

Der Drainagestollen von Campo, Rovana

Autor(en): **Lombardi, Giovanni**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **88 (1996)**

Heft 11-12

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-940377>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Der Drainagestollen von Campo, Rovana

Giovanni Lombardi

1. Der Bergrutsch

Die linke Talflanke des Rovanaales im Bereich Cimalmotto bis Cerentino stellt wahrscheinlich den grössten Berg- rutsch der Schweiz dar (Bild 1). Das Problem wird seit mehr als einem Jahrhundert intensiv studiert, wurde aber nur in den letzten Jahren einer Lösung nähergeführt. Dement- sprechend sind eine grosse Menge von Daten gesammelt worden und verschiedenartige Vorschläge wurden im Lau- fe der Jahre und Jahrzehnte erarbeitet.

An dieser Stelle kann nur ein kleiner Ausschnitt aus die- ser Entwicklung erläutert werden. Man wird sich daher auf die Bewegungszone von Campo Vallemaggia beschränken und nur den soeben ausgebrochenen Drainagestollen und seine Wirkungen besprechen. Dies obschon in dieser Geg- end auch andere Eingriffe zur Sanierung der Lage im Lau- fe der Jahre getätigt wurden, noch im Gange sind oder später zur Ausführung kommen sollen.

2. Die natürliche Situation

Die fragliche Zone liegt auf der Nordflanke der Rovana, eines westlichen Zuflusses des Maggiatales auf der Höhe von Cevio.

Die Gegend ist gebildet von 20 bis 25° gegen Südost ein- fallenden Bankungen, bestehend aus Gneisen, Amphibolit- gneisen und -schiefern, Glimmergneisen und -schiefern sowie auch aus Marmor, Quarzmarmor, dolomitischem Marmor und Kalksilikatfelsen.

Es handelt sich um eine recht komplexe Serie von mehr oder weniger schiefrigen Gesteinen, die einen niedrigen



Bild 1. Das Dorf Campo Vallemaggia (links oben) liegt auf einer enormen Schuttmasse, die steil gegen die Rovana (rechts unten) abfällt.

Reibungswinkel aufweisen. Es ist daher kein Wunder, dass auf der linken Talflanke der Rovana bedeutende Gleit- erscheinungen seit langem im Gang sind. Die Ausdehnung der Gleitbewegung ist aus Bild 2 ersichtlich, wobei die grösste Aktivität in der Gegend vom Dorf Campo Valle- maggia zu finden ist. Bemerkenswert war das Vorhanden- sein im Untergrund von gespanntem, artesischem Wasser. Es wurde durch vertikale Bohrungen in der Gegend des Dorfes aufgedeckt. Insbesondere an der Stelle genannt «Gannella» konnte man aus den Bohrungen eine ständig fliessende Wassermenge von über 10 l/s beobachten, mit einem Druck von mehreren bar. Im August 1991 konnte an einer anderen Stelle sogar ein explosionsartiger Erguss von Wasser beobachtet werden, der viel Schlamm mit sich brachte, was den erwähnten Zustand bestätigt.

Bild 3 zeigt einen schematischen Längsschnitt entlang des Hanges. Über den gesunden, standfesten Fels ist eine

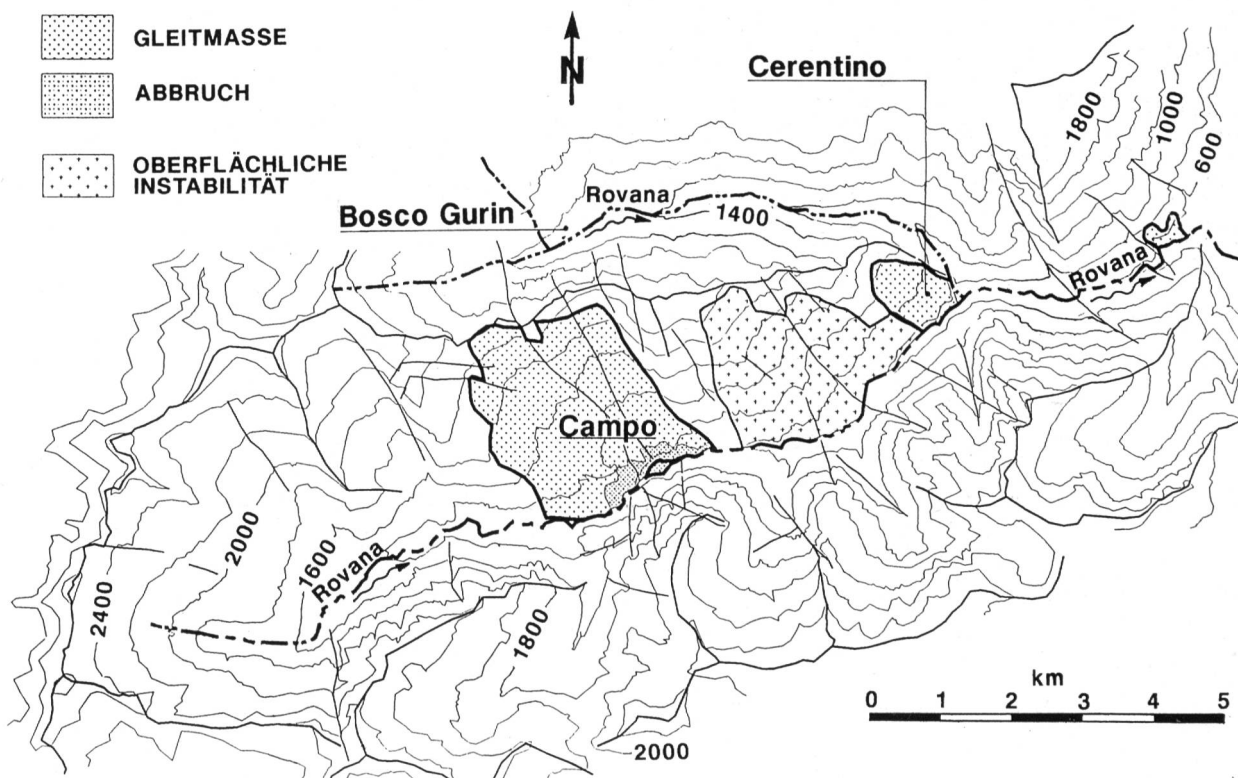


Bild 2. Ausdehnung der Gleitbewegung im Rovanaal von Campo Vallemaggia.

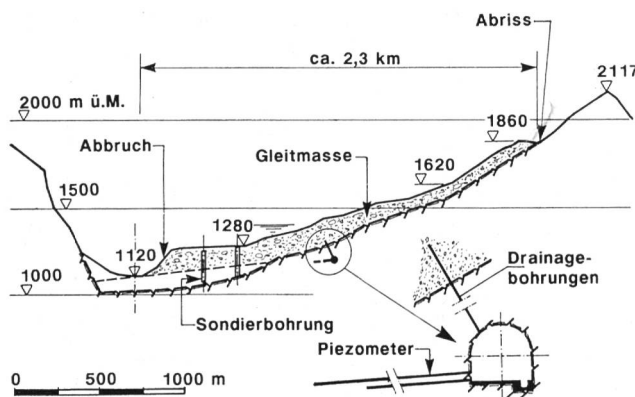


Bild 3. Schematischer Längsschnitt entlang des Hanges in Bewegung mit Detail des Drainagesystems.

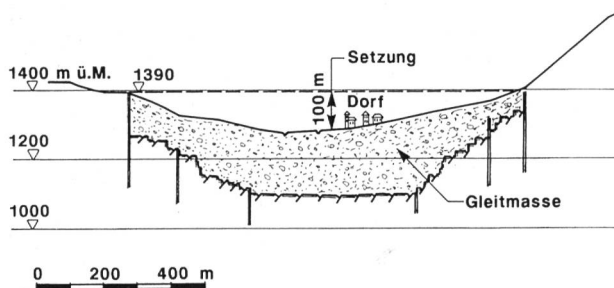


Bild 4. Querprofil der Gleitmasse mit Angabe der Setzungsbeugung des Dorfkerns.

Fels- und Lockergesteinsmasse in Bewegung mit einer Breite von zirka 1 km, einer Länge von etwa 2,3 km und einer Dicke, die unter dem Dorf Campo mehr als 200 m beträgt. Die Ausdehnung der aktiven Gleitmasse ist in Bild 7 dargestellt. Das Dorf liegt auf der flacheren Terrasse, die im Längensprofil ersichtlich ist. Erwähnenswert ist noch die Lockermaterialauffüllung unter dem Flussbett der Rovana, die auf Geschiebeablagerungen nach dem Bau der Geschiebesperre Secada zurückzuführen ist.

Die Geschichte der Gleitbewegung unter dem Dorf Campo Vallemaggia ist äusserst lang, gehen doch die ersten Nachrichten über Bergstürze auf das Jahr 1780 zurück, aber höchstwahrscheinlich liegt der Ursprung der Bewegung viel weiter zurück. Man darf vermuten, dass die Setzung im Dorfkern seit dem Beginn der Bewegung 100 m überschritten hat, wie man aus dem Querprofil von Bild 4 erraten kann. Dies deutet auf eine horizontale Bewegung hin, die Hunderte von Metern oder gar einen halben Kilometer erreicht haben dürfte. Grob gesagt hat man mit einer Art Trog zu tun, der höchstwahrscheinlich durch tektonische Störungszonen seitlich beschränkt ist und in welchem die Gebirgsmasse gleitet.

Das in Bewegung stehende Volumen dürfte an die 200 Mio m³ heranreichen. Trotz der Grösse des zurückgelegten Wegs sind die Schäden im Dorfbereich im allgemeinen verhältnismässig bescheiden geblieben. Es handelt sich somit um ein eher gleichmässiges, blockweises Gleiten der ganzen Masse oder eines beträchtlich Teiles derselben. Seit Messungen durchgeführt werden, hat es Jahre mit horizontalen Bewegungen von deutlich über 1 m gegeben; so etwa im Jahre 1989.

Während der ganzen Periode des Gleitens findet am Fusse der besagten Masse eine durch die Rovana verursachte Erosion statt. Dies erklärt auch die Entstehung der

bis 200 m hohen, sehr steilen Böschung entlang des Flusses.

Unter diesen Bedingungen war die Befürchtung sicher nicht unbegründet, dass eines Tages die gesamte Masse – oder ein grosser Teil davon – ihre Bewegung beschleunigen würde und ein sehr grosses Felsvolumen abstürzen könnte, mit der Möglichkeit der Absperrung der Rovana. Ein solches Ereignis würde wohl das Ende des Dorfes Campo bedeuten, aber auch, durch den Rückstau von Wasser, eine schwere Gefahr für den unteren Tallauf der Rovana und selbst des Maggiatales bilden. Aus diesem Grund musste endlich zur Tat geschritten werden.

3. Streit um die Ursache

Nun, wie Sie wissen, bis ein Beschluss gefasst wird, muss man bei uns möglichst lange streiten. Der Streit ging jahrzehntelang im wesentlichen um die Ursache dieser gewaltigen Rutschung.

Einzelne vertraten die These, dass die Erosion am Fusse des Hanges die Hauptursache oder gar die einzige Ursache der ganzen Bewegung sei und dass man dieselbe stoppen sollte, um dem Gleiten Halt zu gebieten.

Die zweite These war hingegen, dass die primäre Ursache die Gleitung sei und dass der Fluss das Material einfach wegführen müsse, welches von der Gleitung ihm seitlich zugeführt wird.

Der Vollständigkeit halber sollen noch einzelne Bergstürze erwähnt werden, die auf der gegenüberliegenden rechten Talflanke stattgefunden haben und den Fluss gegen den Fuss der linksseitigen Böschung hingedrängt haben. Sie haben den Weg zur Abklärung der Verhältnisse noch ein wenig mehr getrübt.

Man darf vermuten, dass der Streit im Grunde genommen daher kommt, dass die althergebrachten, üblichen Begriffe von Ursache und Wirkung nur bedingt gelten, wenn ein komplexes Problem behandelt werden soll. Man hat es hier mit einem recht komplexen System zu tun, so dass dessen Beschreibung nicht so einfach und linear ausfallen kann, wie wir es gerne möchten. Zusätzlich ändert sich die Situation im Laufe der Zeit ständig. Was Ursache war, kann Folge werden, und umgekehrt.

Man kann aber wohl sagen, dass irgendwann die Bewegung hat anfangen müssen. Eine erste Spannungsumlagerung mag bereits beim Rückzug der Gletscher stattgefunden haben. Weiter hat die Vertiefung des Flusses durch Erosion, in geologischen Zeiten, einen ungünstigen Einfluss auf die Stabilität des Hanges ausgeübt. Menschliche Eingriffe mögen auch die Stabilität zusätzlich ungünstig beeinflusst haben, wie der Waldschlag und die damit bedingte Änderung der Grundwasserverhältnisse. Häufig werden auch die Arbeiten, die im Zusammenhang mit der Holzflösserei im letzten Jahrhundert ausgeführt wurden, zu Hilfe gerufen. Es ist zweifelhaft, ob sie einen ausschlaggebenden Einfluss gehabt haben.

Die Frage stellt sich auch, ob man überhaupt von einem eindeutigen Beginn der Gleitbewegung sprechen kann oder ob langsam ändernde Bedingungen im Untergrund zu progressiven Spannungsumlagerungen, viskosen Verformungen, Abscherungen, Auflockerungen, Verminderung der Scherfestigkeiten, Änderungen der Durchlässigkeiten, Schwankungen des Grundwasserspiegels und dergleichen geführt haben, so dass man kaum von einem einzigen auslösenden Moment sprechen kann. Im jetzigen Zustand ist die steile Böschung an der Front der Gleitbewegung auf die Erosion am Fuss derselben und auf lokale Rutsche zurückzuführen, wobei die oberflächlichen Einflüsse des Regenwassers mitzuberücksichtigen sind.

Auf der anderen Seite steht fest, dass die Gleitung dem Fluss im Mittel rund 200 000 m³ Material pro Jahr zuführte. Diese Menge wurde abtransportiert, ja sie musste abtransportiert werden, aus Gründen, die mit dem Gleichgewicht des Geschiebeprofils zusammenhängen.

Man kann sicher behaupten, dass in der jetzigen Situation die Rutschung das überwiegende primäre Element und die Erosion durch die Rovana das sekundäre, mehr lokaler Natur, ist.

Aufgrund der besagten Meinungsunterschiede in der Interpretation der Situation schwankten die Gemüter immer wieder hin und her; vom Schutze des Böschungsfusses gegen die Erosion zur Stabilisierung der Rutschmasse durch Drainage.

Wie dem auch sei, vor einigen Jahren konnte sich die Überzeugung endlich durchsetzen, dass, unter anderen Massnahmen, mindestens der Versuch unternommen werden sollte, durch Drainierung der Rutschmassen ihre Bewegung zu stoppen oder mindestens weitgehend zu verlangsamen. Dies führte zum Projekt und zur Ausführung des Drainagegestollens, von welchem heute hier die Rede ist.

4. Die Voruntersuchungen

Eine Reihe von Voruntersuchungen musste durchgeführt werden, bevor das fertige Projekt des Drainagegestollens vorgelegt werden konnte. Neben einer weiteren Vertiefung der geologischen Untersuchung wurden auch seismische Reflektionsmessungen durchgeführt, um die Oberfläche des gesunden Felsens zu ermitteln.

Bild 5 zeigt die durch Inklinometer ermittelten Verschiebungen in der Sondierbohrung Nr. CVM6. Es ist gut ersichtlich, wie 80 m unter der Terrainoberfläche das Bohrloch in knapp einem Jahr abgesichert worden ist.

Es wurden erd- und felsmechanische Berechnungen durchgeführt, um den Einfluss der Absenkung des Grundwasserspiegels auf die Standsicherheit der Gleitmasse abzuschätzen. Es durfte vorausgesetzt werden, dass in ruhigen Zeiten die Gleitmasse im Grenzgleichgewicht stand und dass bei höheren Grundwasserständen ein dynamisches Gleichgewicht nur dank der Viskositätskomponente des Scherwiderstandes zustande kam. Streng genommen ist es nicht richtig, von einem Grundwasserspiegel zu sprechen, denn es sind komplizierte Wasserdruckverteilungen in der Masse festzustellen: unterirdische Strömungen nicht nur in Richtung des Gefälles gegen das Tal hin, sondern auch in vertikaler Richtung von oben nach unten oder umgekehrt. Ferner sind verschiedene Grundwasserträger vorhanden, die horizontal und vertikal voneinander getrennt sind.

Zweck der rechnerischen Untersuchungen war der Vergleich zwischen dem mehr oder weniger bestehenden Gleichgewicht und demjenigen, das man durch eine Verminderung der inneren Wasserdrücke erreichen könnte. Da es sich um Vergleiche zwischen zwei ähnlichen Zuständen handelt, spielt die Wahl der Berechnungsmethode und des ihr zugrunde gelegten Bodenmodells nur eine untergeordnete Rolle. Man könnte demnach ohne weiteres auf einfache Methoden zurückgreifen, auf die es sich hier nicht lohnt, besonders einzugehen. Wenn die ruhende Masse mit einem Sicherheitsgrad von 1 bewertet wird, zeigte sich, dass durch die völlige Ausschaltung des Wassers eine theoretische Sicherheit gegen Gleiten von etwa 1,7 erreicht werden könnte. Dieser Grenzfall ist in Wirklichkeit nicht zu erreichen.

Mit einer durch vernünftige Mittel zu erzielenden Absenkung der Wasserdrücke dürfte der Sicherheitsfaktor auf etwa 1,15 ansteigen. Im Vergleich mit vielen natürlichen

Böschungen kann dieser eher bescheidene Wert als vertretbar gelten. Es wurde daher angestrebt, durch Absenkung der inneren Wasserdrücke eine Sicherheitsmarge dieser Grössenordnung aufzubauen und aufrechtzuerhalten.

Streng genommen ist das Problem insofern viel komplexer als gesagt, da jede einzelne Gleitbewegung den Zustand der Gleitmasse verändert, und zwar in mehrfacher Hinsicht.

- In erster Linie werden Festigkeit, Gleitreibung und Kohäsion durch die Bewegung eher vermindert, was mit der Zeit zu einem Einbruch des Gleichgewichtszustandes und zum Absturz der Gesteinsmasse führen könnte.
- Die Durchlässigkeit im Untergrund verändert sich.
- Durch die Bewegung verändern sich aber auch die Eintrittsmöglichkeiten für das Wasser am oberen Abriss der Gleitmasse, somit auch die einsickernden Wassermengen.
- Gleichzeitig verändern sich die Wasserwege mit der Möglichkeit der Verstopfung der einen durch Transport von Feinmaterial oder, umgekehrt, durch die Auswaschung und Erweiterung von anderen. Die Öffnungsweite der Diskontinuitäten ist dazu auch stark vom Spannungszustand abhängig.
- Als Rückwirkung verändern sich die verschiedenen Grundwasserspiegel ständig, selbst ohne Berücksichtigung der natürlichen Schwankungen der Zuflüsse. In diesem Zusammenhang muss beachtet werden, dass die höheren Überlagerungsdrücke und somit die höheren effektiven Spannungen am Fuss der Gleitmasse die Durchlässigkeiten am ehesten reduzieren, was einen Rückstau und eine Erhöhung der Wasserdrücke in der ganzen darüberliegenden Masse bewirkt. Dies ist wahrscheinlich die Ursache der erwähnten artesischen Phänomene.

Alle diese Erscheinungen durch ein mathematisches Modell mit genügender Genauigkeit erfassen zu wollen, wäre aussichtslos. Dies gilt um so mehr, als selbst die einfachsten fels- und bodenmechanischen Parameter, wie Reibung und Kohäsion, in den einzelnen Punkten der glei-

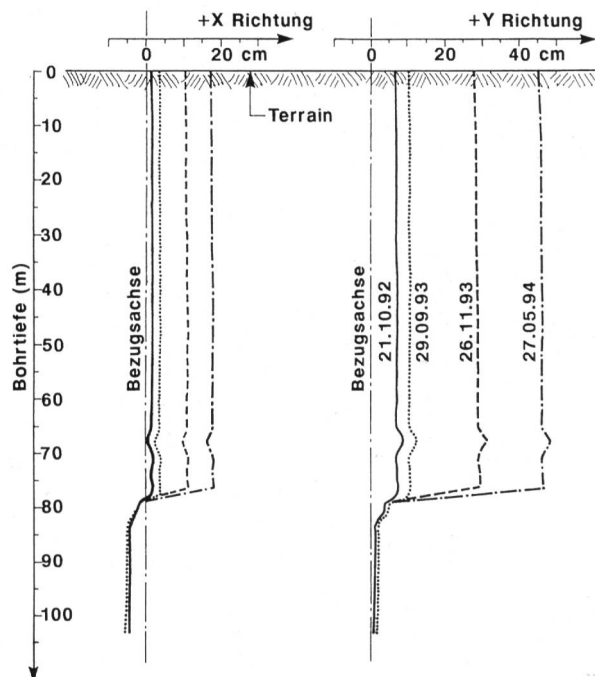


Bild 5. Mit Inklinometermessungen ermittelte Verschiebungen (Periode von 21. Oktober 1992 bis 27. Mai 1994) in der Sondierbohrung Nr. CVM6, wobei die X-Richtung ein Azimut von 118 Gon aufweist und die Y-Richtung 218 Gon.

tenden Masse sowie deren räumlichen Verteilung unbekannt sind und für immer unbekannt bleiben werden.

Immerhin ist es eindeutig, dass die Gleitbewegungen im Zusammenhang mit den Niederschlägen stehen. Bild 6 zeigt in vereinfachter Darstellung, dass bis etwa 2 m Niederschlag pro Jahr nur sehr langsame Bewegungen stattfinden, dass darüber hinaus die Bewegungen sich scheinbar stark beschleunigen. In Wirklichkeit sind kompliziertere Funktionen der Niederschläge massgebend als nur die jährliche Grösse.

5. Das Projekt

Das Projekt sah vor, einen etwa 1,8 km langen Stollen im festen Felssockel auszubrechen.

Bild 7 zeigt die Disposition des Bauwerkes sowie die ungefähren Ränder der aktivsten Zone der Bewegung. Der Stollen selbst liegt etwa auf 1100 m ü. M. Er bleibt von der Gleitung praktisch unberührt, da im standfesten Fels ausgehoben, wobei eine Überdeckung von mindestens 40 m angestrebt wurde. In einer zweiten Etappe müssen von diesem Stollen aus Drainagebohrungen gegen die untere Abgrenzung der Gleitmasse vorgetrieben werden, um dort das Wasser zu fassen. Die Bohrungen sollen aber nur wenige Meter in die gleitende Masse eindringen, ansonsten wären sie möglicherweise durch Abscherung gefährdet, wenn die Gleitbewegung nicht sofort zum Stillstand kommt.

Das Projekt ist somit äusserst einfach. Doch ist die genaue Festlegung der Anzahl Bohrungen sowie die Vorhersage der zu fassenden Wassermengen sehr schwierig, ja praktisch unmöglich. Schätzungen führten aufgrund von hydrologischen Bilanzen auf Werte von maximal 100 l/s und auf die Notwendigkeit von etwa hundert Bohrungen.

Hauptzweck und einzuhaltende Bedingung war die Absenkung der Wasserdrücke in der Grössenordnung von etwa 100 m im Bereich des Drainagestollens mit Abflachung der Senke auf Distanz. Der Querschnitt des Drainagesystems ist aus Bild 3 (Detail) ersichtlich.

Es war von vornherein klar, dass nach der Ausführung einer ersten Etappe des Projektes eine Beobachtungsperiode eingeschaltet werden sollte und dass allenfalls zusätzliche Drainagebohrungen ausgeführt werden müssten. Unter Umständen müssten auch zusätzliche Nischen und Abzweigungen vom Stollen her vorgetrieben werden können. Im grossen und ganzen lässt das Projekt eine bestimmte Ähnlichkeit mit ausgeführten Untergletscherfasungen für Kraftwerke erkennen.

6. Die Ausführung, Arbeitsentwicklung und Kosten

Nach Beschlussfassung durch den Grossen Rat des Kantons Tessin im Jahre 1991 wurde der Stollen zwischen Juli 1993 und Juli 1995 vorgetrieben. Von diesem Zeitpunkt an bis Ende April 1996 wurden die Drainagen von unten nach oben gebohrt. Der Stollen konnte unter normalen Verhältnissen ausgebrochen werden. Es traten keine besonderen Schwierigkeiten auf, ausser einigen Niederbrüchen bei der Kreuzung der wichtigsten Störungszonen. Die Ausführung der Drainagen stellte hingegen keine sehr einfache Arbeit dar, mussten doch stellenweise wasserführende Zonen mit sehr hohem Wasserdruck angezapft werden. Die jeweils gefassten Wassermengen verringerten sich leicht wegen der allgemeinen Absenkung der Piezometerhöhen im Gebirge. Im ganzen wurden bis Oktober 1996 24 Bohrungen ausgeführt, etwa ein Viertel der vorgesehenen Anzahl. Die grösste Wassermenge von etwa 23 l/s wurde im Bohrloch

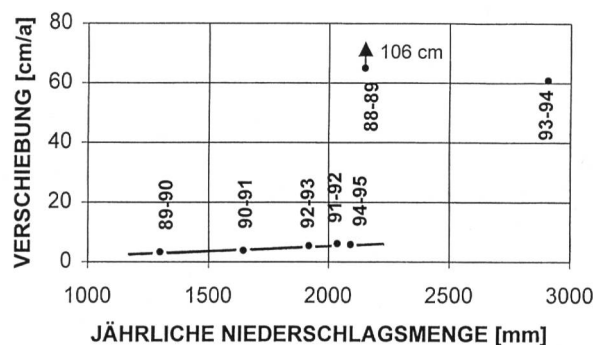


Bild 6. Zusammenhang zwischen Gleitbewegung und Niederschlägen.

Nr. D.2.2.A mit anfänglich etwa 30 bar Druck gemessen. Zwischen dem Kostenvoranschlag von 15,4 Mio Fr. und dem jetzigen Stand der Baukosten von 12,3 Mio Fr. – wobei die erste Bauphase als abgeschlossen gelten kann – ergeben sich Minderkosten von 3,1 Mio Fr., und das bei Berücksichtigung der Teuerung. Gegenüber dem Kostenvoranschlag besteht somit noch eine Reserve von etwa 20% für künftige Bohrarbeiten und sonst nötige Massnahmen.

7. Die Wirkung des Drainagestollens

Interessanter als die Besprechung von Einzelheiten der Bauausführung ist sicherlich diejenige der Wirkungen der Drainierung der Felsmasse. Auf Bild 8 sind die in den letzten Jahren festgestellten Bewegungen der Oberfläche der Rutschung ersichtlich. Man stellt zuerst fest, dass zwischen 1994 und 1996 praktisch keine Bewegungen stattgefunden haben, nachdem in einzelnen der früheren Jahre metergrosse Verschiebungen gemessen worden waren. In einzelnen Punkten könnte man sogar den Eindruck gewinnen, dass die Bewegungen nun bergauf gehen, was natürlich nicht zutrifft, sondern nur ein Ausdruck der Konvergenz ist, die sich aus den drainagebedingten Setzungen der Terrainoberfläche ergibt. Dieser Stillstand ist aber noch kein endgültiger Beweis des Erfolges des Drainagestollens, denn es hat auch schon früher Perioden gegeben, z. B. zwischen 1989 und 1993, in denen nur sehr kleine Bewegungen registriert wurden. Es muss auch festgehalten werden, dass das letzte Jahr nicht besonders niederschlagsreich war. Endgültige Schlussfolgerungen sollen daher nicht überstürzt gezogen werden.

Bild 9 zeigt die Abnahme der Wasserdrücke im Felsuntergrund, die in den 25 subhorizontalen Piezometern, von 30 m Länge ab Stollenwand, gemessen wurden. Dabei waren die Drücke bereits etwas gefallen, bevor die Instrumente überhaupt versetzt werden konnten. Praktisch in allen Messstellen ist immer noch ein stetiges Fallen derselben zu beobachten.

Im Mittel geht es um eine Verminderung der Wassersäule von bis zu 200 m im September 1995 auf etwa 50 m im August 1996 (zwischen Stollen-Meter 900 und 1700). Insbesondere bei der Bohrung Gannella, aus welcher damals insgesamt 10 l/s unter hohem Druck ausgeflossen sind, ist der Erguss versiegt und der Grundwasserspiegel sehr stark gesunken. Es ist indessen festzuhalten, dass in einzelnen Punkten und insbesondere gegen das Ende des Stollens unter Cimalmotto und entlang des Stollens Drücke von über 60 und sogar über 100 m Wassersäule immer noch bestehen. Es wird daher nötig sein, durch eine Anzahl von zusätzlichen Bohrungen eine weitere nicht unbedeutende

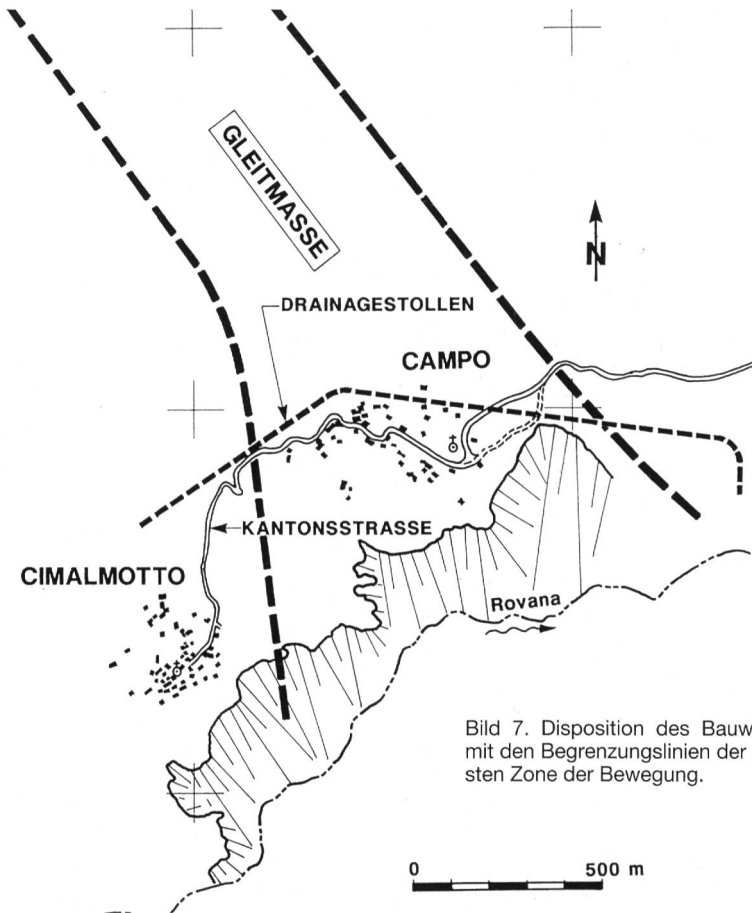


Bild 7. Disposition des Bauwerkes mit den Begrenzungslinien der aktivsten Zone der Bewegung.

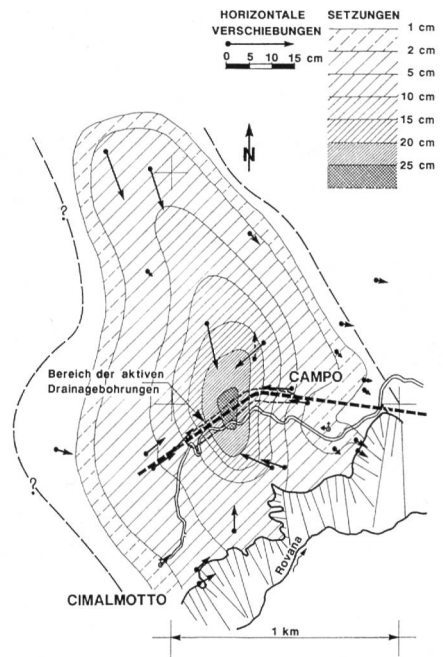


Bild 10. Setzungen der Terrainoberfläche durch die Absenkung des Grundwasserspiegels, verursacht in der Periode von April/Mai 1995 bis Juni 1996.

Absenkung des Grundwasserspiegels auch in diesen Punkten zu erzwingen.

Bild 10 stellt die Setzungen an der Terrainoberfläche dar, die durch die Absenkung des Grundwasserspiegels verursacht wurden. Es ist anzunehmen, dass diese Setzung – die zwischen Sommer 1995 und Sommer 1996 stattgefunden hat – noch nicht ganz abgeklungen ist. Dieses Bild zeigt zum einen, dass die Drainagewirkung eine Fläche von fast einem Quadratkilometer erreicht hat, und weiter, dass sie stellenweise recht intensiv gewesen ist. Im Maximum beträgt die Zusammendrückung der gelockerten Masse etwa 1%. Dieser Wert dürfte der Grundwasserabsenkung von rund 100 m mehr oder weniger entsprechen.

Die Verminderung der Wasserdrücke muss somit in dieser Zone einen bedeutenden Anteil, wenn nicht die ganze Gleitmasse, betroffen haben und nicht nur ein kleines Felsvolumen um den Stollen herum. Man kann abschätzen, dass der Auftrieb auf der Gleitmasse um etliche Dutzende Mio t vermindert wurde und dass somit eine erhebliche Verbesserung der Stabilität erreicht wurde.

Nach der Realisierung der ersten Etappe der Drainagebohrungen ist die im Drainagestollen gefasste Wassermenge bis Ende Jahr 1995 auf etwa 25 l/s angestiegen. Nach der winterlichen Einstellung der Baustelle hat man im Frühjahr 1996 diese Wassermenge wieder vorgefunden. Die Ergänzungen der Bohrungen haben zu einer Spitze von bis

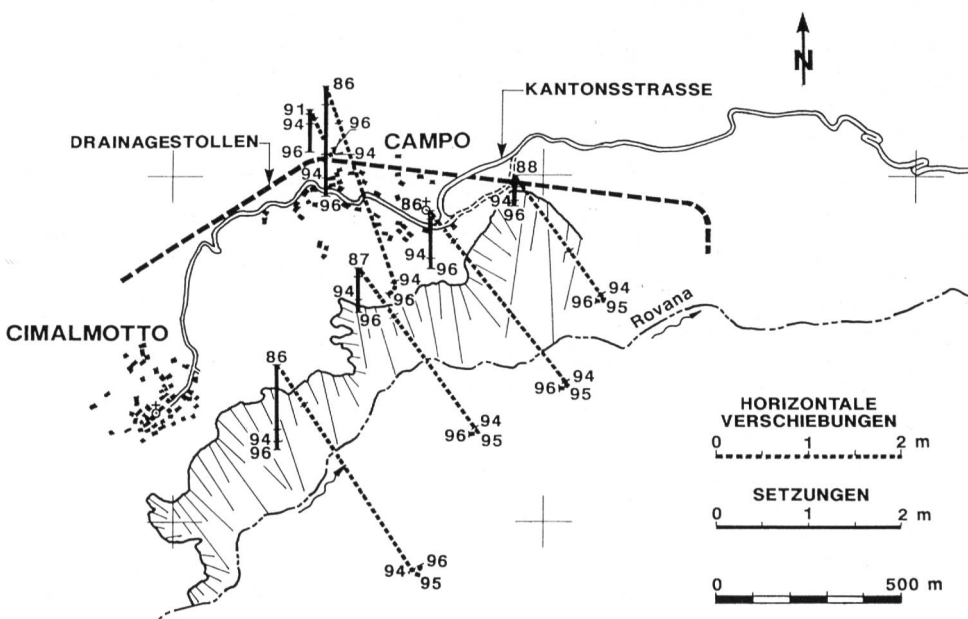


Bild 8. Ermittelte Bewegungen in horizontaler und vertikaler Richtung in den letzten Jahren.

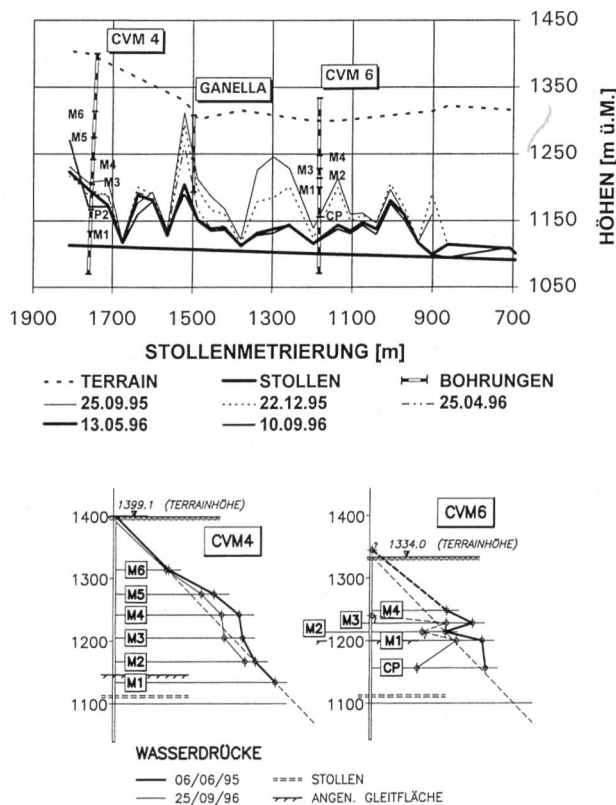


Bild 9. Wasserdrücke im Untergrund längs des Stollens zwischen Metrierung 700 und 1810 (obere Abbildung) und Wasserdruck in verschiedenen Messpunkten der Sondierbohrungen Nr. CVM4 und Nr. CVM6 vor (6. Juni 1995) und nach (25. September 1996) der Ausführung der Drainagebohrungen (untere Abbildung).

53 l/s geführt. Der Abfluss nimmt seit der Fertigstellung der Bohrungen etwas ab, was vermutlich der weitergehenden, langsamen Absenkung des Grundwasserspiegels zuzuschreiben ist. Die Gesamtmenge beim Portal beträgt gegenwärtig etwa 45 l/s.

8. Zukunft

Wenn auch die Hauptergebnisse der Ausführung des Drainagestollens soweit positiv ausgefallen sind – nicht zuletzt wegen der Einhaltung des Kostenvoranschlags –, so darf doch nicht erwartet werden, dass die Gleitung von Campo Vallemaggia von nun an sich selbst überlassen werden kann.

Es liegt auf der Hand,

- dass die Messungen der Oberflächenbewegung weitergeführt werden müssen, einschliesslich einer automatischen Distanzmessung zu Festpunkten in der gegenüberliegenden Talseite,
- dass von Zeit zu Zeit geodätische Messungen im Drainagestollen auszuführen sind,
- dass der Verlauf der Wasserdrücke in den Piezometern und die abfliessenden Wassermengen im Stollen beobachtet werden sollen, wobei geprüft werden soll, ob ein allfälliger Rückgang der gefassten Wassermengen auf ein weiteres Absenken des Grundwasserspiegels oder auf ein Verstopfen der Drainagebohrungen zurückzuführen ist. In diesem Falle drängten sich Unterhaltsarbeiten auf.
- Weiter sollen die Drücke in den bestehenden Sondierbohrungen überwacht sowie die mit dem Inklinometer erfassten Bewegungen in grösseren Zeitintervallen aufgenommen werden.
- Es soll versucht werden, genauere Korrelationen zwi-

schen Niederschlägen, Wasserdrücken, drainierten Wassermengen und allenfalls Bewegungen der Gleitmasse aufzustellen.

Je nach Messergebnis sollten die nötigen Vorkehrungen getroffen werden.

Nichtdestoweniger muss schon jetzt auf einen besonderen Umstand aufmerksam gemacht werden. Beim tiefsten Messpunkt CP der Sondierbohrung CVM6 im Felsuntergrund hat eine sehr starke Absenkung des Wasserdruckes von über 100 m stattgefunden, während bei zwei anderen Messpunkten im gleichen Profil die Absenkung viel bescheidener ausgefallen ist. In den Punkten M1 und M3 findet man sogar noch artesisch gespanntes Wasser, mit einer Wassersäule von 20 m über die Terrainoberfläche.

Bei der Sondierbohrung CVM4, die am Ende des Drainagestollens liegt, kann man feststellen, dass der Grundwasserspiegel in einzelnen Messpunkten um 30 und mehr Meter abgesenkt worden ist, dass aber doch einzelne Bereiche – so die Punkte M4 und M5 – praktisch vom Drainagesystem unberührt weiterhin wie vorher schwanken. Dies bedeutet, dass dort ein getrennter, gespannter Wasserträger noch existiert, der durch Zuflüsse von oben gespeist wird.

Die Druckprofile dieser beiden Sondierbohrungen sind in Bild 9 aufgezeigt. Durch zusätzliche Drainagen sollen auch diese mehr örtlichen Probleme gelöst werden, um das Projekt zu vervollständigen.

Die Hauptaufgabe war die Stabilisierung der Terrasse von Campo. Die Frage von lokalen Rutschen und Felsstürzen im Berghang oberhalb des Dorfes ist vom Drainagestollen unabhängig und muss getrennt gelöst werden. Ebenso sind die Fragen des Uferschutzes, d.h. der Schutz des Böschungsfusses gegen Erosion und die Behandlung der Böschungsfäche selbst, noch zu regeln.

9. Schlussbemerkungen

Im grossen und ganzen kann somit der Erfolg des Drainagesystems der Gleitung von Campo Vallemaggia als recht zufriedenstellend bezeichnet werden. Das Projekt muss nun – wie von vornherein vorgesehen – durch einige zusätzliche Bohrungen vervollständigt werden. Diese müssen aufgrund von Beobachtungen in der nächsten Zeit festgelegt werden.

Zusätzlich zum Drainagestollen sind aber auch Massnahmen zur Ableitung von Oberflächenwasser und zur Umleitung der Rovana getroffen worden. Sie sind nicht Gegenstand dieses Aufsatzes.

Es ist noch recht interessant, einige Zeilen zu lesen:

- Bis jetzt suchte man vorwiegend Gründe der Rutschbewegung in der angreifenden Wirkung der Rovana am Fuss der Terrasse. Diese Begrenzung in der Suche der Ursache war aufgrund der geschichtlichen Entwicklung der Ereignisse scheinbar angebracht.
- Während der Hochwasserperioden des Jahres 1897 wurden aber die Wuhrarbeiten kaum beschädigt. Die bedeutende Rutschbewegung des Jahres 1897 kann daher nicht auf den Einfluss des Baches zurückgeführt werden. Diese Bewegungen finden daher ihre Ursache nicht im unteren Talboden, wo der Fluss fliesst, sondern oben, wo der Grund sich gegen den Fluss bewegt, selbst wenn keine Erosion stattfindet.
- Die gesamte in Bewegung stehende Masse beträgt ungefähr 140 Mio m³.
- Die Masse der Terrasse von Campo befindet sich in einer mittleren Position, zeitweise in Bewegung gesetzt durch die Erosion am Fuss des Hanges, zeitweise gegen das Tal durch Gleitungen von oben gedrückt; sie bewegt sich weiter unter dem Eigengewicht.

- Wenn sich einmal eine Gleitfläche gebildet hat, die Reibungswinkel abnehmen und die Kohäsion durch die Wirkung des Wassers reduziert wird, gleitet die Masse dann selbstverständlich gegen den Fluss.
- Wir haben erfahren, dass ähnliche Gleitmassen wohl eine normale Wassermenge ertragen können. In Zeiten höherer Wasserzuflüsse, die den Grund sättigen, gerät aber die Masse wieder in Bewegung.
- Alle Mittel, die die Bewegung bremsen oder stoppen sollen, können ihre Effizienz nicht von heute auf morgen und auch nicht von einem Monat auf den nächsten zeigen. Wären sie auch noch so rationell und energisch, so wird die Bewegung auf jeden Fall noch für einige Zeit weitergehen.
- Wenn auch die am Fuss der Terrasse unternommenen Arbeiten zweckmässig waren, sind sie bei weitem nicht genügend, um die Bewegung des Hanges zu stoppen.
- Die Drainage des Hanges ist die einzige Möglichkeit hierzu. Dies ist aber keine einfache und billige Angelegenheit.
- Nach vertieftem Studium des Problems muss ich zugeben, dass ich eine oberflächliche Wasserableitung nicht als Dauerlösung betrachte, denn ich halte eine dauerhafte Ausführung solcher Massnahmen für unmöglich. Dies führt dazu, die Drainierung durch unterirdische Bauwerke zu empfehlen.
- Von den verschiedenen Möglichkeiten betrachte ich einen Stollen im Fels ungefähr auf 1200 m ü. M. am zweckmässigsten.
- Ich glaube mit Sicherheit erklären zu können, dass, wenn die Drainage ausgeführt sein wird, und zwar am besten nach dem System B (Stollen im Fels), welches das sicherste ist, die Bewegung von Campo stehenbleiben wird.

- Die Frage ist somit, wer wird schneller sein, unsere Arbeiten oder die Bewegung von Campo?

Diese Sätze stammen aus einer Rückübersetzung ins Deutsche eines italienischen Textes, der vor wenigen Monaten wieder aufgetaucht ist. Es handelt sich um eine Expertise, die vor hundert Jahren Prof. *Albert Heim* im Auftrage der Gemeinde Campo erstellte. Da Prof. Heim keine Sondierungen noch seismische Profile durchführen konnte, hat er die Tiefe und das Volumen der Gleitbewegung ein wenig unterschätzt. Im wesentlichen habe ich Ihnen heute aber nichts erzählt, was Prof. Heim 1897 nicht schon wusste; doch vielleicht, dass der Bau des Stollens schliesslich etwas schneller als der Berg gewesen ist!

Die Behandlung der weiteren Bergrutsche im Rovanatal bleibt indessen immer noch hängig, insbesondere weiter talabwärts in der Gegend des Dorfes Cerentino.

Vortrag, gehalten anlässlich der Hauptversammlung des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes am 10. Oktober 1996 in Lugano.

Adresse des Verfassers: Dr. Ing. *Giovanni Lombardi*, Lombardi AG, beratende Ingenieure, Via R. Simen 19, CH-6648 Minusio.

SWV-Exkursion nach Campo Vallemaggia

Nach der Hauptversammlung des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes in Lugano fanden am 11. Oktober 1996 zwei eintägige Exkursionen statt. Die eine führte zur Staumauer Luzzzone, die zurzeit erhöht wird. Die andere war der laufenden Sanierung des Rutschgebietes bei Campo Vallemaggia gewidmet. Der Verfasser nahm an dieser zweiten Exkursion teil und beschränkt seinen Hinweis auf diese.

Das Projekt zur Stabilisierung der Rutschmasse umfasst im wesentlichen drei Teile: die Erstellung eines Entwässerungstollens unter dem Rutschhang, den Bau eines Umleitstollens für die am Fuss des Rutschhangs fließende



Der Einlauf zum Umleitstollen der Rovana, Bauzustand vom 11. Oktober 1996.

Rovana sowie Sicherungsmassnahmen im Terrain. Die Exkursionsteilnehmer wurden vor allem mit den ersten beiden Teilen bekanntgemacht. Den leitenden Ingenieuren des Kantons Tessin und der Ingenieurunternehmungen Lombardi SA und Maggia SA sei dafür nochmals bestens gedankt.

Der Umfang des Rutsches und seine zeitliche Entwicklung werden im vorliegenden Heft durch Ingenieur Dr. *Lombardi* einlässlich beschrieben, ebenso wie der bereits in Betrieb genommene Entwässerungstollen. Der Umleitstollen steht kurz vor der Vollendung. Er erfuhr durch einen Artikel von Ingenieur Trucco unter dem Titel «Verbauung und Umleitung der Rovana» schon 1989 im Heft 7/8 eine ausführliche Darstellung. Dem eiligen Leser sei hier bloss folgendes in Erinnerung gerufen: Der Stollen wurde als Hochwasser-Entlastungsrinne konzipiert. Er soll die Hochwasser der Rovana aufnehmen, damit der Fuss der Rutschmasse nicht weiter erodiert wird. Der Stolleneinlauf (siehe Bild) gleicht deshalb sozusagen einer verkehrten Fassung: Gefasst und ausgeleitet wird nur das Hochwasser; das Mittel- und Niederwasser verbleiben im Bachbett! Das gilt jedenfalls so lange, als der freie Abfluss der Rovana gewährleistet bleibt. Sollten der Rutsch oder auch nur Teile davon die Rovana verklausen, so vermag der Umleitstollen den gesamten Wasseranfall zu übernehmen. Auf diese Weise kann ein Aufstau der Rovana zu einem See mit der Möglichkeit eines für die Unterlieger verheerenden Seeausbruchs verhindert werden. Mit diesem Ziel wurde ja auch der Umleitstollen der Vispa in Randa ausgeführt, weil dort ein dritter Bergsturz befürchtet wird.

Der Umleitstollen der Rovana ist 1815 m lang. Er weist ein Gefälle von 15 % am Einlauf und von 2 % auf der Normalstrecke auf. Das Normalprofil misst 44 m². Als Bemessungsdurchfluss wurden 300 m³/s gewählt, was etwa einem 200jährigen Hochwasser entspricht.

Daniel Vischer, Zürich