

Die aussergewöhnlichen Schneefälle vom Januar und Februar 1951 in den Schweizer Alpen und ihre Folgen

Autor(en): **Quervain, M. De / Zingg, T.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **43 (1951)**

Heft 12

PDF erstellt am: **26.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-921687>

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.



Dorfteil von Airolo, überdeckt von der Vallascia-Lawine im Februar 1951. Blick gegen das Bedrettetal. (Photo W. Borelli, Airolo)

Die außergewöhnlichen Schneefälle vom Januar und Februar 1951 in den Schweizer Alpen und ihre Folgen

Von Dr. M. de Quervain und Dr. Th. Zingg, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Davos/Weißfluhjoch

I. Einleitung

Laufende amtliche Aufzeichnungen über die täglichen Niederschlagsmengen werden in der Schweiz erst seit 1864 vorgenommen. Wenn wir auf Grund dieser Meßreihen die Schneefälle vom Januar und Februar 1951 als einmalig hinstellen, so haben wir im Auge zu behalten, daß sich in früheren Jahrhunderten Lawinenkatastrophen ereigneten, die weit mehr Opfer forderten als die jüngsten Vorkommnisse. Welche tatsächlichen Schnee-Verhältnisse diese historischen Katastrophen hervorgerufen haben, wissen wir im allgemeinen nicht. Gelegentlich stößt man in alten Kalendern auf Hinweise wie z. B. den folgenden:

«1442 fiel am Fassnacht Abend ein so großer Schnee, deßgleichen man von Erschaffung der Welt keinen wissen mag; die meisten Häuser wurden dergestalten verschneyt und zugedeckt, daß man oben ein Loch ins Tach machen und durch dasselbe ein und aus gehen mußte.»

Merkwürdigerweise heißt es dann: «Er ist aber bald wieder ohne Regen und Schaden geschmolzen.» (Appenzelkalender aus dem Jahr 1786.) Solche Angaben wird man mit Zurückhaltung beurteilen angesichts der phantasievollen Schneehöhenzahlen, die auch in unserem wis-

senschaftlichen Zeitalter gelegentlich auftauchen und gerade im Februar dieses Jahres ausgiebig zirkulierten.

Aus der Zahl der Opfer früherer Katastrophen auf das wirkliche Ausmaß und die Zahl der niedergegangenen Lawinen zu schließen und Vergleiche mit den heutigen Ereignissen zu ziehen, geht nicht ohne weiteres an.

Früher bestanden keine Lawinenverbauungen im modernen Sinn, und auch das Verhalten bei Lawinengefahr war im Hinblick auf die damaligen alpinen Kenntnisse vielleicht weniger zweckmäßig als heutzutage. Der Schnee kam daher leichter zu seinen Opfern. Wenn die Überlieferung¹ aus dem Winter 1598 von über 100 Lawinenopfern an einigen wenigen Orten der östlichen Alpen berichtet, oder für den Winter 1720 sich sogar deren über 300 ergeben, sind diese Zahlen eher zu klein als zu groß, da damals keine Gesamtbilanzen aufgestellt wurden. Schnee-Verhältnisse, wie sie der vergangene Winter brachte, hätten früher wahrscheinlich weit schlimmere Folgen gehabt.

Es darf aber nicht verschwiegen werden, daß die Entwicklung nicht in jeder Hinsicht zu einer Verkleinerung der Gefahr geführt hat. Im Bereich von Lawinen sind in neuerer Zeit viele Gebäude und Anlagen errichtet wor-

¹ Nach J. Coaz: «Die Lawinen der Schweizer Alpen» (1888)

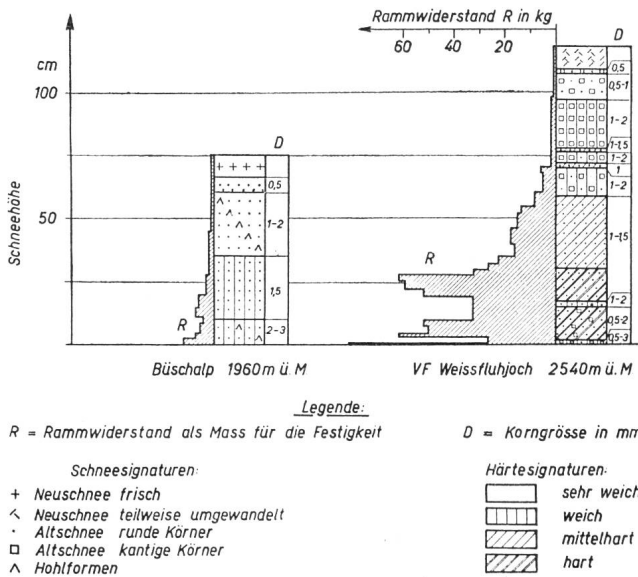


Abb. 1 Schneeprofile vom 3. Januar 1951 aus dem Gebiet von Davos

den (Bahnen, Kraftwerke, Leitungen aller Art), die bedeutende Sachwerte repräsentieren. Nicht immer ist bei ihrem Bau auf bestmögliche Sicherheit geachtet worden. Eine weitere ungünstige Entwicklung liegt in der *Entwaldung* unserer Alpentäler. Lange Zeit haben Mensch und Lawine in dieser Richtung Hand in Hand gearbeitet. Die nun seit Jahrzehnten energisch betriebene Wiederaufforstung vermochte den Verlust noch nicht wettzumachen.

Nach Abwägung aller erwähnten Faktoren werden die Schneefälle vom Januar und Februar 1951 und die sie begleitenden Katastrophen zu den schwersten unserer Geschichte zu rechnen sein. Ähnliche Situationen ergaben sich bisher vielleicht ein bis zweimal pro Jahrhundert. Wenn man von den Jahren des ersten Weltkrieges absieht, die an der österreichisch-italienischen Alpenfront Tausende von Lawinopfern forderten, hat man bis zum Winter 1887/88 zurückzugehen, um vergleichbare Verhältnisse anzutreffen. Durch den Eidgenössischen Oberforstinspektor *J. Coaz* wurden damals umfas-

sende Erhebungen über die Lawinen und deren Wirkungen veranlaßt. Seine Publikation: «Die Lawinenschäden im schweizerischen Hochgebirge im Winter 1887/88» bietet uns heute wertvolles Vergleichsmaterial.

2. Die Lawinenperiode vom 19.—22. Januar

a) *Die Wetter- und Schneedeckenentwicklung.* Die Witterung des Frühwinters hat in der Regel einen gewissen Einfluß auf die spätere Lawinenbildung. Je nachdem ob mit den ersten Schneefällen ein starkes oder lockereres Fundament geschaffen wird, ist im Hochwinter mit einer schwächeren oder stärkeren Lawinentendenz zu rechnen. Der Spätherbst 1950 ließ zunächst eine günstige Entwicklung erwarten. Überdurchschnittliche *Novemberniederschläge*, begleitet von wiederholten Wärmeeinbrüchen, brachten den Höhenlagen von über etwa 2000 m eine solide Schneebasis.

Der *Dezember* war für die Alpennordseite kalt und schneearm. Nur etwa 50—70% des normalen Niederschlages wurden registriert. Unter diesen Bedingungen machte die Verfestigung der Schneedecke keine Fortschritte mehr. Im Gegenteil; das starke Temperaturgefälle vom warmen Boden zur kalten Schneeoberfläche führte zu einer Umkristallisation und damit zu einer bedeutenden Auflockerung aller bis dahin noch nicht festgepackten Schichten. In höher gelegenen Gebieten wurden hauptsächlich die oberen Schneelagen aufgelockert. Weiter unten hingegen blieb auch vom soliden Fundament nicht mehr viel bestehen.

Zwei Schneeprofile vom 3. Januar 1951 aus der Gegend von Davos (Abb. 1), das eine in 1960 m Höhe (Büschalp), das andere in 2540 m (Versuchsfeld Weißfluhjoch) aufgenommen, sind typisch für die unterschiedliche Entwicklung. Als Maß für die Verfestigung kann der Rammwiderstand gewertet werden, der durch Einrammen einer mit einer Kegelspitze versehenen Sonde ermittelt wird und in den Diagrammen als gestufte Linie eingetragen ist.

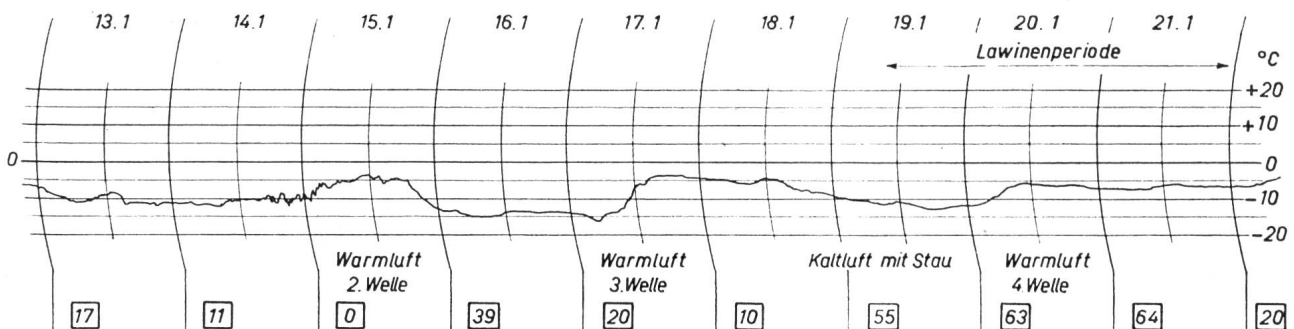


Abb. 2 Lufttemperatur vom 13.—21. Januar 1951 Versuchsfeld Weißfluhjoch (2540 m ü. M.)
Im Quadrat tägliche Neuschneemenge in cm (gemessen 09.30 Uhr)

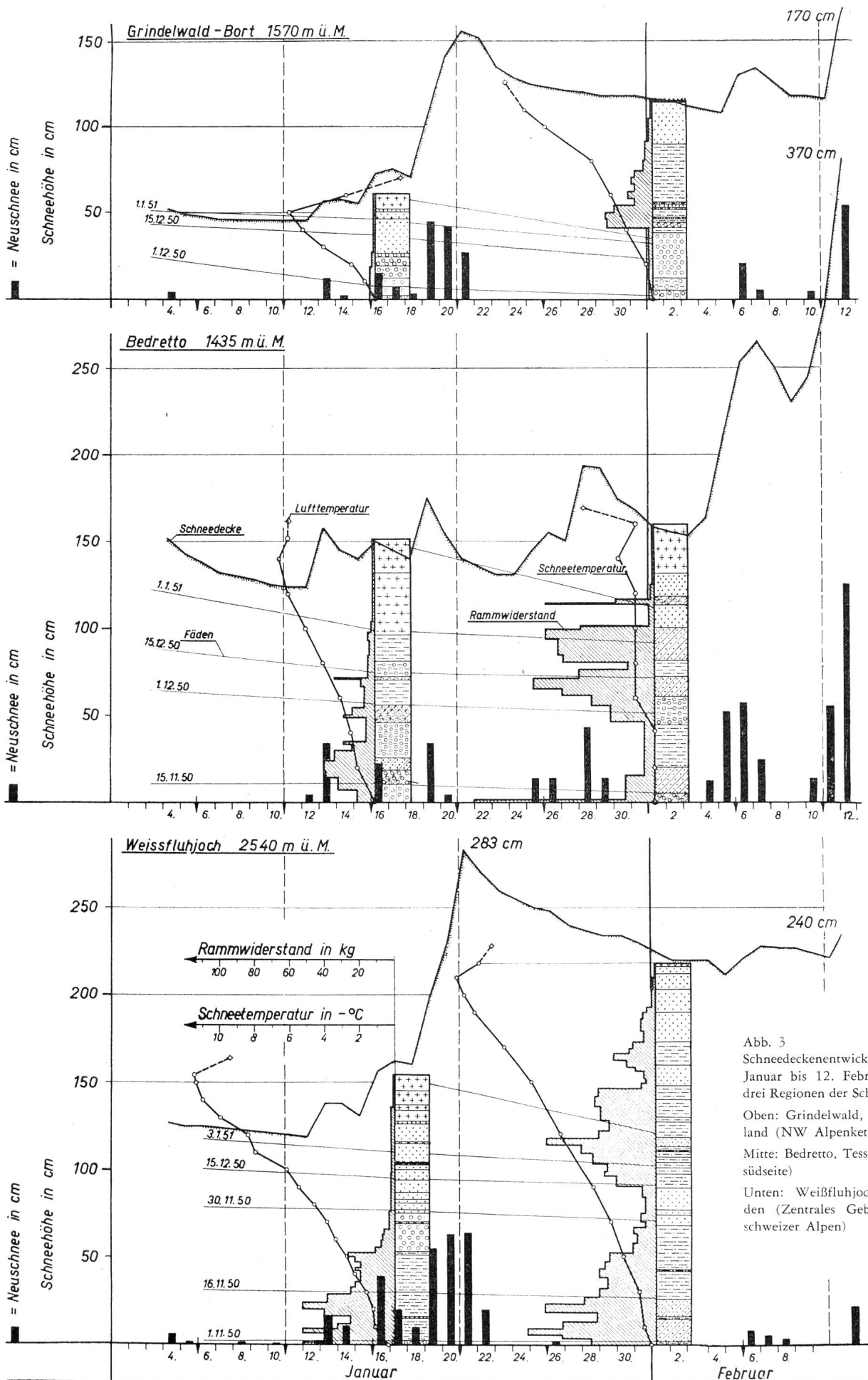


Abb. 3
 Schneedeckenentwicklung vom 4. Januar bis 12. Februar 1951 in drei Regionen der Schweizer Alpen
 Oben: Grindelwald, Berner Oberland (NW Alpenketten)
 Mitte: Bedretto, Tessin (Gotthard-südseite)
 Unten: Weißfluhjoch, Graubünden (Zentrales Gebiet der Ostschweizer Alpen)

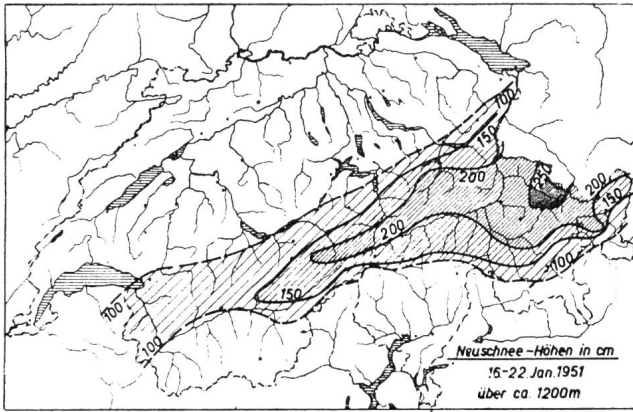


Abb. 4 Regionale Verteilung der Schneefälle vom 16.—22. Januar 1951

Im Januar setzte sich die niederschlagsarme Periode zunächst fort. Erst vom 11. Januar an stellte sich eine grundlegende Änderung der Wetterlage ein. Eine Serie von Störungen wurde aus dem NW-Sektor in unser Land gesteuert und brachte im Wechsel von warmen und kälteren Luftmassen der Alpennordseite ausgiebige Niederschläge. Zunächst war es maritim-tropische Warmluft, die in Höhen über 2000 m in Erscheinung trat. In Berührung mit der nachfolgenden Kaltluft rief sie vom 12.—14. Januar die ersten Schneefälle hervor. Eine zweite Warmluftwelle erreichte das Alpengebiet am 15. Januar. Auch sie überströmte kältere, stagnierende Luft, so daß im Tiefland keine merklichen Temperaturerhöhungen festgestellt wurden. Die wieder nachfolgende kalte Luft ließ die Temperatur auf Weißfluhjoch von -5° auf -15° sinken. Dabei wurden etwa 40 cm Neuschnee ausgeschieden. Bis am Morgen des 17. Januar gesellten sich weitere 20 cm hinzu. Beim dritten sich nun anschließenden Warmluftschub brach zunächst die Sonne

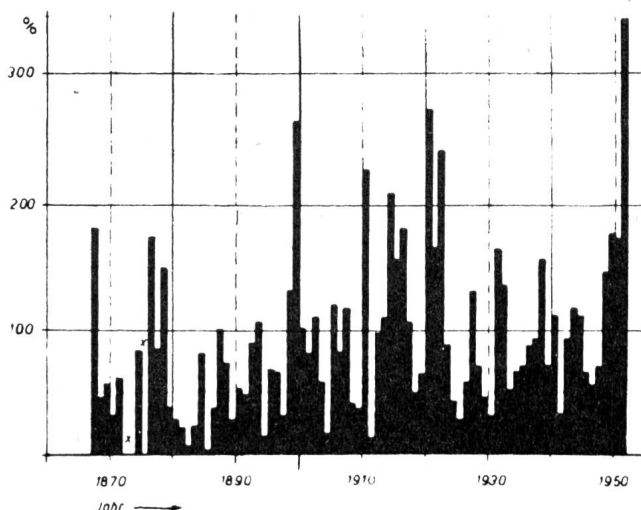


Abb. 5 Variationen der Januarniederschläge von Davos seit 1867 in % des Mittelwertes

durch und beleuchtete eine prächtig verschneite Winterlandschaft. Der Tourismus hatte sich aber bereits vor einer ersten lokalen Lawinengefahr in Acht zu nehmen. Im Parsennggebiet wurden daher vorsorglicherweise einige die Skirouten bedrohende Hänge durch Minenwerferbeschuß ihrer Last entledigt. Bald rückte erneut eine Kaltfront heran. Der Himmel schloß sich wieder und neue Schneefälle setzten ein. Sie sollten in der Davoser Gegend vom Morgen des 18. Januar bis zum Morgen des 22. nicht mehr aufhören. In anderen Gegenden war ihre Dauer bei etwas verschobenen Daten ähnlich. Vom 20. Januar an sorgte eine letzte Warmluftwelle nochmals für Nachschub an Feuchtigkeit, wobei über längere Zeit eine Niederschlagsintensität von 5 mm/Std. gemessen wurde. Das Temperaturdiagramm von Weißfluhjoch läßt den Luftmassenwechsel deutlich erkennen. (Abb. 2.)

Auf Weißfluhjoch ergaben die summierten Tageswerte vom 18.—22. Januar 212 cm; die vorangehenden Schneefälle vom 13. Januar an mitberücksichtigt, beliefen sie sich auf nahezu 3 m. Natürlich betrug der am Pegel gemessene Zuwachs weit weniger, nämlich «nur» 165 cm, wie das unterste Diagramm der Abb. 3 zeigt. Die Setzung des Neuschnees beschleunigte sich mit dem Zuwachs dermaßen, daß die Schneehöhe in der letzten Phase trotz anhaltender Schneefälle fast stationär blieb. (Auf dem Diagramm nicht erkennbar.)

Da die sturmartige NW-Strömung mit ihrem Schwergewicht gegen die zentralen und östlichen Teile der Alpen zielte und dort an den Bergflanken und anfänglich an der unterlagerten kalten Luft zum Aufsteigen gezwungen wurde, erhielten die nördlichen Abdachungen dieser Gebiete die größten Schneemengen.

Wie aus der Schneefallkarte Abb. 4 ersichtlich ist, befand sich Weißfluhjoch nicht weit entfernt vom Gebiet intensivster Niederschläge. Das Engadin fügt sich nicht ganz in den skizzierten Ablauf. Dieses Hochtal erhält gewöhnlich seine Niederschläge zusammen mit der Alpensüdseite. Im November und Dezember war es wie diese ausgiebig mit Schnee bedacht worden. Nun geriet es aber im Januar auch in den Bereich der Nordwestströmung und erzielte damit stellenweise ganz ungewöhnliche Schneehöhen. Besonders die unteren und mittleren Teile des Tales wurden stark betroffen. Im übrigen folgte die Zone starker Schneefälle den nördlichen Alpenkämmen bis in die Westschweiz. Der Gotthard erwies sich als starke Barriere.

Setzt man für verschiedene Orte die Niederschläge des Januar 1951 den langjährigen Mittelwerten gegenüber, erkennt man erst das außergewöhnliche Ausmaß dieser Schneefälle:

Tabelle 1

Mittlerer Januarniederschlag und Wert für 1951

| Ort | Mittelwert | Januar 1951 | |
|--------------------------------|--------------|-------------|-----|
| | mm (= 100 ‰) | mm | ‰ |
| Davos (W des oberen Prätigau) | 68 | 237 | 349 |
| Vals (Gebiet des Vorderrheins) | 51 | 120 | 235 |
| St. Moritz (Oberengadin) | 41 | 217 | 529 |
| Andermatt (Gotthard Nordseite) | 109 | 222 | 205 |
| Airolo (Gotthard Südseite) | 67 | 189 | 282 |

Eine weitere Illustration gibt das Diagramm Abb. 5, das die zeitliche Variation der Januarniederschläge von Davos seit 1887 veranschaulicht.

b) *Hergang der Lawinenkatastrophen.* Die einzelnen unglücklichen Ereignisse sind unmittelbar nach der Lawinenperiode in der Presse eingehend dargestellt worden. Hier soll nur kurz auf einige schwerwiegende Fälle eingetreten werden, die besondere Probleme des Lawinenschutzes aufgeworfen haben oder sonstwie vom lawinentechnischen Standpunkt aus spezielles Interesse bieten. Wir sind uns bewußt, daß an sich jeder Fall seine eigenen Züge besitzt und daß vor allem auch die Schwere des dabei entstandenen Leides nicht einfach durch die Summe der Opfer und Schäden ausgedrückt werden kann.

Eine Sonderstellung in der Reihe der Ereignisse nahm das Unglück vom 19. Januar an der Ofenbergstraße bei *Zernez* ein. Nicht nur eröffnete es die unselige Serie, es war auch von einer eigenen Dramatik und Tragik. Da

es sich außerhalb des Bereiches von Behausungen abspielte, gehört es nicht, wie fast alle übrigen, zu den Ortskatastrophen. Die lawinentechnischen Lehren, die es uns gibt, sind daher auch anderer Art. Um die Mittagszeit des genannten Tages kehrte ein Wegmacher von seiner Arbeit an der Ofenbergstraße nicht zurück. Ein Unfall mußte angenommen werden. Am Nachmittag begab sich eine Rettungskolonie mit einem Lawenhund an die vermutete Unfallstelle bei der steilen Einmündung des Val da Barcli ins Tal des Spöl. Der Vermißte wurde im Lawinschnee bald gefunden und freigelegt. Während ein Teil der Mannschaft an Ort und Stelle Wiederbelebungsversuche vornahm, brauste eine zweite Lawine durch die Schlucht und riß fünf Mann mitsamt dem Wegmacher und dem Hund in die Tiefe. Sofort wurden neue Rettungsmannschaften aufgeboden, um die Suche nach den sechs Verschütteten aufzunehmen. Doch in der Nacht ging eine dritte Lawine nieder und holte ein weiteres Opfer. Ihrer sieben lagen nun begraben im gewaltigen Lawinengegel, darunter zwei der besten Schweizer Bergführer.

Das Unglück von Zernez war nicht ohne schwerwiegende Folgen auf das, was sich am folgenden Tag in *Zuoz* abspielte. Die Equipe des gut organisierten Lawinendienstes von Zuoz befand sich nämlich am 20. Januar in Zernez, um bei den Bergungsarbeiten mitzuhelfen. Als die Lage in Zuoz bedrohlich zu werden begann, war eine Rückkehr nicht mehr möglich. Die Strecke war bereits unterbrochen. Am Vortag waren im Gebiet von Zuoz als präventive Vorkehrung Lawinen durch Minenwerferschießen ausgelöst worden. Diese Maßnahme sollte nun wiederholt werden,

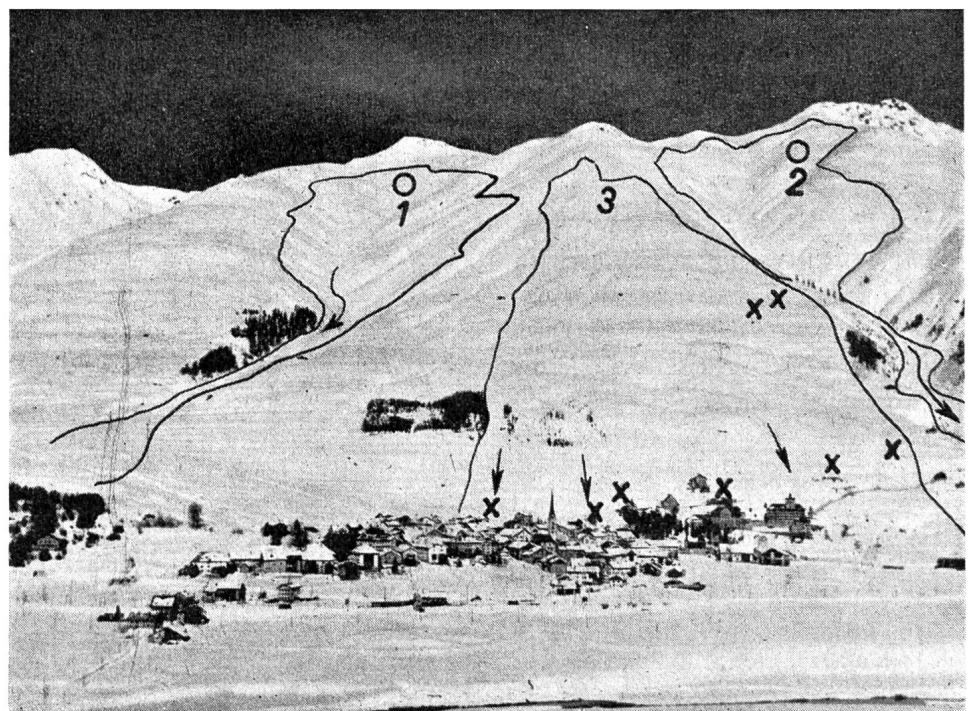


Abb. 6 Die Lawinen von Zuoz
1. Val Bueras und 2. Val d'Urezza mit den häufig abgeschossenen Lawinen (Kreise = Zielgebiet)
3. Albanashang mit der bisher unbekannteren Schadenlawine (Kreuz: beschädigte oder zerstörte Häuser)
(Photo Canal, Zuoz)



Abb. 7
Das Lawinengebiet von Vals

solange die Schneemenge es noch erlaubte. Wegen der Abwesenheit der maßgebenden Leute des Lawinendienstes ergaben sich indessen Verzögerungen in der Durchführung des Vorhabens. Am späteren Nachmittag war es endlich so weit. Doch kurz nachdem die erste Mine das Rohr in Richtung auf einen Zielpunkt im Val d'Urezza verlassen hatte, stürzte sich von dem die Ortschaft direkt überhöhenden, bisher für ungefährlich gehaltenen Albanashang eine breite Lawine frontal gegen das Dorf. Mehrere zum Teil evakuierte Häuser wurden zerstört (Abb. 6). Von sieben verschütteten Personen kamen nur zwei mit dem Leben davon.

Die Lehren aus diesem Fall liegen nicht ohne weiteres auf der Hand. War das zeitliche Zusammentreffen rein zufällig oder löste der Schuß die Lawine aus? Wenn ja, wäre die Lawine später nicht ohnehin gekommen? Jedenfalls entspannen sich heftige Diskussionen über die Möglichkeiten und Grenzen des Lawinenschießens, die auch heute noch nicht abgeschlossen sind. Die direkte Bedrohung von Zuoz wird sich auf dem Wege der Verbauung verhältnismäßig leicht beheben lassen.

Am 20. Januar, ungefähr um 22 Uhr, wurde der Ort Vals im Bündner Oberland heimgesucht. An der westlichen unbewaldeten Talflanke brach etwa 800 m hoch über der Ortschaft eine Lawine los und schoß über den

im Mittel etwa 30° geneigten Hang gegen den am linken Ufer des Valserrheins liegenden Dorfteil. Neben einer Anzahl von Ställen wurden fünf Wohnhäuser zertrümmert. Von 30 verschütteten Personen kamen 19 ums Leben, darunter eine ganze siebenköpfige Familie. Hinsichtlich der Zahl von Menschenopfern war dies das schwerste Unglück des Winters. Wie bereits in Zuoz, zeigte es sich auch wieder, daß unscheinbare Geländemodellierungen die Stoßkraft einer Lawine entscheidend beeinflussen und lenken können. So findet man einzelne Gebäude, die auf den ersten Blick sehr exponiert erscheinen, beinahe unbeschädigt (Abb. 7). Kurz nach dem Unglück von Vals wurde in Neukirch (Safien) ein aus dem 16. Jahrhundert stammendes, im Schutze eines Waldes stehendes Haus weggefegt. Von den sechs Insaßen blieb nur ein kleiner Knabe am Leben.

Ganz außergewöhnlich waren auch die Ereignisse im Gebiet von Andermatt. Zunächst blockierten am späten Vormittag des 20. Januar zwei Lawinen die Straßen- und Bahnverbindung mit Göschenen. Um 13.45 Uhr löste sich dann die «Geißtallau» von der nicht verbauten nordöstlich exponierten Flanke des Gurschen. Nach zweimaliger Umlenkung erreichte sie ganz unerwartet die an der Unteralp-Reuß gelegenen Dorfteile, zerstörte zwei Wohnhäuser vollständig und beschädigte das alte

Gasthaus «Dreikönige» schwer (Abb. 8). Weiterer Sachschaden wurde angerichtet durch Lawinen, die sich an den Hängen des Gurschen während eines auf andere Ziele gerichteten Minenwerferschießens in Bewegung setzten. In den Abendstunden desselben Tages kam es nochmals zu einem großen Lawinenniedergang aus dem Gebiet des Kirchberges gegen das Kasernen- und Zeughausareal. Eine flüchtende Familie wurde durch diese Lawine auf dem Weg zur sicheren Unterkunft erfaßt, einige Gebäude und viel kostbares Material gingen verloren.

Eines dramatischen Falles soll noch gedacht werden, der sich am *Oberalppaß* ereignete. Noch um die Mittagszeit meldeten die Inhaber des Hotels Oberalpsee telefonisch nach Andermatt, daß Lawinen von Norden und Süden bis unmittelbar an das Hotel vorgedrungen seien und Zerstörungen an den Anlagen der Oberalpbahn und an Nebengebäuden verursacht hätten. Die während der vorangehenden Zeit ständig in Schrecken gehaltenen Leute fühlten sich etwas erleichtert und begaben sich zur Ruhe. Diese Meldung war das letzte Lebenszeichen vom Hotel Oberalpsee. Später entdeckte man die verbrannten Trümmer des Hauses und unter ihnen begraben die Überreste der Inhaber. In welcher Reihenfolge sich das Schicksal an dem im Kreuzfeuer der Lawinen gelegenen Anwesen erfüllte, ließ sich nicht mit Sicherheit rekonstruieren.

Die Andermatt Lawinen, die einschließlich Oberalpsee 13 Menschenleben forderten, stellten verschiedene neue Probleme des Lawinenschutzes, deren Lösung bereits an die Hand genommen wurde.

Auch westlich des Gotthard kam es noch zu schweren Unglücken. *Eisten* im Lötschental wurde von einer Lawine mitten entzweigeschnitten, wobei sechs Personen den Tod fanden.

Um diese traurige Reihe mit einem Lichtblick abzubreaken, sei erwähnt, daß im Binntal aus einer verschütteten Gruppe von fünf Personen ein Vermißter durch einen Lawinenhund ausfindig gemacht wurde und lebend geborgen werden konnte. Während bis anhin die Hunde immer nur leblose Lawinenopfer aufspürten, ist nun ein Fall dokumentiert, da der Hund wirklich als Lebensretter in Erscheinung getreten ist.

Die meisten der katastrophalen Lawinen gingen am Samstag, den 20. Januar, nieder. Aber auch am Sonntag waren noch schwere Niedergänge zu verzeichnen. Am Montag endlich brach mit dem Aufhören der Schneefälle auch die Kette der Unglücke ab.

3. Die Lawinenperiode vom 11.—13. Februar 1951

a) *Die Wetter- und Schneedeckenentwicklung.* Da die Lawinenperiode des Februars die Gebiete südlich des Alpenhauptkammes betraf, ist die dortige Wetter- und Schneedeckenentwicklung maßgebend. Wir beziehen uns hauptsächlich auf Messungen aus *Bedretto* und *Airolo*. Im Gegensatz zur Alpennordseite hatte der Südfuß im Dezember regelmäßig größere Niederschläge erhalten; auch im Januar war er keineswegs leer ausgegangen. Die gemessenen 200—300 % der normalen Januarmenge hätten gewiß auch schwerwiegende Folgen haben können, wenn sie nicht in kleineren Portionen abgelagert worden wären. Das mittlere Diagramm von Abb. 3 gibt



Abb. 8
Zerstörungen in Andermatt in der
Umgebung des Hotels Dreikönige
(Photopress)

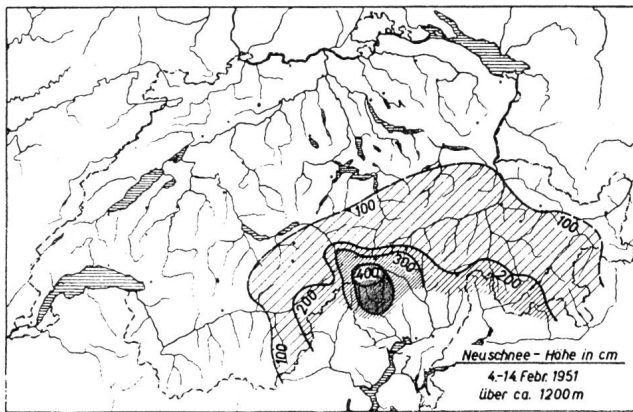


Abb. 9 Regionale Verteilung der Schneefälle vom 4.—14. Februar 1951

Aufschluß über den bei Bedretto beobachteten Schneedeckenaufbau und Zuwachs im Januar. Die Schichtung war trotz größerer Schneehöhen offensichtlich günstiger als nördlich der Alpen, vor allem weil die auflockernde Dezemberperiode fehlte. Immerhin war bereits gegen Ende Januar eine Lawine in Richtung auf Airolo niedergegangen. Sie richtete keinen Schaden an, war aber nicht ohne Folgen für die späteren Ereignisse.

Am 4. Februar erschien über den Alpen eine Störung in Form einer Okklusion und brachte der Südseite leichte Stauniederschläge. Die allgemeine Druckverteilung mit dem Tiefdruckkern über Irland führte bald zu einer kräftigen Föhnlage, und feuchte tropische Luft entlud sich in anhaltenden Niederschlägen, die in Bedretto bis am 7. Februar 145 cm Schnee als Summe der Tageswerte ablagerten. In richtiger Beurteilung der Situation war bereits am 5. Februar Airolo teilweise evakuiert worden. Die Hänge blieben indessen ruhig. Während sich am 7. Februar die allgemeine Wetterlage umbildete, hellte der Himmel während zweier Tage auf. In dieser Pause setzte und konsolidierte sich der Neuschnee dermaßen, daß bald keine unmittelbare Gefahr für die in der Talsohle gelegenen Ortschaften mehr bestand. Inzwischen hatte sich indessen längs einer von Portugal bis nach Norwegen reichenden Tiefdruckrinne eine allgemeine Südströmung ausgebildet, die nun nicht mehr die Merkmale des Föhns trug. Sie führte mit hoher Geschwindigkeit große Mengen tropischer Luft gegen den Alpenkamm und über diesen hinaus und löste unter zunehmender Erwärmung die heftigsten in dieser Gegend je registrierten Winterniederschläge aus. Die Tageswerte der Neuschneehöhen, gemessen am Morgen des betreffenden Tages, waren in Bedretto:

| | |
|-------------|--------|
| 10. Februar | 14 cm |
| 11. Februar | 55 cm |
| 12. Februar | 125 cm |
| Total | 194 cm |

Abb. 9 zeigt die regionale Verteilung der zusammengezählten Niederschläge vom 4.—14. Februar. Im Ganzen betrug die Februarniederschläge mit etwa 425 mm¹ 540 % des Mittelwertes (79 mm). Abgesehen vom Urserental und oberen Reußtal waren im nördlichen Alpengebiet die Schneefälle unbedeutend. Lediglich der mit gelbem Saharastaub befrachtete heftige Südwind ließ ahnen, was sich südlich des Gotthard abspielte. Auch Andermatt erlebte nochmals kritische Stunden.

Am 11. Februar, abends, als die oberen Teile der südlichen Alpentäler mit einer im Mittel gegen 4 m reichenden Schneedecke überzogen waren, wurde um 21.30 Uhr das nur 885 m hoch gelegene Frasco im Valle Verzasca vom Unglück ereilt. Aus einem steilen und felsigen Einzugsgebiet traf eine der vielen schweren Lawinen, die in dichter Folge in das Tal niedergingen, den kleinen Ort, und begrub 16 Personen in ihren Heimstätten. Elf davon konnten glücklicherweise gerettet werden.

Die gewaltigste in besiedelte Gebiete vordringende Lawine des Winters löste sich in der Nacht vom 11. auf den 12. Februar etwa um 00.50 Uhr an den Hängen des Pizo Canariscio und wälzte sich durch die Vallascia-Schlucht gegen Airolo. Als erstes Anzeichen trat über den Dächern des Ortes eine Schneestaubwolke in Erscheinung; erst eine Weile später erreichte der dem Boden folgende, mit Baumstämmen durchsetzte Strom von Schnee die oberste Häuserzeile des Ortes. Seine Geschwindigkeit soll nur etwa 20—30 km/Std. betragen haben. Während in den oberen Teilen der Sturzbahn breite Waldstreifen beidseitig der Schlucht durch Schneestaub und Luftdruck wegrasiert wurden, waren im Bereich von Airolo nur unbedeutende Luftdruckwirkungen feststellbar. Nachdem die Schneemassen auf einer Front von etwa 350 m die alte, im Jahre 1887 gegen Stein Schlag und Lawinen errichtete etwa 5 m hohe Mauer überflutet hatten, was ihnen durch die Lawinenablageung vom Januar wesentlich erleichtert wurde, wälzten sie sich über die oberste Häuserreihe, drückten diese ein und kamen an der zweiten Reihe zum Stehen, diese da und dort bis auf die Höhe der Gotthardstraße durchbrechend. In den leider nicht völlig evakuierten Häusern der obersten Reihe fanden zehn Einwohner den Tod, fünf weitere wurden lebend geborgen. Die Kubatur des Lawinenkegels von Airolo dürfte um 1 Mio m³ betragen haben (Abb. 10). Mit Rücksicht auf die Gefahr von Nachlawinen wurde Airolo und auch das ganze Bedrettotall für mehrere Wochen vollständig evakuiert. Lediglich Rettungsdetachements blieben auf dem Platz.

Aus der oberen Leventina sind nach dem 12. Februar keine Lawinnenniedergänge mehr bekannt geworden. Weiter unten dagegen, zwischen Lavorgo und Giornico kam

¹ Der genaue Wert von Airolo fehlt.

es am Morgen des 13. noch einmal zu einem Absturz. Am Pizzo Erra glitten nasse Schneemassen ab und ergossen sich über die Schulter von Cavagnago und die steile untere Talflanke auf das Trasse der Gotthardbahn. Unterwegs belud sich die Lawine mehr und mehr mit durchnäster Erde und mit Steinen, so daß sie in ihrer unteren Partie eher den Eindruck eines Erdrutsches erweckte (Abb. 11). Während 8 $\frac{1}{2}$ Tagen arbeiteten 150 bis 200 Mann Tag und Nacht, um mit Hilfe modernster Räumungsgeräte die Bahngleise von der rund 15 000 m³ betragenden kompakten, durch Holz verzahnten Ablagerung freizulegen. Es war dies der größte Verkehrsunterbruch seit dem Bestehen der Bahn.

4. Übersicht über die gesamten Schäden

Den kurz geschilderten schwersten Fällen wären zahlreiche weitere beizufügen, die zusammen noch einmal 26 Menschenleben forderten und eine große Schadenbilanz ergaben. Es sei hier erwähnt, daß sich unter den 92 Opfern keine Touristen befinden. Zu den Schäden an Häusern, Hütten und Ställen gesellte sich der Verlust an Groß- und Kleinvieh; dann der Waldschaden, der sich nicht allein auf Lawinenzüge beschränkte, sondern

als Folge der Schneelast und des Kriechdruckes auch in Waldpartien auftrat, die nicht von Lawinen berührt wurden. Weitverbreitet war ferner der Schaden an Wies- und Weideland durch Überdeckung mit Trümmern. Einen eigenen äußerst harten und kostspieligen Kampf führten die Bahnen, die mit Glück ihre Passagiere vor Unfällen schützen konnten. Am 20. Januar abends war das Netz der Rhätischen Bahn zu 56% lahmgelegt! Schlimm sah es auch längs der die Alpen durchziehenden elektrischen Leitungen aller Spannungen und Querschnitte aus. Eine in Franken ausgedrückte vollständige Schadenbilanz wird sich kaum aufstellen lassen. Die Erhebungen und Zusammenstellungen der wichtigsten Posten sind noch nicht abgeschlossen. Wir verweisen daher auf eine durch die Eidg. Inspektion für Forstwesen bereits im Sommer publizierte provisorische Zusammenstellung¹, die Schäden an technischen Anlagen nicht einbezieht. Ihre Gesamtbilanz ist aus Tabelle 2 ersichtlich.

Abb. 12 gibt einen Überblick über die Orte der großen Schadenlawinen.

¹ Schweiz. Zeitschr. für Forstwesen Nr. 4, 1951.

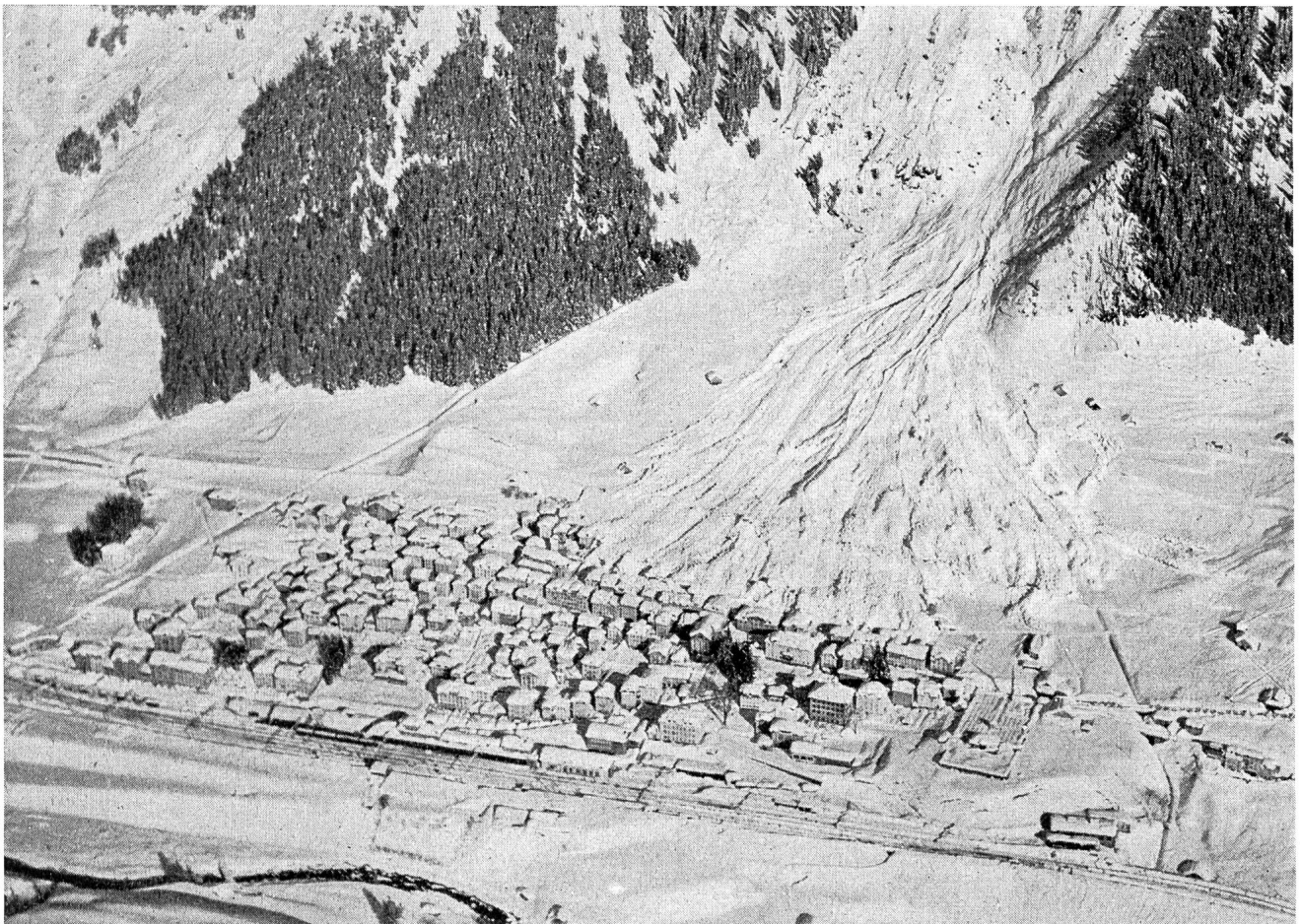


Abb. 10 Die Vallascia-Lawine von Airolo vom 12. Februar 1951
Aufnahme vom 14. 2. 51 (Eidg. Militärflugdienst)

Tabelle 2

| Kantone | Umgekom- mene Personen | Getötetes Vieh | Beschädigte Waldbestände | | Überschüttertes Kulturland ha | Gebäudeschäden | | |
|--|------------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|------------|-------|
| | | | Fläche ha | Masse m ³ | | zerstört | beschädigt | Total |
| Uri | 13 | 184 | 106,0 | 2 600 | 1800,00 | 62 | 48 | 110 |
| Glarus | 2 | 9 | 20,7 | 4 220 | — | 24 | — | 24 |
| St. Gallen | — | — | 70,0 | 9 000 | — | 14 | — | 14 |
| Graubünden | 53 | 215 | 347,0 | 65 050 | 483,50 | 473 | 92 | 565 |
| Tessin | 16 | 87 | 144,0 | 16 000 | 195,00 | 187 | — | 187 |
| Wallis | 8 | 35 | 62,0 | 5 870 | 115,00 | 134 | 25 | 159 |
| Total | 92 | 530 | 749,7 | 102 740 | 2593,50 | 894 | 165 | 1059 |
| Lawinen- schäden im Jahre 1887/88 | 49 | 665 | 1325,0 | 82 091 | — | 190 | 660 | 850 |

5. Zur Frage der Lawinenprognose

Eine oft an das Eidgenössische Institut für Schnee- und Lawinenforschung gerichtete Frage betrifft die Möglichkeit, die Entwicklung vorzusehen und irgendwie vorbeugend einzugreifen. Hiezu ist zu sagen, daß eine

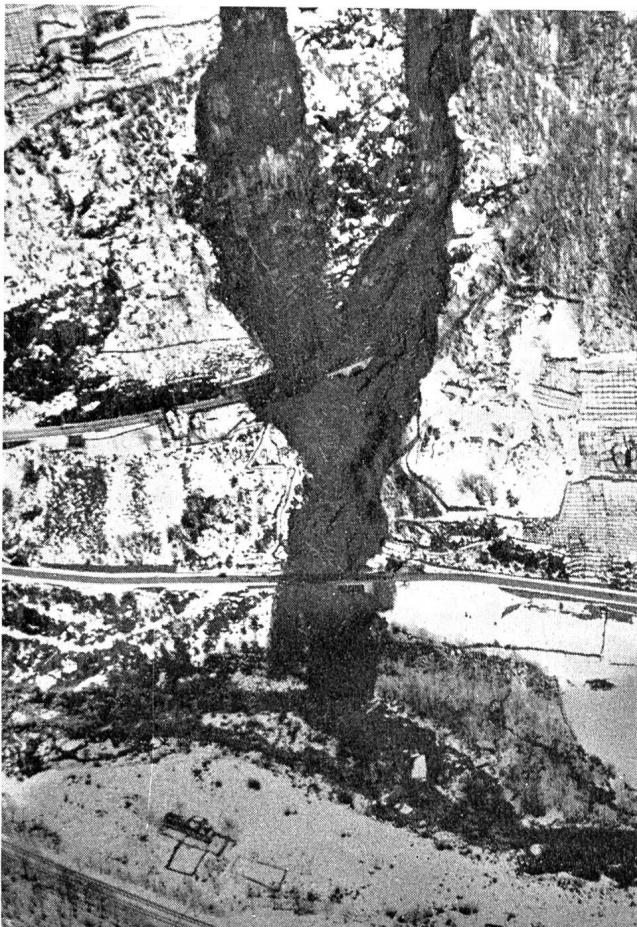


Abb. 11 Lawine vom 13. Februar 1951 bei Lavorgo, Gotthardbahn und Straße sind verschüttet
(Photo Sträßle, Glattbrugg, i. A. der Motor Columbus AG)

Lawinenprognose zunächst eine sichere Wetterprognose zur Voraussetzung hat. Wetterprognosen werden auf einen Tag Gültigkeit ausgegeben; gelegentlich werden Hinweise auf eine weitere Zukunft beigefügt, vor allem dann, wenn es sich um stabile Lagen handelt. Mittelfristprognosen auf einige Tage hinaus können gewöhnlich nicht mehr als den zu erwartenden allgemeinen Witterungscharakter umschreiben. Was sich gar nicht voraussagen läßt — auch auf kurze Frist nicht —, das ist die Ergiebigkeit eines Niederschlages. Gerade diese Größe wäre aber sehr wichtig für eine eigentliche Lawinenprognose. Auch dann noch blieben verschiedene schwer im voraus zu bestimmende Faktoren bestehen, die maßgebend sind dafür, ob Lawinen wirklich losbrechen oder nicht.

Es geht nicht an, bei jedem Schneefall, der unter den ungünstigsten Umständen — d. h. bei pausenloser Fortsetzung — vielleicht zu einer großen Gefahr führen könnte, vorzeitig die schwerwiegendsten Maßnahmen wie Evakuationen anzuordnen. Andererseits darf der Moment nicht verpaßt werden, wenn diese ungünstigsten Umstände wirklich mit einiger Wahrscheinlichkeit eintreten sollten. Bestimmt wäre es besser, zehnmal vergebens einen Ort zu evakuieren, als einmal dies zu versäumen. So selbstverständlich dieser Satz klingt, entspricht er nicht der Natur des Menschen und seinem Hang zur Behausung. In Wirklichkeit wird einmal evakuiert, ohne daß etwas passiert, vielleicht noch einmal und damit Schluß.

Bei diesen großen technischen und auch menschlichen Komplikationen, die mit einer Lawinenprognose verbunden sind, möchten wir uns von einer Voraussage distanzieren. Auch wenn die *Lawinenbulletins* gelegentlich in die Zukunft weisende Bemerkungen enthalten, sind es *Situationsberichte*, die im wesentlichen den bereits erreichten Grad der Gefahr anzeigen. Trägt diese Situa-

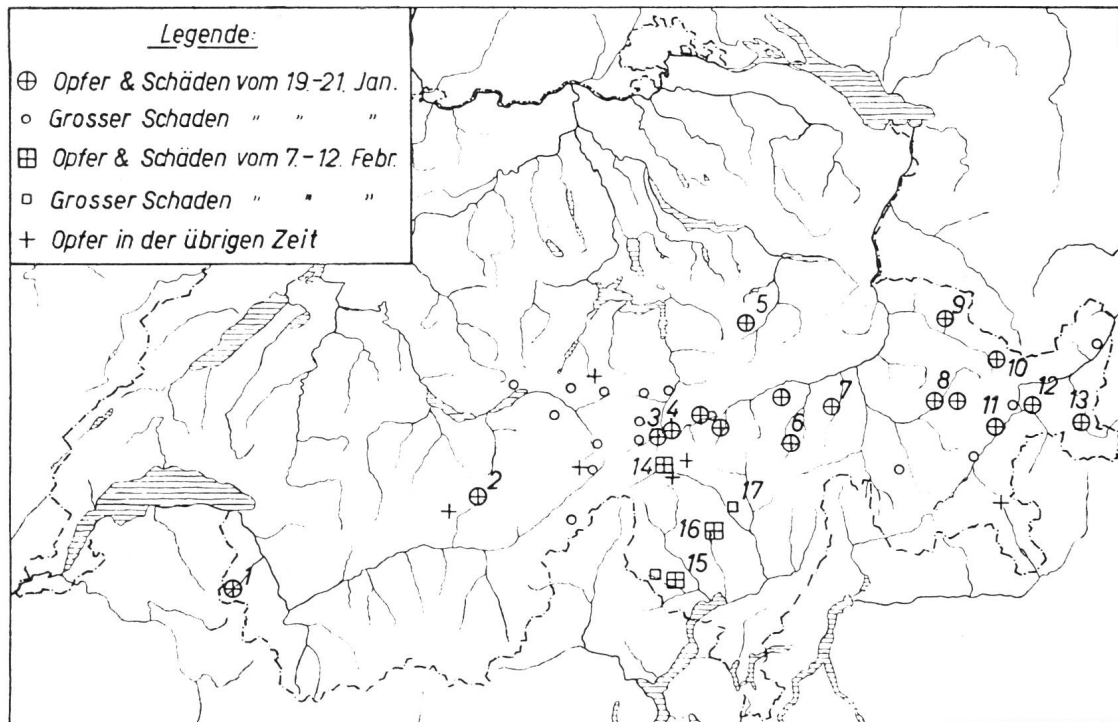


Abb. 12 Übersicht über die Orte, an denen Opfer gefordert und größere Schäden verursacht wurden
 1. Bei Champéry, 2. Eisten, 3. Andermatt, 4. Oberalppaß, 5. Ohrenplatte bei Braunwald, 6. Vals, 7. Safien, 8. Umgebung von Davos, 9. St. Antönien, 10. Klosters, 11. Zuoz, 12. bei Zernez (Ofenbergstraße), 13. Lü, 14. Airolo, 15. Val Onsernone, 16. Frasco, 17. bei Lavorgo. Nr. 1—13 Lawinen im Januar, Nr. 14—17 Lawinen im Februar.

tion bereits die Wahrscheinlichkeit bevorstehender Lawinnenedergänge in sich, so wird man natürlich nicht zögern, dies auch bekanntzugeben.

Am Freitagmittag, dem 19. Januar 1951, schloß das Lawinenbulletin mit dem Hinweis: «Die Lawinengefahr ist zurzeit sehr groß, und es besteht die Möglichkeit, daß auch selten auftretende Lawinen niedergehen.»

In dieser Meldung waren die nachher noch fallenden rund 150 cm Neuschnee keineswegs einkalkuliert. Wenn auch die Ereignisse den erwähnten Wortlaut immer mehr bestätigten, darf nicht der Schluß gezogen werden, die Katastrophen seien in vollem Umfang vorausgesehen worden.

6. Das Ende der Lawinengefahr.

Im Hinblick auf die Unsicherheit der Lawinenprognose mag es überrascht haben, mit welcher Bestimmtheit das *Ende* der großen Bedrohung angezeigt wurde. Es handelte sich damals nicht um eine gewagte Voraussage, sondern um die Bekanntgabe einer an Ort und Stelle leicht feststellbaren Tatsache. Drei Tage nach dem Aufhören der Schneefälle war die Gefahr für besiedelte Gebiete jeweils vorüber; nach den Januarkatastrophen trat die entscheidende Stabilisierung bereits am Abend des 22. Januar ein, also knapp einen Tag nach den letzten Lawinen. Mit dem Abklingen der Schneefälle war die Nullgradgrenze gegen 2000 m angestiegen, was die rasche Setzung des Neuschnees förderte. Als bald darauf

die Temperatur wieder kräftig sank, gefroren die feuchten Schneelagen und verfestigten sich um ein weiteres. Wie die Serie der Rammprofile von Weißfluhjoch zeigt (Abb. 13), nahm der Rammwiderstand der Januarschichten bis zum Beginn der Schmelzperiode (Ende April) ständig zu und erreichte stellenweise den in einer Winterschneedecke noch nie gemessenen Wert von 254 kg. Solche Schichten besaßen Zugfestigkeiten bis zu 1,6 kg/cm². Diese Entwicklung war nicht zufällig, sondern beruhte darauf, daß der noch junge, nicht umgewandelte Neuschnee unter seiner eigenen Last rasch zusammengedrückt wurde. Bei diesem Vorgang büßte der Schnee seine Luftdurchlässigkeit weitgehend ein. Mit der Luftzirkulation war aber auch die im Sinne einer Auflockerung wirkende Metamorphose behindert. Das Ende der Lawinengefahr wurde in weiten Kreisen nicht richtig erkannt. Noch Wochen nach der großen Lawinenperiode herrschte großes Mißtrauen gegenüber schneebefrachteten Hängen. Angesichts der Schockwirkung der vorangegangenen Tage war dies gut zu verstehen, und die große Zurückhaltung schadete auch nicht, solange sie nicht zur Verzögerung von dringenden Rettungs- und Räumungsaktionen Anlaß gab.

Unmittelbar nach dem Ende der Großschneefälle öffneten sich in vielen steileren südexponierten Hängen große, bis zum Boden reichende Spalten in der Schneedecke und lösten ein gewisses Unbehagen aus. Tag für Tag verbreiterten sie sich, doch nur in ganz vereinzelten

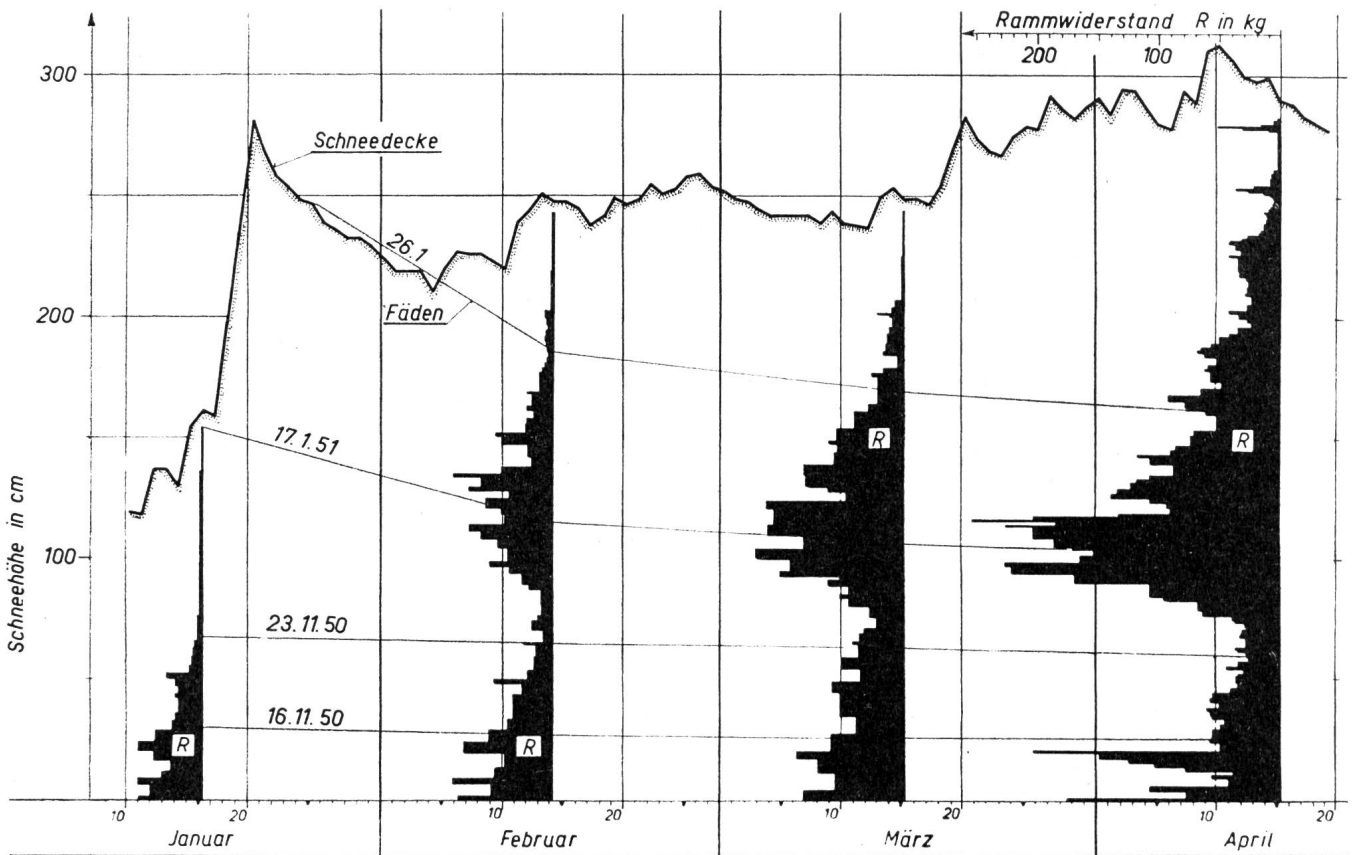


Abb. 13 Verfestigung der Schneedecke auf Weißfluhjoch im Anschluß an die großen Januarschneefälle 1951, veranschaulicht durch Rammprofile

Fällen beschleunigte sich die Bewegung zu einem lawinenartigen Abgleiten (Abb. 14).

7. Der Charakter der Lawinen und ihr Zustandekommen.

Wie bereits erwähnt, bildete die oberflächlich aufgelockerte Dezemberschneedecke keine günstige Unterlage für die gewaltigen Januarschneefälle. Trotzdem war dieser Umstand wohl kaum maßgebend für die Katastrophen. Gewiß sind viele der in die Hunderte zählenden Januarlawinen auf dem alten Lockerschnee abgeglitten. Bei anderen aber wurde festgestellt, daß der Neuschnee in sich selbst abgesichert worden war. Im Zeichen anhaltender Schneefälle kann ein starkes Fundament das Losbrechen der Lawinen wohl verzögern, aber nicht verhindern; denn früher oder später wird die wachsende Last die Zug- und Scherfestigkeit im Neuschnee selbst überbeanspruchen und dann spielt die Unterlage keine Rolle mehr. Der Wettstreit zwischen den Spannungen im Schnee und der Festigkeit des Materials wird um so schneller zu Ungunsten der Festigkeit entschieden, je schneller sich die Spannung steigert, d. h. die Lawine wird um so früher losbrechen, je intensiver es schneit.

Als wichtige Faktoren spielen noch die Hangneigung, die Temperatur und andere Größen bei diesem Kräfte-messen mit. Es ergibt sich dabei, daß an steileren Hängen und bei tieferen Temperaturen die Voraussetzungen

zum Bruch früher erreicht werden als in flacherem Gelände und in wärmerem, aber noch trockenem Schnee (kalter Schnee verfestigt sich langsamer als wärmerer). Zahlreiche Steilhänge haben sich daher im Verlauf der Großschneefälle verhältnismäßig früh ihrer Last in Form von wenig beachteten und auch wenig gewalttätigen Lawinen entledigt. Dasselbe galt für die höheren, kälteren Regionen. An flacheren Hängen dagegen und bei höheren Temperaturen wurden große Schneemengen gespeichert, bis der Bruch fällig war. Auf diese Weise kamen wohl viele der bisher unbekanntten Lawinen zustande.

In den Anbruchsgebieten (2000—2500 m ü. M.) war der Schnee trocken und mehr oder weniger windgepackt. Der Anrißform nach bildeten sich daher zunächst trockene *Schneebrettlawinen*. Während ihres Absturzes lösten sie sich meistens in *Staublawinen* auf (z. B. Zuoz) und setzten in tieferen Lagen wärmere, oft feuchte Schneemassen in Bewegung. An den Talsohlen traten somit vielerorts die schmutzigbraunen Zungen von *Grundlawinen* in Erscheinung. Hochangebrochene Lawinen, wie diejenige von Airolo, wechselten in dieser Art den Charakter längs ihrer Bahn.

Zur unfaßbaren Überraschung für die Betroffenen durchkämten in einzelnen Fällen lockere Lawinen größere, verhältnismäßig geschlossene Waldpartien, ohne sie stark in Mitleidenschaft zu ziehen, und stürzten sich

nach ihrem Austreten in unbewaldetes Gelände auf bisher als ungefährdet erachtete Heimwesen (z. B. Neukirch [Safien], im Dischmatal oder bei Frauenkirch. Siehe Abb. 15).

Die Ansicht, daß die Katastrophen auf bisher nie gemessene Gesamtschneehöhen zurückzuführen waren, ist sicher nicht richtig. Im Prätigau, dem Gebiet der heftigsten Januarschneefälle, traf dies jedenfalls nicht zu. Die am 22. Januar gemessene Schneehöhenspitze von Weißfluhjoch lag mit 281 cm erheblich unter dem bisherigen Höchstwert vom 8. März 1945, der 366 cm betrug. Damals stand die Lawinengefahr gegenüber 1951 weit zurück. Entscheidend war sowohl für die Januar- als auch die Februarkatastrophen der in *wenigen Tagen* aufgebaute Schneezuwachs. Der Fall Airolo demonstriert dies deutlich. In der kurzen Schneefallpause vom 7.—9. Februar vermochte sich die bereits sehr gefährliche Neuschneesicht dermaßen zu konsolidieren, daß noch mehr als das gleiche Quantum nötig war, um die großen Lawinen hervorzurufen.

Wie kam es zu den wiederholten Lawinen im Val-da-Barcli und anderen Gebieten?

In welcher Zeitfolge sich am gleichen Hang Lawinen wiederholen können, ist eine Frage der Hangneigung und der Schneefallintensität. Extrem steile Hänge, die dem Schnee keinen Halt bieten, werden mitunter von einer permanenten Lawine berieselt. Schneerutsche von gefährlicher Mächtigkeit aus Hängen mittlerer Neigung 30—45° können sich jedoch bestimmt nur in Intervallen von mehreren Stunden folgen. Die beobachteten Lawinenserien hatten ihren Ursprung wahrscheinlich in verschiedenen Partien eines verzweigten Einzugsgebietes. In Schluchten und Runsen und überall dort, wo kein Einblick in das Anrißgebiet besteht, ist immer mit dieser Möglichkeit zu rechnen.

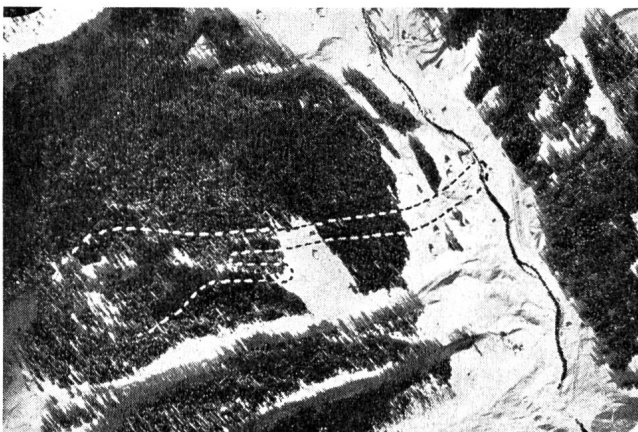


Abb. 15 Lawine bei Frauenkirch durchquert einen Wald und zerstört zwei Ställe. (Photo Eidg. Vermessungsdirektion)



Abb. 14 Spalten in der Schneedecke nach den Schneefällen vom Januar 1951. Davos, unterhalb Station Höhenweg. (Photo SLF)

8. Nachwirkungen der Großschneefälle.

Nachdem gegen den Frühling hin die Angst vor weiteren schweren Schneefällen durch die normale Entwicklung entkräftet worden war, verblieben noch die Furcht vor *Frühlingslawinen* und die *Hochwasserdrohung*. Für das nordöstliche Alpengebiet konnte man in beruhigendem Sinne geltend machen, daß im Frühling 1945 mehr Schnee vorhanden war als im Frühling 1951, und daß damals weder das eine noch das andere Unheil auftrat.

Die in Tabelle 3 zusammengestellten Zahlen des jährlichen höchsten Wasserwertes der Schneedecke von Weißfluhjoch seit 1944 zeigen den Spitzenwert von 1945. Das Jahr 1951 folgt im zweiten Rang knapp vor 1948.

Tabelle 3

Jährlicher maximaler Wasserwert der Schneedecke auf Weißfluhjoch 1944—51 (Abstiche halbmonatlich)

| Jahr | Datum | Wasserwert der Schneedecke mm | Schneehöhe* cm |
|------|-----------|-------------------------------|----------------|
| 1944 | 1. Mai | 957 | 232 |
| 1945 | 16. April | 1447 | 346 |
| 1946 | 1. April | 936 | 246 |
| 1947 | 16. April | 628 | 177 |
| 1948 | 3. Mai | 1037 | 225 |
| 1949 | 13. April | 458 | 156 |
| 1950 | 16. Mai | 844 | 180 |
| 1951 | 1. Mai | 1152 | 271 |

Schneehöhen am Tag des maximalen Wasserwertes. Die Maxima der Schneehöhen sind höher und werden etwa um Mitte bis Ende März gemessen.

Im Engadin und in den südlichen Alpentälern hatte man eher Anlaß zu Besorgnissen, da dort wahrscheinlich Höchstwerte der Wasserspeicherung verzeichnet wurden (leider fehlen langjährige Meßreihen).

Um die Grundlawinen blieb es im Frühling 1951 über Erwarten still. Zahl und Ausmaß waren sogar unter-

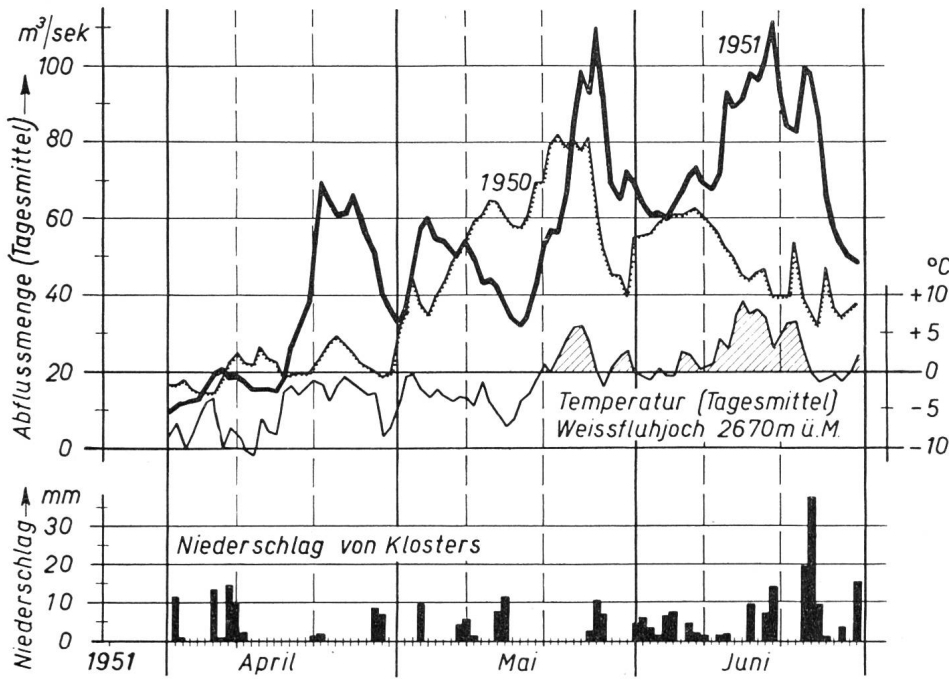


Abb. 16
Mittlere tägliche Abflußzahlen
der Landquart bei Felsenbach
(1950 und 1951)

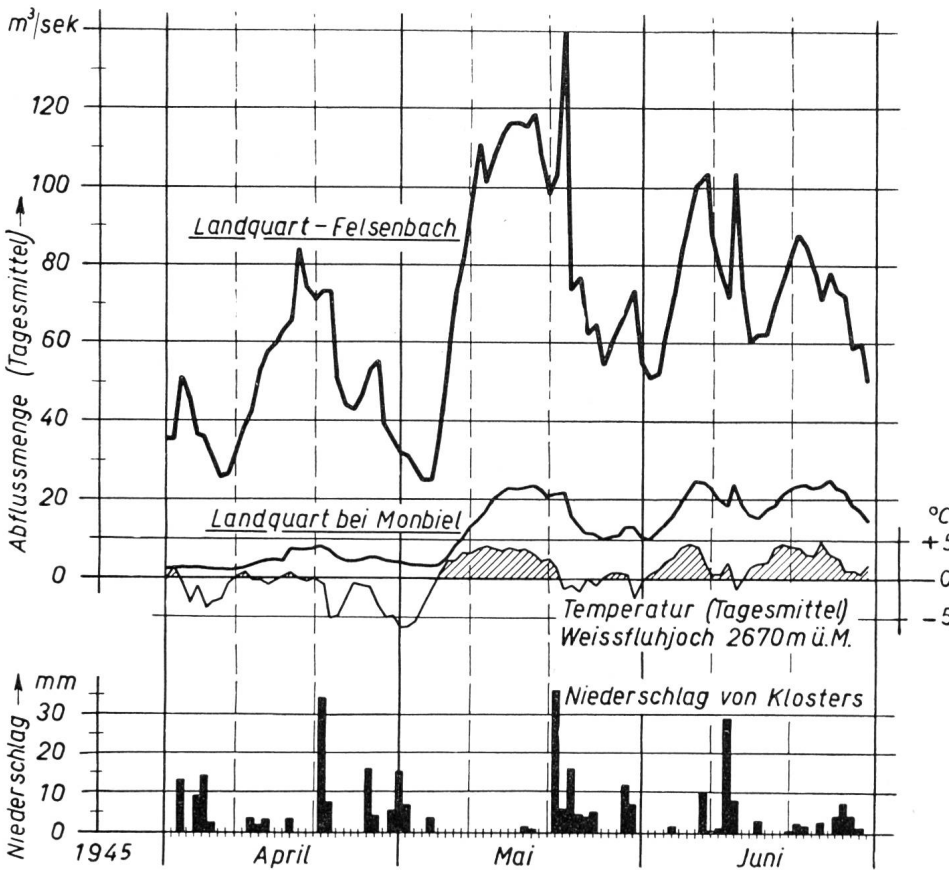


Abb. 17
Mittlere tägliche Abflußzahlen
der Landquart bei Monbiel und
Felsenbach (1945)

durchschnittlich. Wir verdanken dieses günstige Resultat zum Teil der allgemein kühlen Witterung im Mai, gewiß aber auch in hohem Maße der bis in die letzte Phase der Schneeschmelze bewahrten enormen Festigkeit der Schneedecke.

Um den Einfluß der Wasserspeicherung im Schnee und der Niederschläge auf die Wasserführung der Flüsse

beurteilen zu können, haben wir für die wichtigsten Ablationsmonate (April—Juni) die Wasserführungszahlen zweier in den Schneefallzentren entspringenden Flüsse mit den Niederschlags- und Lufttemperaturen in Diagrammen vereinigt.

Für das Graubündner Schneezentrum wurde die Landquart gewählt mit der Abflußmeßstelle Felsenbach bei

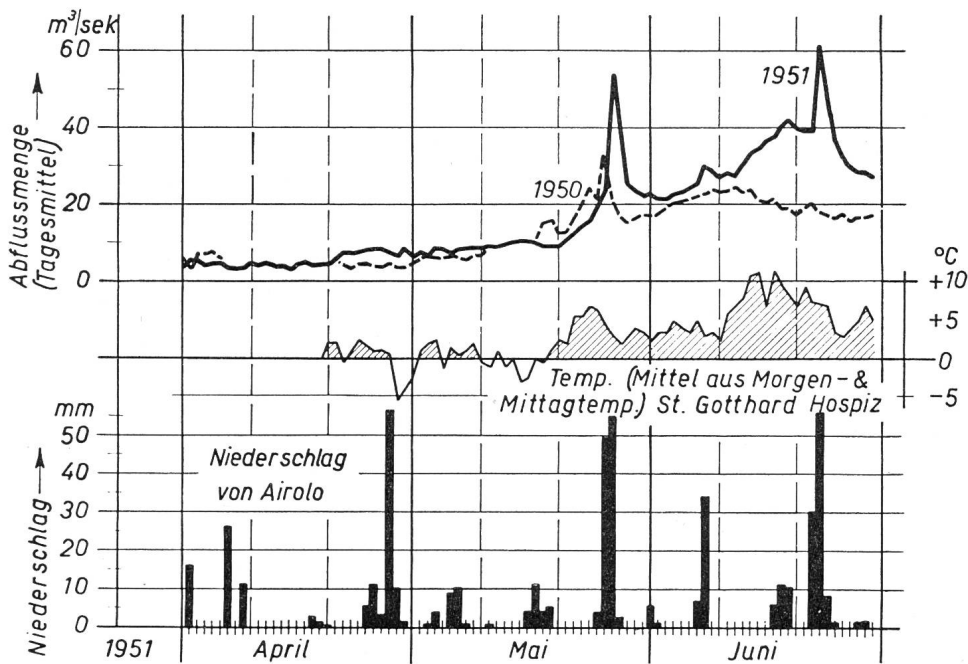


Abb. 18
Mittlere tägliche Abflußzahlen
des Ticino bei Piotta
(1950 und 1951)

der Talenge oberhalb der Ortschaft Landquart. Für die Niederschläge in diesem Einzugsbecken haben wir Klosters als repräsentativ erachtet, während aus naheliegenden Gründen Weißfluhjoch die Temperaturen lieferte (Abb. 16). Zum Vergleich ist noch die Abflußkurve des «Normaljahres» 1950 beigefügt. Man stellt sofort fest, daß der Abfluß sich bis in den Mai nur wenig um die laufenden Niederschläge kümmerte, sondern ganz durch die Temperatur beherrscht wurde. Erst von Ende Mai an setzten die Niederschläge den Schmelzwasserabfluß-Kurven ihre scharfen Spitzen auf. Da mit den Niederschlägen meist eine Abkühlung verbunden war, wurde ihre Wirkung gedämpft.

Der Vergleich zwischen 1950 und 1951 zeigt natürlich den gesamthaft größeren Abfluß im schneereicheren Jahr 1951. Die Abflußmengen der beiden Ablationsperioden verhalten sich wie 1 : 1,32, nahezu gleich wie die maximalen Wasserwerte der Schneedecke auf Weißfluhjoch, vermehrt um die nach dem Stichtag gefallenen Niederschläge (1 : 1,37). Bedeutsam erscheint die Verschiebung des Abfluß-Schwergewichtes von 1951 gegen den Sommer.

Aufschlußreich ist auch Abb. 17, welche die gleichen Funktionen für das Jahr 1945 zeigt. Als zweite Abflußkurve ist diejenige von Monbiel aus dem Oberlauf der Landquart (oberhalb Klosters) eingetragen. Sie ist beinahe konform zum Temperaturdiagramm von Weißfluhjoch! Bei Felsenbach machen sich dagegen wieder die Niederschläge geltend. Die Verhältniszahl zwischen den Abflußmengen für 1945 und 1950 (1 : 1,60) deckt sich

weniger gut als im ersten Beispiel mit der Verhältniszahl der entsprechenden Schneewerte 1 : 1,76. Es erklärt sich dies leicht aus der im Frühling 1945 abnormalen Zunahme der Schneemächtigkeit mit der Höhe.

Am deutlichsten lassen sich die von Niederschlag und Schmelzwasser herrührenden Komponenten im Abflußdiagramm des Ticino bei Piotta erkennen (Abb. 18). Über einem bis in den Juni stetig anwachsenden Untergrund von Schmelzwasser erheben sich scharf die Abflüsse der großen Gewitterregen vom 24. Mai und 26. Juni 1951.

Aus dieser summarischen Analyse darf wohl geschlossen werden, daß in unserem Bergland mit seiner starken vertikalen Gliederung auch sehr große Schneemassen für sich allein keine extreme Wasserführung erzeugen können. Sie verursachen wohl einen anhaltend hohen Pegelstand, dessen Höchstwert sich mit größeren Schneevorräten mehr und mehr in den Sommer verlagert. Um gefährliche Hochwasser hervorzurufen, werden aber immer noch ausgiebige flüssige Niederschläge notwendig sein. Die Hochwasser des Sommers 1951 haben also, soweit sie nach Ende Juni auftraten, nichts mehr mit dem Schnee zu tun. Vor diesem Termin können wir hingegen dem Schnee kein Alibi zugestehen.

Mit diesen Feststellungen erschöpft sich die Erörterung über die direkten Nachwirkungen der Großschneefälle. Weitere Nachwirkungen im Sinne der für die Zukunft zu treffenden Schutzmaßnahmen gegen die Lawinen werden uns noch lange beschäftigen. Diese Frage wird andernorts noch behandelt.