

Geologische Nachlese.

Von

Albert Heim.

Nr. 8.

Die Bodenbewegungen von Campo im Maggiathale,
Kanton Tessin.

1. Geschichtliches.

Bei 1300 m Meerhöhe liegt auf einer herrlichen, weiten, gegen die Sonne geneigten Terrasse im Val di Campo, einem westlichen Seitenthale des Valle Maggia, das Dorf Campo. Es besteht aus mehreren zerstreuten Häusergruppen, darunter grosse Villenbauten, ein grosses Gemeindehaus, Kirche, Kapelle etc. Alte Inschriften beweisen, dass schon im Jahre 985 in diesem herrlichen Terrassengebiete des Thales hohe Herrschaften Zuflucht suchten und Landhäuser bauten. Im Jahre 1780 muss ein Naturereignis in Campo Schrecken verbreitet haben. Viele meinen, es sei ein Erdbeben gewesen, andere ein Felsabsturz vom Bombogno. Es wurden infolge davon Prozessionen veranstaltet. 1818 waren sicher noch keine Erosionsangriffe an der Rovana, keine rutschenden Bewegungen, der Boden war gesund, alles war Weide und Wald, der kahle Fels oder Schutt trat weit herum im Gebiete des Dorfes und unterhalb nirgends zu Tage, das Vieh weidete bis an die grünen Bachufer hinab. Beim Hochwasser von 1834 soll die Rovana viel Geschiebe in die Maggia gespült haben. 1839 fand ein kleiner Absturz am Steilgehänge unterhalb Campo gegen den Fluss hinab statt. 1852 verkaufte die Gemeinde einen Wald im oberen Teil der Alpe di Quadrella, und gestattete, dass das Holz durch die Rovana geflösst werde. Die Flösserei wurde seit 1852, aber besonders 1856 bis 1858, intensiv betrieben. Zwei bis 3 km oberhalb

Campo, unter Cimalmotto, hatte die Flössergesellschaft „Dita“ (Battocchi, Cagliardi & Co.) in der Rovana 1855 drei grosse Wasserschwellensperren errichtet, um jeweilen das Holz mit einem Wasserschwalde durch das Thal hinauszujagen. 1857 wurden bei anhaltendem Regen alle drei Barrieren auf einmal geöffnet. Furchtbar brauste das hochgeschwellte Wasser durch die Schlucht. Der Boden in Campo zitterte und die linksseitigen Ufer unter Campo wurden tief unterspült, Ställe rutschten ab, Häuser rissen oder stellten sich schief. Von diesem Moment an sah man die Gefahren der Holzflösserei ein und von diesem Momente an sind die Bewegungen an der Terrasse von Campo niemals mehr in vollständigen Stillstand gekommen. Die Dorfschaft verlangte Verbot der künstlichen Flösserschwellungen. Die Regierung sandte ihren ersten Forstinspektor zur Stelle. Noch energischer verlangte Dr. Lavizzari das Flössverbot. Im Sommer 1858 besuchte Prof. Culmann mit Arnold Escher v. d. Linth und Prof. Landolt das Gebiet in Begleitung von Kantonsingenieur Joh. Poncini (Culmann, Bericht an den schweizer. Bundesrat über die Untersuchung der schweizer. Wildbäche 1864). Culmann und Poncini berichten, dass sich der Bach in den Fuss der Campoterrasse, also nach links verschoben und in sechs Monaten um 12 m, im ganzen gegenüber Anfang der Fünfzigerjahre um 30 m vertieft habe, so dass der Bach jetzt 80 m unter der Terrassenkante von Campo liege. Infolge davon sei, so berichtet Culmann, „die linksseitige Thalseite in einer Ausdehnung von vielleicht 10 km² (?) mit dem Orte Campo mitten innen zum Rutschen gekommen.“ Beide verlangen Verbot des Flössens und machen Vorschläge zur Ufer- und Sohlenversicherung. Die Vorschläge blieben auf dem Papier, es geschah nichts zur Sicherung.

Die Regierung des Kantons Tessin sprach das Flössverbot aus, allein die Kundgabe des Beschlusses an die Gemeinde wurde erst unterdrückt. 1859 endlich wurde dem Regierungsbeschluss Nachachtung verschafft und die Schwellensperren entfernt. In den Escher'schen Notizen und Reisetagebüchern konnte ich auffallenderweise nichts über Campo finden.

Fortan blieben die Abrutschungen an der Rovana unter Campo der Geschiebelieferant für die Maggia, und mit diesem Geschiebe wurde Cevio bedroht, das Maggia-Delta überschüttet und es wuchs rasch und gross in den Lago Maggiore hinaus. Am Südostrande

der Dorfschaftsterrasse von Campo hatten 10 Häuser schon 1852 auf 1853 schiefe Stellungen angenommen. Sie mussten abgetragen werden. Ihre Ruinen liegen jetzt auf einem 8 bis 10 m vom Terrassenrande abgesunkenen Streifen.

1867 auf 1868 fanden am südlichen Felsgehänge unterhalb Piano dei Pini gegenüber von Campo einige schwere Felsstürze statt. Dieselben standen zwar in keinem ursächlichen Zusammenhang mit der Vertiefung der Rovana, sie verschlimmerten aber die Zustände für Campo sehr wesentlich. Aus der Ausbruchsnische wuchs unten ein mächtiger Schuttkegel heraus, der die Rovana gerade an der schlimmsten Stelle wiederum nach links an das Steilbord der Campoterrasse drängte. Es kamen die Hochwasser vom 28. September 1868 und die Rovana belud sich mit gewaltigen Geschiebemassen. Alle Rinnen vertieften sich, alle Abrisse vergrößerten sich, die Abstürze am Aussenrand der Terrasse nahmen kein Ende. Der Dorfbach in Campo schnitt sich mit der Rovana ein und nun entstanden auch Rutschungen beiderseits gegen den Dorfbach hinein. In Campo vermehrte sich die Bewegung derart, dass Haus um Haus unbewohnbar wurde. Sie hörte mit Abfluss des Hochwassers nicht auf, sondern dauerte noch viele Wochen lang fort. Nach dem Berichte des eidgen. Oberbauinspektorates von 1892 stand damals die Rovana 150 m unter dem Terrassenrande. Seit Culmanns Besuch hatte sie sich also um weitere 70 m vertieft. Die Rovanarinne, die ursprünglich 50 m unter den Terrassenrand vertieft war, lag jetzt, 40 Jahre später, um 100 m tiefer eingeschnitten. 1887 wurde die Verbauung der Rovana unter Campo beschlossen und 1888 ging man unter Oberleitung des eidgen. Oberbauinspektorates (siehe dessen Wildbachverbauung zweites Heft 1892) an die Ausführung. Campo beschäftigte Herrn von Salis bis zum Momente vor seinem Tode. Es wurden erst keine Thalsperren, sondern Traversen mit Parallelmauer gebaut, um die Rovana wieder vom linken Ufer abzuhalten, und möglichst nach rechts auf Fels und in grobes Blockwerk zu drängen. Dies ist gelungen. 1889 kam ein Hochwasser, so bedeutend wie 1868. Ein Teil der Neuarbeiten wurde beschädigt, aber der linksseitige Uferangriff blieb doch abgewehrt, die Geschiebemenge geringe, und in Cevio wurde die gefährliche Geschiebeaufschüttung nicht erhöht, sondern ausgespült. In Campo vermehrte sich diesmal die

Bodenbewegung nicht, sie verlangsamte sich. Die Strasse, die sonst am Rande des Bewegten gegen das Feststehende sich jährlich durchschnittlich um 1 m verschob, zeigte 1889 trotz des Hochwassers nur 20 cm Absenkung. 1891 bis 1893 rekonstruierte man das Beschädigte und ergänzte es durch Bau einer starken Thalsperre im untersten Teil der Angriffsstrecke der Rovana unter Campo, wo der Uebergang von einem weiten Trümmerboden in die enge Felschlucht dazu eine vortreffliche Stelle bot. Diese Bauten richteten sich alle darauf, die Rinne der Rovana zu erhöhen und den Angriff links abzuwehren, und bestanden in Uferschutzmauern mit Traversen und in der eben genannten Thalsperre. Oben wurde endlich der Quellbach bei der alten Säge im Holzkanal abgeleitet und die Quelle bei Corte nuovo bei 1546 m Meerhöhe westlich in eine Bachrinne geführt. Der Bericht von 1892 drückt sich sehr zuversichtlich aus und hält die Erscheinungen während 1889 für den Beweis dafür, dass die angewandten Mittel zum Ziele führen und zum Teil dasselbe schon erreicht haben. Infolge davon wurde die Maggiakorrektion beschlossen.

1892 bis Frühjahr 1897 war Ruhe eingetreten. Die Bewegungen im Dorfe hatten fast ganz aufgehört, die Gefahr schien wirklich bewältigt. Freilich, es war eine Reihe trockener Jahre. Allein der Winter 1896/97 war ungewöhnlich schneereich. Schon im Oktober 1896 lag der Schnee im Dorfe 1 m hoch. Regen und Schnee wechselten ab. Im Frühling soll oben im Gebirge 7 m und im Dorf 4 m schwerer gesinterter, halb vereister Schnee noch gelegen haben. Die Schmelzwasserinfiltration war somit enorm und ungewöhnlich.

Im Juni 1897 begann es sich wieder überall zu regen. Strassen und Häuser schoben. Vom Juni bis September 1897 sollen die Bewegungen „weiter gegangen sein als früher innerhalb 10 oder 15 Jahren.“ Dann kam noch ein Hochwasser dazu und am 4. September 1897 brachen Thalsperren und Uferversicherungen in der Rovana teilweise zusammen. Am 19. September stürzte ein gut gebautes Haus im Hauptteil der Ortschaft ein und der allmähliche Ruin mancher anderer machte sichtliche Fortschritte.

Für die ganze Geschichte der von den Behörden durchgeführten Versicherungsarbeiten ist besonders bemerkenswert, dass Culmann wie Poncini und die Vertreter des eidgen. Oberbauinspektorates

alle für die Rutschung von Campo als einzig bedingend das Anfressen der Sohle durch die Rovana angenommen haben, und dass sie zu dieser Auffassung sich gedrängt gefühlt haben durch den historischen Vorgang: die Folgen der künstlichen Hochwasser durch das Schwellen bei der Holzflösserei. In keinen der mir zugänglich gewordenen Publikationen oder amtlichen Berichte vor dem Sommer 1897 fand ich eine Notiz, aus der man hätte schliessen können, dass es für notwendig erachtet worden wäre, der oberen Umgrenzung der Bewegung genauer nachzuspüren und zu sehen, was dort sich vollzieht. Und doch zeigt die sehr gute topographische Aufnahme von G. Imobersteg für das Blatt 499 des Siegfriedatlas deutlich, dass schon 1893 und 1894 die Bewegungen dort in grossen Dimensionen ausgesprochen waren. Die Idee, dass da eine gewisse Wechselwirkung zwischen Rutschungsstrom von oben und Sohlenangriff vorhanden sei, taucht in den amtlichen Berichten vor 1897 nicht auf. Noch der Bericht von 1892 zieht aus dem Hochwasser von 1889 den bestimmten Schluss, dass die Sohlenversicherung Campo gerettet habe und retten werde. Ich kann selbst freilich nicht genau wissen, wie es oberhalb Campo vor 30 und 40 Jahren ausgesehen hat. Allein aus den mir an Ort und Stelle gewordenen Erzählungen der Bewohner, sowie aus den Stellungen und Formen der Bäume ist mit Sicherheit zu entnehmen, dass der Sachkundige schon vor weit mehr als 20 Jahren durch eine Untersuchung dieses oberen Gebietes zum Schlusse gekommen wäre, dass die Sohlenversicherung und Erhöhung allein Campo nie und nimmer retten könne, auch wenn diese wahrscheinlich den ersten Austoss zur Wiederbelebung einer Rutschung gegeben hat, die schon vorhistorischen Ursprunges sein muss. Die Quellbachableitungskanäle unter Cimalmotto und bei Corte nuovo sind die einzigen Anzeichen dafür, dass die ungeheuren Infiltrationen in den zerrissenen Boden nicht ganz vergessen worden sind. Diese Arbeiten waren im Prinzip richtig, aber in der Durchführung ungenügend und unzureichend. Die Geschichte der Wildbachverbanungen weist der Beispiele noch mehr auf, wo ein vielseitig bewährtes Mittel wie die Sohlenfixierung oder Sohlenerhöhung durch Thalsperren oder Pfahlwerke zu schablonenhaft und ausschliesslich und ohne eine genügend weitblickende Prüfung der besonderen Lokalverhältnisse angewendet worden ist und wo im besonderen der Durchnässung

der zerrissenen Gehänge von oben viel zu wenig oder zu spät gewehrt worden ist (Trübbach, Nolla). Die Erfahrung dürfte bereits eine vermehrte Einsicht und Umsicht für die Zukunft angebahnt haben.

Im Oktober 1897 sandte das eidgen. Oberbauinspektorat Herrn Ingenieur Gerber zur Stelle und am 6. und 7. November beging ich im Auftrage der Gemeinde Campo das Gebiet, um Rat zu erteilen. Schon hier sei erwähnt, dass Herr Oberbauinspektor von Morlot sich daraufhin sofort mit mir in Verbindung gesetzt hat, um gemeinsam das weitere Vorgehen zu beraten, und seinerseits möglichst rasch an die Durchführung der von uns in vollständiger Uebereinstimmung für notwendig erachteten Sicherungsarbeiten gehen zu können. Was möglich ist, wird gethan. Die Sache ist nunmehr in besten Händen.

Nach dieser historischen Darstellung lasse ich die wesentlichsten Abschnitte aus meinem an die Gemeinde Campo gerichteten Gutachten folgen. Die Hauptfrage: „Was ist für die Zukunft zu erwarten, kann Abhülfe geschaffen werden, und wie hat dies zu geschehen“ kann nur beantwortet werden auf Grundlage einer möglichst vollständigen Einsicht in die Art des Vorganges und in seine Ursachen. Wir haben deshalb zunächst zu einer näheren Prüfung des Gebietes überzugehen.

2. Der Fuss des bewegten Gebietes längs der Rovana im November 1897.

Bisher — und das schien durch die historische Folge der Ereignisse ganz selbstverständlich, — hatte man fast ausschliesslich die Ursache der Bewegungen in den Unterspülungen durch die Rovana gesucht. Es musste deshalb zuerst geprüft werden, ob auch die Bewegungen des abgelaufenen Sommers als Folge von neuen Unterspülungen anzusehen seien.

Ich fand die Thalsperre am unteren Ende der Rovanaerbauung teilweise gebrochen, sie versieht ihren Dienst nur noch teilweise. Sie steht an vorzüglicher Stelle, bedarf aber der Reparatur, um nicht bald noch ganz zu stürzen.

Unter dem östlichen Teil des Terrassenabsturzes unter Campo ist die linksseitige Uferschutzmauer zum grössten Teile gut und

unversehrt geblieben. Ein Uferangriff hat nicht stattgefunden. Dagegen sieht man das in seinen oberen drei Vierteln trockene, steile, aus zerrüttetem Felsen und Felschutt gebildete Gehänge in seinem unteren Viertel nass und in deutlichem Vorstossen begriffen. Der nasse Schutt ergiesst sich stellenweise über die feste Ufermauer hinaus.

Etwas weiter aufwärts fliesst die Rovana auf eine lange Strecke in fester Felsrinne. Felsstufen bilden natürliche Thalsperren. Die Uferschutzmauern der linken Seite sind unversehrt, es hat keine Untergrabung stattgefunden.

Wir kommen in die Region der Traversenmauern. Bei der untersten hatte ein Zweig der Rovana sich links geworfen und einen unbedeutenden Anriss erzeugt, alle aufwärts folgenden Traversen sind entweder ganz erhalten oder doch auf der linken Seite, wo sie sich an den Campo-Terrassenfuss anlehnen, unversehrt geblieben.

Oberhalb der Einmündung des Campobaches in die Rovana ist die letztere ca. 20 bis 30 m nach links ausgewichen und hat hier den Terrassenfluss so untergraben, dass derselbe eine Steilwand bildet, von welcher enorme Blöcke von Kalkgneiss gestürzt sind. Ein Aufwärtsgreifen der Untergrabung ist noch nicht eingetreten.

Weiter aufwärts ist das linke Ufer wieder durchweg unversehrt geblieben.

Mit Ausnahme einer Strecke von ca. 150 m Länge, die zudem keine weiteren Nachbrüche zeigt, ist also der ca. 1000 m lange Fuss der Terrasse von Campo 1897 unverletzt geblieben. Die neue starke Bewegung von 1897 kann somit nicht in Untergrabung durch den Bach ihre Ursache haben. Dazu kommt noch, dass die Bewegungen in der Ortschaft im Juni begonnen und sich stetig gemehrt haben, während der teilweise Bruch von Thalsperre und andern Versicherungsbauten an der Rovana und die lokale Unterspülung erst am 4. September 1897 eingetreten sind.

Die Bewegungen des Sommers 1897 müssen somit nicht von der Sohle aus, sondern von oben veranlasst worden sein. Auch ohne Untergrabung durch den Fluss findet ein Vorrücken des Bodens gegen den Fluss hin statt. Aus diesem Grunde können die Sohlenerhöhungen und Sohlenversicherungen **allein** hier nicht helfen.

3. *Umgrenzung und Gestalt des bewegten Gebietes.*

Das ganze Rutschungsgebiet setzt sich oben zusammen aus zwei stromförmigen Rutschungen, welche schon hoch oben im rückliegenden Gebirge entstehen, die grössere, vom Piano dei Pi bei 1850 m Meerhöhe beginnend, fliesst gegen Südosten. Sie hat vom oberen Anriss bis an die Dorfstrasse Campo gemessen 1600 m Länge bei 350 bis 400 m Breite. Die andere kleinere, in ähnlicher Höhe weiter östlich am Bombogno ansetzend, hat Bewegungsrichtung fächerförmig gegen Westsüdwest. Bei etwa 1530 m Meerhöhe treffen die beiden Rutschungsströme zusammen und ergiessen sich gemeinsam gegen die Terrasse von Campo hinab. Sodann schliesst sich die Terrasse von Campo an. Dieselbe misst in der Rutschungsrichtung noch ca. 300 m und ist in einer Breite von ungefähr 900 m in einheitlicher Bewegung begriffen. Die Gesamtlänge des bewegten Steinstromes von Piano dei Pi bis an die Rovana misst in der Mittellinie etwa 2300 m.

a) Die Terrasse von Campo.

Innerhalb der Terrasse von Campo finden wir zwar wohl hie und da ein schiefes Haus, hie und da eine Spalte, aber auch viele Gebäude, an denen nur geringe Spuren der Bewegung bemerkbar sind, oder die noch nicht merklich deformiert sind (Casa comunale etc.). Die Deformationen werden dagegen sehr sichtbar am westlichen und östlichen Rande der Terrasse. Hier treffen wir auf beiden Flanken in ganz entsprechender Weise je eine ca. 1 km lang zu verfolgende, fast geradlinige, scherende, nicht klaffende Randklüft. Dieselbe hat die vor 14 Jahren erstellte Strasse durchschert und auf der westlichen Seite die beiden Strassenenden um 57 m, an der östlichen um ca. 35 m verschoben. In der Nähe der östlichen scherenen Randklüft sind einige Ställe zusammengestürzt. Da wie dort zeigt bereits die neue, vorletztes Jahr hergestellte Strasse abermals ein bis zwei Meter Verschiebung und Absenkung. Diese beiden scherenen Randklüfte begrenzen in schärfster Weise den ganzen bewegten Klotz der Terrasse von Campo gegenüber dem seitlichen, feststehenden Gebirge. Die bewegte Masse dazwischen zeigt ausser der Bewegung gegen die Rovana hin zugleich eine Senkung, welche am östlichen Rande

etwa 6 m beträgt, am westlichen stellenweise ebenfalls auf einige Meter sich beläuft, stellenweise in Aufstauung übergeht. Offenbar ist hier die Unterlage der Rutschung sehr tief. Nur ein mächtiger Klotz von Material kann zwischen zwei Scherklüften, die fast senkrecht zu stehen scheinen und ziemlich geradlinig sind, so einheitliche Bewegung mit so wenig innerer Deformation machen. Die beiden scherenenden Randklüfte liegen am Terrassenabsturz 1 km, an der Strasse ca. 850 m auseinander.

In dem auf noch höherer Terrasse westlicher gelegenen Dorfe Cimalmotto kommen ebenfalls Deformationen der Häuser vor und eine deutliche Nord-Süd laufende Abrisspalte ist zu sehen. Ähnliches wiederholt sich etwas weiter nördlich an dem Steilabhang der oberen Terrasse von Cimalmotto. Die Bodenbewegungen sind abwärts gegen Osten, also gegen die Rutschung von Campo gerichtet und offenbar ganz sekundärer Natur. Sie sind eine Folge des Weichens der Terrasse von Campo. Steht die Terrasse von Campo fest, so wird auch Cimalmotto sich befestigen. Aber kein anderes künstliches Hilfsmittel würde es zu stützen vermögen.

Am westlichen und oberen Rande der Terrasse von Campo befinden sich einige sehr bedeutende grosse Quellen. Ganz nahe ausserhalb der westlichen Randklüft unter der nach Cimalmotto ansteigenden Strasse steht eine kleine ehemalige Sägemühle, getrieben einst von einem mächtigen Quellbach. Derselbe entspringt unter der Strasse. Es sind grossartige Quellen von 6,0° C und wohl über 1000 Minutenlitern. Der Boden ist ringsum und bis an die Randklüft durchnässt und versumpft. Eine grosse Quelle, die oberhalb Cimalmotto erscheint, kommt von Westen herab dazu. Schon 1893 ist nun hier ein Holzkanal gemacht worden, der diese Quellen in die Rovana leitet, so dass sie nicht in die Randklüft eindringen können. Diese Ableitung ist im Prinzip sehr richtig. Zusammen mit einem ähnlichen kurzen Kanal bei Corte nuovo sind dies die einzigen Arbeiten, welche weiter gehen als die blossen Sohlenversicherung. Allein sie sind völlig ungenügend. Es sind nur die fertigen Quellbäche in den Kanal geleitet, die Quellen aber keineswegs gefasst worden, so dass eine Menge Wasser schon vorher oberhalb des Kanals im Boden verlaufen kann, bevor es zum Austritt gelangt. Sodann ist der Quellbachkanal nicht ordentlich unterhalten worden, stellenweise ist er verschüttet oder

unterspült. Eine weitere grossartige Quelle „a la Ganella“ von $5,4^{\circ}\text{C}$, in der trockenen Zeit meines Besuches (6. und 7. November 1897) wohl 2500 bis 3000 Minutenliter stark, tritt in der nordwestlichen Ecke der Campoterrasse dicht hinter der Randkluff hervor. Sie fliesst gegen den Bach von Campo über zerrissenes Terrain und treibt dort Sägemühlen. Noch zwei weitere grosse Quellen kommen von etwas höher oben herzu. An Gelegenheit zum Eindringen des Wassers aller dieser Quellen in den Boden fehlt es nicht. Es fehlt jede Fassung oder sichernde Leitung.

Endlich ist hier die grosse Dorfquelle zu erwähnen. Sie quillt nahe unter der Strasse, mitten im bewegten Terrain heraus. Ihre Temperatur betrug $6,0^{\circ}\text{C}$ und ihr Ertrag am Tage meines Besuches mag 3000 bis 5000 Minutenliter gewesen sein. Auch hier keine Fassung. Viel Wasser wird darunter durch den Boden gehen, vieles, nachdem es den Trog passiert hat, versickern.

b) Die Bewegungen oberhalb der Terrasse von Campo.

Die Strasse von der grossen Dorfquelle bis zur grossen Sägemühle in der Westecke der Terrasse bildet zugleich ungefähr die Grenze zwischen der Terrasse von Campo und den oberen Trümmerströmen. Diese letzteren rücken hier mit ihren ausbauchenden Wülsten von oben über die Terrasse vor, Bachbrücken, Strasse, Bergseitenmauer, alles wird von einer Woche zur andern in erschreckender Weise deformiert und zerrissen, die Häuser stehen schief und drohen Einsturz. Der grossblockige Wulst unter Mater gegen die Dorfquelle soll in diesem Jahre fast 20 m sich vorgehoben haben, so dass dort ein grosses, gut gebautes Haus oberhalb der Strasse am 19. September einstürzte. Weiter gegen Osten verlaufen die Deformationen allmählich.

Von der Campoterrasse aufwärts haben die Trümmerströme grössere Böschung und offenbar geringere Tiefe als die bewegte Terrasse. Wie der weniger tiefe Fluss, der zugleich grössere Böschung besitzt, wilde Wellen aufwirft, so auch diese höheren Teile der Bewegung. Aufgestaute, 10 bis 20 m hohe, wellenförmige Wülste, oft aus einem wilden Blockwerk gebildet und von Rissen durchsetzt, wechseln ab mit graben- oder trichterförmigen Einsenkungen hinter denselben. Was vor 40 Jahren flacher Weidgrund war, ist jetzt unebenes Blockwerk mit jungen, schief ge-

stellten Lärchen. Der vom Bombogno heruntersinkende Trümmerstrom hat die allgemeine Gestalt eines rutschenden Schuttkegels. Bei 1500 bis 1600 m Meerhöhe sickert zerstreut aus demselben ein stets milchig trübes Wasser heraus, welches sich oft wieder in den Boden hineinlässt, schliesslich als milchtrüber Schlamm bach gegen die grosse Dorfquelle zieht und den Campobach bis in die Rovana trübt. Es muss hier oben unter dem bewegten, an den Bombogno gelehnten Schuttkegel eine Quelle vorhanden sein, welche dann durch den Schutt sickert, denselben beweglich macht und durch dessen Bewegung sich stetig — auch bei anhaltend schönster trockener Witterung — trübt. Die grosse Dorfquelle hingegen ist bisher stets noch klar geblieben.

Die längere Schuttströmung, welche von Nordwesten herunterkommt, hat 350 bis 400 m Breite und über 1½ km Länge. Da, wo sie unter einem Winkel von etwa 40° mit der Strömung vom Bombogno her zusammentrifft, entsteht ein wilder Aufwurf, ein Blockdamm voller Risse ganz so wie da, wo zwei Wasserströme unter schieferm Winkel zusammentreffen, ein Wellenwulst sich aufwirft. Gerade hinter diesem Wall in der Mitte des westlicheren Stromes hat sich bei „il sottone“ eine Vertiefung gebildet, in welcher sich bei Regen und Schneeschmelze ein bis über 3 m tiefer See anstaut. Der frühere Ausfluss gegen Süden ist durch einen mächtigen Stauwulst wieder abgedämmt. Eine periodische Ueberschluckquelle füllt zeitweise das Seelein. Es versickert durch die Stauwülste hindurch und erscheint weiter unten wieder.

Dem Wege entlang, der nach Corte nuovo führt, finden sich durchweg frische Absenkungen der westlichen Trümmerstromseite. Bei Corte nuovo tritt aus den Blockwülsten der höheren Stromteile eine grosse Quelle von 5,4° C und ca. 1000 Minutenlitern, und einige Schritte weiter westlich unter den Hütten zwischen frischen Absenkungen eine kleine Quelle von 7,4° hervor. Sie bilden zeitweise einen kleinen Stausee im bewegten Boden. Hier war ein Holzkanal gebaut worden, der das Wasser in die weiter westlich liegende Bachrinne führen sollte. Allein auch hier waren die Quellen nicht gefasst, sondern der Quellbach genommen worden, nachdem schon reichliche Versickerungsgelegenheit geboten war. Dermalen durchsetzt sogar die Randklüft den Kanal und ein Wulst staut das Wasser. Das Wasser fliesst z. T. unter dem Holzkanal

durch in die Risse hinein und nur der kleinere Teil findet Abfluss durch den Kanal. Aber auch das letztere nützt wenig, denn der Bach, in welchen der Kanal führt, läuft selbst wieder in zerrissenes Gebiet zurück.

Von Corte nuovo hinauf steigen wir durch die fluidal in stark thalwärts ausgebogenen Kurven geordneten Wülste und Wellenthalfurchen eines typischen Trümmerstromes. Die Lärchenbäume zeigen alle möglichen Stellungen und Krümmungen je nach der lokalen Bewegung der Unterlage. An vielen der Lärchenstämme kann man aus der Art der Krümmung erkennen, dass hier die Bewegung wohl schon seit 30 bis 40 Jahren fast stetig sich geltend gemacht hat, indem nur durch die stete Stellungsveränderung des Wurzelstockes und das stets wieder senkrechte Aufwachsen des jüngsten Gipfels eine solche kontinuierliche Krümmung des Stammes vom Gipfel bis auf 30 bis 40 Altersjahre zurück entstehen konnte. Je nachdem der Baum vor oder hinter einem Wulst steht, ist sein Stamm thalabwärts oder thalaufwärts ausgebogen. Auch hier treffen wir trotz der sehr trockenen Zeit wieder austretendes, im Walde zwischen den Bodenwellen zu Tümpeln sich stauendes und dann wieder versickerndes Wasser.

Bei ca. 1750 m ist der Boden ganz durchwälzt, die Vegetation zerstört. Wir steigen steil an und gelangen auf die flache, von Rissen durchsetzte, in Gestalt einer grossen Treppenstufe abgessene Fläche des „Piano delle rose“. Oestlich endlich findet das Auge in einem festen Gneissfels, der mit gerade stehenden, alten Tannen gekrönt ist und seine steile Wand gegen Nordosten kehrt, eine feste, nicht bewegte Flanke. Der kahle Abriss bei 1800 bis 1850 m unter dem „Piano dei Pi“ bildet den oberen Rand des jetzigen Anrissgebietes. Aber diese Kante selbst ist der Aussenrand eines älteren, früher vom Berghintergrunde abgesunkenen, grossen Stückes. Dasselbe ist oben mit 300jährigen, aufrechtstehenden Tannen bedeckt. Dieser oberste Abriss muss also sehr alt und seither lange stehen geblieben sein. Das Stück Piano dei Pi hat sich seit Menschengedenken und auch dies Jahr nicht bewegt, es bröckelt nur aussen beständig gegen Süden ab. Hinter dem Waldrücken liegt eine Mulde, welche kein Wasser herausfliessen lässt, — ein Versickerungsloch, wie man es sich nicht schöner zur Bildung grosser, unterliegender Quellen und nicht gefährlicher,

zur Bildung unterliegender Rutschungen denken kann. Unter dafür günstigen Umständen kann das Piano dei Pi einmal wieder in Bewegung geraten.

Hinter dem Piano dei Pi bis hinauf an den Wasserscheidegrat gegen Bosco steht fester Gneiss und Glimmerschiefer, der nur kleine Schutthalden bildet, an. Da also befinden wir uns endlich am stabilen Hintergrunde der Abrissnische der ganzen Bewegung.

Im Grundriss misst die Oberfläche der bewegten

Campoterrasse ca.	675000 m ²
des Bergtrümmerstromes von NW ca. .	600000 m ²
des bewegten Kegels am Bombogno ca.	228000 m ²
somit das ganze Rutschgebiet ca. 1503000 m ²	

das heisst etwa 1½ km².

Den Inhalt des rutschenden Bodens schätze ich wie folgt: Campoterrasse bei im Mittel allerwenigstens 150 m Dicke, stellenweise über 200 m Dicke = 120000000 m³. Obere Rutschungsströme bei im Mittel 30 m Dicke — stellenweise über 50 m — = ca. 25000000 m³.

Gesamtmasse des Bewegten ca. 120 bis 150 Millionen Kubikmeter. Es ist dies eine Masse, welche diejenige des Bergsturzes von Elm um das mehr als zehnfache übertrifft.

4. Die Wechselwirkung in den Bewegungen.

Wenn die ganze Bewegung nur, wie früher angenommen worden ist, von unten durch Anriss bedingt gewesen wäre, so würde das ganze Rutschgebiet von der Rovana bis hinauf als Abrissgebiet sich erweisen müssen. Wir müssten dann von der Rovana bis an den Hintergrund der Bergnische, abgesehen von kleinen lokalen Ausnahmen, nur Zerreibungen und Absenkungen, nur Risse finden, die quer zum System der Maximaldruckkurven stehen, und im allgemeinen nach unten konkav gewendet sind. Anstatt dessen treffen wir hier oben massenhaft enorme Stauwülste, die oft viele Meter hoch über das einige Jahre frühere Profil sich anstossen. In ihrer Grundrissform stehen sie quer zu den Maximaldrucklinien, also konvex nach unten gekrümmt, quer über den Trümmerstrom verlaufend. Die Vertiefungen und Löcher in dem bewegten Gebiete sind viel häufiger durch Stauung eines davor

liegenden Wulstes als durch Einsinken entstanden. Die Stauwülste beginnen sehr deutlich an der Campostrasse und herrschen von da hinauf bis zu etwa 1600 bis 1650 m vor. Absenkungen und Risse, auf Zug entstanden, sind hier nur lokal zu finden. Dort erst bei ca. 1600 bis 1650 m, nahe unter dem Piano delle rose, liegt jetzt die Grenze zwischen dem Abrissgebiete oben und dem Ablagerungsgebiete unten. Gewiss hat diese Grenze früher tiefer gelegen. In Zeiten starken Sohlenangriffes rückt sie abwärts, in Zeiten sicherer Sohle und grosser Nässe rückt sie wieder höher, und die Massen rücken dann abwärts dichter aufeinander und stossen nach unten an den Klotz der Campoterrasse. Sie kann sich wieder verlegen durch die Wechselwirkung von Sohlenangriff einerseits und Durchnässung von oben andererseits.

Aber diese Erscheinung allein, die vorherrschenden Stauwulstformen von der Campoterrasse bis gegen Piano delle rose hinauf, beweisen auf den ersten Blick, dass die Ursache der ganzen Bewegung niemals bloss im Sohlenangriff liegen kann, sondern dass die Bewegung auch von oben kommt. Der Sohlenangriff wirkt jetzt nur noch sekundär, indem er den Fuss des Ablagerungsgebietes wegnehmen und dadurch den Gegendruck und den Widerstand vermindern kann, welcher sich dem Vorrücken der Wülste von oben entgegenstemmt.

Die Untersuchung des ganzen Gebietes hat uns also gezeigt, dass von oben zwei Rutschungsströme sich vereint gegen die Terrasse von Campo bewegen. Sie sind enorm durchnässt durch direkte Versickerung auf dem zerrissenen und wulstigen Boden und durch Quellen von der Seite und von unten wie aus der Mitte heraus. Ihre Bewegung ist schneller als diejenige der Terrasse von Campo, ihre Wülste stossen jetzt über die letztere vor. Sie drücken aber auch auf die Terrasse von Campo und ihr Wasser geht unten in die letztere über, so dass auch dieser Körper, welcher den Fuss der oberen Rutschungsströme bildet, vorgetrieben wird, begrenzt von einheitlicher Scherkluff beiderseits. Der Klotz der Terrasse von Campo ist wie ein Zwischenstück, das bald, untergraben, durch seine eigene Schwere thalwärts ging, bald durch die oberen Ströme thalwärts gedrängt wird, aber endlich auch, nachdem die Rutschflächen sich ausgebildet haben, von sich aus, wenn durchnässt, rutschen kann.

Zwischen der Rutschung von oben und dem Sohlenangriff besteht eine Wechselwirkung. Der Sohlenangriff erleichtert das Vorrücken der Terrasse und zieht damit die Bewegung im oberen Teile nach sich. So ging es hauptsächlich 1855 bis 1859. Aber die Bewegung von oben stösst in Zeiten starker Durchnässung die ganze Terrasse unterhalb vor sich her und macht dieselbe selbst nass und beweglich, so 1897. Die Bewegung, welche im Dorfe spürbar ist, war manchmal von unten durch Anriss der Sohle bedingt, manchmal von oben durch starke Durchnässung. Die erstere Ursache ist durch die Verbauungen an der Rovana teilweise aufgehoben worden, die letztere hingegen hat sich durch die fortschreitende Ausgestaltung von Unebenheiten (Wülsten und Zerreißungen) wesentlich verschlimmert. Ueberall erfahren wir, dass solcher Boden ein normales Quantum Wasser ertragen kann, ohne zu rutschen, — wäre das nicht der Fall, so wären die zertrümmerten Massen längst vollständig abgeflossen. Allein Zeiten mehr als gewöhnlicher Durchnässung bringen sie in Bewegung. Je weiter die Bewegung ausgebildet ist, desto leichter entsteht sie wieder, weil die Bewegung selbst die Rutschflächen in der Tiefe und an den Rändern und die zur Versickerung führenden Unebenheiten und Zerreißungen immer stärker ausbildet. So kann es kommen, dass ohne künstlichen Eingriff die Bewegungen sich nach Häufigkeit und Intensität stets mehren, was für den vorliegenden Fall trotz der Sohlenversicherung wahrscheinlich ist.

5. *Geologischer Typus der Bewegung.*

In den bisherigen Publikationen und Aktenstücken über die Rutschungen von Campo findet sich nirgends eine annähernd richtige, geologische Bezeichnung des Falles. Die meisten Darstellungen und auch die geologische Karte der Schweiz in 1:100000 hält das bewegte Terrain kurzweg für Schuttgrund — etwa den Schuttgrund eines alten Bergsturzes. Allein wir müssen vom obersten Anriss die Erscheinungen prüfen, um das Wesen dieser Bewegung zu erkennen.

Das umliegende Gebirge besteht aus Gneiss mit Einlagerungen von Glimmerschiefern, etwas Hornblendeschiefern und hie und da Marmoren in ausgeprägter, durchweg 15° bis 25° gegen SSO ab-

fallender Schichtung und Schieferung. Der rutschende Boden ist durchweg aus den gleichen Materialien in der entsprechenden Anordnung in Streifen gebildet, wie die Ursprungsstellen im Sammelgebiete. Linksseitig erinnere ich mich, nur Gneisse gesehen zu haben, rechtsseitig aber treffen wir die Amphibolite und Kalkglimmerschiefer nicht nur im westlichsten Winkel hinter Piano dei Pi, sondern von da hinab im rechten Rande des Trümmerstromes über Corte nuovo hinab und bis in den Steilabrisse der Campoterrasse in ihrem westlichsten Teile. Im Hintergrunde der Nische hinter Piano dei Pi hat die Abtrennung des Felsens quer zur Schichtung stattgefunden, wie die beiliegende Profilskizze zeigt. Die Thalmulde, in welcher der Hauptfelsstrom sich befindet, fällt mit den Schichten gegen die Rovana, so dass die Bewegung grösstenteils auf den Schichtflächen stattfindet. Abtrennung und Bewegungsrichtung entsprechen also einer Felsrutschung, d. h. anstehender Fels, nicht Schutt, hat sich abgetrennt und bewegt sich in der Fallrichtung der Schichten, und auf den Schichtflächen, durch diese als Bahn geleitet. So weit können wir die Bewegung von Campo mit derjenigen von Rossberg-Goldau 1806 vergleichen. Der kleinere östliche Felsblockstrom vom Bombogno herab ist vielleicht alter Bergschutt, Neubewegt, er ist nebensächlicher Art und soll als Nebenerscheinung in dieser Betrachtung unberücksichtigt gelassen werden.

An der Abbruchwand südlich vom Piano dei Pi erkennen wir in dieser grossen, absinkenden Felsstufe noch ganz deutlich die zusammenhängende Schichtung des Gesteines. Die Schichten sind von zahllosen Querklüften durchsetzt und im allgemeinen fast horizontal gestellt, indem diese abgetrennte Felsstufe offenbar hinten mehr abgesunken, vorn mehr aufgestaut ist. Stellenweise hat die innere Zertrümmerung und Verstellung im Felsen denselben halb in ein Blockwerk aufgelöst. Von hier stürzen die getrennten Stücke vorab und bilden eine Schutthalde. Eine Stufe weiter unten am Abriss des Piano delle rose ist der Fels schon so sehr verwittert, zertrümmert und verstellt, dass man ihn fast für blossen Schutt ansehen könnte. In den äusseren Partien, die fast ausschliesslich der Beobachtung zugänglich liegen, zeigt sich von da abwärts der Fels schon in ein Blockwerk aufgelöst. An einzelnen Stellen sind aufliegende Partien von Moräne zu sehen, so z. B.

an einem Schuttgrate südlich unter Piano delle rose; dort besteht die Moräne aus halb serpentinisierten Amphiboliten vom westlichen Rande des Piano dei Pi gemischt mit viel feinem Moränenschlamm. Im weiteren Verlauf wird Oberflächenschutt, auflagernde Moräne, alles in der Strömung mit dem in sich zerfallenen Fels gemengt, in Wülsten geschoben und so durch die Bewegung in einen Trümmerstrom, in ein Blockwerk umgewandelt. Die Felsrutschung ist mehr und mehr langsam und allmählich zu einem Schuttstrom geworden. — Aber noch an dem Steilanriss unter der Terrasse von Campo gegen die Rovana hinab sieht man vielfach noch ganze Felspartien mit deutlich erhaltener flacher Schichtung, das Gestein allerdings von vielen Rissen durchsetzt, halb in Trümmer aufgelöst. Solche zusammenhängende Felspartien reichen bis fast an den oberen Rand hinauf und sind oben nur noch von wenigen Metern wirklichem Schutt bedeckt. An einigen anderen Stellen ist die innere Zertrümmerung bis zur Auflösung in einen Schutthaufen vorgeschritten. Die Verwitterung des Gesteines, zum Teil auch die hineingezogenen Moränenfetzen geben stellenweise viel thoniges und erdiges feineres Material zwischen die Blöcke hinein. Wir haben es also in dem bewegten Boden von Campo nicht mit einer reinen Trümmernasse, nicht mit den Resten eines anderen alten Bergsturzes oder mit blossen Moränen zu thun, sondern in der Hauptmasse mit anstehendem Fels, welcher sich allmählich durch eben diese jetzige Bewegung, die weit in vorhistorische Zeiten zurückreicht, allmählich in ein Trümmerwerk mehr oder weniger vollständig auflöst. Es ist diese Masse, wenn wir sie nach der Art der Entstehung bezeichnen wollen, eine Art Strömungsbreccie, die sich hier aus dem Fels gebildet hat. In dieser Beziehung erinnert der Fall von Campo an denjenigen von Brienz in Graubünden, wo auch anstehender Fels in grossen treppenförmigen Stufen sich abtrennt und durch langsame Bewegung in Trümmer auflöst, so dass aus der ursprünglichen Felsbewegung eine langsam sich bewegende Schuttrutschung, ein langsam und nur zeitweise fliessender Trümmerstrom hervorgeht. Aber auch dieser Fall lässt sich nicht ganz mit Campo gleichstellen, denn dort in Brienz geschieht die Bewegung nach der Abtrennung in einer von der Schichtlage abweichenden Richtung wie bei einem Felssturz — hier in Campo aber auf den Schichtflächen wie bei einem Felsrutsch. Der Fall

ist eigener Art, er gehört zu den „besonderen Bergstürzen“ (Heim, Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1882) und könnte bezeichnet werden als Felsrutschung mit langsamer Bewegung oder als eine Bewegung, bei welcher Material, Art der Abtrennung und Richtung der Bewegung einer Felsrutschung, die Art der Bewegung aber der Schuttrutschung entsprechen; es ist eine Felsrutschung, die sich allmählich in eine Schuttrutschung umwandelt. In älteren Zeiten und im obersten Teil war sie mehr Felsrutschung, in neuerer Zeit und im unteren Teil ist sie allmählich mehr und mehr Schuttrutschung geworden. Der Bergsturz von Brienz in Graubünden ist ein in Schuttrutschung übergehender langsamer Felssturz, hier hingegen haben wir eine in Schuttrutschung übergehende langsame Felsrutschung.

6. Voraussicht.

Wir haben die Voraussicht zu prüfen, zunächst für die nächstliegenden, sodann für die entfernteren indirekten Folgen.

Alle Mittel, um die Bewegung zu stellen, selbst die rationellsten und energischsten, können nicht von einem Tag auf den andern, selbst nicht von einem Monat auf den folgenden wirken. Die Bewegung wird also im besten Falle doch noch einige Zeit andauern. Sollte der Winter wieder sehr schneereich und der Frühling nass werden, dann wird starker Weitergang unvermeidlich sein. Wir wollen annehmen, es gelinge überhaupt nicht, die Rutschung zu stellen, und nun zusehen, was dann die Folgen sein werden.

Ganz ähnlich wie im Sommer 1897 werden die Wülste ob der Strasse unter Mater sich weiter ausbauchen und die Bewegung wird weiter nach unten fühlbar. Die grossen Gebäude oberhalb der Dorfquelle werden mehr und mehr schief gestellt und zerreißen; aber auch die Gebäude im westlichen Dorfteil und diejenigen nahe der Kirche werden allmählich die Bewegung immer mehr empfinden. Ein Haus um das andere von denen, die überhaupt noch stehen, wird unbewohnbar, eines um das andere wird zusammenfallen oder abgetragen werden müssen. Die Strasse und besonders die Mauern an ihrer Bergseite werden nicht mehr haltbar sein. Die grosse Dorfquelle wird vielleicht anfangen, sich zeitweise zu trüben. Die Risse und Kahlstellen werden sich auch näher am Dorfe zeigen,

alles wird immer deformierter werden, bis schliesslich mehr und mehr ganz Campo verlassen werden muss — es ist unbegreiflich, dass noch jetzt ein grosses neues Haus gebaut wird! Dann wird auch in Cimalmotto vermutlich die Absenkung der östlichen Dorftheile sich vermehren und die westlichen werden vielleicht nachrücken. An Stelle der Terrasse von Campo wird endlich ein tieferer Thalkessel sein, der langsam wieder eine dauernde Gestaltung annehmen kann.

Momentane Lebensgefahr wird für die Bewohner von Campo vermutlich niemals eintreten. Es wird bei vernünftiger Würdigung der Erscheinungen stets möglich sein, zur rechten Zeit zu fliehen. Selbst wenn die Bewegung derart würde, dass sie ein tägliches meterweises Vorrücken erzeugt, so wird doch kein Haus von einer Minute zur andern unvorhergesehen über den Häuptionern der Bewohner zusammenbrechen. Der Ruin wird hier niemals durch die Luft einherfahren wie bei den Bergstürzen von Elm, Goldau, Plurs etc., sondern allmählich vorschreiten. Man kann also die Häuser, die Gärten noch benutzen, so lange sie ganz sind, aber man sollte sich auch nicht zu sehr an das Gefühl der Gefahr gewöhnen. Man sollte ein Haus verlassen, wenn man sieht, dass die Risse von Tag zu Tag zunehmen, und man sollte eine hohe Mauer ob der Strasse abbrechen, wenn sie sich stark ausbaucht und Einsturz droht, bevor sie jemanden erschlägt.

Kurz zusammengefasst lautet also die Voraussicht dahin: Keine Katastrophe, die Menschenleben nimmt, aber ein allmählicher Ruin der ganzen Ortschaft im Laufe — allerschlimmstens schon des nächsten Sommers, wahrscheinlicher erst im Laufe einiger weiterer Jahre oder gar Jahrzehnte ist zu erwarten.

Was vorstösst, der Terrassenrand unter Campo, das wird schliesslich über Traversen und Schutzmauern hinaus in die Rovana gedrängt, und vom Flusse weiter verfrachtet. Die Bachrinne durch das Val di Campo hinaus liegt fast stets in einer steilen festwandigen Felsschlucht. Uferangriffe von Bedeutung sind nicht zu finden. Allein wo die Schlucht sich öffnet in den flacheren Thalboden bei Cevio, da würde wahrscheinlich der jetzt vortreffliche Zustand wieder verdorben, es würde eine Erhöhung des Bodens mit Geschiebe eintreten und damit in Zukunft die Gefahr eines

Austrittes der Rovana gegen Cevio, die bei jetzigem Zustande noch ausgeschlossen scheint, sich wieder geltend machen. Auf Jahrzehnte hinaus würde die Maggia mit Geschieben überladen, sie würde den Boden erhöhen, austreten, die Poststrasse an vielen Stellen überschwemmen und überschütten, den oberen Thalboden gegen Bignasco hinauf durch Stauung zur Versumpfung bringen, und bis in den Lago maggiore hinaus jede Maggiakorrektion unmöglich machen und die schon gethane Arbeit zerstören. Der Schaden und die Verheerungen von Bignasco bis in den Langensee würde selbstverständlich den Schaden für Campo um das Vielfache übersteigen. Die indirekte Wirkung der Rutschung in die Ferne wird finanziell noch viel mächtiger sein, als die Folgen in nächster Nähe, und das ganze Maggiathal, das ganze Land würde darunter leiden.

7. Frage der Abhülfe, Mittel dazu.

a) Sohlenversicherung.

Die Hauptarbeit, welche bisher ausgeführt worden ist, ist die Sohlenversicherung und der Schutz des linken Ufers unter Campo vor Angriff. Diese Arbeit ist selbstverständlich im vorliegenden Fall prinzipiell richtig und in der Art der bisherigen Durchführung, soweit mir hierüber ein Urtheil zusteht, gut. Es würde die ganze Rutschung von Campo sicher auch ohne Sohlenversicherung stille stehen, wenn es möglich wäre, das Terrain annähernd vollständig zu entwässern. Das ist aber hier undenkbar. Es kann ohne Sohlenversicherung nicht abgehen. Die Verbauungen der Rovana haben sich auch in gewissem Grade bewährt, und zwar nicht nur 1889, sondern auch seither und selbst 1897. Ohne diese Verbauungen wäre im Sommer 1897 der Terrassenfuss vermutlich auf seiner ganzen Länge angerissen worden, was der Bewegung von oben bedeutende Erleichterung geboten hätte. Vielleicht wäre ohne sie schon jetzt ganz Campo zur Ruine geworden. Mir scheint bei der vorliegenden Situation die Sohlenversicherung ein ziemlich gleichwertiger Faktor zu sein, wie die Entwässerung höher oben, entsprechend den historischen Vorgängen, welche uns das eine Mal für die Ursache nach oben (1897), das andere Mal nach unten an die Sohle weisen (1856—59, 1889 etc.).

Ich halte also für notwendig die gründliche Reparatur der Sohlenversicherungen und ihre Ergänzung und glaube auch, dass im vorliegenden Falle das angewandte Bausystem das zweckmässigste sei. Die Thalsperre würde ich kräftigen und erhöhen, die Ablenkung des Baches oberhalb nach rechts noch zu vermehren suchen. So vortrefflich mir die Schindler'sche Pfahlwerkmethod für den Lammbach bei Brienz und viele andere Orte angemessen erscheint, so bestimmt halte ich dafür, dass diese Bauart zur Sohlenerhöhung hier nicht dem Falle angepasst wäre, wo wir zum Teil festen Felsgrund, und im Bache Geschiebe und Blöcke von durchschnittlich $\frac{1}{2}$ bis 2 m Durchmesser und mehr haben.

b) Aufforstung.

Man hat zum Teil in neuester Zeit — besonders noch in diesem Sommer und Herbst 1897 — Waldanpflanzungen in den mittleren und oberen Teilen der Trümmerströme gemacht. Ich habe solche in ziemlicher Ausdehnung auf einem kahlen Schuttrücken südlich unter Piano delle rose gesehen, und ganz ähnliche sind auch an dem vom Bombogno herunterkommenden Schuttkegel gemacht worden. Dort sind die Pflänzchen in den Bodenbewegungen, welchen auch die hundertjährigen Lärchen zum Opfer fallen, schon ganz verschwunden; hier unter dem Piano delle rose konnte man noch einen Teil der armen pflanzlichen Geschöpfchen sehen. Gewiss wird kaum jemand den Nutzen des Waldes für das Klima, die Quellen, die Gesundheitshaltung der Gehänge höher anschlagen, als ich selbst. Man kann, besonders in den südlicheren Regionen der Alpen, nicht genug zur Wiederbewaldung thun. Allein hier macht diese Waldanpflanzung ungefähr den Eindruck, wie wenn man einem schon Gestorbenen eine Medizin eingiessen wollte und zudem noch eine solche, die nicht zu der Krankheit passt, an welcher er gestorben ist. Aufforstungen im Gebiete ob Alpe di Quadrella hinauf gegen Sasso rosso, wo Batocchi entwaldet hat, und noch an tausend anderen Stellen, thäten not. Hier aber, mitten auf einem 20 bis 50 m tief gehenden, in Bewegung begriffenen Trümmerstrom, wo grosse alte Bäume einfach schief gestellt werden, fallen, überwälzt werden, kann eine frische Anpflanzung nichts nützen. Sie muss in kürzester Zeit fast spurlos verschwinden. Tiefgründig bewegtes Gebiet kann erst bepflanzt werden, nachdem es durch

andere Mittel zum Stehen gebracht ist. Niemals können diese Pflänzchen die Bewegung aufhalten.

c) Entwässerung.

Nachdem die Erscheinungen von 1897 den Beweis gegeben haben, dass ohne Sohlenangriff schon Durchnässung von oben die Bewegung erzeugen kann und dies auch sofort aus der Gestaltung oberhalb der Terrasse von Campo ersichtlich ist, so ist klar, dass die Sohlenversicherung allein nicht ausreicht, sondern die Rutschung in sich selbst beeinflusst werden muss. Die Böschungen sind der Art, dass man sofort erklären muss: Trockener Schutt von blockiger Art wie der vorliegende würde hier feststehen, nur die enorme Durchnässung kann ihn beweglich machen. Entwässerung des bewegten Gebietes ist also das einzige Mittel zur Abhülfe. So wenig Zweifel über dieses Abhülfsmittel möglich sind, so schwierig hingegen gestaltet sich die Frage nach den technischen Mitteln, welche die Entwässerung hier herbeiführen sollen.

Die Entwässerung könnte zunächst gedacht werden als eine gute Oberflächenentwässerung. Dieselbe müsste dafür sorgen, dass kein Wasser ins bewegte Gebiet von aussen zufließt, und dass auf dem Bewegten Regen und Schneewasser möglichst rasch abfließen, so dass keine Zeit zur Versickerung bleibt.

Der definitiven dauernden Oberflächenentwässerung, wie in meinem Gutachten an die Gemeinde Campo ausführlich dargelegt ist, stehen leider im vorliegenden Falle viele Schwierigkeiten entgegen:

Die Oberfläche ist so enorm bewegt geworden, sie hat so zahllose Höcker mit hinterliegenden Vertiefungen, dass es unmöglich sein wird, aus allen diesen Vertiefungen Wasserabflüsse zu schaffen, man müsste ein dichtes Netz von Kanälen ziehen. Die ganze Oberfläche ist zu durchlässig geworden. Zwischen Netzwerken von Spalten sind wieder Blockwerke aufgestossen, die massenhaft Wasser eindringen lassen, das man nicht vor Versickerung hindern kann. Sollte der nächste Frühling und Sommer etwas nass sein, so werden die Abzugskanäle und Leitungen, bevor sie befestigend gewirkt haben, vorweg wieder vielfach verschoben, zerrissen, gehoben und in allen Arten wirkungslos gemacht. Bildet

sich ein Riss durch einen Wasserabzugsweg, so tritt dann gerade die schlimme Wirkung ein, als ob man gesammeltes Wasser extra in die Spalte geleitet hätte. Wenn im Frühling der Schnee weggeht, würden oft die schon vorher unter dem Schnee zerstörten Anlagen sich zeigen und die Restaurationsarbeiten oft verspätet sein.

Nachdem ich die Oberflächengestaltung in dem fraglichen Gebiete genau ins Auge gefasst habe, muss ich gestehen, dass ich es nicht wage, eine Oberflächenentwässerung als dauerndes Hilfsmittel zu empfehlen, weil ich eine ausreichende und dauernde Durchführung derselben für unmöglich halte. Dies führt dazu, die Aussichten einer unterirdischen Entwässerung zu erwägen. Eine unterirdische Entwässerung durch Stollen hebt die Einsickerung nicht auf, sie saugt aber rasch das eingesickerte Wasser auf bestimmte Abzugswegen zusammen und legt dadurch das überliegende und das unterliegende Terrain trocken, sie verhindert Verteilung und Ansammlung des Wassers auf Rutschfläche und im bewegten Boden. Die unterirdische Entwässerung hat den grossen Vorteil, dass nicht wir dabei jedes Wasserädrchen suchen und sammeln müssen, sondern dass das die Natur nun selbst thut. Das Wasser findet selbst immer mehr und mehr seine raschen Wege aus allen Komplikationen der Terraingestaltung nach unserem Entwässerungsstollen hinab und spült sie immer offener aus. Da wird die leichte Durchlässigkeit dann als Vorteil ausgenutzt, während sie für die Oberflächenentwässerung das grösste Hindernis bietet. Die Schwierigkeiten werden freilich auch für die unterirdische Entwässerung bedeutend sein. Wir können nach verschiedenen Methoden verfahren. Es dürfte zum Teil eine Sache der Kostenberechnung sein, welche Methode gewählt werden soll. Die eine Methode besteht darin, dass die Entwässerungsstollen in verschiedenen Höhenstufen im bewegten Terrain der Bewegungsrichtung entgegen angelegt, und bis an die feste Unterlage hineingetrieben werden, um dort, eventuell sich verzweigend, das Wasser unter der Rutschfläche aufzufangen. Die andere darin, dass die Stollen unter dem Bewegten im anstehenden Fels geführt werden, und dann das Bewegte nur durch Aufbrüche von unten angeschürft und entwässert wird. So wie so wird im vorliegenden Fall während der Arbeit eine teilweise Oberflächenentwässerung ein notwendiges Provisorium sein.

An dieser Stelle will ich nicht die weiteren Auseinandersetzungen wiedergeben, welche in dem Gutachten an die Gemeinde Campo über die Möglichkeiten und Ausführungsarten der unterirdischen Entwässerung sich verbreiten. Es sei nur noch erwähnt, dass dieselbe in jedem Falle etwa 1500 bis 2000 m Stollen erfordert.

Ob aber die Arbeit der Entwässerung überhaupt durchgeführt werden kann, das hängt von der Gunst oder Ungunst der Witterung ab. Es fragt sich: wer läuft dem andern den Rang ab — unsere Arbeit oder die Rutschung? Werden Winter, Frühling und Sommer relativ trocken oder gar ungewöhnlich trocken, so kann es wohl gelingen, Campo zu retten — es kann besonders dann gelingen, wenn nicht nur 1898, sondern auch noch 1899 und 1900 relativ trocken bleiben — denn die Bauzeit wird sich über mehr als ein Jahr ausdehnen. Wird der nächste Frühling und Sommer ungewöhnlich nass, dann sind wir zu spät für die Rettung von Campo, dann können die Stollen im Bewegten wohl nicht ausgeführt werden, wir müssen auf die Methode der Stollen im festen Fels unter dem Bewegten greifen, und diese erfordert viel längere Bauzeit, bis nur eine erste gute Wirkung einsetzen kann. Campo würden wir in seinem jetzigen Bestande kaum mehr retten können, aber den herrlichen Fleck Land doch für die Zukunft sichern und die indirekten Folgen für das Maggiathal noch grösstenteils bewältigen. Im nächsten Sommer wird es schon eher möglich sein, zu beurteilen, wie es kommen kann. Die Zeit drängt.

Endlich habe ich der Gemeinde Campo empfohlen, einige geradlinige Pfahlreihen quer über das bewegte Gebiet einzuschlagen, um eine messende Kontrolle der Bewegung zu ermöglichen.

Die Terrainbewegung von Campo ist wohl die bedeutendste, welche gegenwärtig im Schweizerlande im Gange ist. Die Art der Bewegung ist eigentümlich, die Folgen weittragend. Es schien mir deshalb, dass sie als ein sehr bemerkenswertes Beispiel zur Mitteilung in dieser Zeitschrift sich mehr eigne, als Dutzende von anderen Bodenbewegungen, welche ich im Laufe meiner ausgedehnten bezüglichen geologisch-technischen Praxis untersucht und begutachtet habe.