

# Wasserabfluss, Bodenbewegungen und Geschiebertransport in unsern Berglandschaften

Autor(en): **Stauber, Hans**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **36 (1944)**

Heft 4-5

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-922046>

## **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.



Abb. 1 Der gefährliche rutschreife Berghang von Saas (S) im Prätigau.  
Blick von Plan da Gorz, oberhalb Conters, 1942. (s. Seite 44)

(Reproduktion aller Bilder und Geländedarstellungen behördlich bewilligt: Nr. 6398 BRB 3. 10. 39.)

## Wasserabfluss, Bodenbewegungen und Geschiebetransport in unsern Berglandschaften \*

Von Dr. *Hans Stauber*, Geologe, Zürich 7

Eine Hochwasserkatastrophe schlimmster Art brach Ende September 1927 über verschiedene Gegenden der Schweiz und der Nachbargebiete herein. Am härtesten wurden dabei das Bündnerland mit seinen vielen Wildbächen und das St. Gallische Rheintal betroffen. Der Rhein schwoll zu einem mächtigen trüben Strome von ca. 3000 m<sup>3</sup>/Sek. an, durchbrach bei Buchs den rechtsseitigen Rheindamm, verschüttete und überschwemmte weites Kulturland und die Dörfer Schaan und Rugell. Erst 16 Kilometer unterhalb der Einbruchsstelle konnten die Wassermassen beim Ill wieder in das Rheinbett gewiesen werden. Das Hochwasser forderte in diesen Tagen allein 12 Menschenleben, und der Kanton Graubünden und das Rheintal erlitten einen Sachschaden von gegen 13 Millionen Franken.

Der Rhein fliesst zwischen Sargans und dem Bodensee in Parallelwerken und hat seine Sohle durch Aufschotterung ständig erhöht. Sein Hochwasserspiegel liegt streckenweise schon 7—9 m über dem beidseitigen Gelände, so dass jeder Dammbruch katastrophale Wirkungen für das ganze Rheintal haben muss. Diese letzte grosse «Rheinnot» hat neuerdings bewiesen, dass das Grundübel allein in der grossen Geschiebeführung und Verstopfung des kanalisierten Flussbettes liegt. Der Fluss transportiert schon jährlich rund drei Millionen m<sup>3</sup> in den Bodensee, und diese Geschiebeführung ist trotz den bisherigen Kor-

rektionsmassnahmen, die schon rund 40 Millionen Franken kosteten, nachweisbar sogar in bedenklichem Zunehmen begriffen. Dementsprechend steigt fast überall auch die Hochwasserdurchbruchgefahr; die Rheintaler Bevölkerung sieht sich zunehmend bedroht und ruft nach dauernder Abhilfe. Die Rettung des Rheintales liegt fast ausschliesslich in der Unterbindung der Geschiebezufuhr aus den Quellgebieten des Rheins, wo auch die Geschiebequellen sind. Wo liegen nun aber die Ursachen dieser verhängnisvoll zunehmenden Geschiebeführung und was ist hier zu tun?

Zu ihrer Herabminderung wurde schon lange die bessere Verbauung der Wildbäche empfohlen, was neuerdings wieder vom früheren Rheinbauleiter, Oberingenieur K. Böhi, verlangt und von Bund und Kanton kürzlich beschlossen wurde.

Die Geschiebequellen und -herde der grossen Flüsse liegen hauptsächlich in den Quell- und Wildbachgebieten. Hier oben lagern auf der Felsunterlage der Berghänge die grossen Massenanhäufungen von altem und neuem Verwitterungsschuttmaterial.

Diese mächtigen Lockermassen können hier auf verschiedene Art entstanden sein:

1. Durch rasches Abbrechen, Abrutschen und Verfallen ganzer Fels- und Bergpartien als Bergsturzmaterial.
2. Durch fortwährende direkte Abwitterung von Felswänden (Wirkung von Frost und Temperaturspannungen).

\* Erweiterte Fassung eines Vortrages im Linth-Limmatverband vom 29. Februar 1944.

3. Durch langsames Abrutschen von solchem Verwitterungsschutt an steilen Trockenschuttkegeln oder als flachere Bodenbewegung infolge Vernässung dieses Lockermaterials.

4. Durch direkte Abschwemmung von solchem Verwitterungsmaterial.

5. Durch Schuttverlagerung von eis- und nacheiszeitlichen Gletschern.

Wie gelangt nun aber dieses Schuttmaterial zunächst in die Wildbäche und dann als Geschiebe in die Flüsse? Um diese Frage grundsätzlich abzuklären, ist zuerst der ganze Wasserabfluss und dieser schon bei den obersten Quellen und Gewässern — also von oben nach unten — sowie in dessen Zusammenhang die Bodenbewegung in den angehäuften und vernässeten Schuttmassen eingehend zu behandeln. Die gefährlichen Wildbachgebiete mit solchen Bodenbewegungen sind bezeichnenderweise in erster Linie Quelllandschaften mit reichem, altem Glazialschutt und tonhaltigem, schieferigem, weichem, gebrächem, leicht verwitterbarem Gesteinsmaterial, besonders in Gebieten der subalpinen Molasse, des Flysches, der Bündner Schiefer usw.

Oefters und besonders häufig in Regenzeiten und nassen Jahren lesen wir Zeitungsmeldungen über erfolgte grössere Bergstürze, Bergrutsche, Murgänge, Hochwasser, Wildbäche usw. Diese Naturkatastrophen bringen immer grosse Schäden an Verkehrsanlagen, Gebäuden, Kulturland, fordern sogar Menschenleben und ergeben auch stets bedeutende Kosten für Heilarbeiten. Allein in der Schweiz kennen wir nach Alb. Heim («Bergsturz und Menschenleben», Verlag: Fretz & Wasmuth, Zürich, 1932) historisch rund 1500 grössere Bergstürze, Bergrutsche aller Ar-

ten, und die Zahl der dabei ums Leben gekommenen Menschen schätzte er in unserm Jahrtausend auf über 5000. Im Zeitraum von 1856—1925 musste die Schweiz für Wildbachverbauungen rund 160 Millionen Franken ausgeben, und bis heute werden es gegen 200 Millionen sein. Davon entfallen allein etwa 50 Millionen auf die Wildbäche Graubündens. Es ist aber bedenklich, dass trotz unsern grossen Anstrengungen nachweisbar fast in der ganzen Schweiz auch die Bodenbewegungen und die Wildbachtätigkeit wie der Geschiebetransport zunehmen. Wo liegen hier die Ursachen? Was sind die Folgen dieser unerfreulichen Entwicklung? Wie und wo kann hier abgeholfen werden?

Als Geologe und Hydrogeologe mit landwirtschaftlicher und geologischer Ausbildung und Praxis verfolgte ich seit vielen Jahren systematisch diese Probleme der Bodenbewegungen, der Wildbachtätigkeit usw. im Zusammenhange mit dem Wasserabfluss an den Berghängen. Ich machte besonders in unsern Berglandschaften und während zwei Jahren an unkorrigierten grossen Flußsystemen und Quelllandschaften im gebirgigen Grönland reiche Naturbeobachtungen und Studien. Auf Grund dieser umfassenden Geländeuntersuchungen möchte ich zuerst an typischen Naturbeispielen darlegen und daraus ableiten, wo, wie und warum die erwähnten Schäden entstehen.

**I. Worin bestehen die Schäden, und wie kommt es zu diesen in den Berglandschaften?**

Zur Behandlung des Wildbachproblemcs führe ich besonders die Naturverhältnisse in der Voralpenzone und den eigentlichen Alpengebieten an, wo wir die grössten derartigen Schäden haben.

*A. Wasserabfluss und Bodenbewegungen in der Voralpenzone der subalpinen Molasse und des Flysches.*

Die schematisierte Darstellung in Abb. 2 zeigt den typischen ursprünglichen (natürlichen) Wasserabfluss einer Voralpen-Berglandschaft, mit Flysch- und Molasseuntergrund. Der Flysch besteht vorherrschend aus weichen mergelig-sandigen Schiefen, die subalpine Molasse aus meist schiefgestellten Nagelfluh-, Sandstein- und Mergelschichten. Beide Unterlagen sind wenig wasserdurchlässig und ergeben lehmige Verwitterungs-Schuttdecken wie das lehmige Moränenmaterial. Betrachten wir den Wasserabfluss an diesen Berghängen ohne Regelung durch den Menschen: Auf dem relativ lockeren, zerklüfteten Bergrückengebiet bei Gräten und Hügeln zeigt sich die beste Versickerung von Niederschlags- und Schmelzwasser. Das versickerte Grundwasser wird an den Bergquellen wieder an den Hang hinausgeführt. Dieses reiche, konstant fliessende Quellwasser wie auch

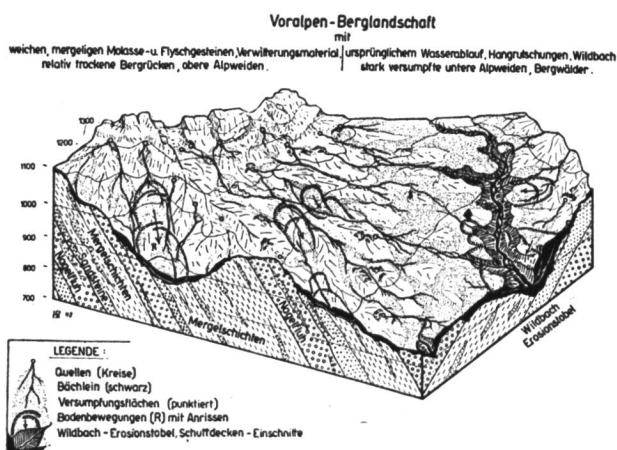


Abb. 2 **Der typische, ursprüngliche (natürliche) Wasserabfluss in einer Berglandschaft der Voralpen mit Molasse- u. Flysch-Untergrund.** Oben, durch Quellen (Kreise) relativ gut entwässertes Bergrückengebiet. An untern Hängen verläuft das reiche Quell- und Abflusswasser meist breit hinab; demzufolge ausgedehnte Hangversumpfung (punktiert), starke Schuttdecken-Vernässung (schwarz im Profil), häufige Erdbewegungen (Hangrutschungen) (schräffelt), Bodenerosion, Wildbach-Erosionstobel in vernässstem Schuttuntergrund (rechts).

das übrige Tagwasser der Bächlein verläuft dann oft wieder ins Nebengelände und wie auf einer Hausdachfläche breit über die untern Hänge hinab. Bei den durchwegs glazial abgerundeten, sanften Berghangformen der Voralpen kann das Ablaufwasser besonders gut weit und breit verlaufen. Bei den reichen 1,5 bis 2 m im Jahr betragenden Niederschlägen und der geringen Versickerungsmöglichkeit zeigen sich viele kleine Quellen, offene Gewässer, sowie besonders viel Versumpfungsfächen (als Sumpfmulden und Sumpfterrassen). Je grösser die obere «entwässerte» Berghangdachfläche ist, um so mehr werden die untern Hangflächen bei einem vorherrschend breiten Wasserabfluss zunehmend stark vernässt, «verwässert». Wir treffen in diesen Landschaften wenig durchgehende, gute Bächlein, welche die ganzen Muldenzüge bis zu den obersten Quellen hinaufführen, um das überschüssige Quell- und Niederschlagswasser von oben unschädlich abzuführen.

Entsprechend diesem ungünstigen Wasserablaufe mit den allgemein verbreiteten Hangversumpfungen als einer Art «Bewässerungsanlage» ist auch die Untergrund- und Hangschuttvernässung, besonders an den untern Hängen, sehr stark. Fast alle Lockermassen werden von sehr viel Wasser durchtränkt und durchströmt. Sie kommen daher auch schon an flacheren Hängen leicht ins Gleiten und sogar in ein breiartiges Fliesen, somit in eine Bodenbewegung.

Wir treffen besonders in denjenigen Voralpengebieten, wo der frühere Waldbestand in grossen Flächen für Weiden usw. abgeholzt wurde, ausgedehnte Versumpfungen, vegetationslose (Wildbachtobel) und mannigfache andere Erosionsformen, sowie Bodenbewegungen als Hang- und Erdrutsche, Schuttströme, Murgänge usw. In solchen weiten, entwaldeten Voralpen-Sumpfbereichen, wie z. B. im obern Entlebuch, Schlierental, Schwyzer Voralpen usw. entstehen deshalb bei anhaltenden Regengüssen die gefürchteten raschen Hochwasser mit Murgängen usw. (Emmen-Hochwasser). Die grossen Bodenflächen der Sumpfwälder sind mit ihrem Schuttuntergrunde schon wassergesättigt und vielfach rutschreif, haben ohne Waldbedeckung praktisch keine Wasserversickerung und Retention. Sie lassen daher rasch und anhaltend alles Regen- und Schmelzwasser ablaufen. Diese Wassermassen graben sich wiederum kräftig in den konstant vernässen, weichen Schuttuntergrund ein, erodieren, spülen viel Lockermaterial auf und ergeben eine starke Geschiebeführung.

Die ausgedehnten versumpften Hang- und Terrassenflächen (mit Wald und Weiden, mit sonst guter Bodenunterlage) tragen in diesem Zustande nicht nur geringen Nutzen ab, sondern sie bringen uns umgekehrt grossen Schaden in der erwähnten Art.

*B. Wasserabfluss und Bodenbewegungen in einer Bündnerschiefer-Wildbach-Berglandschaft des Prätigaus*

In Abb. 3 wird ein Gebietsausschnitt aus dem Prätigau, speziell die Umgebung der Fideriser Heuberge mit dem Val Fondei dargestellt. An Hand dieser eigenen Geländeaufnahmen der wirklichen Naturverhältnisse möchte ich die sehr typischen Vorgänge und Zusammenhänge zwischen Wasserabfluss, Bodenbewegungen und Wildbachtätigkeit darlegen.

Dem ganzen Berghang entlang zeigt sich unter dem steileren Bergrücken und über den flacheren Weiden ringsum ein ganzer Kranz von starken Bergquellen (Kreise). Das gewässerlose, trockene, zerklüftete und obere Bergrückengebiet mit Gipfeln, Gräten, Hochflächen, Schutthalden usw. ist ihr Einzugsgebiet. In diesen Regionen kann praktisch alles Regen- und Schmelzwasser in den Untergrund, in das Felsspalten- und Blockschutt-Hohlraumssystem versickern. Je nach der Schichtlagerung der Gesteinsausbildung, Zerklüftung, Schuttbedeckung usw. wird das gesammelte Grundwasser an bestimmten Stellen, nach einem oft langen Wege des geringsten Widerstandes an den Quellen wieder zutage geführt. Unterhalb dieser natürlich entwässerten höheren Bergregionen und des Quellenkranzes am Hauptquellhorizonte sieht der Berghang ganz anders aus. An diesen untern Hängen sehen wir viele Gewässer und ausgedehnte Versumpfungsfächen (punktiert), weil das reiche, konstant fliessende Quellwasser nicht gesammelt in Bachrinnen talwärts fliesst, sondern mei-

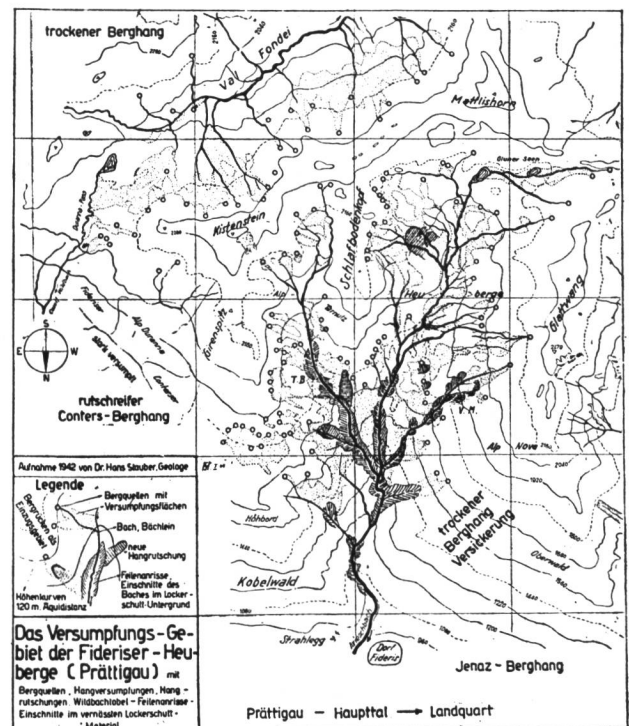


Abb. 3 Das Versumpfungs- und Wildbachgebiet der Fideriser Heuberge (Prätigau). Maßstab ca. 1 : 100 000. V. M. = Val Maladers. T. B. = Tarnutzer Alp-Bach.

stens in vielen Rinnsalen wieder auseinander über Hänge und Terrassen verlaufen kann. An den untern Hangabschnitten haben wir so eine ausgesprochene Hangverwässerung mit dem überschüssigen Quell- und Ablaufwasser des höheren, entwässerten Berggebietes.

Die Folge einer solchen Hangverwässerung ist die vollständige Vernässung des Schuttuntergrundes. Die Versickerung auf den versumpften Bodenflächen — somit der Grundwasserabfluss im Untergrund als Schuttdurchströmung — ist viel kleiner als der konstante, starke Quellwasser-Nachfluss. Die Untergrundvernässung und der Grundwasserspiegel sind deshalb auch am Schutthange bis an die Bodenoberfläche angestiegen und zeigen sich so in der Hangversumpfung. Die vom obern, überschüssigen Ablaufwasser verwässerten untern Hangflächen erhalten aber zudem auch ihre eigenen Niederschläge. Da jedoch diese Bodenflächen kein Regen- oder Schmelzwasser mehr versickern lassen, so erfolgt hier bei reichen Niederschlägen überall — wie dies bei den Voralpen geschildert wurde — auch ein rascher und starker Wasserabfluss über die Hänge und Tobel hinab. Diese grossen, anhaltenden und fast wie die Niederschläge spontanen Hochwasser erodieren wiederum kräftig im Untergrunde. Viele Haupt- und Nebenbäche fliessen daher in tief eingeschnittenen, meist vegetationslosen Wildbach-Erosionsrinnen ab. Diese Tobeleinschnitte zeigen fast ausnahmslos etwa 10 bis 40 m mächtige Lockerschuttmassen als Verwitterungs-, Rutsch- und Moränenmaterial angeschnitten. Die versumpften, vernässen Waldhänge und Sumpfwälder unter den Quellen reichen auch im mächtigen Lockerschutte durchwegs bis an diese Tobelanrisse hinab. Es beweist dies, dass die Schuttmassen praktisch völlig wasserdurchtränkt sind. Sie rutschen und sacken deshalb häufig schollen- und partienweise in die Tobeleinschnitte hinab. Neben dieser Art Bodenbewegungen als Tobelhang-Rutschungen zeigen sich auch am freien Hange des ganzen untern Vernässungsgebietes viele kleine, auch grosse, alte, neue und reife Hangrutschungen mit Anrissen. Entsprechend

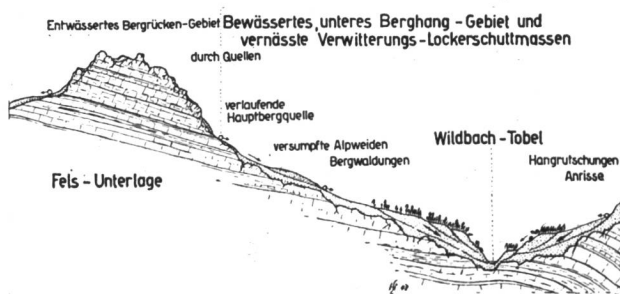


Abb. 4 Ein beliebiges, typisches Berghangprofil aus den Fideriser Heubergen, allgemein aus dem Prätigau und aus den meisten andern Berglandschaften (sowie Voralpen) mit dem Wasserabfluss, den Bodenbewegungen und einem Wildbachtobel. (Profil zu Abb. 3.)

den vielen Schuttnachrutschungen in die Bachtobel ist auch der Geschiebetransport gross.

Im früher dichter besiedelten Val Fondei haben die zunehmenden Hangversumpfung infolge Verlaufs von Quell- und Bachwasser ins Nebengelände — also durch Vernachlässigung des Wasserablaufes — schon bald den ganzen weiten Süd-Berghang ergriffen. Dieser gibt in diesem Zustande fast keinen Nutzen mehr; er wird zudem rutschreif werden und bald Schaden bringen (Hangrutschungen, Hochwasser, Erosion, Wildbäche).

Abb. 4 stellt das für unsere Berglandschaft typische, schematisierte Berghang-Profil dar. Links oben ist die zerklüftete, trockene Bergrückenregion als Versickerungs- und Einzugsgebiet der obern Bergquellen. Hier besteht eine gute Quellen-Entwässerung. Im untern Berghangabschnitte und ursprünglich fast im ganzen Tobeleinschnitte lagert in typischer Art eine



Abb. 5 Die Fideriser Heuberge von NE. (F.H. = Fideriser Heuberge, V.M. = Val Maladers)

mächtige Schuttdecke auf dem Felsuntergrunde. Die tieferen Alpweid-Bergwald-Bodenflächen sind bis an das Wildbachtobel hinab vom verlaufenden obern Quell- und Tagwasser versumpft und verwässert. Dadurch wurden auch diese Lockerschuttmassen ganz vernässt und sind stets von Grundwasser durchströmt. Die unten angeschnittenen Schuttdecken zeigen deshalb typische Sackungs- und Rutschungserscheinungen bis in die tiefe Wildbachtobelrinne hinein. Dieses Berghangprofil ist fast für alle Prätigau-Berghänge, sowie für andere Berglandschaften mit Wildbächen sehr charakteristisch.

Abb. 5 ist eine Ansicht der Fideriser Heuberge, von Nordost gesehen. Im Vordergrund ist das in die Schuttdecke eingeschnittene Tobel des Tarnutzer Alpaches. An beiden hohen Tobelhängen, z. B. ganz im Vordergrund und links oben, sind die grossen Anrisse, Rutschungen und Sackungen ins Tobel hinab sichtbar. Die unteren Gebiete zeigen ganz versumpfte Bergwälder und -weiden auf dem vernässen, mächtigen Schuttuntergrund.

Im Beispiel der Fideriser Heuberge habe ich relativ kleine, harmlose Wildbachtobel und Bodenbewe-

gungen vorgeführt, wie sie im ganzen Prättigaugebiet und in andern Quellandschaften allgemein verbreitet und typisch sind. Daneben gibt es aber im Prättigau und in vielen andern Bergtälern unseres Gebirgslandes Beispiele von sehr gefährlichen Bodenbewegungen und Wildbächen in gewaltigen Ausmassen.

Unmittelbar östlich anschliessend an die Fideriser Heuberge finden wir im Prättigau-Haupttale solche grossen Naturbeispiele. Der Kartenausschnitt in Abb. 6 zeigt die beiden Hauptberghänge von Saas und Conters-Serneus zwischen Fideris, Küblis und Klosters. Am Nordberghange zwischen den Dörfern Saas und Küblis entstanden in einem breiten sog. «Wasserzuge» bei II (d. h. in einem mehr flächenhaften Wasserabfluss am Berghange ohne Bachrinne) infolge weit oben nachlässig verlaufenden Berg- und Quellwassers an zwei obern Steilhängen a und b gefährliche Anrisse. 1931 ging dann bei c ein grosser Erdrutsch ins Kulturland hinab und verursachte grossen Schaden. Auch bei I erfolgte später eine andere, neue Hangrutschung unter der versumpften Terrasse. An demselben Berghang oberhalb Saas im Mühltobelgebiet ist eine andere, grössere Bodenbewegung als Sackung im Gange mit einer Masse von schätzungsweise 30 bis 40 Millionen m<sup>3</sup>. Diese erforderte schon grosse und teure Verbauungen und Entwässerungen usw. zur Sicherung der Hauptstrasse und der Bahnlinie, so dass dieses Sackungsgebiet nicht umsonst auch als «Millionentobel» bezeichnet wird. Direkt gegenüber am Südberghange haben wir aber noch eine viel grössere Sackungsmasse VI von schätzungsweise sogar 200 Millionen m<sup>3</sup>, die ebenfalls in das Landquarttobel hinabrutscht. Der Fluss schneidet sich fortwährend in den Fuss der beiden vordrängenden Rutschmassen ein und schwächt damit ihre Stützen. Der 5—6 km hohe Südhang mit der bis zur Alp Duranna hinaufreichenden Sackungsbewegung ist ganz versumpft. Dementsprechend ist auch die Rutschmasse bis an die Oberfläche stark vernässt und wasserdurchtränkt. Da die kleinere, aber steilere Nord-sackung noch ungenügend, und die grosse Südrutschung überhaupt nicht entwässert wurden, letztere also stets verwässert und geschmiert wird, so werden beide Massenbewegungen unaufhaltsam weiter in die Landquart hinabsacken. Rutscht z. B. die Südsackung stärker vor, so schneidet die dabei abgedrängte Landquart wiederum um so kräftiger den Fuss der Nord-sackung an, so dass letztere wieder rascher zum Nachsacken kommen kann. So lange diese Sackungen andauern, und je nach ihrem Tempo auf den sich immer besser ausbildenden Gleitflächen, so lange und so viel wird der Fluss die vordrängenden Schuttmassen anschneiden müssen und das mächtige Material wie am laufenden Band als Geschiebe abtransportieren. Da sich solche Bodenbewegungen bekanntlich in nassen Jahren beschleunigen, so ist es möglich, dass beide oder besonders eine der grossen Sackungen in ein derart rasches Rutschtempo kommen können, dass das enge Landquarttobel durch die Schuttmassen abgequetscht würde. Dies hätte eine Flußstauung und

sere Sackungsmasse VI von schätzungsweise sogar 200 Millionen m<sup>3</sup>, die ebenfalls in das Landquarttobel hinabrutscht. Der Fluss schneidet sich fortwährend in den Fuss der beiden vordrängenden Rutschmassen ein und schwächt damit ihre Stützen. Der 5—6 km hohe Südhang mit der bis zur Alp Duranna hinaufreichenden Sackungsbewegung ist ganz versumpft. Dementsprechend ist auch die Rutschmasse bis an die Oberfläche stark vernässt und wasserdurchtränkt. Da die kleinere, aber steilere Nord-sackung noch ungenügend, und die grosse Südrutschung überhaupt nicht entwässert wurden, letztere also stets verwässert und geschmiert wird, so werden beide Massenbewegungen unaufhaltsam weiter in die Landquart hinabsacken. Rutscht z. B. die Südsackung stärker vor, so schneidet die dabei abgedrängte Landquart wiederum um so kräftiger den Fuss der Nord-sackung an, so dass letztere wieder rascher zum Nachsacken kommen kann. So lange diese Sackungen andauern, und je nach ihrem Tempo auf den sich immer besser ausbildenden Gleitflächen, so lange und so viel wird der Fluss die vordrängenden Schuttmassen anschneiden müssen und das mächtige Material wie am laufenden Band als Geschiebe abtransportieren. Da sich solche Bodenbewegungen bekanntlich in nassen Jahren beschleunigen, so ist es möglich, dass beide oder besonders eine der grossen Sackungen in ein derart rasches Rutschtempo kommen können, dass das enge Landquarttobel durch die Schuttmassen abgequetscht würde. Dies hätte eine Flußstauung und

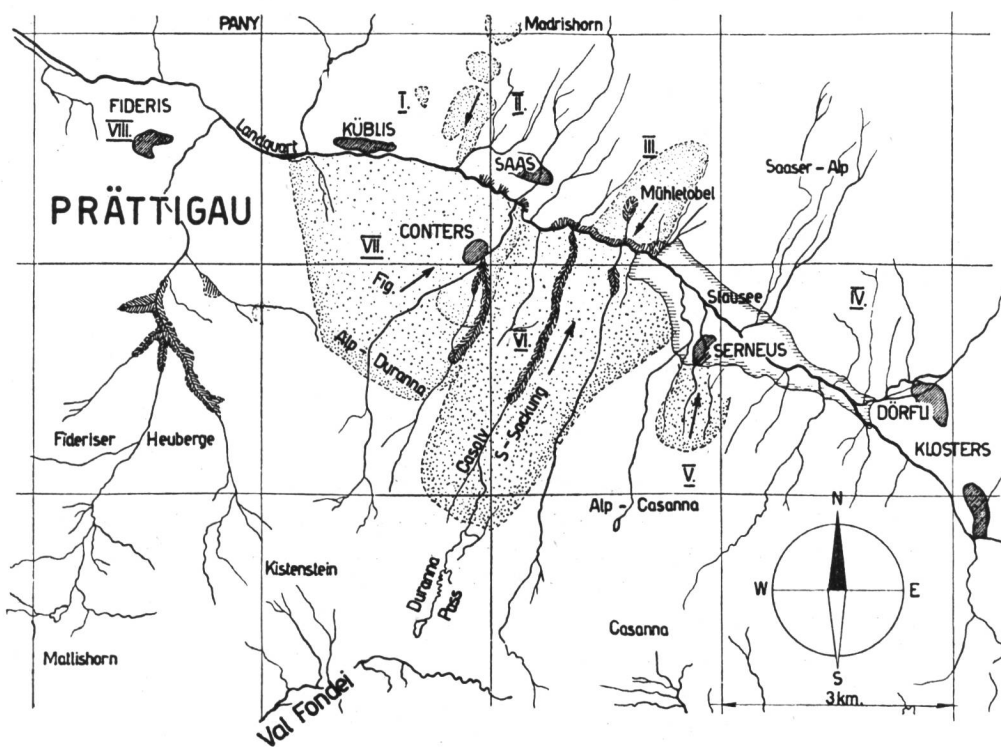


Abb. 6 Das Gebiet des Saaser Nord- und Conterser Süd-Berghanges mit ihren grossen Sackungs- und Rutschungsmassen.

eine Stauseebildung bei Serneus-Klosters zur Folge. Wie wir aus vielen ähnlichen Naturbeispielen wissen, kann ein solcher durch einen Bergsturz oder eine Sackungsmasse entstandener vernässter, unsolider Schutt-Talriegel wieder rasch vom Flusse eingeschnitten und gewaltsam durchbrochen werden. In dieser Art könnte sich der entstandene Stausee rasch wieder entleeren und eine ganz schlimme Wasserkatastrophe für das untere Prätigau und sogar für das Rheintal bringen. Ähnliche Stauseen und Katastrophen, verursacht durch solche Rutschungen, Sackungen, Bergstürze in Tobel und Täler hinab, sind auch andernorts im Prätigau, z. B. bei Schuders, im Schraubach-, St. Antönier-, Lugnetztal usw., aber auch in vielen andern Bergtälern der Schweiz möglich. Solche Bergstürze oder Bodenbewegungen mit Flußstauungen usw. können auch für unsere künstlichen Staubecken sehr gefährlich werden.

Weiter östlich am gleichen Südberghange und hohen Steilhange direkt über dem Dorfe Serneus haben sich vor Jahren ebenfalls bedrohliche Erdrisse und Bodenbewegungen gezeigt. Die Gefahr wurde rechtzeitig erkannt, und man traf sogar Vorbereitungen zur Räumung des Dorfes. Er wurden dann unverzüglich die näheren, versumpften obern Weidflächen entwässert, so dass die Gefahr vorläufig als gebannt erscheint.

Unterhalb der Saaser Alp gegen Klosters-Dörfli (bei IV) ist der Berghang ebenfalls stark versumpft, vernässt und zeigt rutschreife Hangpartien, so dass auch hier die bewohnten Gebiete gefährdet sind. Die Terrasse von Saas mit ihrem Dorfe zeigt sich gleichfalls als ganz alte, grosse, ruhige Sackungsmasse (vermutlich postglazialen Alters) gegen das früher breitere Landquarttal hinab. Eine andere – soweit zum Stillstand gekommene (?) – sehr grosse Sackungsmasse (VII) ist gleichfalls am Südhang gegenüber Saas und westlich anschliessend an die Sackung VI zwischen Conters und Küblis feststellbar. Diese alte Sackungsmasse kann bei weiter andauernder starker Vernäsung auf den Conterser Alpen unerwartet wieder in eine neue Bodenbewegung kommen und ist so besonders für Küblis und Conters sehr gefährlich.

Die gewaltigen Sackungen von Schuttdecken beidseits in das grosse Landquarttobel hinab zeigen in diesem grossen Maßstabe praktisch die gleichen Wildbachvorgänge wie bei den kleinen Wildbachtobeln. Über das grosse Sackungsgebiet am hohen Conterser Berghange führen von oben etwa drei gefährliche Wildbäche hinab, welche sich besorgniserregend verschlimmern. Besonders gefährlich ist das lange, steile Kaltbachtobel. Der Casolv-Wildbach mit einer bis 6 km hohen versumpften Berghangfläche als Einzugsgebiet (von der Landquart bis zum Durannapass)

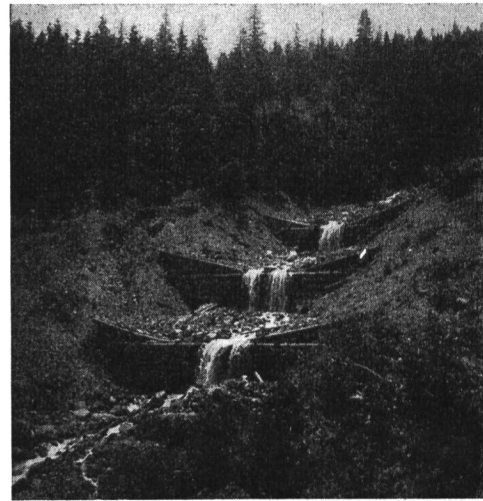


Abb. 7 Casolv-Wildbach

führt auf etwa 3—4 km Länge über die vernässte Rutschmasse hinab. Der am weiten, versumpften Berghange rasch Hochwasser führende Wildbach frisst sich dabei zunehmend tief in die vernässte Sackungsmasse ein und befördert jeweils grosse Geschiebemassen zur Landquart hinab. Abb. 7 zeigt einen Ausschnitt dieses Wildbaches mit einigen der vielen Holzsperrn. Von beiden Tobelhängen der zunehmend tief eingeschnittenen, vernässten Sackungsmasse rutschen schollenartig fast auf der ganzen Bachlänge Schuttpartien in die Tobelrinne hinein. Die vielen Sperrn werden zunehmend von Rutschmaterial überladen, und jedes Hochwasser bringt grosse Geschiebemengen. Bei einem solchen Gewitter wird bald einmal eine ganze Serie von überladenen Sperrn samt Inhalt als böse Rufe hinabgeschafft werden. So lange die mächtige Schuttdecke in diesem Grade vernässt ist, wird auch ihre Sackungsbewegung weiter zunehmen, wie auch die gefährliche Entwicklung der Wildbachtobel weiterschreiten wird. Als Folge davon würde sich auch der Geschiebetransport in der Landquart unten doppelt steigern.

In Abb. 1 blicken wir vom Conters-Berghange auf den gefährlichen rutschreifen Nord-Berghang von Saas. Links unten liegt Küblis, rechts folgen Saas und Klosters (Mh = Mühletobelsackung, S.R. = Saaser Rutschung 1931). Oben die beiden Rutschungsanrisse a und b an den Waldsteilhängen und mit Sumpfrassen (V) an diesem hohen Berghang-«Wasserzuge». Das heute teilweise vernarbte «Berghang-Geschwür» kann aber wiederum aufbrechen. Am Hangabschnitt über dem Dorfe Saas führen lange bewaldete Tobelrinnen bis über die Waldgrenze hinauf und leiten hier das oberste Quell- und Bergwasser sicher den ganzen Berghang hinab. Eine solche durchgehende Wasserabführung fehlt hingegen links im Rutschgebiete, weshalb dieser Hangabschnitt vernässt und rutsch-



Abb. 8 Prätigau.  
Fliegeraufnahme der Swissair-Photo AG. Zürich von NE.

reif wurde. Aber auch das Dorf Saas kann von ähnlichen bösen Erdrutschen erreicht werden, wenn z. B. die Versumpfungen auf den höheren Bergterrassen bestehen bleiben. Bei beiden rutschreifen Berghängen muss aber vor irgendwelchen, unsachgemässen Wasserregelungen und andern Eingriffen ohne gute Kenntnis und Übersicht der ganzen Bergverhältnisse gewarnt werden.

Im Fliegerbilde Abb. 8 der Swissair AG. haben wir einen Blick von Klosters das Landquart-Haupttal hinaus nach Richtung Saas und Conters. Sehr deutlich und plastisch hebt sich besonders die grosse Conters-Südsackung VI heraus, welche wie eine Lawine oder ein mächtiger breiartiger Schuttkeuchen das früher breite, trogförmige Landquarttal (wie im Vordergrund) fast ganz abgeriegelt und die Landquart an den Nordhang gedrückt hat. Dadurch wurde der Fuss der Nordsackung III rechts angeschnitten. Im Hintergrunde hebt sich auch die nächst anschliessende grosse Sackung VII westlich von Conters heraus, dann die niedere Terrasse von Fideris und ganz hinten das wiederum breitere Haupttrogtal bei Jenaz.

Schon aus diesen wenigen Beispielen erkennen wir die verhängnisvollen Folgen der Schuttvernässungen. Dadurch entstehen ernsthafte Gefahren bei beiden rutschreifen hohen Berghängen für die Dörfer Küblis, Saas, Conters, Serneus, Klosters-Dörfli, wie auch für die ganze Talschaft. Von den Fideriser Heubergen setzen sich die ausgedehnten Weid- und Wald-

versumpfungen – wegen Verlaufs fast aller Bergquellen – bis zur Alp Casanna fort und sind auch am Saas-Berghange verbreitet. Die grossen versumpften Bodenflächen tragen so praktisch keinen Nutzen ab, sondern bringen uns umgekehrt grosse Schäden und Gefahren.

Das Prätigau hat aber ausser dem behandelten Gebiete mit Wildbächen und Bodenbewegungen und neben vielen andern Wildbachtobeln (wie z. B. bei Furna, St. Antonien, Grusch usw.) noch einen besonders schlimmen Wildbach. Es ist der Schraubach bei Schiers, der immer wieder verbaut werden muss. Er gilt sogar als der gefährlichste Wildbach der Schweiz. In seinem Einzugsgebiete liegt die grosse Sackung bei Schuders, wo eine Bergpartie von schätzungsweise 60 Millionen m<sup>3</sup> in Bewegung geraten ist und deren Schuttfuss fortwährend vom Schraubach angegriffen und als reiches Geschiebe in die Landquart und den Rhein abgeführt wird. In Abb. 9 haben wir einen Blick in das Schraubach-Quellgebiet. Hier zeigen sich an sehr vielen Tobelhängen Schuttdeckenanrisse, infolge der nach unten zunehmend starken Schuttvernässungen. Im Vordergrund ist eines der vielen neuen Erosionstobel mit Anrissen von grossen Bodenbewegungen auf der Alp Valpun sichtbar, die unter einer von Quellen vernässten Sumpf- und Schutt-Terrasse beginnen. Weiter unten liegen die Anrisse vom Weissbach- (W) und Grossbachtobel (G). Nach links führt der Berggrat zur grossen Schuders-Sackung (Sch).

Mit diesen Beispielen der wirklichen Naturverhältnisse im Wasserablauf, in den Bodenbewegungen und in der Geschiebeführung gewisser Abschnitte des Prätigaus habe ich eine typische Wildbach-Quellandschaft überhaupt und zugleich einen Haupt-Geschiebelieferanten des Rheintales beschrieben. Im Vorder-

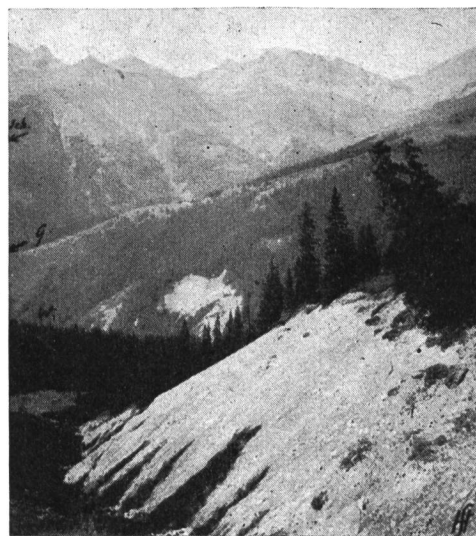


Abb. 9 Tobelhanganrisse im obern Schraubachgebiet.



und Hinterrheintal liegen aber noch zwei ähnliche schlimme Wildbachgebiete und Hauptgeschiebeherde für den Rhein, nämlich das Lugnetz- und Nollagebiet. Auch in diesen Bündnerschiefergebieten zeigen sich prinzipiell ähnliche Verhältnisse des Wasserab-

flusses und der Bodenbewegungen mit einem Verfallender ganzer Dörfer und fruchtbarer Bergterrassen. Es sei nur auf die Beispiele im Lugnetz kurz eingetreten.

(Fortsetzung folgt.)

## Das Netz-Plankton des unteren Zürichsees im Jahre 1943

Von Heinrich Kuhn, Zürich

Im Dezember 1942 erschien die Publikation des zürcherischen Fischereiverwalters E. Ammann, der über die Verunreinigung des Zürichsees vom fischeibiologischen Standpunkt aus berichtete. Er stellte fest, dass durch die Zerstörung der natürlichen Seesufer, die Zunahme der Uferverschmutzung, die sauerstoffleere tote Faulzone am Seegrund unter 100 m Tiefe und die zunehmende Verunreinigung des Seewassers eine schwere Gefahr für den Fischbestand des ganzen Sees eingetreten sei. Ein Zeichen der zunehmenden Verschmutzung sei der Rückgang und das teilweise Aussterben der Edelfische im Zürichsee.

Wir haben uns die Frage vorgelegt, ob sich in der Zusammensetzung der schwebenden Kleinlebewelt (des Planktons) des Zürichsees eine Veränderung ge-

genüber dem Zustand vor einigen Jahren feststellen lasse. Der Zürichsee ist seit mehreren Jahrzehnten chemisch und biologisch gut erforscht, vor allem durch Dr. Leo Minder, dem wir die grundlegenden und wichtigsten Entdeckungen verdanken. Wir haben ferner Vergleiche mit den Untersuchungsergebnissen von H. Heuscher angestellt, der das Zooplankton des Zürichsees von 1909 bis 1911 untersuchte und viele Angaben über das gesamte Plankton innerhalb der Jahre 1881 bis 1911 machte. Prof. Dr. Schröter schilderte 1932 das pflanzliche Plankton des Zürichsees; weitere Angaben über das Zürichseep plankton finden sich in den Publikationen von Dr. Huber-Pestalozzi, Dr. Nipkow, Prof. von Gonzenbach, Prof. Waser, Dr. Thomas, Dr. Höhn und an-

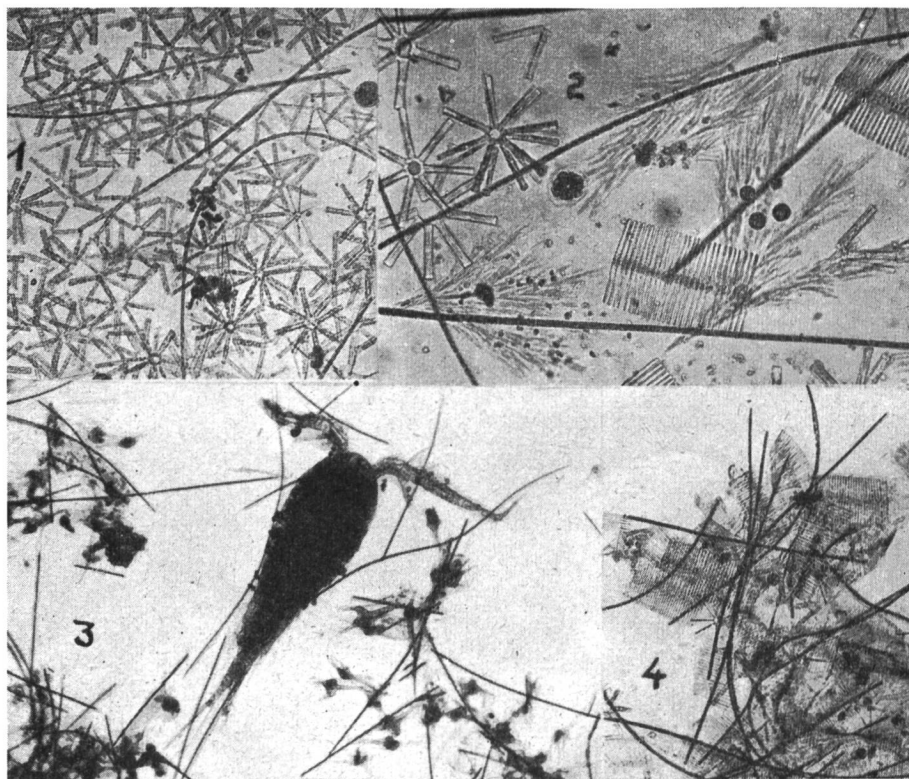


Abb. 1 Das Netzplankton des Zürichsees 1943 im Wechsel der Jahreszeiten.

Bild 1 Hochproduktion der Kieselalge *Tabellaria* am 1. Mai 1943.

Bild 2 Maximum der Bäumchenalgen *Dinobryon* und verschiedener Kieselalgen Mitte Juni 1943.

Bild 3 Hochproduktion der Schwalbenschwanzalge *Ceratium hirundinella* Mitte Oktober 1943. Im Bild erscheint noch der Kleinkrebs *Cyclops strenuus*.

Bild 4 Winterplankton mit zweitem Jahresmaximum der Kieselalge *Fragilaria crotonensis* Mitte Dezember 1943. Die schwarzen Linien auf allen und den folgenden Bildern sind die Fäden der Burgunderblutalge *Oscillatoria rubescens*.