Bestimmtheit des Ausdruckes, weil diese Bewegung des Schuttstromes gar nicht in Frage stand und Niemand daran dachte, dass später behauptet werden könnte, die Massen seien durch die Luft gekommen.

2. Auf dem Rücken des Schuttstromes wirbelte dichter Staub, so dass für die meisten Beobachter der Schuttstrom in eine schwarze Schiefer-Staubwolke gehüllt war, deren wirbelnde Bewegungen beschrieben werden. Nur der am tiefsten und zugleich nächsten stehende Beobachter No. 21 konnte unter dem Staub — wahrscheinlich schneller als dieser vorrückend — den Steinstrom selbst sehen. Manche glaubten zuerst, es handle sich blos um eine Thalfahrt des Staubes dem Thalgrund entlang wie es beim Schneestaub der grossen Lawinen vorkommt und waren entsetzt, als unter der sich verziehenden Staubschicht als Kern das starre Trümmerfeld erschien. Nach No. 2 und 3, 21 und noch weiteren mir seit der Publikation der Denkschrift gewordenen Beschreibungen von Augenzeugen war das Bild folgendes: das schwarze im Laufe staubauswerfende Ungethüm von Trümmerstrom brach unten aus der grösseren höheren Staubwolke vom Akt II. auf dem Thalgrund fahrend hervor, und wurde von der etwas lang-

sameren Ausbreitung der letzteren nachher rasch wieder eingeholt.

3. Die in Akt II. an Düniberg und Alpegli geworfenen Felsmassen wurden dort von der schief entgegenstehenden Berghalde aus ihrer ursprünglichen SN.-Richtung gegen NNW. oder sogar NW. abgelenkt. No. 6 sah deutlich „die nachstürzende Bergmasse wurde am Alpegli abgeschnellt,“ No. 3 und andere lassen sie ebenfalls in Akt III. nicht vom Tschingelberg, sondern vom Knollen her gegen Müsli kommen. Sie muss also dort, wohin sie nur durch SN. gerichtete Bewegung gelangen konnte, abgelenkt worden sein, denn die Linie Knollen-Müsli geht nach NW. Die Ablenkung am Alpegli und Düniberg war der Uebergang vom Akt II., dem Steinwurf, in den Akt III., den ächten Trümmerstrom, den wir soeben unter 1 und 2 beschrieben haben.

Trotz dieser auch von ROTHPLETZ gekannten Zeugenaussagen urtheilt derselbe bezüglich der Ablenkung Seite 552: „Von alle dem berichtet kein einziger Augenzeuge, und dieses „Moment muss daher als blosser Supposition HEIM's gelten, gegen deren Richtigkeit“ er nun allerlei „zu Felde führt“, was sich auf den abgeflossenen Akt II. bezieht, aber mit der Frage der Ablenkung gar keinen Zusammenhang hat.

4. Wir können noch hinzufügen, dass auch das Getöse während dem Akt II. ein furchtbares Knallen und Donnern war, beim Schuttstrom aber mehr in ein ohrzerreissendes Knirschen und Kratzen überging, begleitet allerdings von jenem dumpfen gewaltigen Bass, wie man ihn bei einem grossen Wasserfalle <sup>1)</sup> hört. Mehrere Zeugen, die dem Felstrümmerstrom ganz nahe gestanden, erklären übrigens, das Getöse sei kein so ungeheuer lärmendes gewesen, wie man hätte denken sollen. Der Bergfall krachte, der Steinflug donnerte, der Schuttstrom knirschte. Die Verschiedenheit des Getöses entspricht der Verschiedenheit der Bewegung, welche ROTHPLETZ läugnet.

Aus den Zeugenaussagen folgt in Zusammenfassung von obigen 4 Momenten, dass die am Düniberg und Alpegli aufschlagenden Felsmassen dort aus ihrer SW. Richtung westlich um ca. 40° abgelenkt als staubumhüllter und staubauswerfender Schuttstrom auf dem Thalboden gegen Sernf, Müsli und Eschen herausfuhren. Zeuge 21 beschreibt die Bewegungen im Strom ganz so wie sie auch bei Lauinen beobachtet werden, und andere, z. B. No. 3, haben mir durch Handbewegungen die Bewegungslinien der Massen, genau wie Fig. 2 u. 3 Taf. IV. darstellt, beschrieben.

<sup>1)</sup> Vergl. ALBERT HEIM, Die Töne der Wasserfälle, Verhandl. der Schweiz. naturf. Ges., Sitzung 1873, Schaffhausen.

## II. Das Ablagerungsgebiet des Bergsturzes von Elm. (Der liegende Schuttstrom.)

### 1. Die Stromform und die Structur des Schuttstromes.

(Taf. IV. Fig. 1.)

Der Schuttstrom liegt im Thale wie ein grosser, ganz mit Moränenschutt bedeckter Gletscher oder wie ein Lavastrom, der in seiner festen Gestalt noch überall die langen Zonen und Linien geordneter, der Thalform angeschmiegtter Bewegung — eine Art riesenhafter Fluidalstruktur — ins Auge springen lässt. Es ist sehr bemerkenswerth, dass Form und Struktur unseres in wenigen Sekunden hingefahrenen Schuttstromes so ganz überraschend ähnlich ist den Gestalten, welche durch langsame Bewegung entstehen. In der Mittelzone ist der Schuttstrom höher aufgewölbt und besteht hier fast aus lauter Felsblöcken aller Dimensionen und fast ohne Anordnung, zwischen welchen nur hie und da weichere Erdmassen in geringer Ausdehnung liegen. Zu beiden Seiten daneben wechseln zunächst Streifen von brauner Ackererde mit Streifen von Felstrümmern ab und die Oberfläche senkt sich etwas ein. Trümmer und Ackererde durchziehen sich da in Gestalt von Schlieren, welche der Lage nach in die Flächen grösster Differentialbewegungen oder in die Bewegungsfäden oft erstaunlich regelmässig eingeordnet sind und vom Untergrund, wie an einigen Stellen deutlich zu sehen ist, schief thalabwärts und randwärts in die Höhe steigen. Diese Streifen ziehen sich in geschwungenen Linien um die ablenkende Felsecke unter Knollen herum und gehen nachher der Stromrichtung parallel weiter. Die seitherigen kleinen Abrutschungen haben sie noch nicht zu verwischen vermocht. Von stärkeren Abrutschungen ist an der Felsecke unter Knollen nichts zu beobachten. Das Gehänge sieht noch jetzt so aus wie am ersten Tage nach dem Bergsturz, nur wenige einzelne Blöcke haben sich gesenkt. Gegen die Ränder des Trümmerstromes werden die Felstrümmerspärlcher und durchschnittlich kleiner, die Schuttstärke geringer und die braune Ackererde vorherrschend. Endlich bildet sie beiderseits ausgeprägte Moränenwälle. Wo der Schuttstrom an der Ablenkungsecke unterhalb dem Knollen vorbeigeht, ist er am schmalsten, aber auch am mächtigsten und in der Mitte wie ein eingegengter Fluss convex gekrümmt. Thalabwärts verbreitet er sich wieder mehr, wird gleichzeitig niedriger und flacher und lässt in günstiger Beleuchtung von Ferne Wülste (Wellen) erkennen. Wie klar ist von oben zu übersehen, dass die Richtung der Strömung zuerst gegen Nord ging und dann ca. 40° gegen West abgelenkt wurde. Es bedürfte, um dies

zu erkennen, wahrlich der Zeugenaussagen nicht. Wie unerklärt bleibt die Wendung des Schuttstromes nach links, wenn wir die Felsen von der Bodengestaltung unabhängig durch die Luft fliegen lassen. Ich habe diese Ablenkung der Stromrichtung am Knolleneck früher auf ca.  $25^\circ$  angegeben. Ich hatte dabei den Richtungsunterschied der Linie, welche von der Stelle der früheren Plattenbergmagazine im Unterthal nach der Schuttstromspitze geht, mit der SN. Linie gemessen. Seit Regen den Staub vom Schuttstrom abgewaschen hat, sieht man die Bewegungsfaden des Stromes viel deutlicher und kann die Mittellinie des Stromstriches genauer erkennen, als es damals möglich war. Dieselbe ergibt in ihrem geraden Theil  $40^\circ$  Ablenkung und krümmt sich hernach der Thalrichtung entsprechend leicht bogenförmig wieder etwas mehr gegen Norden.

Im Ueberblick von der Höhe überwältigt das Bild der im Strömen erstarrten Masse. Man muss sich durch vorgefasste Meinungen mit Blindheit geschlagen haben, um dasselbe zu verkennen.

ROTHPLETZ hat zwar auf mein dringendes Anrathen die Lokalität nach der Discussion in der naturforschenden Gesellschaft Zürich nochmals besucht und seine Anschauung um die Randerscheinungen des Schuttstromes einigermaßen erklären zu können, etwas modificirt; allein dieses ganze Strombild vom Unterthal bis hinaus ans Ende des Schuttes lässt er doch völlig unerklärt. Nach seiner Auffassung der Massenbewegung müsste die Umrissform des Schuttes eine ganz andere geworden sein. Nehmen wir seine Abfluglinien nicht nur wie er es willkürlich gethan hat, gegen NNW., sondern auch in der Hauptrichtung gegen N., wohin die Ausbruchsnische gerichtet ist und symmetrisch auch mit etwas Streuung gegen NNO. an, so erhalten wir als der Anschauung ROTHPLETZ entsprechende Umrissform des Schuttes eine vom wirklichen Stromumriss durchaus verschiedene und am Düniberg doppelt so hoch über den Thalboden reichende Schuttbedeckung, welche, von der Höhe des Anrisses am Tschingelberg aus gesehen, sich durch einen Kreisbogen umgrenzt darstellen würde, während zugleich eine ganz andere Anordnung von Blöcken und Ackerboden vorhanden sein müsste. Es braucht keinen Geologen, keinen Physiker, es braucht nur einen gesunden Blick, um von oben sofort den absoluten Widerspruch der ROTHPLETZ'schen Hypothese mit der thatsächlichen Lagerung des Schuttes zu erkennen. Wie oft haben meine zahlreichen Begleiter und ich vom Tschingelberg hinab bei den verschiedensten Beleuchtungen das grossartige Phänomen der zusammenhängenden einheitlichen erstarrten Strömung bewundert. Ich habe dies Bild in Fig. 1 Taf. IV.

der Natur getreu nach auf dem Platz entworfenen Skizzen wiederzugeben versucht. Noch bessere Dienste könnte die Photographie leisten.

Nachdem wir auf das allgemeine Bild des Schuttstromes verwiesen haben, bleibt uns übrig, noch einige Details anzuführen.

Der gelagerte Schutt war gleich nach dem Bergsturz wohl 2 bis 3 cm dick mit schwarzem Schieferstaub bedeckt. Seitdem der Regen denselben allmählich abgewaschen hat, ist das Bild des Schuttstromes viel besser zu beurtheilen. An den Blöcken sieht man häufig Schrammen, welche oft hackenförmig gekrümmt sind und von den an einander drehenden Bewegungen, wie sie der Strömung des Schuttes entsprechen, herrühren mögen. Blöcke von mehreren hundert Kubikmetern Inhalt liegen zu tausenden da. Der grösste den wir gemessen haben, steigt auf ungefähr  $1260 \text{ m}^3$ . Im ganzen Schuttstrom thalwärts von der Knollenecke, wo der Schutt nur 10 bis 15 m dick liegt, findet man regelmässig auf der NW. und NNW. Seite der ganz besonders grossen Blöcke eine weiche, geknetete, rissig aufgestaute, offenbar von dem Blocke vor sich her aufgeflogte Masse brauner Ackererde. Blöcken von blos etwa hundert Kubikmetern Inhalt fehlt dieselbe oder sie kommt höchstens im untersten Theile des Schuttstromes, mehr gegen den Rand hin vor. In solchen Erdmassen im unteren Theile des Schuttstromes soll ganz verborgen eine eiserne Wasserleitung gefunden worden sein, welche im Unterthal fast einen Meter tief im Boden lag. Neben dem Unterthal, wo die Schuttmasse auf 30 bis 40 m Mächtigkeit anwächst, finden sich keine einzelnen ausgeschürften Erdmassen mehr, sondern oberflächlich, mit den Bäumen zusammen aufliegend, der Waldgrund vom obersten Abrissrande. Er war der hinterste im Sturze.

Viel grossartiger, als die Pflugwirkung einzelner besonders mächtiger Blöcke ist diejenige des gesammten Schuttstromes. Es ist schwer, durch Worte eine Vorstellung zu geben, man muss die Erscheinung selbst sehen. Wie durch einen gewaltigen Schneepflug bei Seite geschoben, umrandet der gewälzte, ausgeschürfte, mit Steinen gespickte Ackerboden den Blockstrom in breiter, welliger Masse fast ringsherum. Sein Quantum ist so gross, dass es niemals durch die blos geringe Rutschbewegung, welche ROTHPLETZ schliesslich für den untersten Theil zugegeben hat, erklärt werden könnte. Die Ackerbodenrandwälle nehmen vom oberen nach dem unteren Theile des Schuttstromes zu. Seitlich ist die Grenze zwischen Felstrümmern und ausgepflügtem Ackergrund viel schärfer als vorn, wo die Streuung der Trümmer bei Akt II nun hingefahren ist und wo die wälzende Front-Bewegung des Felsschuttes

eine stärkere Mengung zwischen Felsschutt und Ackerboden hervorgebracht hat.

Die hier angedeuteten Pflugscharwirkungen zeigen, mit welcher gewaltiger Last den Boden ausschürfend und ausfegend der Schuttstrom auf weitem Wege dem Boden entlang sich bewegt haben muss — es war eben kein Flug durch die Luft!

Im unteren Theile des Schuttstromes in der mittleren Zone finden sich häufig sonderbare, oft spitze, steil pyramidale, kegelförmige Hügel 1—5 m hoch, welche aus zerkleinertem Schiefermaterial und kleineren Schieferblöcken bestehen und meistens auf einzelnen grossen Blöcken aufsitzen. Ich habe dieselben am zweiten Tage nach dem Bergsturz und später oftmals wieder betrachtet. Sie haben durch die äusseren Einflüsse kein wesentlich anderes Ansehen bis jetzt erhalten. ROTHPLETZ meint, sie dürften sich sehr wahrscheinlich durch Wirbelwinde erklären. Ich glaube nicht, dass Jemand anders diese Erklärung bei Betrachtung der Erscheinung in der Wirklichkeit zutreffend finden wird. Zudem war keine Veranlassung zu so starken Wirbelwinden gegeben, weil die Bewegung der Massen ja ganz anders war, als ROTHPLETZ annimmt. Vielmehr lässt sich constatiren, dass auf einer dreieckigen Blockfläche eine dreiseitige solche Kleinschuttpyramide, auf einer gestreckt rechteckigen Blockfläche hingegen mehr ein Grat von solchem Materiale aufsitzt, d. h. dass überhaupt die Gestalt von derjenigen des tragenden Blockes abhängt, und die begrenzenden Pyramidenflächen durch Abrutschung entstanden sind. Diese Hügel von Kleinschutt liegen gewöhnlich gruppenweise beisammen. Kleinschutt liegt dort auch unten zwischen den grossen Blöcken. (Taf. IV. Fig. 7.) Nehmen wir an, dass stellenweise oben auf dem Trümmerstrom viel Kleinschutt sich angehäuft hatte, und dass dann die grösseren die Unterlage bildenden Blöcke seitlich etwas auseinander gewichen seien, so mussten durch Einsinken eines Theiles des Schuttes zwischen dieselben solche Erscheinungen entstehen. In der That finden sich die Kleinschutthügel auf den grossen Blöcken nur in demjenigen Gebiete, wo der Strom seinen Querschnitt verbreitert und dadurch die Unterlage des aufliegenden Kleinschuttes sich dilatirt hat. Diese Erklärung stimmt viel besser mit der Erscheinung überein, als die ROTHPLETZ'sche.

Die Dilatation bei der Verbreiterung des Schuttstromes musste am Rande eine bei Seite schiebende Bewegung zur Folge haben. Dieselbe lässt sich auch im Uebrigen noch in verschiedenen Folgen erkennen. Auf dieser Strecke sind z. B. die seitlichen Ackerbodenwälle nach aussen am steilsten abfallend, wie dies auch ROTHPLETZ bemerkt hat

(seine Fig. 10 a b und fe). Am seitlichen Rande des Schuttstromes, an der Ecke des untersten, an der Strasse stehengebliebenen Stalles, fand man die oberen Steine der Widerlager<sup>1)</sup> der eisernen Brücke, und endlich sind an der gleichen Stelle etwas weiter zurück im Schutte die Reste der Brücke selbst in Gestalt von zerwürgten Fetzen von Eisenbalken, kein Stück mehr ganz — bei Gelegenheit der Herstellung der Strassenverbindung. ausgegraben worden. Diese seitliche Bewegung ist bei jedem Schneeflug zu beobachten, РОТНРЕЛТЗ kann sie nicht anders, als durch einen abenteuerlichen Flug der Brücke durch die Luft, erklären.

## 2. Die Anordnung der Trümmer mit ihrer Herkunft verglichen.

Es ist einleuchtend, dass nach der Hypothese РОТНРЕЛТЗ (wie auch seine gezeichneten Fluglinien Taf. IV. Fig. 8 angeben, insofern in der That ein Ueberwerfen der Felsmassen eingetreten wäre, als die aus dem höchsten Theil des Abrisses stammenden Trümmer nun am unteren Ende des Schuttstromes, die am tieferen Theil des Gehänges losgebrochenen Massen hingegen im obersten Theil des Schuttes über dem Unterthal liegen müssten, während nach unserer Auffassung gerade das Umgekehrte stattfinden wird. Ein präciseres Mittel, absolut sicher zwischen den beiden entgegenstehenden Ansichten zu richten, lässt sich nicht denken.

Das Profil des Tschingelberggehänges ist, wie Jedermann controlliren kann, folgendes:

Am Fusse der Böschung liegen grünliche eocäne Sandsteine mit Thonschiefern und kalkigen Lagen gemischt. In der Höhe des Plattenberges folgt der graphitschwarze, dunkle Thonschiefer. Gleich über dem Schieferbruch sind einige schwache Bänke grünen Sandsteines eingelagert, dann folgt Schiefer und nichts als Schiefer bis an den Abrissrand hinauf. Dort zu alleroberst liegt die glaucolithische Nummulitenkalkbank, welche auch in der Tschingelschlucht ansteht. Sie bildet die äussere Ecke des „Gelben Kopfes“ und streicht in den oberen Rand der Ausbruchsnische. Die losgebrochene Felsrinde bestand also fast ganz aus Schiefer, enthielt im untersten Theil etwas grünen Sandstein, im obersten Nummulitenkalk.

Im Schuttstrom von der Knollenecke bis an sein Ende hinab findet man nichts als Schiefer; nur zwischen Unterdorf und Müsli nahe am Schuttrand fand ich darin einige Blöcke aus grünem Sandstein

<sup>1)</sup> Nicht die Fundamentsteine, wie es irrthümlich in der Denkschrift heisst.

liegen. Trotz vielem Suchen ist es mir nicht gelungen, hier einen Block Nummulitenkalk zu entdecken. Im obersten Theil des Unterthales und gegen den Düniberg hinauf sind dagegen die Nummulitenkalkblöcke zum Theil von gewaltigen Dimensionen zwischen den Schiefen liegend eine ganz gewöhnliche Erscheinung!

Im vorderen Rand des Schuttstromes finden wir die Gesteine des untersten Theiles des Abrissgebietes, ausschliesslich im hintersten obersten Schuttstromtheil das Material vom oberen Rand des Abrisses. Ist diese leicht von jedem Geologen zu constatirende Thatsache nicht allein schon vernichtend für die ROTHPLETZ'sche Hypothese?

Es kommen noch weitere entsprechende Erscheinungen hinzu:

Im unteren Theile des Unterthales standen einige grosse Ahorne; der tiefere Theil des Abrissgebietes war entsprechend seiner Steilheit nur licht, der obere Theil aber dicht mit Fichten bewaldet. Die zerschundenen Ahornstämme sind, tief im Schutte eingebettet, bei der Anlage der neuen Strasse beim Müsli aufgefunden worden, auf dem Schuttstrom selbst findet man nur vereinzelte zerschundene Tannen, im hintersten Theil des Unterthales liegt in und auf den Felstrümmern die grösste Menge von Fichtenstämmen mit dem Waldboden und Schutt, welcher nur zu oberst am Berge vorhanden war.

Während die meisten Trümmer von Häusern aus dem Unterthal am Düniberggehänge oben liegen, in welcher Richtung dort wohl auch der Windstoss ging, finden wir einzelne erkennbare Stücke (ein Kreuzstock, ein zerdrückter Kasten mit Schriften etc.), welche als von Häusern im Unterthal mit Sicherheit erkannt worden sind, im Schutt beim Müsli eingebettet. Bei der ROTHPLETZ'schen Richtung der Fluglinien ist aber eine solche Fahrt nach NW., ganz schief die Fluglinien schneidend, wohl nicht denkbar.

Auch da müssen wir überall auf Strömung in westlich abgelenkter Richtung dem Boden entlang auf über 1 Kilometer Weg schliessen.

### 3. Die Erscheinungen am Düniberg und Alpegli.

(Taf. IV. Fig. 1, 4 u. besonders 5 u. 6.)

Der obere Rand der Schuttmasse zeigt hier eine sehr sonderbare Beschaffenheit. Der zusammenhängend gelagerte Schutt mit den gewaltigen Blöcken liegt in Gestalt einer Brandungswelle mit ganz scharfem Rand da, der überall verfolgt werden kann. Ganz verschieden und unabhängig davon

finden sich ausserhalb dieses scharfen Schuttwallrandes unregelmässig vertheilte Schwärme einzelner kleinerer Felsstücke, welche zerstreut, offenbar von oben, sich in den Rasenboden eingeschlagen haben. Diese letzteren, wie man an der Stelle selbst sofort erkennt, sind nicht eine Streuung des Schuttwallrandes, sondern eine andere, davon ganz verschiedene Erscheinung (Fig. 5 u. 6). Im zusammenhängenden Schutte bis in dessen Randwall hinein liegen viele Blöcke von 10, 20 bis über 100 m<sup>3</sup>; unter den zerstreuten, weiter hinaus reichenden Steinen findet sich hingegen keiner von 1 m<sup>3</sup>; die Mehrzahl sind nur handgross. Der grösste derselben hat unmittelbar neben dem Rande des zusammenhängenden Schuttes vorn in den Dünibergstall eingeschlagen, drei Balken gebrochen und den oberen Theil zurückgeschoben (Fig. 5). Von Windwirkung lässt sich am Dache nichts nachweisen. Ferner ist hervorzuheben, dass die zahllosen hier vorhandenen Trümmer aus dem Unterthal, bestehend in Mauern, Böden, Dächern, Treppen, Oefen, eisernen Kochherden, Hausgeräthen aller Art, ganzen Heustöcken etc. sämmtlich im Randwall des zusammenhängenden Schuttes liegen. Höchstens leichte Schindeln sind weiter hinausgeflogen. Der Randwall ist ganz gemengt mit Unterthaltrümmern. Die Beobachtungen über den vorangegangenen zweiten Bruch, wie wir sie in dem späteren Abschnitt über „Bewegung der Luft“ noch mittheilen werden, machen es sehr wahrscheinlich, dass diese Gegenstände mehr durch den Schuttrand hier herauf geschoben, als durch den Wind hierher getragen worden sind. Westlich und östlich der Dünierges besteht der Randwall hier und da aus Ackererde, in welche solche Hausgeräthe aus dem Unterthal eingeknetet sind. Schaufelt man diesen Ackerboden weg, so findet man darunter nicht selten den unverletzten Rasengrund des Dünierges (Profil Fig. 6), der betreffende Ackerboden ist somit von unten herauf geschürft worden. Steigt man am Gehänge des Dünierges und Alpegli im zusammenhängenden Schutte herum, so findet man hier oft auf der oberen nördlichen, noch häufiger der nordwestlichen Seite von ganz grossen Blöcken gelben Ackergrund oder Wiesengrund in hohen Wülsten ausgeschürft oder ausgepflügt. Die gleiche Erscheinung aber mit den Ackerbodenwülsten auf der thalabwärts liegenden Seite der grossen Blöcke, kennen wir vom ebeneren Schuttstrom im Thalgrund. Diese Wülste an den Düniergblöcken können nur durch eine am Abhang direct oder etwas gegen NW. abgelenkte aufwärts gerichtete Bewegung der Blöcke ausgeschürft worden sein.

Alle diese Erscheinungen beweisen ganz deutlich, dass der zusammenhängende, von scharfem Randwall umgrenzte Schutt von unten heraufgebrandet ist, während die einzelnen Steine

ausserhalb desselben von der Streuung der Trümmer bei Akt II. herrühren und die obere Grenze der Steinwolke angeben, welche vom Plattenberg weg in den nördlichen Theil des Unterthales und an die Gehänge von Düniberg und Alpegli niederprasselte. Das sind die Steine, welche Zeuge 8 und 22 noch über sich fliegen sahen. Zeuge 22 unterscheidet deutlich beide Erscheinungen, indem er sagt: „die Schuttmasse wurde bis auf 3 Fuss gegen uns herzugeschlagen (unser „hinaufbranden“), Steine flogen zudem über uns hinweg“. Beide Erscheinungen sind ganz verschieden und an Ort und Stelle sehr leicht auseinanderzuhalten. ROTHPLETZ vermischt sie nach ihrer Entstehung.

Im westlichen Theil des Gehänges stossen wir auf die steile Felsecke unter Knollen und „in den Fäden“. Ich habe dieses Gehänge gleich am Tage nach dem Bergsturze gesehen und am zweiten Tage nachher erklettert. Man sah damals über die Kante weg eine Menge paralleler, wie Fusswege aussehender, thalauswärts geneigter, gegen NW. und WNW. gerichteter Streifen und Schürfe gehen, während grössere Felstrümmer hier niemals liegen geblieben sind. Auch Andere haben, unabhängig von mir, diese Schrammen von grossem Maassstabe constatirt. Die Schürfe konnten nur die Spuren der hier abgelenkten und vorbeireissenden Felsmassen sein (Zeuge 6 „am Alpegli abgesschnellt!“) Am Düniberg ist ein Theil der Felstrümmer, namentlich die Nachhut des Stromes, liegen geblieben, an der Knollenecke hat der Strom nur vorbeigeschürft. Schon wenige Tage nachher wurden diese Schürfe durch Abfliessen und Abrutschen des noch zurückgebliebenen nassen Schuttes verwischt. Nachträgliche langsame Senkungen und Abrutschungen nicht nur des Schuttes, sondern auch des alten Bodens machen sich überhaupt am ganzen Alpegli - Düniberg - Gehänge mehr und mehr bemerkbar, doch haben sie die charakteristischen Schuttlagerungsgestalten, die grosse Fluidalstructur, vor diesem Winter noch nicht zu verwischen vermocht.

Am Düniberg- und Alpegli - Gehänge finden wir somit deutlich unterscheidbar in auffallend verschiedener Form a. die Spuren von Akt II., dem Steinflug, b. den Rand des hinaufgebrandeten Schuttstromes mit Beweisen für Bewegung dem Gehänge nach aufwärts, c. die Abschürfungsstreifen, welche von der Ablenkung der Bewegungsrichtung des Schuttstromes herrühren. ROTHPLETZ giebt nur a zu, b und c widersprechen ihm, b hat er wohl theilweise beobachtet, schweigt aber darüber, c hat er nicht beobachtet. Alle diese drei Momente stimmen mit unserer Anschauung genau überein.

## 4. Bemerkungen über die Reibung und die Abnahme der Bewegung.

In unserer Denkschrift habe ich darauf hingewiesen, dass der tiefgründige und durch lange Regen erweichte Acker- und Wiesen-Boden des ganzen Thalgrundes von Unterthal bis unter Eschen und Müsli hinab als schlüpfrige Unterlage, als „Schmiere“ für die Bewegung des Schuttstromes mitgewirkt haben müsse. Sie wurde dabei zugleich mehr und mehr ausgeschürft und zum Theil schlierenförmig in die Bewegungen des Felsschuttes eingezogen und eingeschleppt. Ob auch der comprimirten Luft in einzelnen Momenten eine ähnliche Wirkung zugeschrieben werden dürfe, ob sie stellenweise nach Akt II. tragend gewirkt habe, dies wage ich nicht anzunehmen. Ich habe früher mich dahin ausgesprochen, dass die Bewegung des Schuttstromes sehr schnell gewesen sein müsse und der Stillstand hernach rasch eingetreten sei. Ich begründe dies wie folgt:

a. Diejenigen Geschwindigkeiten, innerhalb welcher messende Versuche über die Reibung bestehen, sind durchweg klein und eng begrenzt. Man hat ferner bei Gelegenheit verschiedener Ereignisse die Wahrnehmung gemacht, dass die Reibung bei sehr grossen Geschwindigkeiten sehr rasch abnimmt und endlich ausserordentlich klein wird. Das Verhältniss, in welchem dies geschieht, ist nicht messend festgestellt. Wenn nun eine Masse auf ihrer Unterlage mit enormer Geschwindigkeit gleitet, wird die Verzögerung durch Reibung gering sein. Mit der Verzögerung der Bewegung nimmt aber die Reibung zu und damit wiederum die Verzögerung der Bewegung. So wird die Geschwindigkeit nicht gleichförmig, sondern beschleunigt abnehmen und die grosse Geschwindigkeit verhältnissmässig rasch in Stillstand übergehen.

b. Von einem Augenblick zum andern wurde der schlüpfrige Ackergrund unter dem Schuttstrom immer vollständiger ausgefegt, so dass das Strommaterial den festeren, härteren, unebenen Untergrund mehr und mehr berührte, wodurch die Reibung von einem gewissen Punkte an stark zunehmen musste.

c. Mit dem Fortschreiten des Schuttstromes, d. h. mit der Grösse der ausgepflügten Fläche nahm rasch der vor diesem Pfluge sich anstauende Ackerbodenwall zu, und damit vergrösserte sich schnell ein der weiteren Bewegung entgegenstehendes Hinderniss.

d. Mit der Ausbreitung der Stromes nahm wie bei Wasser die Reibung zu, die Geschwindigkeit ab.

e. Endlich hat sich durch die geleistete mechanische Arbeit im Wegstossen der Luft, Aufpflügen des Untergrundes, Zertrümmern der Häuser, Bäume etc, Ueberwindung der inneren Reibung, Zertrümmern von Blöcken des Schuttstromes

selbst etc, abgesehen von der äusseren Reibung, die lebendige Kraft der Schuttmasse consumirt. Nicht nur die Widerstände sind gestiegen, auch die Kraft ist gefallen.

In Anbetracht dieser vielen, auf „beschleunigte Verzögerung“ hinarbeitenden Momente ist es physikalisch nothwendig, nicht aber, wie ROTHPLETZ behauptet, „physikalisch schwer deutbar“, wenn der in rasender Eile dahinfahrende Schuttstrom plötzlich, im bürgerlichen Sinne, d. h. sehr rasch im physikalischen Sinne zum Stillstand kommt, nicht aber langsam ausläuft. Für die Zeugen musste der Eindruck plötzlichen Stillstandes entstehenden, da 100 m oder 30 m per Secunde in der Nähe nicht vom Auge unterschieden werden können.

Zu der in der Denkschrift gegebenen Geschwindigkeitsberechnung habe ich heute nichts neues beizufügen.

##### 5. Erscheinungen am Rande des Schuttstromes.

Wir haben schon dargestellt, welcher Art die Randerscheinungen am Düniberg sind. Am ganzen übrigen Rande des Schuttstromes ist die Grenze scharf. Der Schutt — sei er mehr ausgepflügte Ackererde oder mit massenhaften Blöcken durchmischt — beginnt sofort als zusammenhängende Masse, meistens sogar als steil randiger Schuttwall von mehreren Metern Höhe. Nirgends findet sich die geringste Streuung der Trümmer am Rande, kein Stein liegt ausserhalb des Wallrandes. Nur die volle Entwicklung gleitender Bewegung auf dem flachen Untergrunde vermag diese Erscheinung zu erklären. Jeder Sturz aus der Höhe nach der Hypothese ROTHPLETZ müsste eine viel stärkere Streuung auch seitlich ergeben haben. Von Bedeutung zur Beurtheilung dieser Erscheinungen sind ferner noch folgende Thatsachen:

a. Die vom Schuttstrom nicht mehr berührten, aber hart an dessen Rande stehenden Gebäude, oft unmittelbar neben den zerschlagenen stehend, sind vollständig, selbst an den Schindeldächern unverletzt geblieben, — verschont von fliegenden Steinen und auch verschont vom Luftdruck.

b. Die unmittelbar am Rande stehenden Gebäude, welche nur halb zerstört worden sind, sind alle durch den Schutt unten am Boden eingeschlagen worden, die Dächer aber sind vollständig unversehrt geblieben, nirgends finden sich Spuren von oben kommender Steinschläge.

c. Im Rande des Schuttstromes gegen die Müsliweid hin finden sich die sämmtlichen Trümmer der Müslihäuser angehäuft. Die Wände und Geräthe der tieferen Theile sind voll-

ständig zertrümmert und zermalmt, die oberen Theile aber weniger intensiv zerbrochen, die Dachstühle und Dächer lagen zum Theil noch ganz erhalten auf dem Schutte. Uebrigens haben Zeugen gesehen, wie hier die Häuser von der Schuttstromfront ergriffen und vorwärts geschoben wurden, bis sie zerschellten. Hier kann wohl der Wind, wie Zeugen sagen, die Häuser oder doch die Dächer zuerst ergriffen haben, allein offenbar hat sie der Schutt wieder eingeholt, da sonst einzelne Gebäuderümmen auch ausser das Schuttgebiet hätten geworfen werden müssen, während nun alle Trümmer im Schutttrandwall eingebettet sind und kein Stück ausserhalb desselben lag. Wenn Zeuge 2 sagt: „wie wenn eine Kegelkugel unter die Kegel fährt“, so deutet dies mehr auf Einschlagen des Schuttstromes, als auf den Wind. In gleichem Sinne redet das Zeugniß No. 21. Dies alles in Verbindung mit b. zeigt uns, dass der gleitende Schuttstrom die Häuser im Müsli unten angegriffen und ihre Trümmer mehr als 100 m nordwestlich von ihrem Standpunkte geschoben hat. Hier wie am Düniberg sind die Hausrümmen nicht von Felsblöcken eingeschlagen und bedeckt, sondern an deren Rand ausgestossen.

d. Wie den Gebäuden, so ist es den Menschen ergangen. Verwundete fehlen, es giebt nur Zermalmte oder Unverletzte. Kein Mensch ist von einem einzelnen Stein erreicht worden.

ROTHPLETZ wird antworten, es seien dies bloß Randerscheinungen, allein wie man sich mehrere Millionen Kubikmeter Fels nach freiem Flug durch die Luft auf 600 m Tiefe und 1800 m weit hinaus so rasch in eine solche gedrängte regelmässige Stromform fangen und bändigen lassen kann, ohne dass viele abseits fliegen, kann ich mir nicht vorstellen. Dazu ist erst ein entgegenstehender sammelnder Thalabhang und ein weiterer flacher Stromweg nothwendig, wie ihn die fliegenden Steine nach Akt II. getroffen haben. Die nicht eingeschlagenen unverletzten Dächer und die scharfe Begrenzung jeder Zerstörung mit dem Rande des Schuttstromes sprechen zu sehr gegen ROTHPLETZ'sches Abfliegen, und seine spätere Annahme eines kurzen Gleitens zum Schluss des Fluges genügt absolut nicht, diesen Widerspruch zu lösen.

#### 6. Schuttstrom an den Diablerets.

Schuttströme auf ziemlich flachem Thalboden gletscherförmig oder lavastromförmig aber sehr schnell hingefahren sind gewiss, obschon hier meines Wissens zum ersten Mal wissenschaftlich festgestellt, keine so seltene Erscheinung. Die einzige Bedingung für ihr Entstehen ist ein flacher Thalboden am Fusse der Abrisswand und eine bedeutende vorhergegan-

gene Sturzhöhe. Ein Fall der Art war wohl der Bergsturz der Diablerets in den Walliser Alpen im September 1714. Die Umgrenzung seines gewaltigen, aus Kalkblöcken bestehenden Schuttstromes ist ganz scharf. Derselbe ruht auf einem Untergrund von 5 pCt. bis 10 pCt. Böschung und ist doppelt so lang wie der Schuttstrom von Elm, nämlich volle 3 Kilometer lang bei 250 bis 500 m Breite. An vorspringende Bergcoulissen ist er zweimal hinaufgebrandet und hat dabei zweimal starke Ablenkungen, die erste nach links, die zweite nach rechts, erfahren, so dass er an einen moränenbedeckten Gletscher erinnert, der durch ein S förmig gekrümmtes Thal sich winden muss. Vom unteren Theil des Schuttstromes sieht man das Abrissgebiet gar nicht, es ist vollständig durch die vorspringenden Bergwände gedeckt. Man muss erst weit hinaufsteigen, bis man sieht, woher der Schutt gekommen ist. Die mehr als doppelte Länge des Schuttstromes der Diablerets entspricht der mehr als doppelten Sturzhöhe vom oberen Abrissrand bei ca. 3000 m Meereshöhe bis zum oberen Anfang des Schuttstromes bei 1500 m. Dass die ROTHPLETZ'sche Hypothese hier völlig unanwendbar ist, liegt bei der Form des Schuttstromes auf der Hand. Derselbe zeigt uns aber auch, dass Strömen von Felsschutt auf flachem Boden, wenn erst durch einen genügenden Fall lebendige Kraft angesammelt und wenn die Trümmermasse im Vergleich zu den einzelnen Blöcken sehr bedeutend ist, eintritt und dass Bergvorsprünge solche Bewegungen ablenken können.

In seinem Schlussabsatze behauptet ROTHPLETZ endlich ganz nackt, dass „die Art der Loslösung allein über Grösse und Ausdehnung“ des Ablagerungsgebietes entscheidet — Böschung, Thalform, Masse und Fallhöhe haben also dazu nach ROTHPLETZ nichts zu sagen! Es ist wohl überflüssig, diese physikalischen Begriffe näher zu beleuchten, sie beleuchten sich selbst. ROTHPLETZ unterschiebt mir im gleichen Schlussabsatze die unsinnige Meinung: „wäre nicht zufällig der „Düniberg im Wege gestanden, so hätten die Schuttmassen „nach seiner (HEIM's) Anschauung wahrscheinlich einen ganz „anderen, nicht so verderblichen Weg genommen“. Das habe ich nirgends und niemals gedacht! Aber das wollte ich andeuten und das denke ich noch heute: Läge das Sernfthal direct gegenüber dem Tschingelberg, so wäre keine lebendige Kraft durch die Ablenkung für den Trümmerstrom verloren gegangen, so dass er dann noch weiter thalauswärts gefahren wäre. Ein Vergleich verschiedener grösserer Bergstürze

hat mir gezeigt <sup>1)</sup>, dass die Linie vom oberen Abrissrand nach dem unteren Ende der Ablagerung im allgemeinen um so flacher wird, je grösser die auf einmal niedergebrochenen Massen, und je weniger Hindernisse in der Richtung der Thalfahrt liegen. Dieser Winkel beträgt beim grössten bekannten Bergsturz, dem vorglacialen von Flims (Graubünden), 8°, bei Goldau, wo etwas über 15 000 000 m<sup>3</sup> die Thalfahrt angetreten haben 12°, bei den 10 000 000 m<sup>3</sup> des Felssturzes von Elm 16 bis 17°; bei nur einzelnen Trümmern wie bei Felsberg wird der Winkel zur Schutthaldenböschung von 30° und darüber. Das ist der Einfluss der Masse; andere, weniger dominirende Verhältnisse treten hinzu. Die Art der Loslösung kann aber nur von ganz untergeordneter Bedeutung sein, weil die sich loslösenden Massen noch keine lebendige Kraft haben, und ROTHPLETZ mit allen seinen Behauptungen ihnen keine solche einzuhauchen vermag.

### C. Zur „Bewegung der Luft“.

In unserer Denkschrift sind die Wirkungen des Windes eingehend beschrieben. Es ist sehr schwierig, theilweise unmöglich, dieselben genau festzustellen, indem oft unsicher bleibt, was der Wind und was der nachfolgende Steinschutt gethan hat. Bei früherer Gelegenheit habe ich hier schon angedeutet, dass nicht alles, was von den Zeugen dem Winde zugeschrieben wird, wirkliche Windwirkung ist, indem dieselben oft nicht sicher unterscheiden konnten, ob schon der Steinstrom eingetroffen war, oder nicht. Sehr viele Ausdrücke der Zeugen lassen im Zweifel, ob der Winddruck oder der unterfahrende Steinstrom die beobachtete Wirkung ausgeübt hat. Diese Unsicherheit findet sich schon in den Angaben über die Verheerungen der beiden ersten kleineren Stürze, welche 4, resp. 17 Minuten vor dem Hauptsturz stattfanden. Manche Zeugen sahen Dachtheile wegfliegen und hielten dieselben vielleicht für ganze Häuser, leichtere Häuser mögen auch vom Winde transportirt worden sein. Daneben aber finden wir folgende sehr bestimmte Zeugenaussagen:

No. 21. „Da erfolgte unter Gepolter der zweite Sturz, „ich stand und kehrte mich um (Mitte Unterthal-Müsli). Ich „sah wie die Wirthschaft zur Meur „unterschossen“ und „etwa 100 Schritte weit gegen den Düniberg zu fortgetragen „wurde. Sie hatte einen neuen Dachstuhl. Dieser sank in „allem Gleiten in der Masse immer tiefer und tiefer und hing

<sup>1)</sup> HEIM, Ueber Bergstürze; WURSTER & Comp., Zürich, pag. 30.

„zurück, d. h. er neigte sich mehr und mehr gegen den Tschingel zu herab, weil die Masse auf jener Seite unten in's Haus „geschossen“ war. Wie es den andern Häusern erging, konnte ich nicht erkennen.“

No. 22. OSWALD SCHNEIDER, Knecht, 23 Jahre alt, Standpunkt Unterthal, mit Retten beschäftigt, sieht den zweiten Sturz kommen: „Wie wir hier waren, schlug es die Häuser zusammen, zuerst die „Meur“ (Wirthshaus); diese wurde an die Halde hinübergewischt, die Masse hatte das Haus „unterschossen“, und riss es mit. Der obere Theil des „Hauses wurde durch die Luft an die Halde geschleudert und „flog auseinander, der Unterbau dagegen blieb stehen und der „darum gelagerte Schutt reichte bis an die Fenster der Wirthsstube, die sich im Erdgeschoss befand.“

Ich bin nach dem vorhandenen Beobachtungsmaterial unfähig, überall zu unterscheiden, was der Wind und was der Schutt gethan hat, aber ich bin der festen Ueberzeugung, dass der Wind nicht so viel vermochte, wie man ihm zuzuschreiben geneigt ist.

Ich hebe auch hier hervor, dass eine starke Windwirkung nur im Unterthal selbst und in der abgelenkten Stromrichtung unmittelbar an der Front des Stromes bemerkt worden ist. Auch am Alpegli und Düniberg haben nach unsern Zeugen 8 und 22 diese selbst und noch andere Personen hart am Schuttrande keinen besondern Luftdruck verspürt. Der obere Theil des Dünibergstalles ist durch einen grossen Stein zurückgeschlagen worden, Windwirkung ist dabei nicht nachzuweisen. Seitlich hart am Strom sind die leichten Heuhaufen unverweht liegen geblieben, was wohl bei ROTHPLETZ'schem Steinflug nicht möglich gewesen wäre. Ueberlebende Menschen sind nur am vordern Rande beim Müsli und vielleicht am Düniberg weggeblasen worden, im Unterdorf war die Luftbewegung nur schwach. Sie scheint überhaupt sehr unregelmässig und nur hart am Stromrand kräftig gewesen zu sein. Vom Winde gebrochene Bäume sieht man nirgends um den Trümmerstrom herum; selbst diejenigen Bäume, bei welchen die Spitze des Schuttstromes stehen geblieben ist und an welche Steine sich angelehnt haben, sind nicht geknickt.

Das grösste Kunststück, das der Wind verübt haben soll, ist das Emporschleudern der eisernen Brücke über den Serf.

Zeuge No. 2 sagt: „Ich sah, wie die eiserne Brücke über „den Serf sich aufstellte und nach dem rechten (?) Ufer über„legte.“ Die im gleichen Zeugnisse weiter oben enthaltenen Worte „bevor die Masse da war,“ beziehen sich auf die zuerst angeführten Häuser, nicht auf die Brücke, und wenn Zeuge

fortfährt „im Nu war auch die Wolke da,“ so weiss man nicht recht, ob er das Aufrichten der Sernfbrücke sicher vor der Ankunft des Steinstromes beobachtet hat, oder gleichzeitig. Persönlich darüber befragt, hat mir Zeuge No. 2 geantwortet, dass alles fast gleichzeitig geschehen sei und so schnell, dass er dies nicht sicher hätte unterscheiden können. Er fährt fort: „ich verspürte keinen starken Luftdruck, und mein Haus hat „nicht gezittert.“ Die Distanz desselben von der Brücke betrug ca. 180 m.

No. 3 sagt: „ich sah weder Menschen noch Häuser vor,“ weg fliegen, wie Andere es gesehen zu haben behaupten und „verspürte den Luftdruck nicht stärker als einen gewöhnlichen „Unterwind.“

No. 4 im Müsli gegen Müsliweid hart am Schuttkegel sieht, dass zwei Frauen weggeblasen werden: „aber ich spürte „weder Wind noch Bewegung und der Rauch drang nicht bis „zu uns.“

No. 17: „die Brücke wurde sofort umgedreht.“ Zeuge sieht bei der Brücke die dort Verunglückten in die Luft gehoben, einer seiner Kameraden aber hart am Stromrand noch etwas mit Koth bespritzt wird vom Winde nicht ergriffen.

No. 21: „bei den letzten Sprüngen die ich gemacht hatte“ (der letzte derselben erst brachte ihn ausserhalb den Schuttstrom) „tanzten mir kleine vom Boden aufgehobene Steine um „die Beine wie Laub, das der Wind aufwirbelt — von Luft- „druck hatte ich kein bestimmtes Gefühl.“

Sicher ist, dass ein Windzug, welcher grosse Wirkungen zu leisten vermochte, nur unmittelbar am Stromrande vorhanden war und sehr wenig weit reichte. Einige Schritte davon entfernt spürte meistens Niemand mehr starken Wind. Nur in der Thalrichtung soll der Wind vom Bergsturz noch bis unter Matt gereicht haben.

Mir scheint es viel wahrscheinlicher, dass die Sernfbrücke an ihrem Widerlager vom Schuttpflug unterfahren und dadurch aufgerichtet und überlegt worden sei. Und zwar aus folgenden Gründen:

1. Unmittelbar neben der Brücke stand das grosse Doppelhaus, welches vom Schuttstrom unterschlagen in schiefer Lage bei Seite geschoben worden ist. Sein Dachstuhl, theils mit Schindeln, theils mit Schiefer bedeckt, ist ganz unversehrt geblieben wie man sich auch jetzt, da das Haus abgetragen ist, immer noch auf den besseren Photographien mit der Loupe überzeugen kann.

2. An der entfernteren Ecke des auf zwei Seiten noch vom Schuttrand berührten und halb eingehüllten Stalles etwas näher gegen Dorf Elm sind die Brückentrümmer zum Vorschein

gekommen. Der Stall zeigt nicht die geringste Beschädigung, sein Schindeldach ist unversehrt.

3. Die unmittelbar in diesem Gebiet befindlichen Zeugen verspürten keinen besondern Windzug, selbst Zeuge 21 nicht, dem nach seiner, auch von anderen Zeugen constatirten Stellung die eiserne Brücke hätte über den Kopf fliegen müssen unmittelbar nachdem er von derselben weggesprungen war. Er ist unverletzt geblieben.

4. Zeugen haben nur gesehen, dass die Brücke aufgerichtet und überlegt wurde, kein einziger Zeuge hat gesehen was ROTHPLETZ behauptet: „dass die Brücke vom „Wind in die Luft gehoben, zerrissen, von einem Wirbel erfasst, erst westlich, dann südwestlich herüber geschleudert worden“ sei. Dies sind „blosse Suppositionen!“

Es ist mir undenkbar, dass eine eiserne Brücke von 400 Zentner durch einen Wirbelwind ca. 60 m weit von einem Haus zur jenseitigen Ecke eines anderen Gebäudes geschleudert werde, ohne dass die Dächer dieser beiden Gebäude im geringsten von dem Winde beschädigt würden und ohne dass die Menschen mehr als bloß einen gewöhnlichen Wind empfinden würden. Sollten nicht vor der Brücke die beiden leichten Holzgebäude geschleudert worden sein? Dass der grosse Pflug die Brücke südwestlich, also senkrecht zu seiner Strömungsrichtung bei Seite geschoben hat, ist auffallend, aber hier, wo gerade die Breite des Stromes ihr Maximum erreicht, nicht unerklärlich. Auch ein grosser Schneepflug euzeugt am Rande rein seitliche Bewegungen.

Angesichts solcher Beobachtungen scheint es mir werthlos zu sein, in Rechnung und Discussion die Möglichkeit darzuthun, dass überhaupt eine solche Brücke durch den Winddruck eines solchen Bergsturzes aufgehoben werden könnte. Das wissen wir ja schon, daran zweifeln wir ja nicht, obschon die Angriffsfläche, welche ROTHPLETZ für den Wind an der Brücke annimmt, viel zu gross ist, weil der Wind nicht senkrecht von unten kommt.

Wir haben nicht die Möglichkeit verneint, dass unter gewissen Umständen der Windstoss eines Bergsturzes diese Last heben könne, sondern wir haben die Wirklichkeit für den vorliegenden Fall auf Grund thatsächlicher Beobachtungen bestritten. Ich habe im übrigen bloß noch darauf hinzuweisen, dass der Winddruck, den ROTHPLETZ zum Heben der Brücke als nothwendig ausgerechnet hat, nur durch seine Hypothese der Massenbewegung an jene Stelle hin geliefert werden könnte, dass aber der niedrige Schuttstrom an dieser Stelle

unmöglich mehr über 100 m Luftgeschwindigkeit zu erzeugen vermöchte. Mit seinem „Abfliegen“ der Masse vom Tschingelberg fällt auch seine Rechnung in ihrer Anwendung auf die eiserne Brücke dahin.

#### D. Verschiedene Ergänzungen.

Unter die obigen Abschnitte liessen sich einige Bemerkungen und Beobachtungen nicht leicht einreihen, während sie doch von Bedeutung sind; ich lasse sie hier folgen.

1. Seite 554 oben spricht ROTHPLETZ von „nachträglichen Rutschen,“ welche sich besonders im westlichen Theil von Unterthal über den Schutt des Felssturzes ausgebreitet haben sollen. Er giebt keine Beweise dafür an. Nimmt er sie an um den gekrümmten Verlauf und Umriss des grossen Felstrümmerstriches im Schuttstrom etwas besser mit seiner Abfliegetheorie in scheinbare Uebereinstimmung bringen zu können? In der That sind absolut keine nachträglichen Rutsche, welche die Felstrümmer dort bedeckt hätten, vorgekommen. Das Bild war vom ersten Moment an nach dem Bruch das ganz gleiche wie heute. Alle jene oberflächlichen, mit viel Kleinschutt und Erde gemischten Brüche sind im gleichen Momente mit dem Hauptbruch herunter gekommen wie dessen seitliche Begleiter aus dem Gebiete von Risikopf und Mooseruns, welch' letztere eigentlich erst die westliche Grenze des vorbereiteten Abrisses bildet, indem der Risikopf ein noch ausserhalb der grossen oberen Absenkung hängen gebliebener, aber ganz zerrissener, stetig sich bewegender Felsgrat ist. In die Mooseruns hinab flogen grosse Blöcke im Momente des Hauptsturzes. Der Steinregen, der nach dem Hauptsturze noch etwa zwei Wochen andauerte, liess die Trümmer westlich vom Hauptausbruch niemals bis in den Thalboden gelangen. Dorthin auf den Trümmerstrom hinab hat sich keine nachträgliche Rutschung ergossen; der an Erde reiche Schutt im westlichen Theil des Unterthales und bei Tschingelboden unten im Thalboden, den ROTHPLETZ wie es scheint, dafür anspricht, ist ausgeschürfter Ackergrund aus Tschingelboden und Unterthal. Der Trümmerstrom hatte eben schon hier theilweise den Boden erreicht und wirkte schon hier in regelmässiger Weise als Pflugschar.

2. ROTHPLETZ meint pag. 554, er müsse mich corrigiren, wenn ich in der für ein weiteres Publikum geschriebenen Denkschrift gesagt habe, „die Schichten und Schiefer fallen mit 30° bis 60° in den Berg hinein,“ während es sich hier um Schieferung handle. Ich habe schon in meinem Werke

„Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung“ Bd. II. S. 66 und 67 eingehend gezeigt, dass die Schiefer, welche in Elm gebrochen wurden, nicht Schichten, sondern Clivage oder Transversalschiefern sind. Im oberen Theil des Tschingelberges fällt in der That sehr oft die Schieferung und die Schichtung nahe, hie und da ganz zusammen, so dass die Bezeichnung „die Schichten und Schiefer“ wohl für diesen Fall correct war, da eine detaillirte Auseinandersetzung dort nicht wohl hinpasste. Besser als viel Worte wird das beigegebene Profil die hier vorhandenen Verhältnisse deutlich machen. Biegungen aller Gestalten kommen vor. Darunter sehr spitze, an welchen die Beziehungen von Schieferung und Schichtung sehr schön und klar ausgesprochen sind. Ferner steigen zwei Nummulitenbänke von 3 bis 4 m Mächtigkeit durchaus concordant zwischen den Schiefen und durch Schiefer getrennt aus der Tiefe der Tschingelschlucht auf; die eine Bank lässt sich bis an den gelben Kopf hinauf ohne Unterbruch verfolgen. Beide fallen 45 bis 55° gegen SSO. ein. Hier kann man so recht klar sehen, dass die schwarzen Schiefer wirklich gleichaltrig mit den Nummulitenkalken und keineswegs wie VACEK phantasirt, jüngere Ablagerungen an älterem Schiefer sind. Von diesen Nummulitenschichten wird auch ROTHPLETZ zugestehen, dass es in den Tschingelberg einfallende Schichten sind. Das früher in Elm ausgebeutete Schieferlager habe ich in der fortgesetzten Streichrichtung beiderseits des ehemaligen Plattenberges ziemlich weit direct verfolgen können.

Weitere Erklärungen über die Geologie des Thalkessels von Elm mit Profilen finden sich in meinem schon angeführten Werke im Abschnitt „die Glarner-Doppelfalte.“

3. Weil man früher oftmals die Erdbeben von unterirdischen Höhleneinstürzen ableiten wollte, ist es von Interesse, die Erschütterungen zu kennen, welche Bergstürze zu erzeugen vermögen. In Elm fühlte man wohl ein Zittern des Bodens, allein schon 200 m vom Schuttstrom entfernt wird dasselbe entschieden in Abrede gestellt. Jedenfalls war es geringer als beim Bergsturz von Goldau 1806 oder bei demjenigen des Vorderglärnisch 1593. Einerseits ist es gewiss, dass eine nur mit feinsten Beobachtungsinstrumenten nachweisbare Erschütterung jeweilen viel weitere Ausdehnung erreicht haben muss, andererseits hat sich aber immer die fühlbare Erschütterung so eng lokal begrenzt gezeigt, dass sie keinen Vergleich mit den Erdbeben aushält, die oft bei sehr schwacher Erschütterung über Flächen so gross wie die ganze Schweiz fast gleichmässig fühlbar sind.

## Erklärung der Tafel IV.

Figur 1. Planskizze des Bergsturzes von Elm. Die Grundlage dieser Planskizze bildete die eidgenössische topographische Karte in 1:50000. Die Formverhältnisse des Bergsturzes sind nach Skizzen und Notizen eingetragen, welche ich alle vor Publication der Arbeit von ROTHPLETZ nach der Natur aufgenommen hatte. Die Zeichnung des Abrissgebietes ist aus Mangel an topographischen Vermessungen kein genauer Grundriss, sondern ein Grundriss theilweise combinirt mit Ansicht von vorn, welche in die Ebene hinunter gedreht ist. Man kann aus diesem Bilde eine richtige Anschauung gewinnen, obschon es weder ein geometrisch genauer Aufriss noch Grundriss, sondern eher „Vogelperspective“ ist. Wo die in der Planskizze gegebenen Formen etwas von denjenigen der in der Denkschrift veröffentlichten Karte abweichen, enthält unsere neue Planskizze das Richtigere. Dies gilt z. B. für die Gestalt und Lage des unteren Endes des Schuttstromes, die Form des Schuttrandes unter Knollen, die Stelle, an welcher der Name „Alpegli“ eingetragen ist etc.

Figur 2 u. 3 geben im Grundriss und Aufriss die Bewegungsfäden der Felstrümmer an. Die nöthige Erklärung ist bei den Figuren selbst beigesetzt. Ich habe noch beizufügen, dass hier namentlich in der Darstellung der Brandung und Ablenkung am Düniberg-Alpegligehänge im Grundriss Fig. 2 Bewegungslinien nebeneinander dargestellt sind, welche zeitlich einander nachfolgten. Wie bei schwellenden und wieder abnehmenden Lavaströmen oder Flüssen etc. veränderte sich Form und Richtung der Bewegungsfäden um einen gewissen Betrag. Es hätte einer grösseren Zahl von Figuren bedurft, um die verschiedenen Stadien getrennt darzustellen.

Figur 4. Längsprofil durch den Bergsturz von Elm im Maasstab des Planes 1:12500.

Figur 5. Rand des Schuttstromes am Dünibergstall.

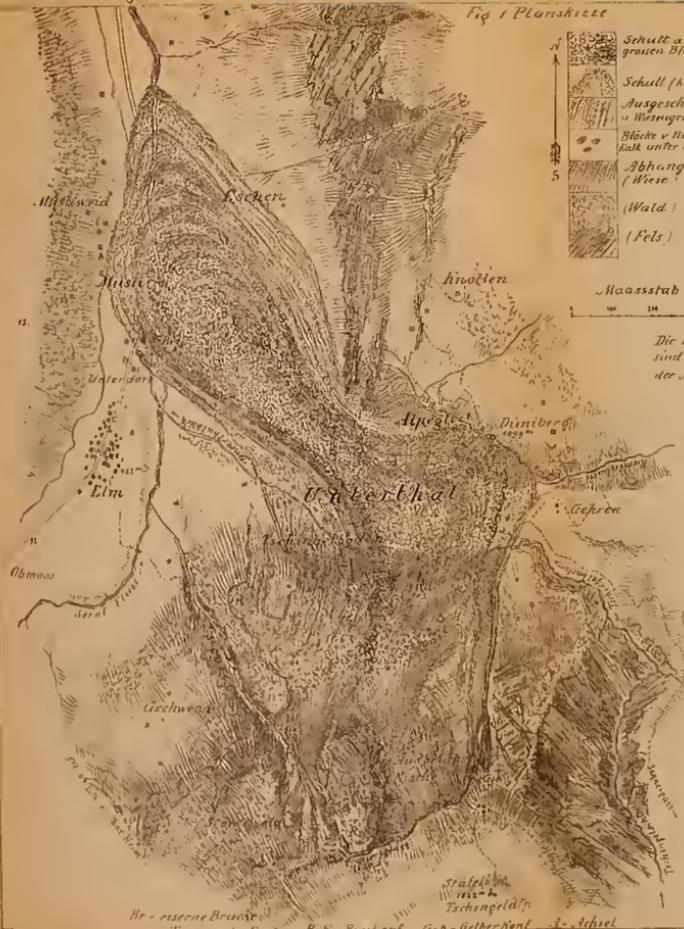
Figur 6. Profil des Schuttrandes am Düniberg.

Figur 7. Pyramidale Haufen von Kleinschutt im Maasstab ungefähr = 1:200.

Figur 8. Die Fluglinien nach ROTHPLETZ.

---

Fig 1 Planskizze



Maassstab 1:12500

Die kleinen Zeichen sind die Standpunkte der Augenscenen

Fig 2 Bewegungslinien im Schutt



Fig 3 Bewegungslinien im Schutt



Fig 5 Ansicht beim Dumberg

Fig 6 Nordansicht



Fig 6 Nordansicht

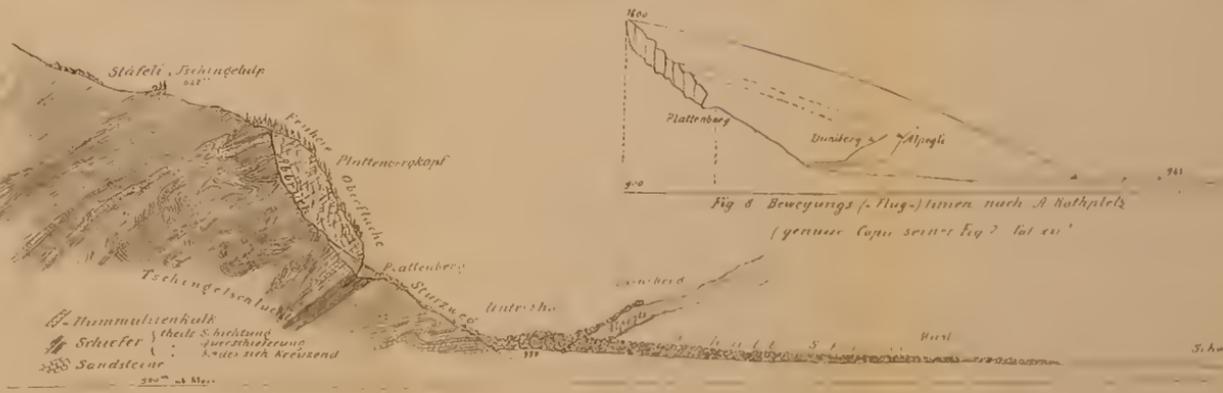


Fig 4 Profil Maassstab für Höhen u. Längen

Fig 8 Bewegungslinien nach A. Rothpletz (genauer Copie seiner Fig 7 fol. 11)

Br - eisene Brände  
 = Zeichen der F.  
 R. K. - Reichenhof G. A. - Gellerkopf J. - Jochel

St. A. 111. 111

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1882

Band/Volume: [34](#)

Autor(en)/Author(s): Heim Albert

Artikel/Article: [Der Bergsturz von Elm. 74-115](#)