

Bericht über die Untersuchungen des Blockstroms in der Val Sassa im Schweiz. Nationalpark (GR) von 1917—1971

Von **HERMANN EUGSTER**
Trogen **AR**

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----|
| A. Einleitung | 368 |
| Morphologische Untersuchungen | 370 |
| a) EMIL CHAIX | 370 |
| b) ANDRÉ CHAIX | 370 |
| c) JOSEF DOMARADZKI | 370 |
| d) HEINRICH JÄCKLI | 370 |
| B. Photogrammetrische Kartierung | 370 |
| I. Einleitung. | 370 |
| II. Vermessungen und luftphotogrammetrische Aufnahmen | 372 |
| III. Verwendung der photogrammetrischen Kartierung | 372 |
| 1. Gesamtbild der Luftaufnahmen | 272 |
| 2. Kurvenpläne | 372 |
| 3. Lageveränderung der eingemessenen Punkte im Blockstrom | 375 |
| 4. Veränderungen der Oberfläche des Blockstroms | 375 |
| 5. Geologische Kartierung | 376 |
| 6. Geoelektrische Sondierungen | 378 |
| 7. Kinematographische Zeitraffung | 378 |
| C. Neuere Beobachtungen | 379 |
| I. Art und Herkunft des Materials | 379 |
| II. «Sandwichpackung» | 379 |
| III. Kaverneneis | 382 |
| Zusammenfassung | 383 |
| Benützte Literatur | 383 |

A. Einleitung

Das Phänomen der Blockströme angerechnet, erst spät die Aufmerksamkeit der Geologen auf sich. Als erster machte **EMIL CHAIX** auf diese eigenartigen Erscheinungen im Schweizerischen Nationalpark aufmerksam. Er erhielt 1917 von der Wissenschaftlichen Nationalparkkommission den Auftrag, das Nationalparkgebiet morphologisch zu untersuchen (1918). **ANDRÉ CHAIX** setzte dann die begonnenen Untersuchungen fort (1923). **JOSEF DOMARADZKI** befasste sich unter der Leitung von Prof. **HANS BOESCH** mit den Blockströmen im Nationalparkgebiet und jenen in der näheren und weiteren Umgebung (1951). **HEINRICH JÄCKLI** behandelte in der «Gegenwartsgeologie des Bündner-

es Blockstroms nalpark (GR)

| | |
|-------|-----|
| ..... | 368 |
| ..... | 370 |
| ..... | 370 |
| ..... | 370 |
| ..... | 370 |
| ..... | 370 |
| ..... | 370 |
| ..... | 370 |
| ..... | 372 |
| ..... | 372 |
| ..... | 272 |
| ..... | 372 |
| ..... | 375 |
| ..... | 375 |
| ..... | 376 |
| ..... | 378 |
| ..... | 378 |
| ..... | 379 |
| ..... | 379 |
| ..... | 379 |
| ..... | 382 |
| ..... | 383 |
| ..... | 383 |

ät die Aufmerksamkeit der
genartigen Erscheinungen
17 von der Wissenschaft-
kgebiet morphologisch zu
nen Untersuchungen fort
n Prof. HANS BOESCH mit
äheren und weiteren Um-
rtsgeologie des Bündneri-

sehen Rheingebietes» die Blockströme in diesem Gebiet (1957). Alle bisherigen Untersuchungen im Val Sassa waren auf die Morphologie dieser Phänomene der Lockergesteine gerichtet. Damit fand die erste Phase einen gewissen Abschluss.

Über die Fragen nach der Ursache der Bewegung, welche Rolle das Toteis, der Frost, das Wasser, das Gefälle der Unterlage dabei spielen, konnten nur Vermutungen angestellt werden. Es fehlten die nötigen Grundlagen. Um diese zu beschaffen, bedurfte es zunächst genauerer Vermessungen, die es ermöglichen, ziffernmässige Werte für die mannigfaltigen Veränderungen zu gewinnen, sei es an der Oberfläche oder im Blockstromkörper selbst. Von dieser als zweite Phase der Untersuchungen bezeichneten Resultate handelt der vorliegende Bericht.

In einer dritten Phase soll die Dynamik der Blockstrombewegung auf physikalischen Grundlagen erforscht werden.

Balgende Unterlagen zu dieser Arbeit sind im Nationalpark-Museum Chur deponiert:

- 1) Kurvenkarte 1951, 1:1000, 1 m Äquidistanz
- 2) Kurvenkarte 1954, 1:1000, 1 m Äquidistanz
- 3) Kurvenkarte 1958, 1:1000, 1 m Äquidistanz
- 4) Kurvenkarte 1963, 1:1000, 1 m Äquidistanz
- 5) Punktkarte 1:2000, Verschiebungen 1:100
- 6) Weitere Fotos mit Details des Blockstromes
- 7) Technischer Bericht über die Vermessung und photogrammetrische Kartierung des Blockstromes im Val Sassa 1951-1959, von Prof. Dr. M. ZELLER (24. August 1961)
- 8) Inventar der im Photogrammetrischen Institut der ETH archivierten Dokumente

An dieser Stelle sei allen bestens gedankt, die durch Rat und Tat mitgeholfen haben, die Grundlagen zu beschaffen für die Weiterführung der Untersuchungen des Blockstroms im Val Sassa: Herr Prof. FRITZ BAESCHLIN machte mich bekannt mit der geeigneten Kartierungsmethode, die HERRN Direktor MAURICE DE RAEMY und Ing. BRENN-EISEN von der Eidgenössischen Landestopographie ermöglichten die ersten photogrammetrischen Luftaufnahmen und deren Auswertung, Herr Prof. Dr. R. HAEFELI gab Ratschläge, die sich aus seinen Erfahrungen in der Gletschervermessung ergaben, Herr Prof. Dr. FRITZ KOBOLD befasste sich mit der Kontrolle der geodätischen Vermessungspunkte und stellte seinen Assistenten GUTZWILLER für die Feldarbeiten zur Verfügung, Herr cand. geol. HANS HEIERLI führte die erste Signalisierung durch. Wesentlichen Anteil am Erfolg der Arbeit ist Herrn Prof. Dr. h. c. MAX ZELLER zuzuerkennen. Er beteiligte sich persönlich bei den Feldarbeiten und Auswertungen der Flugaufnahmen, an denen Herr Dipl.-Ing. R. SCHLUND und die Assistenten Dipl.-Ing. BORMANN, CAFLISCH, FLOTRON, KÖCHLE und REINHART beteiligt waren. Herr Prof. H. KASPER besorgte die Befliegung 1968 und deren kostenlose Auswertung, Herr Dr. h. c. R. STREIFF-BECKER gab aufgrund seiner gründlichen Kenntnisse der Gletscherphänomene wertvolle Hinweise auf die Deutung morphologischer Formen, Herr Dr. WALTER FISCH prüfte die Möglichkeit der Anwendung geoelektrischer Sondierungen und machte aufmerksam auf die Bildung von Kaverneneis und deren Bedeutung für die Bewegung von Lockergesteinsmassen, Herr H. W. TRABER beriet uns über die kinematographische Zeitraffung der Blockstrombewegung. Last not least verdanke ich der Wissenschaftlichen Nationalparkkommission im besonderen ihrem Präsidenten Prof. Dr. J. G. BAER und den Herren Präsidenten der geologischen Subkommission Prof. Dr. HANS BOESCH und Prof. Dr. RUDOLF TRÜMPY ihr Interesse an der Arbeit und die finanzielle Unterstützung, indem sie die während vieler Jahre eingereichten Kreditgesuche stets bewilligten. Herrn Prof. Dr. KENNETH J. HSÜ und seinem Assistenten cand. geol. SVEN GIRSPERGER gebührt besonderer Dank für ihre Bereitschaft, die dynamische Untersuchung an die Hand zu nehmen.

a) **EMIL CHAIX** erhielt 1917 von der Wissenschaftlichen Nationalparkkommission den Auftrag, «de faire une étude du Parc au point de vue de la géographie physique». Er war der Entdecker der Blockströme im Gebiet des Parkes (E. CHAIX, 1918).

b) **ANDRÉ CHAIX** hielt sich, die Studien fortführend, in den Jahren 1918 27 Tage, 1919 24 Tage und 1921 15 Tage im **Parkgebiet** auf. Er widmete sich besonders dem Studium der Blockströme im **Val Sassa** und **Val de l'Acqua**. In seiner Publikation (1923) gibt er eine genaue Beschreibung der Blockströme im **Val Sassa**, **Val de l'Acqua**, **Tantermozza** und vergleicht sie mit jenen auf der **Lenzerheide**, **Arosa**, **Alp Tschitta** des **Ural**, **Falkland Isles** und mit dem «**Rock Glaciers**» in den **San Juan Mountains** (Colorado).

c) **JOSEF DOMARADZKI** (1951) untersuchte unter der Leitung von Prof. **HANS BOESCH** die Blockströme im Kanton Graubünden auf morphologischer Grundlage und beschreibt auch den Blockstrom im **Val Sassa**.

d) **HEINRICH JÄCKLI** (1957) befasste sich mit einer Reihe von Blockströmen im bündnerischen Rheingebiet, im besondern mit Massenverlagerung durch **Blockstrombewegungen**. Über die Entstehung der Blockströme äussert er sich wie folgt: «Solange nicht nur die **granulometrische** Zusammensetzung und der Wasser- und Eisgehalt in der Tiefe noch unbekannt sind, sondern auch über die **Fliessgeschwindigkeiten** mit ihren jahreszeitlichen Schwankungen in tieferen Partien unter der Oberfläche noch alle **Anhaltspunkte** fehlen, solange sind wir auch von einer zuverlässigen Erklärung der Genese der Blockströme und des Verständnisses ihres Bewegungsablaufes noch weit entfernt.»

H. **JÄCKLI** untersucht gegenwärtig im Auftrag der **WNPK** den Blockstrom in der **Val de l'Acqua**.

B. Photogrammetrische Kartierung

I. Einleitung

In der von **A. CHAIX** publizierten Tabelle der Ergebnisse seiner Messungen fehlen einige Daten als Folge des Verlustes der markierten Gesteinsblöcke durch Herabrollen aus überkippter Lage oder durch Verschwinden in den Spalten der Scherzonen. Dadurch wurden die Messungen unvollständig. Aus einem weiteren Grunde erkannte man die Notwendigkeit, den Blockstrom in seiner ganzen Ausdehnung und nicht bloss auf bestimmten **Querprofilen** in seiner Veränderung zu kontrollieren. Es sollte eine Grundlage geschaffen werden, um das Ausmass der Lageveränderung eines jeden beliebigen Punktes im Blockstrom, von der Stirn bis in die Karmulde, ziffernmässig zu erfassen und die Sondierungen in einem Plan genau zu lokalisieren. Dass der Blockstrom sich nicht als eine einheitliche Masse von **Lockergesteinen** bewegt, zeigt sich in der Bildung sekundärer Blockströme, im besondern durch solche, die auf dem Rücken des Hauptstromes entstehen.

Anlässlich einer geologischen Exkursion im Jahre 1944 wurde diese Forderung diskutiert. Von Herrn Prof. **FR. BÄSCHLIN**, der an der Exkursion teilnahm, wurde die Methode empfohlen, welche die Eidgenössische Vermessungsdirektion bereits mit Erfolg bei der Kontrolle der Gletscherbewegung anwandte. Man sah eine Lösung in folgendem Vorgehen: die **WNPK**, deren **vornehmliche Aufgabe** es ist, langfristige Untersuchungen im **Nationalparkgebiet** zu betreiben, soll für die Kontinuität der photogrammetrischen Aufnahmen und deren Auswertung verantwortlich sein. Die Eidgenössische Landestopographie organisiert die Flüge. Die Kosten gehen zu Lasten der **WNPK**.

Nationalparkkommission
la géographie physique».
(E. CHAIX, 1918).

n Jahren 1918 27 Tage,
nete sich besonders dem
seiner Publikation (1923)
, Val de l'Acqua, Tanter-
, Alp Tschitta des Ural,
n Mountains (Colorado).
leitung von Prof. HANS
logischer Grundlage und

e von Blockströmen im
rung durch **Blockstrom-**
sich wie folgt: «Solange
ser- und Eisgehalt in der
hwindigkeiten mit ihren
Oberfläche noch alle An-
en Erklärung der Genese
ufes noch weit entfernt.,
den Blockstrom in der

ng

seiner Messungen fehlen
löcke durch Herabrollen
der Scherzonen. Dadurch
runde erkannte man die
und nicht bloss auf **be-**
Es sollte eine Grundlage
jeden beliebigen **Punk-**
ässig zu erfassen und die
lockstrom sich nicht als
h in der Bildung **sekun-**
ticken des Hauptstromes

rde diese Forderung **dis-**
on teilnahm, wurde die
irektion bereits mit Er-
sah eine Lösung in **fol-**
s ist, langfristige **Unter-**
tinuität der **photogram-**
sein. Die Eidgenössische
Lasten der **WNPk**.



BLOCKSTROM VAL SASSA
1911

Fig. 1.
Gesamtansicht des Blockstromes im Val Sassa.

II. Vermessungen und luftphotogrammetrische Aufnahmen

Der oben erwähnte Vorschlag fand bei der WNPK gute Aufnahme. Dank des Interesses und persönlichen Einsatzes des Herrn Direktor MAURICE DE RÆMY von der Eidgenössischen Landestopographie wurde im Jahre 1947 Val Sassa und Val da l'Acqua befliegen, um zunächst die Frage der Signalisierung abzuklären. Nach der Überprüfung der Aufnahmen stellte sich heraus, dass eine sorgfältige Signalisierung und terrestrische Vermessungen unerlässlich sind für die Erreichung des gesteckten Zieles. Herr Prof. FR. KOBOLD liess durch seinen damaligen Assistenten GUTZWILLER die Fixpunkte der Triangulation kontrollieren. Für die erste Signalisierung wurde cand. geol. HANS HEERLI gewonnen. So konnte am 13. Oktober 1951 der erste Flug für die Kartierung des Blockstroms im Val Sassa ausgeführt werden. In den folgenden Jahren übernahm Herr Prof. MAX ZELLER persönlich die Kontrolle der Festpunkte und geodätischen Bestimmungen einiger Punkte im Blockstrom, die zur Einpassung der Luftaufnahmen dienten. In zeitlichen Intervallen von 3, 4, 5 und 6 Jahren wurden Originalpläne im Massstab 1:1000 mit 1 m Äquidistanz hergestellt.

III. Verwendung der photogrammetrischen Kartierung

1. Das Gesamtbild der Luftaufnahmen (Fig. 1)

gibt bereits Auskunft über die Entstehung der Blockströme. Es zeigt überraschenderweise, dass es sich nicht nur um einen einzigen Blockstrom handelt. Im obersten Abschnitt, im Kargebiet, liegt an Stelle eines einheitlichen Firnfeldes eine chaotische Schuttmasse mit vereinzelt Schneefeldern, Resten von Lawinenschnee. Die Vermessungen der Festpunkte in diesem Gebiet ergaben, wenn auch eine geringe, so doch eine talwärts gerichtete Bewegung. Im Gesamtbild der Luftaufnahmen wurden Oberflächenformen sichtbar, die als Embryonen von Blockströmen bezeichnet werden können.

Im mittleren Abschnitt gleitet von der linken Talseite Gehängeschutt beträchtlichen Ausmasses in zwei stromförmigen Bahnen über die Seitenmoränen des ehemaligen Gletschers. Im Unterschied zum Blockstrom, der hauptsächlich aus Moränenmaterial besteht, sind diese in Bewegung geratenen Gehängeschuttmassen als Schuttströme zu bezeichnen.

Im unteren Abschnitt bewegt sich der eigentliche Blockstrom zwischen Seitenmoränen des ehemaligen Gletschers, überbort dessen Endmoräne und fliesst weiter talwärts. Die vier und mehr Meter hohen Seitenmoränenwälle verhindern das Vermischen mit dem Gehängeschutt.

Damit ist das Blockström-Problem im Val Sassa in seiner Komplexität umrissen.

2. Die Kurvenpläne

ermöglichen eine genauere Abmessung für die Länge des Blockstroms:

Von der Stirn bis Kote 2500: 1500 m.

Von der Stirn bis und mit der Karmulde: 2400 m.

Die Breite des ehemaligen Gletschers (inklusive Seitenmoränen)

auf Kote 2210: 115 m,

auf Kote 2280: 150 m.

Aufnahmen

nahme. Dank des Inter-
 DE RAEMY von der Eid-
 sa und Val da l'Acqua
 Nach der Überprüfung
 erung und terrestrische
 kten Zieles. Herr Prof.
 LER die Fixpunkte der
 rde cand. geol. HANS
 Flug für die Kartierung
 den Jahren übernahm
 e und geodätischen Be-
 gung der Luftaufnahmen
 wurden Originalpläne im

Kartierung

Es zeigt überraschender-
 ndelt. Im obersten Ab-
 anfeldes eine chaotische
 menschnie. Die Vermes-
 ne geringe, so doch eine
 en wurden Oberflächen-
 eichnet werden können.
 geschütt beträchtlichen
 öränen des ehemaligen
 h aus Moränenmaterial
 en als Schuttströme

strom zwischen Seiten-
 öräne und fließt weiter
 e verhindern das Ver-

omplexität umrissen.

ckstroms:

en)

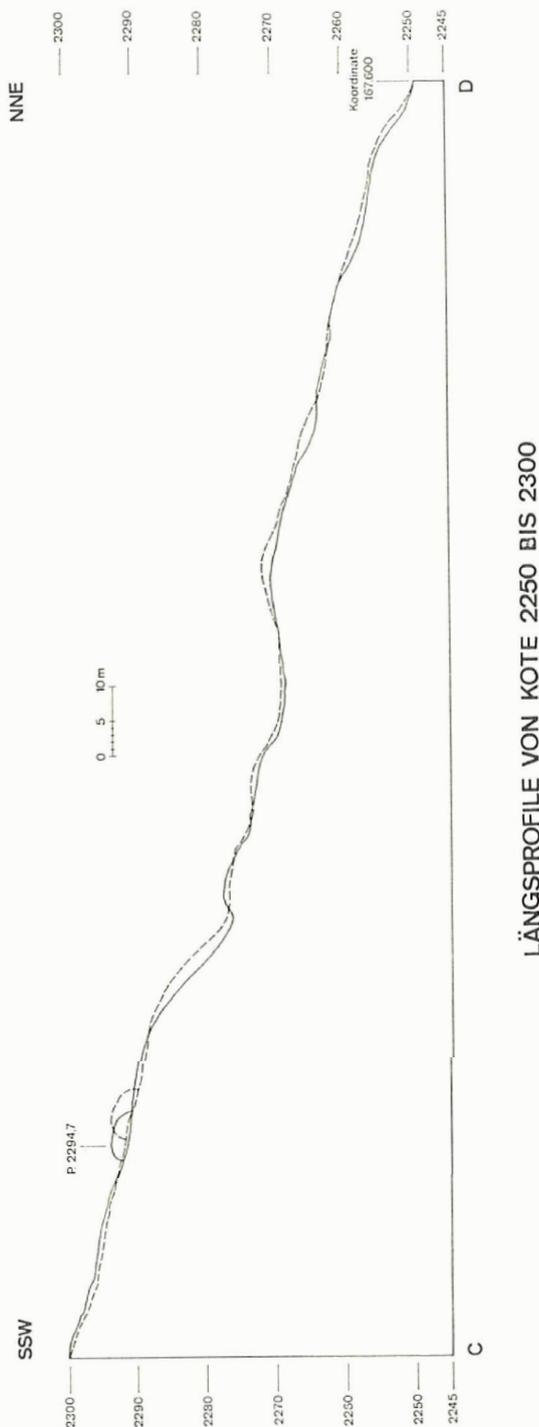


Fig. 2. Längsprofile durch die Stirn des sekundären Blockstromes (Punkt 26) nach Kurvenplan 1951 und 1963 übereinandergezeichnet (C-D).

Die Breite des Blockstroms

auf Kote 2120: 85 m,

auf Kote 2160: 75 m,

auf Kote 2190: 55 m,

auf Kote 2270: 70 m;

unter Einbezug der sekundären Blockströme

auf Kote 2360: 70 m,

auf Kote 2400: 140 m.

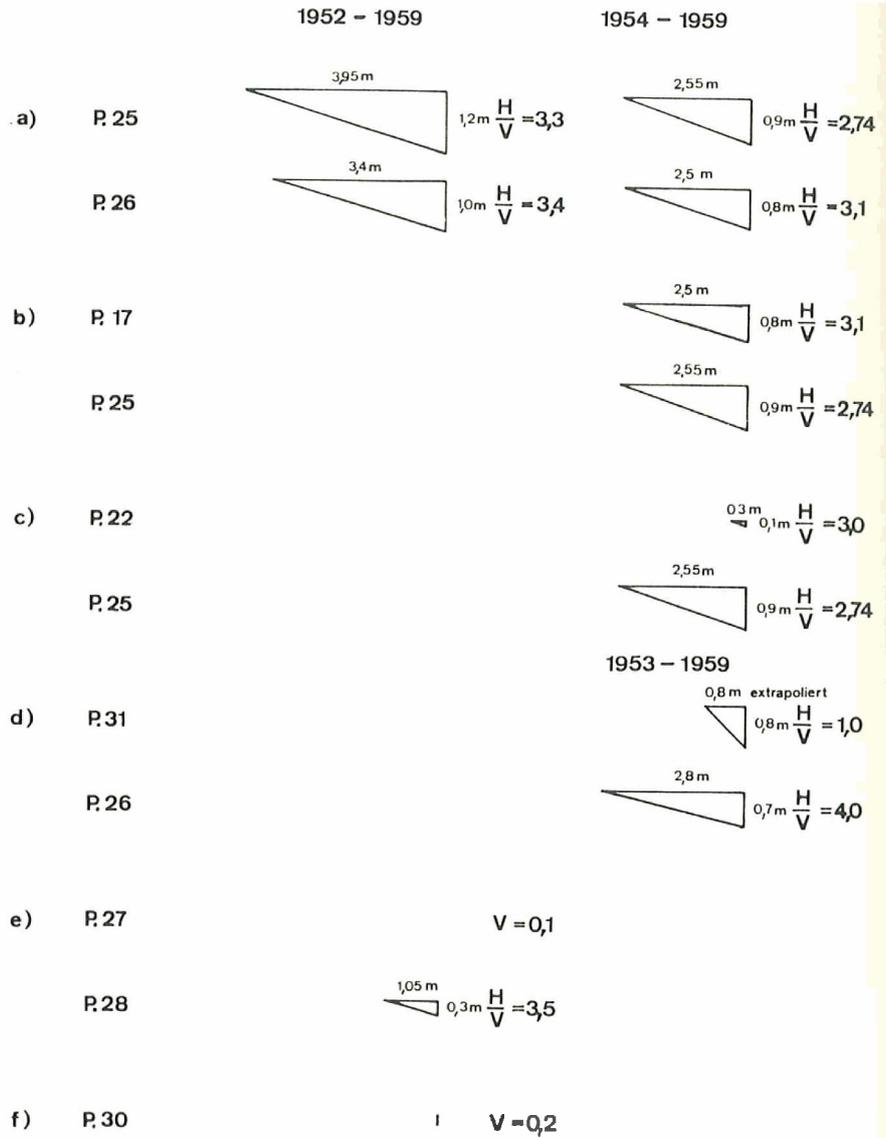
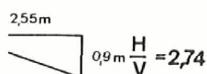
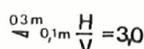


Fig. 3.

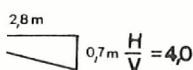
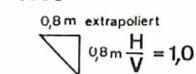
Bewegungsdiagramme der eingemessenen Punkte, (P. 30 ist in der im Nationalparkmuseum deponierten Punktkarte eingetragen).

10: 85 m,
 10: 75 m,
 10: 55 m,
 10: 70 m;
 10: 70 m,
 10: 140 m.

1959



1959



3. Die Lageveränderung der eingemessenen Punkte in Blockstrom

ergibt sich aus der **Punktkarte**. Daraus sind die Werte für die Horizontalkomponente H und die Vertikalkomponente V sowie die Richtung der Verschiebung zu entnehmen.

In den **Bewegungsdiagrammen** (siehe Fig. 3) sind die Daten übersichtlich dargestellt.

Der Quotient H/V ergibt einen Wert, der charakteristisch ist für die **Art** der Bewegung. Als Beispiele seien folgende Punkte in ihrer Lageveränderung miteinander verglichen:

- Punkt 25 (auf der Stirn des Blockstroms) verglichen mit:
 Punkt 26 (auf der Stirn des sekundären Blockstroms) in der Zeit 1952–1959 (siehe Fig. 3a); H/V für Punkt 25 = 3,3; für Punkt 26 = 3,4. Sie bewegten sich in der Zeit analog von 1952–1959.
- Punkt 17 (in der **Strommitte** des Hauptstromes) verglichen mit:
 Punkt 25 (auf der Stirn des Blockstroms) in der Zeit von 1954–1959 (siehe Fig. 3b); H/V für Punkt 17 = 3,1; für Punkt 25 = 2,74;
 Grösse und **Art** der Lageveränderung ist nicht wesentlich verschieden.
- Punkt 22 (im Blockstrom 550 m oberhalb Punkt 25) verglichen mit:
 Punkt 25 (auf der Stirn des Blockstroms) in der Zeit von 1954–1959 (siehe Fig. 3c); H/V für Punkt 22 = 3,0; für Punkt 25 = 2,74.
 Diese **beiden** Punkte zeigen dieselbe Art der Lageveränderung, in der Grösse sind sie jedoch sehr verschieden.
- Punkt 31 (325 m oberhalb Punkt 26) verglichen mit:
 Punkt 26 (auf der Stirn des sekundären Blockstroms) in der Zeit 1953–1959 (extrapoliert 1957–1953, siehe Fig. 3d); H/V für Punkt 31 = 1,0; für Punkt 26 = 4,0.

Die **beiden** Punkte bewegen sich verschieden in der Art und im Ausmass.

Bemerkenswert ist das Resultat des Vergleichs der Punkte 27 und 28 (beide liegen auf der Stirn eines Schuttstromes) für die Zeit von 1952–1959 (siehe Fig. 3e); V für Punkt 27 = 0,1 m; H/V für Punkt 28 = 3,5.

Der Umstand, dass der Punkt 28 den annähernd gleichen Wert für H/V aufweist wie der Punkt 26, der auf dem sekundären **Blockstrom** liegt, während der Punkt 27 praktisch stationär bleibt, berechtigt zur Annahme, dass der Schuttstrom des Punktes 28 durch den darunter liegenden sekundären Blockstrom passiv bewegt wird.

Aus dem oben erwähnten Daten ergibt sich ferner die Tatsache, dass talaufwärts die Verschiebung der eingemessenen Punkte abnimmt, in der Zeit von 1954–1959:

| | | |
|--|---------------------|--------------|
| Punkt 25 (auf der Stirn des Blockstroms) | H = 2,55 m; V = 0,9 | $H/V = 2,74$ |
| Punkt 10 (150 m oberhalb Punkt 25) | H = 2,5 m; V = 0,8 | $H/V = 3,1$ |
| Punkt 22 (550 m oberhalb Punkt 25) | H = 0,3 m; V = 0,1 | $H/V = 3,0$ |

Auch auf dem sekundären Blockstrom von Punkt 26 nimmt die horizontale Verschiebung ab; für Punkt 26 ist H = 2,8 m; für die Zeit von 1953 bis 1959 für Punkt 31 (325 oberhalb Punkt 26) ist H = 0,8 m.

4. Die Veränderungen an der Oberfläche des **Blockstroms**

Aufgrund der **Kurvenpläne** lassen sich Längs- und Querprofile konstruieren, die in räumlicher Anordnung die Veränderungen der Oberfläche des Blockstroms dreidimensional erfassen. Sie wurden durch die periodisch wiederholten Kartierungen von 1951 an verfolgt. An ein paar wenigen Beispielen möge dies gezeigt werden:

- Längsprofil durch die Blockstromstirn von Punkt 2093,2 bis Kote 2150 nach dem Kurvenplan 1954 (Falttafel: Längsprofil und Profil A — B). Das Profil **schneidet** zwei **wulstförmige** Erhebungen und im obersten Teil eine Gleitfläche, die 45° in der **Fließrichtung** einfällt und eine vertikale Versetzung von 0,5 m bewirkt.
- Zur Darstellung der Veränderung der Oberfläche des sekundären Blockstroms Punkt 26 (2294,7) im **Zeitintervall** von 1951 bis 1963 sind die betreffenden Längsprofile übereinander gezeichnet (Fig.2 und Falttafel, Profil GD).
- Das Querprofil durch die Blockstromstirn (73 m oberhalb Punkt 2093,2) nach dem Kurvenplan 1954 (Falttafel, Profil E—F) weist eine konvexe Oberfläche auf, die im Gegensatz zu Profil G H, in der Sackungszone. Auf der rechten Seite kommt eine Gleitfläche zum Schnitt, die **etwa** 50° nach WNW einfällt und eine vertikale Versetzung von etwa 4 m bewirkt.
- Das Querprofil **durch** die Sackungszone (348 m oberhalb Punkt 2093,2) nach Kurvenplan 1954 (Falttafel, Profil G—H) weist eine auffallend tiefe Einsackung des Blockstroms auf: links rund 5 m, rechts rund 6 m. Die Sackungswälle kommen in der **wellenförmigen Profilinie** zum Ausdruck.

Über die Genauigkeit der Profile ist folgendes zu sagen: Im Kurvenplan 1951 sind gewisse **Höhen-** und Lagefehler zu berücksichtigen. Der Kurvenplan 1954 ist einwandfrei, jener von 1958 gibt bei einwandfreier Genauigkeit das Maximum an Details, die in diesem Massstab noch dargestellt werden können (siehe «**Technischer Bericht**» von Prof. M. ZELLER).

Für die **Profilkonstruktionen** eignet sich nach bisherigen Erfahrungen der Massstab 1:200 am besten. Bei einem Massstab 1:400 bestehen Schwierigkeiten im unterscheidbaren Zeichnen der **Profillinien**, wenn 2 Profile übereinander gezeichnet werden. Aus diesem Grunde **wurden** die Profile in 1:200 konstruiert.

Den entworfenen Profilen haften Fehler an, die noch zu beheben sind. Die hier **gegebenen** Beispiele mögen vorläufig zeigen, dass es möglich ist, die morphologischen Veränderungen aufgrund der **Kurvenpläne** ziffernmässig zu erfassen.

Akkumulation und **Massenschwund** können aufgrund der Kurvenpläne **ermittelt** werden.

5. Die geologische **Kartierung** (Falttafel)

Schon die **Zusammenstellung** der photogrammetrischen **Luftaufnahmen** (Fig.1) entwirft uns ein Bild der Komplexität des Blockstroms. Die geologische Kartierung hat den Zweck, die morphologischen bedeutsamen Oberflächenformen durch Signaturen zu verdeutlichen. Damit erhalten wir ein Bild der Bewegung in der grossen Masse von Lockergesteinen **und** bei **Überlagerung** der morphologischen Elemente lässt sich das Geschehen zeitlich einstufen. Beim Vergleich der **Kartierungen** verschiedener Jahre ergeben sich Hinweise von entscheidender Wichtigkeit für die Abklärung der Ursachen der Bewegungen.

In der geologischen Karte kommt folgendes zur Darstellung (siehe Legende):

Die Moränen des ehemaligen Gletschers **weisen** keine messbaren **Verschiebungen** auf.

Der **Blockstrom** zeichnet sich **zwischen** den markanten Seitenmoränen in seiner Länge und Breite deutlich ab. Während des Abschmelzens des Gletschereises floss er über die Endmoräne um rund 12 m talwärts hinaus.

bis Kote 2150 nach dem
 3). Das Profil schneidet
 leitfläche, die 45° in der
 5 m bewirkt.

ären Blockstroms Punkt
 betreffenden Längsprofile

Punkt 2093,2) nach dem
 berfläche auf, die im Ge-
 Seite kommt eine Gleit-
 ne vertikale Versetzung

Punkt 2093,2) nach Km-
 tiefe Einsackung des
 ngswälle kommen in der

Kurvenplan 1951 sind
 plan 1954 ist einwand-
 imum an Details, die in
 hnischer Bericht* von

ährungen der Massstab
 gkeiten im unterscheid-
 gezeichnet werden. Aus

ben sind. Die hier gege-
 morphologischen Ver-
 l.
 Kurvenpläne ermittelt

ufnahmen (Fig. 1) ent-
 che Kartierung hat den
 durch Signaturen zu
 er grossen Masse von
 emente lässt sich das
 i verschiedener Jahre
 klärung der Ursachen

siehe Legende):
 aren Verschiebungen

itenmoränen in seiner
 schereises floss er über

Infolge unterschiedlicher Geschwindigkeit der Bewegung entsteht ein sekundärer Blockstrom auf dem Rücken des Hauptstromes.

Die Schuttströme unterscheiden sich von den Blockströmen, die aus dem ehemaligen Gletscher entstanden sind und hauptsächlich aus Moränenmaterial bestehen, dadurch, dass sie aus den Schutthalden hervorgehen und aus Gehängeschutt bestehen. Sie endigen ebenfalls mit einer ausgeprägten stirnformigen Schuttanhäufung.

Im Kurvenplan 1963 ist die Stirn eines Schuttstromes Punkt 30, 2539,96 (in der LK 1:25000 Punkt 2540), gerade noch erfasst worden. In den Luftaufnahmen 1968 ist ersichtlich, dass er sich von der grossen Schutthalde der westlichen Karwand in die Kar mulde bewegt. Zwei weitere Schuttströme endigen bei Punkt 28 und Punkt 27.

Die Lawinenschuttkegel sind im Kargebiet sehr häufig. Sie überdecken sich seitlich derart, dass sie nicht ausgeschieden wurden. Jedes Jahr gehen die Lawinen nieder. Dadurch kommt es zur alternierenden Lagerung von Schnee und Lawinenschutt (siehe unten, Sandwichpackung).

Im mittleren Teil, zwischen Kote 2270 und 2280, finden wir «Sandwichpackungen» (in der geologischen Karte [Falttafel] besonders hervorgehoben).

Sackungen kommen in drei Zonen vor:

1. Zwischen den Koten 2160 und 2170
2. Zwischen den Koten 2170 und 2190 (Fig. 4)
3. Zwischen den Koten 2190 und 2200

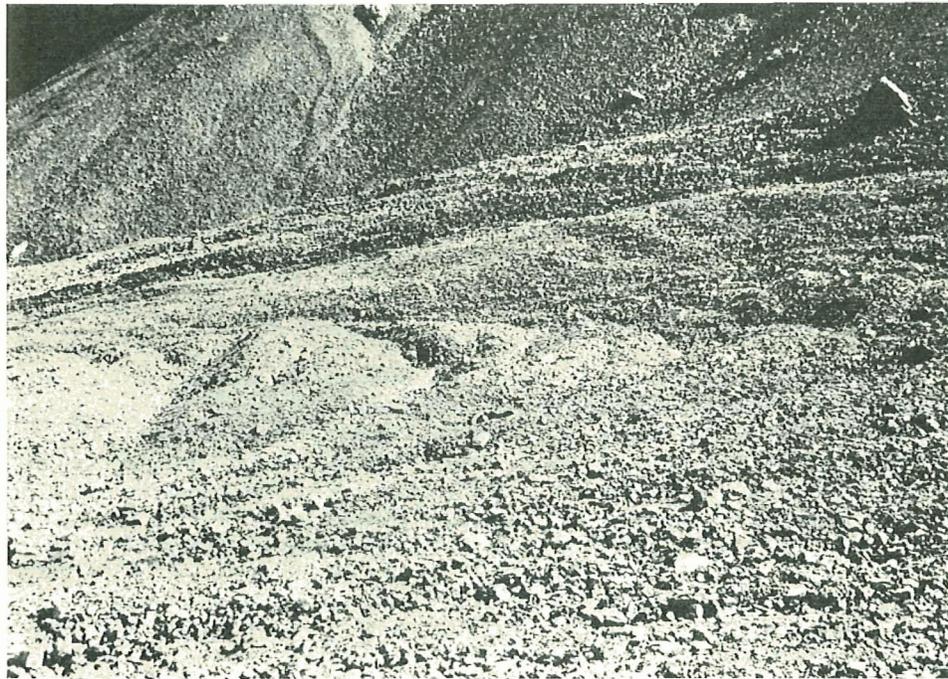


Fig. 4.
 Sackungsgebiet zwischen den Koten 2170 und 2190. Mittlerer Abschnitt (Photo 24. September 1965).

In den **Anrisszonen** tritt an den Gleitflächen feuchtes Material von feinerer **Körnung** zutage, zahlreiche konzentrisch angeordnete, in der Fließrichtung konkave Wälle (**Sackungswälle**) lassen die **Grösse** der Sackungen erkennen. Gegen die **Blockstromstirn** folgen **girlandenförmige** Fließwälle, die talwärts konvex gebogen sind. Im mittleren Abschnitt sind sie verschieden hoch, **1,5–2,50 m**, stellenweise bis 5 m.

Ähnliche Formen sind auch bei Gletschern, im besondern unterhalb von **Gefällsbrüchen**, anzutreffen. Sie sind als «**Ogiven**» bekannt. Die **Ogiven** entstehen durch Stauung der **Oberflächenschicht** des Gletschers; die plastische Eismasse **in der Tiefe fließt** rascher auf die oberflächennahe Zone (R. **STREIFF-BECKER**, 1943, p. 129). Im Blockstrom dagegen bewegt sich der **oberflächennahe** Teil rascher als der tiefere, was sich im Abrollen der Gesteine von der **übersteilen** Kante der Stirnpartie und auch am Ausstossen des schwarzen Schlammes verrät (**Fig. 7**).

Scherflächen erkennt man an den zwar selten offenen Spalten. Meistens **sind** sie von Schutt verdeckt. Beim Schliessen der Spalten bilden sich Furchen **gefüllt** mit grobem Schutt, der in die **Spalten gerollt** ist. Gelegentlich **findet** man **darin eingeklemmte, senkrecht** aufgerichtete **Gesteinsplatten**, die in die Spalte geglitten sind und beim Schliessen derselben in der **auffallenden** Stellung festgehalten wurden.

Wie bei den **Gletschern** die Eismasse an der Gletscherzunge, wenn sie sich **frei** bewegen kam, zur **lappenförmigen** Ausweitung strebt, wodurch sich **strahlenförmig** angelegte Spalten entwickeln, so bilden sich an der Blockstromstirn divergierende Scherflächen und Furchen.

6. Geoelektrische Sondierung

Im September 1944 wurde auf einer gemeinsamen Begehung des Val Sassa mit Dr. **WALTER FISCH*** die Frage geprüft, ob die Methode der geoelektrischen Sondierung zur Bestimmung der Mächtigkeit der Schuttmasse und der Zonen verschiedener **Körnung** sowie Feuchtigkeit geeignet sei. Neuerdings wurde diese Frage geprüft. Die **Durchführung** der Sondierungen musste jedoch der Kosten wegen auf spätere Zeiten **verschoben** werden.

7. Kinematographische **Zeitraffung**

Zweck: Sichtbarmachen der Bewegung des Blockstroms in seiner **Gesamtheit** in Ergänzung der photogrammetrischen und geologischen **Kartierung**. Dadurch können dynamische Charakteristiken in ihrem Zeitablauf besser erkannt werden. Unter den damals gegebenen Umständen wurde der Versuch auf die Blockstromstirn beschränkt (siehe «**Technischer Bericht**» von Prof. M. **ZELLER**). Für weitere Versuche wurde die Schummerung der Kurvenpläne und **nachherige** Abstraktion der Kurven unter **Beibehaltung** der Helligkeitswerte (Tonung) vorgeschlagen. Wegen der hohen Kosten mussten die Versuche aufgegeben werden. Heute, da nun Kurvenpläne von 1951 bis 1967 zur Verfügung stehen, wäre es doch lohnend zu prüfen, ob statt Schummerung die **Aufnahmen** des Blockstroms in **reliefartigen** Modellen bei geeigneter Beleuchtung tauglicher wären.

* Dr. **WALTER FISCH**, geophysikalische, geologische und hydrologische Untersuchungen, **Seestrasse 64, 8802 Kilchberg**.

C. Neuere Beobachtungen

I. Art und Herkunft des Materials

Im Gesamtbild der photogrammetrischen Luftaufnahmen (Fig. 1) und in der geologischen Kartierung (Faltable) ist ersichtlich, wie sich auf der linken Seite des Blockstroms aus den **grossen** Schutthalden beachtliche Massen von Gehängeschutt auf den Blockstrom bewegten. Dabei entstehen Fliessformen des Lockergesteinmaterials **ähnlich** jenen der Blockströme. In bezug auf die Herkunft und Art des Materials sind die aus Gehängeschutt bestehenden Fliessformen als Schuttströme zu bezeichnen. Im Gegensatz dazu stammen die Blockströme von ehemaligen Gletschern und führen hauptsächlich Moränenmaterial.

Was die Gesteinsart **betrifft**, ist zu sagen, dass sie in **beiden** Fällen aus der ostalpinen Trias stammen, und zwar sind folgende Gesteinsarten vertreten:

1. **Dünnbankige** und schieferige, leicht mergelige Kalke und Mergel der Quatravalschichten; die oberen Mergel treten nur im untersten Teil der Crappa Mala und ausserhalb des Blockstroms auf.
2. Grobblockige Kalke und Dolomite der Diavelschichten und obernorische Dolomite.
3. Plattige Kalke und Tonschiefer (Plattenkalke).
4. Tonschiefer, mergelige Lumachellen und Mergelkalke des Rhät. Von diesem Stratigraphischen Horizont stammt der grosse Anteil feinen Gesteinsmaterials.

Die Materialzufuhr dauert an, ist aber je nach Herkunft und Transportart sehr verschieden gross. Den Hauptanteil liefern die Lawinen. Von **beiden** Seiten des Tales gehen Trocken- und **Nassschneelawinen** nieder und führen grobes und feinstes Material zu Tal. Materialzuwachs und **-schwund** können **aufgrund** der **Kurvenpläne** ermittelt werden.

Im obersten Abschnitt, im Kargebiet, ist der Zuwachs am **grössten**. Von allen Seiten stürzen Lawinen nieder und füllen die Karmulde mit Lawinenschutt. Hier formen sich bereits, wie die geologische Kartierung erkennen lässt, durch langsame Verschiebung blockstromartige Gebilde, «Blockstrom-Embryonen».

II. «Sandwichpackung»

Auf eine Beobachtung von besonderer Bedeutung sei noch verwiesen. Bei Punkt 29 (siehe **Punktarte**)* **2551,8** bietet sich folgendes Bild (Fig. 5): Der mit Schutt beladene **Lawinenschnee** des Winters **1953/54** liegt auf dem 0,9 bis 1,2 m mächtigen Schutt, der von der Lawine des Winters **1952/53** stammt. Darunter folgt eine etwa 80 cm mächtige Schicht körnigen Firnschnees als Rest des im Sommer 1953 nicht vollständig geschmolzenen **Lawinenschnees** des Winters **1952/53**. Seine Unterlage ist die Schuttschicht, die von der Lawine des Winters 1951/52 stammt. Der zwischen den **beiden** Lawinenschuttschichten eingepackte Lawinenschnee besteht aus körnigem Firnschnee. In einem Jahr bildet sich aus dem Neuschnee oder Lawinenschnee Firnschnee. Eine 20–30 cm mächtige Schutzdecke kann bereits wesentlich dazu beitragen, dass im Sommer der **Lawinenschnee** nicht vollständig schmilzt. So entstehen Wechsellagerungen von verfirntem Lawinenschnee und Schutt. Wir nennen sie «Sandwichpackung».

*) im Nationalparkmuseum in Clivis **deponiert**.

In der chaotischen Schuttmasse des Kargebietes macht sich aufgrund der Vermessungen des Punktes 31 eine langsame talwärts gerichtete Bewegung bemerkbar (H/V ist 1). Die Richtung der Verschiebung wechselt stark. Diese auffallenden Verhältnisse beruhen auf dem Schmelzen des Lawinenschnees in «Sandwichpackung».

Im mittleren Abschnitt, im Bereich der Koten 2270 und 2280, transportiert die Lawine, die hier jedes Jahr niedergeht, Schutt auf den Blockstrom. Nach dem Ausapern liegen unregelmässige Anhäufungen von unsortiertem Lockergestein (mehrere m^3 mächtige Bergsturzböcke bis feines Material), ungeformte Kieshügel («Kames» und wallartige Rücken aus geschichtetem Kies und Sand «Oser» (R. STREIFF-BECKER, 1943, p. 132). A. CHAIX nennt diese sonderbaren Formen «monticules arqués». Die Zufuhr von Bergsturzmateriel ist im allgemeinen gering.

In diesem Abschnitt wurde an der Stelle, wo Toteis gemeldet wurde, durch Sondierungen Wechsellagerungen von verfirtem Lawinenschnee mit Lawinenschutt «Sandwichpackung» festgestellt (Fig. 6).



Fig. 5.
«Sandwichpackung»
bei Punkt 29, 2551, 8:
Oben Lawine mit Schutt
vom Winter 1953/54,
darunter Lawinenschutt
vom Winter 1952/53
auf Lawinenschnee vom
Winter 1952/53, zu
unterst Lawinenschutt
vom Winter 1951/52.
(Photo 27. Juli 1954).

h aufgrund der Vermes-
ung bemerkbar (H/V ist
illenden Verhältnisse be-
ackung».

2280, transportiert die
om. Nach dem Ausapern
kergestein (mehrere m³
ieshügel («Kames» und
. STREIFF-BECKER, 1943,
les arqués». Die Zufuhr

ldet wurde, durch Son-
ee mit Lawinenschutt

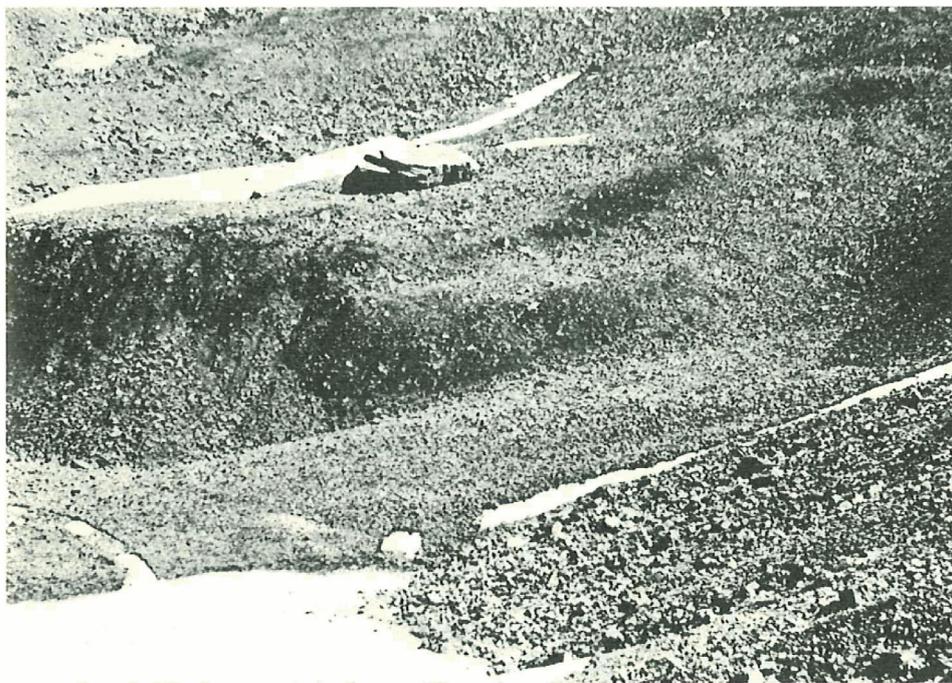


Fig. 6.
«Sandwichpackung» zwischen den Koten 2270 und 2280 links unten Lawinenschnee vom Winter 1956/57. Nach dem Entfernen des Lawinenschuttes vom Winter 1955/56 kommt der Lawinenschnee vom Winter 1955/56 zum Vorschein. Darunter liegt Lawinenschutt vom Winter 1954/55 (Photo 18. Juli 1957).

So unbedeutend die Zufuhr von staubfeinem Material wohl scheinen mag, spielt sie doch aus folgenden Gründen eine entscheidende Rolle. Vom Wind wird der feine Verwitterungsstaub der Mergel, Mergelkalke und Tonschiefer als Flugstaub von den beidseitigen Felsen fortgetragen, kommt auf den Schnee zu liegen und wird von den Lawinen auf den Blockstrom transportiert. Nach dem Abschmelzen des Schnees liegt ein feiner Anflug von Gesteinsmehl auf dem Blockmaterial, der vom Regenwasser in die Tiefe geschwemmt wird (im Sommer kann aufgrund des Vorhandenseins solchen Anfluges auf dem Gestein erkannt werden, wo der Lawinenschnee erst vor kurzem verschwunden ist).

In der Regel reichert sich 1,5 bis 2,5 m unter der Oberfläche der Gesteinsstaub an und bildet eine dunkle schlammige Masse. Hier wird das Regen-, Schmelz- und Kondenswasser festgehalten. Es bilden sich latent fließfähige Systeme, die bei Zutritt überschüssigen Wassers gestört werden und zu fließen beginnen. Wo die äussere Belastung vorhanden ist, wird die Fließbewegung erhöht. An der Blockstromstirn wird der dunkle Schlamm ausgeatossen (Fig. 7). Die Feststellung, dass bei Regenwetter ein häufigeres Abrollen der Gesteine eintritt, dürfte im Zusammenhang stehen mit dem Vorhandensein solcher latent fließfähiger Systeme. Die Frage, ob bei der Bewegung der Lockergesteine im Innern des Blockstromes durch Scheuern Gesteinsmehl feiner und feinsten Körnung entsteht und ob die Fließbewegung von der Witterung und den jahreszeitlichen Rhythmen abhängig sei, ist noch abzuklären.



Fig. 7.
Blockstromstirn: Unterhalb der Stirnkante wird dunkles, feuchtes, feinkörniges Material ausgestossen (Photo 13. August 1963).

III. Kaverneneis

Ein bis dahin zu wenig beachtetes Phänomen verdient unsere besondere Aufmerksamkeit. A. CHAIX (1923, p. 17) stellte fest: «La présence de glace transparente, pétrie avec les cailloux.» «Je n'attribue pas une importance très grande à ces détails peu explicables du secteur supérieur de la coulée du Val da l'Acqua.» Nach dieser Beschreibung handelt es sich um Kaverneneis, das dicht, klar durchsichtig ist wie Glatteis. Vom Gletschereis und Firnschnee unterscheidet es sich dadurch, dass es keine Spur von Körnung aufweist.

WALTER FISCH (1956) berichtet über Kaverneneis von Prafleuri (südwestliches Nebental des Val d'Hérémence, 103575/596400):

An der Basis einer grobblockigen Schuttmasse eines Bergsturzes, mit 1–3 m³ mächtigen Blöcken, bildete sich Kaverneneis, das die Hohlräume erfüllte. Dadurch kam die gesamte Blockschuttmasse in Bewegung und nahm die Form eines Blockstromes an mit girlandenartigen Wällen im untersten Abschnitt. Als Ursache der Bewegung wird die Bildung von Kaverneneis postuliert, das wie das Gletschereis unter Druck in plastischen Zustand übergeht und bei Druckentlastung regeliert. Im rückwärtigen Teil der girlandenförmigen Wälle entdecken wir Sackungen, die jenen des Blockstromes im Val Sassa entsprechen.

Zusammenfassung

Auf die Arbeiten von A. CHAIX, J. DOMARADZKI und H. JÄCKLI eingehend werden zuerst die morphologischen Bearbeitungen **besprochen**. Für die weitere Untersuchung war eine kartographische Grundlage unerlässlich. In den Jahren 1951, 1954, 1958, 1963, 1968 und 1973 wurde das Val Sassa **beflogen** und die luftphotogrammetrischen Aufnahmen im Massstab 1:1000 und 1 m **Äquidistanz** ausgewertet. Heute stehen **Kurvenpläne** der genannten Jahre zur Verfügung. Die Verschiebung der eingemessenen Punkte im Blockstrom werden dreidimensional, ziffernmässig und die morphologischen Veränderungen in Profilen erfasst. Die Sondierstellen können **genau** geortet werden. Durch die geologische Kartierung der **Kurvenpläne** erhält man gute Auskunft über die für die **Abklärung** der Dynamik entscheidenden morphologischen Formen und deren Veränderungen wie Sackungen, **Fliesswälle**, **Scherzonen** und Gleitflächen. Es werden auch die von den Schutthalde abfliessenden Schuttströme ausgeschieden. Ihre zeitliche Einstufung wird dadurch möglich, dass sie zum Teil auf stationär bleibende Seitenmoränen des ehemaligen Gletschers und auf den Blockstrom zu liegen kamen. An den Stellen, wo **Toteis** vorkommen gemeldet werden, konnte durch Sondierungen festgestellt werden, dass es sich um Wechsellagerung von **Lawinenschutt** und **verfirntem Lawinenschnee** handelt. Abschliessend wird auf die Bildung von Kaverneneis und dessen Bedeutung für die Dynamik des Blockstroms aufmerksam gemacht.

Benützte Literatur

- CHAIX, A., 1919: **Coulées** de blocs (Rock-glaciers, Block-streams) dans le Parc National suisse de la Basse Engadine. Compte rendu des **séances** de la **Société** de physique et l'**histoire** naturelle de Genève.
- 1923: Les **coulées** de bloc du Parc National suisse **d'Engadine**. Le Globe, Tome 62.
- 1943: Les **coulées** de bloc du Parc National suisse. Nouvelles **mesures** et comparaison avec les **«rock-streams»** de la Sierra Nevada de Californie. Le Globe, Organe de la **Société** de Géographie de Genève, Tome 82.
- CHAIX, E., 1918: Les **formes** topographiques du Parc National suisse. In: C. SCHRÖTER, «Die Flora des Nationalparkes im Unterengadin.» Jahrbuch des SAC, 52. Jahrg.
- DOMARADZKI, J., 1951: Blockströme im Kanton Graubünden. Ergebnisse der wissenschaftlichen **Untersuchungen** im Schweizerischen Nationalpark. Bd. III, Nr. 24.
- FISCH, W., 1956: Observation sur la glace de la **moraine** sud de **Prafleuri (Valis)**. Manuskript.
- HAEFELI, R., 1939: Der Schnee und seine Metamorphose, mit Einführung von P. NIGGLI. Beitr. z. Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Lfg. 3.
- 1953: Creep Problems in **Soils**, Snow and Ice. Reprinted of the **Third** International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Zürich. Mitteilung Nr. 26 der Versuchsanstalt für Wasserbau und **Erdbau**, ETH Zürich.
- JAECKLI, H., 1957: Gegenwartsgeologie des bündnerischen Rheingebietes. Beitr. z. Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Lfg. 36.



inkörniges Material ausge-

re besondere Aufmerk-
sache transparente, pétrole
grande à ces **détails** peu
 Nach **dieser Beschrei-**
chtig ist wie Glatteis.
 dass es **keine** Spur von

rafleuri (südwestliches

ztes, mit 1-3 m³ **mäch-**
 illte. Dadurch **kam** die
 es **Blockstromes** an mit
ler Bewegung wird die
 er Druck in plastischen
swärtigen Teil der **gir-**
 Blockstromes im Val

SOMM, A., 1965: Zur Geologie der westlichen Quaternals-Gruppe im Schweizerischen Nationalpark. Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark, Bd. X, Nr. 52.

STREIFF-BECKER, R., 1943: Beitrag zur Gletscherkunde, Forschungen am **Claridenfirn** im Kanton **Clarus**. Denkschrift der Schweiz. Naturf. Ges.

— 1946: **Strukturböden**, Geographika Helvetica, Bd. I.

— 1958: **Toteis** und **Blockströme**. Leben und Umwelt, 14. Jahrg.

Geologische Karte

Geologische Karte der **Quaternalsgruppe** im Schweizerischen Nationalpark (W. HEGWEIN, herausgegeben von der Schweiz. Naturf. Ges., 1934).

Topographische Karte

Landeskarte der **Schweiz** 1:25 000, Blatt 1238, P. QUATERNALS

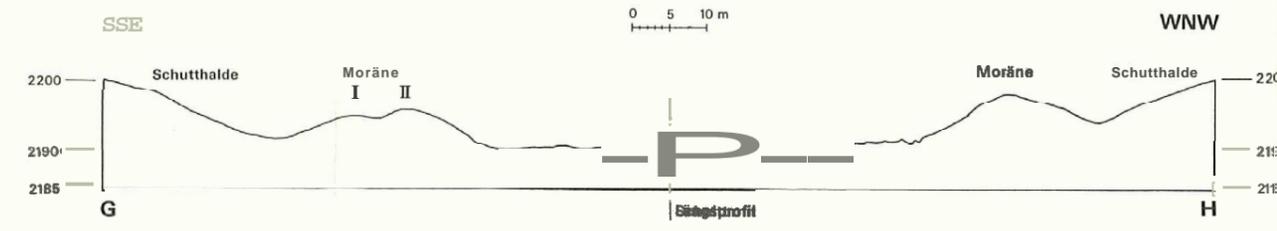
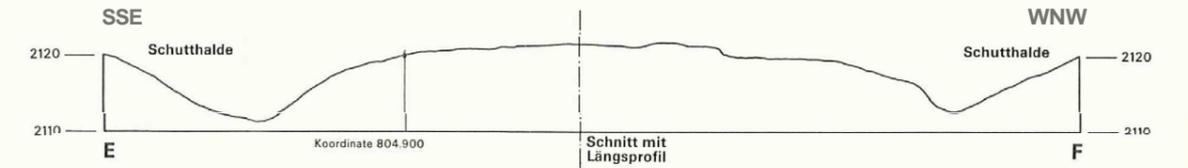
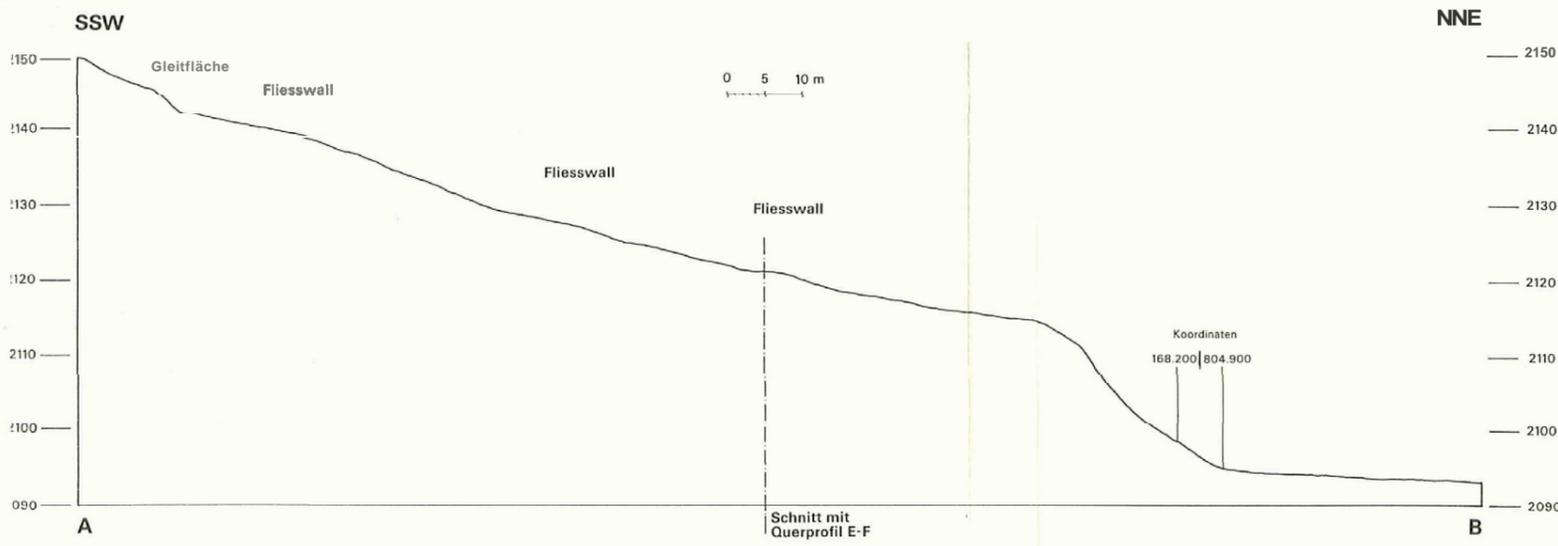
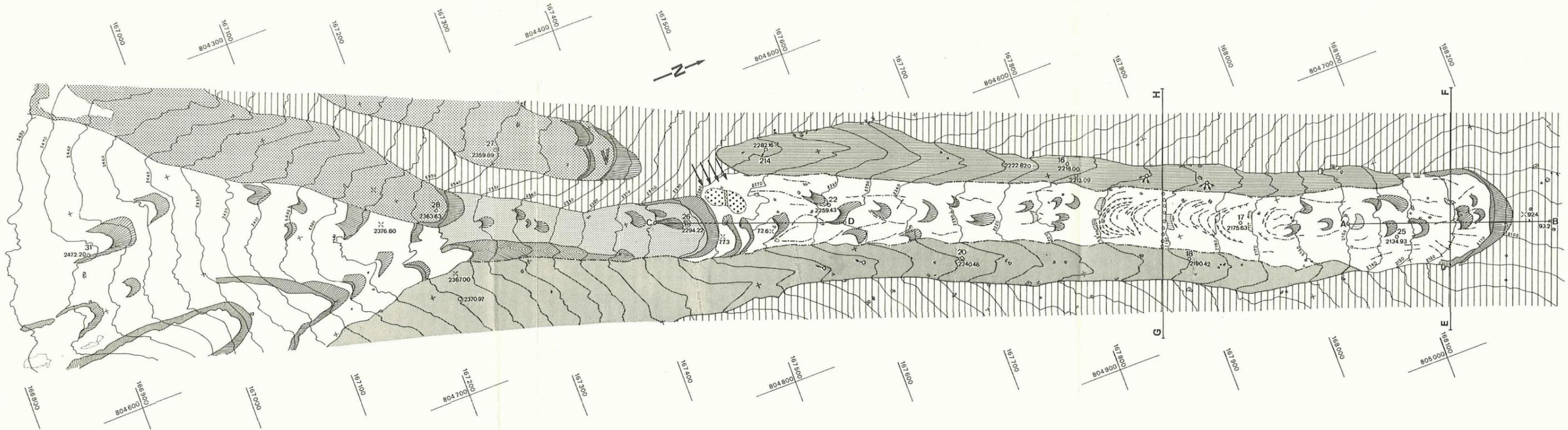
Legende zur geologischen Kartierung

| | | | |
|---|-----------------------|---|---|
|  | Moräne |  | Scherfläche verdeckt |
|  | Gehängeschutt |  | Sackungsfurche |
|  | Blockstrom |  | Sackungswall |
|  | Sekundärer Blockstrom |  | Lawinenschuttkegel |
|  | Schuttstrom |  | Lawinenschnee unter Schuttbedeckung |
|  | Fließwall |  | Standort und Sichtrichtung der photographischen Aufnahmen |
|  | Offene Spalte |  | Steinsetzungen der Vermessung von A. Chaix |
|  | Gleitfläche | | |

Blockstrom Val Sassa

1954

0 50 100 150 200 250 m



Längsprofil durch die Blockstromstirn
 von Punkt 2093.2 bis Kote 2150/nach Kurvenplan 1954

Querprofil durch die Sackungszone
 348 m oberhalb des Bezugspunktes /093,2/nach Kurvenplan 1964