Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 92 (1941)

Heft: 2

Artikel: Bericht über den Lawinenkurs für Forstleute in Davos, 15. - 21. Dezember 1940

Autor: Niggli, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-767307

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Schweizerische
Zeitschrift für Forstwesen
Organ des Schweizerischen Forstvereins

92. Jahrgang | Februar 1941 | Nummer 2

Bericht über den Lawinenkurs für Forstleute in Davos, 15.—21. Dezember 1940.

Von Forstingenieur P. Niggli, Chur.

Auf Anregung und unter dem Vorsitz des eidgenössischen Oberforstinspektors *M. Petitmermet* wurde im Jahre 1931 die « Schweizerische Kommission für Schnee- und Lawinenforschung » gegründet, die sich die Erforschung des Schnees und besonders der Mechanik der Lawinenbildung zum Ziel setzt.

Aus der Zusammenarbeit von drei Instituten der E. T. H. und dem physikalisch-meteorologischen Observatorium Davos-Platz, und dank der finanziellen Unterstützung durch verschiedene Bahnen und Verbände, entstand auf dem Weissfluhjoch eine Schneeforschungsstation. Der intensiven Tätigkeit von Ingenieuren, Geologen, Kristallographen und Meteorologen gelang es, die Probleme der Struktur und Metamorphose, der mechanischen und physikalischen Eigenschaften des Schnees weitgehend abzuklären. Jahrelange theoretische und experimentelle Untersuchungen, verbunden mit Naturbeobachtungen, haben nun die Geheimnisse des Schnees grösstenteils gelüftet. Später hat sich die Forschung in die Lösung der Lawinenprobleme vertieft und beschäftigt sich heute im besonderen mit den Lawinenverbauungen.

Es war ein glücklicher Gedanke, Forstleute aus der ganzen Schweiz durch einen Lawinenkurs in den heutigen Stand der Schnee- und Lawinenforschung einzuführen. Der Kurs, organisiert von der eidgenössischen Oberforstinspektion, wurde von Forstinspektor Dr. *Hess* geleitet und zählte 27 Teilnehmer. An Stelle mehrerer am Kommen verhinderter Oberförster, konnten sich neun Praktikanten daran beteiligen.

In einigen Lichtbildervorträgen machten uns die Kurslehrer mit den mannigfaltigen Wundern des Elementes Schnee bekannt. Die Bauingenieure Dr. *Haefeli* und *E. Bucher* hielten Referate über die Mechanik der Schneedecke und die ersten Ergebnisse der neuesten Untersuchungen über Lawinenverbauungen. Dr. *Winterhalter* behandelte als Kristallograph das Thema : Der Schnee und seine Metamorphose. Herr *Thams* sprach über Windverfrachtungen und analysierte das Lawinenunglück am Wildhorn (7. März 1939) vom Standpunkt des Meteorologen.

Daneben wurden uns in abendlichen Filmvorführungen Einblicke in den Wetter-, Lawinen- und Rettungsdienst unserer Armee gewährt. Ausserdem zeigte Klassenlehrer *A. Roch* seinen interessanten Himalaja-

film, den er als Leiter der schweizerischen Himalajaexpedition 1939 selber gedreht hat.

Ein erster Besuch galt dem *Schneeforschungslaboratorium* auf dem Weissfluhjoch. Wir lernten die speziell konstruierten Apparate kennen, welche die Untersuchung der im Freien entnommenen Schneeproben ermöglichen auf: Luftdurchlässigkeit, Raumgewicht, Kriechvorgang, Druck-Zug-Scherfestigkeit usw. Die gemessenen Daten geben einerseits Aufschluss über die momentanen Zustände der Schneeschichten und anderseits über das plastische Verhalten des Schnees in Dauerversuchen.

Um die Verhältnisse innerhalb der Schneedecke zu erforschen, werden *Schneeprofile* aufgenommen. Auf den Skiabfahrten im Parsenngebiet hatte jede der vier Gruppen mehrmals Gelegenheit, solche zu graben. Zuerst wird in der Schneedecke ein Loch bis auf den Boden ausgeschaufelt. Dann werden nacheinander folgende Untersuchungen ausgeführt:

1. Messen der Schneetemperaturen.

Mit Spezial-Thermometern werden die Temperaturen am Boden und in der Schneedecke, in vertikalen Abständen von 10 zu 10 cm, bestimmt.

2. Feststellen der Schichtgrenzen.

An den Farbschattierungen schon lassen sich die verschiedenen Schichten unterscheiden. Durch Herausarbeiten mit der Hand, einem Wischer oder Besen, werden sie noch deutlicher erkenntlich. Die Schichtgrenzen werden vom Boden aus eingemessen.

3. Bestimmung der Härte.

Die einzelnen Schichten weisen verschiedene Verbandsfestigkeit (Pakkungsgrad) auf. Man unterscheidet: *weichen, mittelharten* und *harten* Schnee. Je nach dem Widerstand, den der Schnee dem Eindringen des Daumens oder der Hand entgegensetzt, wird die Härte bestimmt. Neben dieser ganz subjektiven Unterscheidungsmethode bedient man sich neuestens kleiner Härtemesser. Bei diesen wird der Widerstand gemessen, den ein abgefederter Bolzen mit 1 cm^2 Stirnfläche findet.

4. Bestimmung der Schneeart.

Neben dem *Neu-* und *Altschnee* werden noch folgende Schneearten auseinandergehalten: Oberflächenreif, Schmelzharst, Windharst, Wildschnee, Schwimmschnee und Eislamellen innerhalb der Schneedecke. *Neuschnee* ist *filzig* und *locker,* er zeigt die *unveränderten Schneesterne und Blättchen.* Beim *Altschnee* sind diese *umgewandelt* worden in kugelige *Körner* (Metamorphose). Die andern Schneearten entstehen bei besonderen Witterungsverhältnissen (Windeinwirkung, Temperaturwechsel), während oder nach dem Schneefall.

5. Bestimmung der Korngrösse.

Mit Hilfe eines *Rasters* aus Zelluloid oder Papier werden die Korndurchmesser des Altschnees bestimmt.

Man unterscheidet *zwei Korngrössenklassen:*

a) Korndurchmesser bis 2 mm = feinkörniger Altschnee.

b) Korndurchmesser über 2 mm = grobkörniger Altschnee.

Alle gemessenen Resultate werden protokolliert und nachher als *Temperaturkurve* sowie im *Schichtprofil* graphisch aufgetragen.

Gleichzeitig mit der Bestimmung des Schichtprofils erfolgt die Aufnahme des *Rammprofils,* welches die Daten für die relativen Festigkeiten der einzelnen Schneeschichten liefert. Dazu wird die sogenannte *Rammsonde* verwendet. Sie besteht aus einem Anticorodal-Rohr mit normalisierter Kegelspitze. Mit Hilfe eines Rammbären, der an einer Führungsstange läuft, wird die Sonde lotrecht in die Schneedecke eingetrieben. Als Mass des Widerstandes, den die eindringende Kegelspitze findet, wird die Länge des Vortriebes gemessen. Der Widerstand kann nach folgender Formel errechnet werden:

$$W = \frac{x \times (R \times h)}{\triangle} + (Q + R)$$

W	= Rammwiderstand	kg
x	= Anzahl Schläge des Rammbärs	—
R	= Gewicht des Rammbärs	kg
h	= Fallhöhe des Rammbärs	cm
$\triangle$	= Eindringung der Sonde pro x-Schläge	cm
Q	= Gewicht des Sondenrohres	kg

Von den Profilen, welche die Gruppe Dr. Haefeli aufgenommen hat, sollen zwei charakteristische besprochen werden. (Siehe Bilder 1 und 2.)

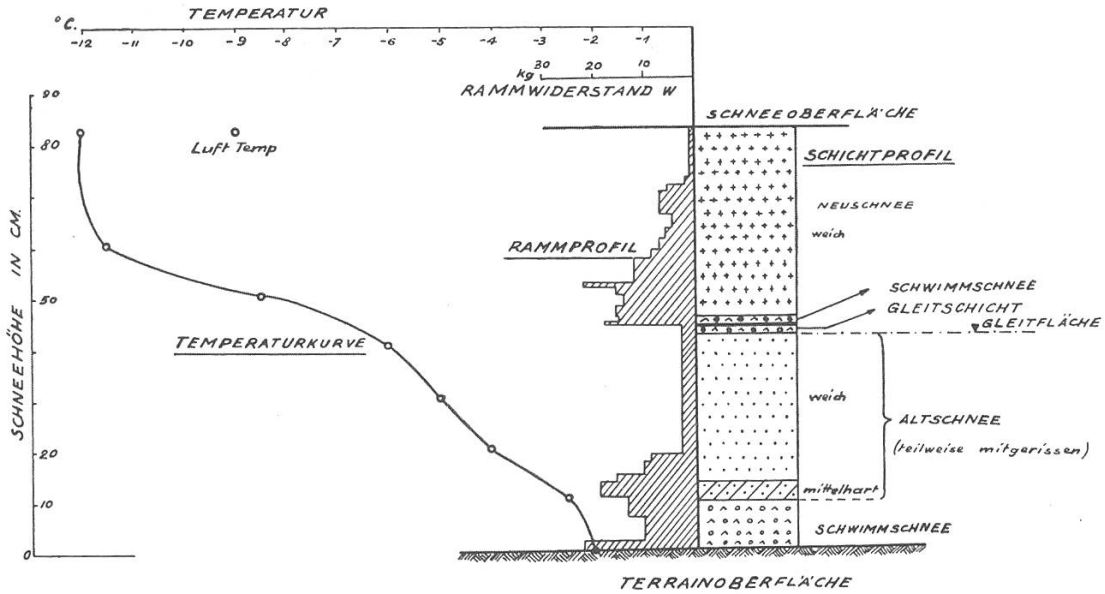


Bild 1. Schneeprofil.

Das *Schneeprofil* in Bild 1 stammt vom *Lawinenanbruch einer Schneebrettlawine,* welche am Westhang des Augterhörnlis (2450 m ü. M.), an der Abfahrtsroute Parsenn—Küblis, niederging. (Bilder 3 und 4.) Die verschiedenen Signaturen des Schichtprofils zeigen den innern Aufbau der Schneedecke. Auf dem Boden liegt eine sogenannte *Schwimmschneeschicht.* Dann folgen eine mittelharte und weiche Schicht feinkörnigen *Altschnees* sowie eine 2 cm dicke *Schwimmschnee-*

schicht. Auf dieser liegt eine feste *Eislamelle.* Darüber nochmals eine dünne, kohäsionslose *Schwimmschneeschicht,* und zuletzt eine 36,5 cm hohe Lage *Neuschnee.* Die totale Schneehöhe beträgt 82,5 cm.

Das bei Punkt A in Bild 3 aufgenommene *Rammprofil* spiegelt in seinem unregelmässigen Verlauf die verschieden grossen Rammwiderstände wider, welche die eindringende Sondenspitze fand. Im Neuschnee nimmt der Widerstand mit zunehmender Tiefe zu. Der Schnee unterhalb der harten Eislamelle leistet nur geringen Widerstand, der sich in Bodennähe, besonders in der mittelharten Altschneeschicht, wieder vergrössert.

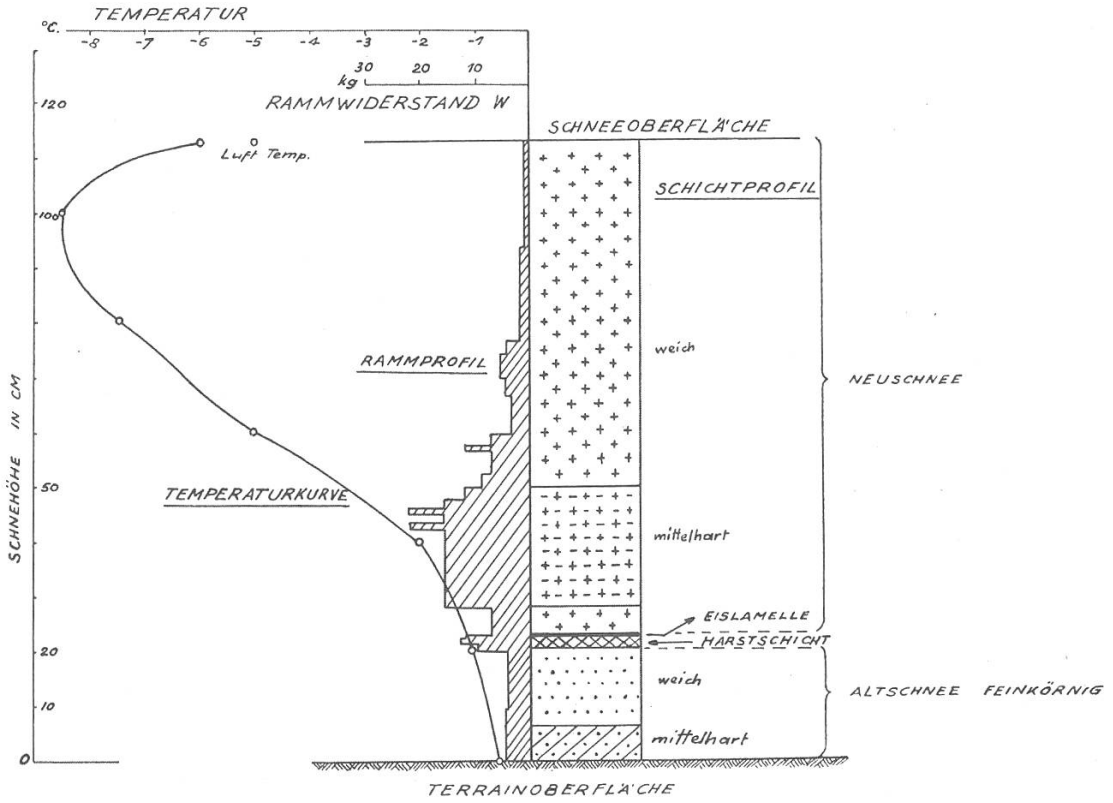


Bild 2.

Der Verlauf der *Temperaturkurve* zeigt eine Abnahme der Temperatur mit zunehmender Höhe über dem Boden, sie sinkt von — 2° C auf — 12° C. Der Schnee ist ein schlechter Wärmeleiter. Dank der Schneedecke behält deshalb der Boden eine ziemlich konstante Temperatur, welche in der Nähe des Nullpunktes liegt. Dadurch wird die Bodenvegetation vor schädlichen Temperaturschwankungen geschützt. Die Schneeoberfläche weist bei klarem Wetter infolge Ausstrahlung meistens eine um einige Grad tiefere Temperatur auf als die sie umgebende Luft. Das zeigt sich auch hier.

Bei der niedergegangenen Lawine bildete eigentümlicherweise die obere *Schichtgrenze des Altschnees die Gleitfläche* und nicht die Eislamelle, wie man vermuten könnte. *Gleit-, Schmier- oder Rollschicht* war die auf der Gleitfläche liegende *Schwimmschneeschicht.* Es liegt

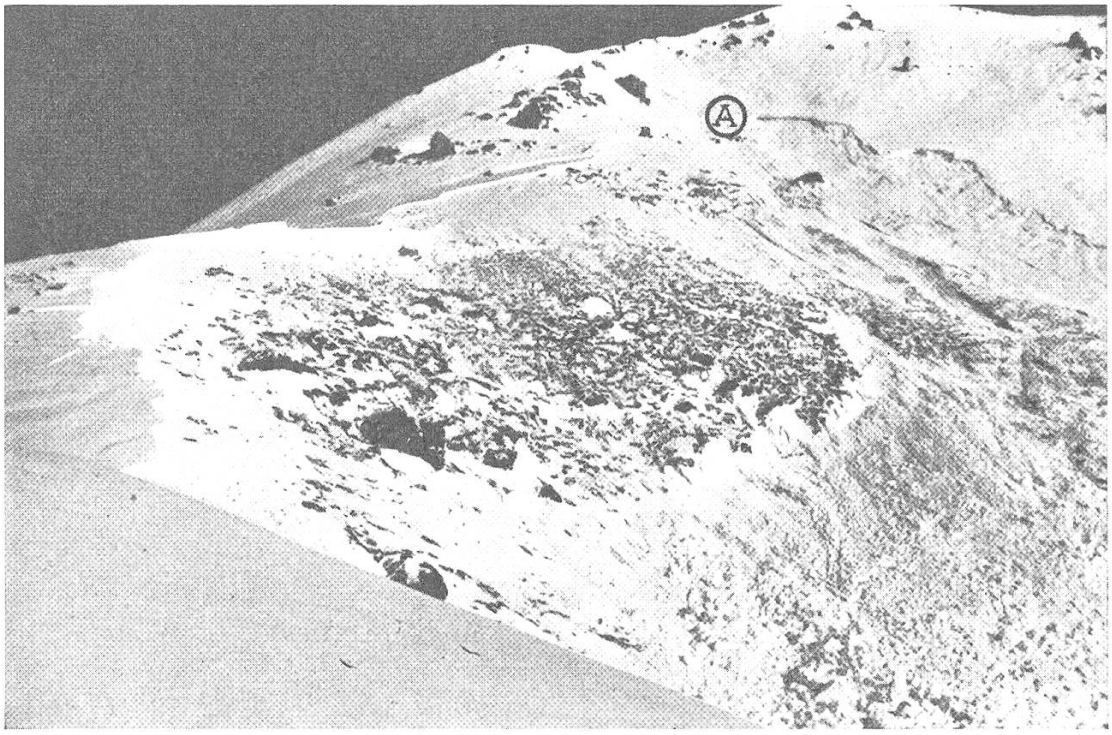


Bild 3. Schneebrettlawine am Westhang des Augsterhörnli. Dr. Haefeli.

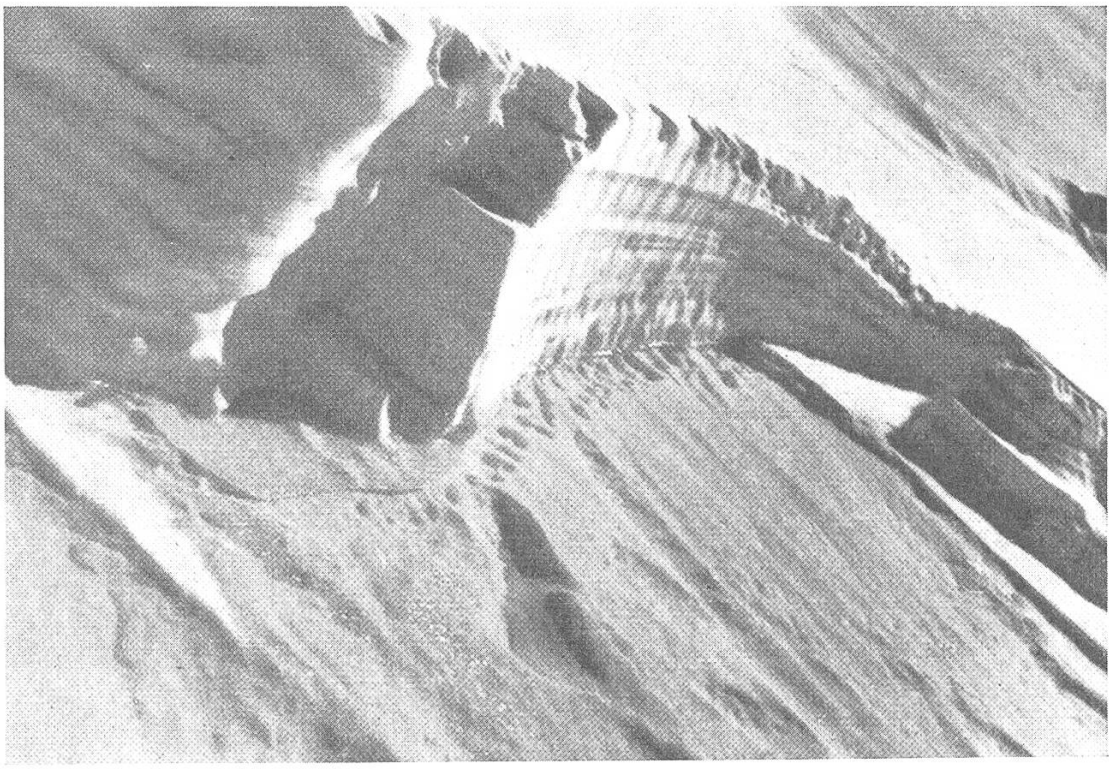


Bild 4. Lawinenanbruch. Dr. Haefeli.

im Wesen des Schwimmschnees, dass er in den weitaus meisten Fällen die Gleitschicht niedergehender Trockenschneelawinen bildet. Der *Schwimmschnee* besteht aus *becherförmigen Kristallen* mit nur wenig Kohäsion. Die Becher-Kristalle entstehen sekundär durch Umkristallisationen über die Gasphase. Er findet sich besonders in den bodennahen Schneeschichten.

Die dunkeln Stellen in Bild 3 lassen erkennen, dass teilweise die ganze Schneedecke von der Lawine weggefegt wurde. Dies war vor allem dort möglich, wo sich in der Schneedecke sogenannte *Schwimmschneenester* gebildet hatten. Der an diesen Stellen vorhandene, kohäsionslose Schnee hatte auch keinen Zusammenhang mit der Unterlage, so dass alle Schichten mitgerissen wurden.

Das *Schneeprofil* in Bild 2, aufgenommen an einem Südhang des Durannapasses in 2150 m ü. M., zeigt in seiner Schichtung eine grosse Aehnlichkeit mit dem ersten Profil. Die Schneehöhe beträgt hier 113,5 cm. Auf dem Boden liegt die mittelharte, feinkörnige Altschneeschicht; die Schwimmschneenester fehlen. Darauf folgt der weiche Altschnee, hierauf eine 2 cm dicke *Harstschicht,* welche der unteren Schwimmschneeschicht in Bild 1 entspricht. Dann kommt wieder eine *Eislamelle,* der erst eine Schicht weichen, nachher mittelharten und zuoberst wieder weichen *Neuschnee* aufliegt. In diesem Profil fehlen also die beiden dünnen Schwimmschneeschichten beidseits der Eislamelle. Das heisst, die Metamorphose des Schnees am Durannapass war weniger weit fortgeschritten als diejenige am Augsterhörnli. Durch Umkristallisationen hat sich am Lawinenhang die Harstschicht zu Schwimmschnee umgewandelt, der dann die Schmierschicht bildete. Das Profil von Bild 2 sagt uns, dass dort die Lawinengefahr geringer ist. Am Steilhang könnte zwar eine Lawine auftreten mit der Eislamelle als Gleitfläche und dem darüber liegenden, wenig widerstandsfähigen Neuschnee als Schmierschicht.

Die *Temperaturkurve* verläuft anfangs ähnlich wie diejenige von Bild 1. In den obersten Schichten biegt sie dann aber stark nach rechts ab. Das hat seine Ursache in der Exposition. Die Sonne konnte diesen Südhang lang und intensiv bestrahlen, was zu einer Erwärmung der obersten Schneeschichten führte.

Werden an derselben Stelle periodisch Schneeprofile aufgenommen und längs einer Zeitachse aufgezeichnet, so erhält man ein sogenanntes *Zeitprofil.* Infolge der klimatischen Einwirkungen verändern sich die einzelnen Schichten oft stark. Da die Metamorphose der Schneedecke aus dem Zeitprofil deutlich erkennbar ist, liefert dieses wertvolle Anhaltspunkte für die Lawinenprognose. Seit mehreren Jahren nimmt die Schneeforschungsstation Davos-Weissfluhjoch Zeitprofile in ihrem Standard-Versuchsfeld auf. Nun hat sich nach Kriegsbeginn auch die Armee der Sache angenommen. In besondern Kursen ausgebildete Unteroffiziere und Soldaten graben auf ihren Posten im Gebirge regelmäßig Schneeprofile. Diese werden in einer Zentrale ausgewertet und zu Zeitprofilen zusammengestellt. Aber nur ein über

die ganze Schweiz sich erstreckendes, gut ausgebautes Netz von Messstationen kann einen richtigen Einblick in die komplizierten Schneeverhältnisse unseres Landes geben. Deshalb wäre es sehr zu begrüssen, wenn sich auch die Forstleute mit solchen Arbeiten befassen würden.

Nach den Einführungen in die Schneekenntnisse, verbunden mit praktischen Uebungen im Gelände, wurden wir in die Geheimnisse der *Lawinen* eingeweiht. Die Erforschung der Ursachen der Lawinenbildung führte zum Studium der Schneedecke am geneigten Hang.[1] Um die Bewegung der geneigten Schneedecke messen zu können, wurden in einem lotrechten Schneeloch Ping-Pong-Kugeln als Schwimmer versetzt. Als man diese später wieder ausgrub, hatten sie ihre Lage verändert, infolge der Kriechbewegung der sich am Hang setzenden Schneedecke. Die einzelnen Kugeln verschoben sich annähernd auf einer Geraden, die einen spitzen Winkel β mit der Schneeoberfläche bildet. Die ausgeführte Bewegung lässt sich in eine Komponente parallel zum Hang (Bewegungskomponente) und in eine solche in der Vertikalen (Setzungskomponente) zerlegen. Die Resultierende ist um so grösser, je weiter der Punkt vom Boden entfernt ist. Ihre Richtung hängt hauptsächlich von der Hangneigung und der Schneebeschaffenheit ab. Da diese Faktoren auf relativ kleiner Fläche ändern, entstehen ungleiche Bewegungsgeschwindigkeiten innerhalb der Schneedecke, so dass *Längsspannungen* auftreten. In der Schneedecke lassen sich *Zug-* und *Druckzonen* unterscheiden. Zugspannungen treten in den oberen Hangpartien auf, in der Verankerungszone. Druckspannungen entstehen durch Abbremsung der Schneedecke an einem Hindernis. Dazwischen liegt eine fast spannungsfreie, *neutrale Zone.* Seitlich wird die Kriechbewegung oft durch Felsrippen usw. abgebremst; das führt zu *Scherspannungen.*

Temperaturänderungen, Wind usw. können die Metamorphose und Plastizität des Schnees derart beeinflussen, dass sich die Festigkeitseigenschaften ganz verändern, was oft zu einem *labilen Gleichgewichtszustand* führt. Durch die geringste Störung der Schneedecke in der Zugzone, zum Beispiel Boden- oder Lufterschütterung, Betreten des Hanges mit Ski, entsteht ein Bruch. Blitzschnell durchziehen Risse den Schnee, die Zugkräfte werden ausgeschaltet, die andern Spannungen schlagartig so stark erhöht, dass die Schneedecke trotz der Reibung als Lawine abgleitet und in grossen Schollen unten liegen bleibt.

Im Gegensatz zu den vielen Lawinentypen, welche bis jetzt unterschieden wurden, kennt die moderne Forschung nur mehr deren zwei: *Lockerschneelawinen* und *Schneebrettlawinen.* Sie werden auseinandergehalten auf Grund der physikalischen Gesetze, welche zu ihrer Entstehung führen. Die früher gebräuchlichen Bezeichnungen stellen nähere Charakterisierungen dieser beiden Lawinentypen dar. (Siehe Bild 5.)

---

[1] Vgl. *R. Haefeli:* «Schneemechanik mit Hinweisen auf die Erdbaumechanik.» Sonderdruck aus «Der Schnee und seine Metamorphose», Buchhandlung zum Elsässer, Zürich 1939.

Die vorher in ihrer Entstehung erklärte Lawine war eine Schneebrettlawine. *Trockene* Schneebrettlawinen treten meist einige Stunden bis Tage nach dem Schneefall auf, wenn durch den Kriech- und Setzungsprozess unter Windeinwirkung maximale Spannungen entstanden sind. *Nasse* Schneebrettlawinen gibt es erst nach Schmelzprozessen, wenn einzelne Schichten infolge Durchnässung ihre Festigkeit verlieren.

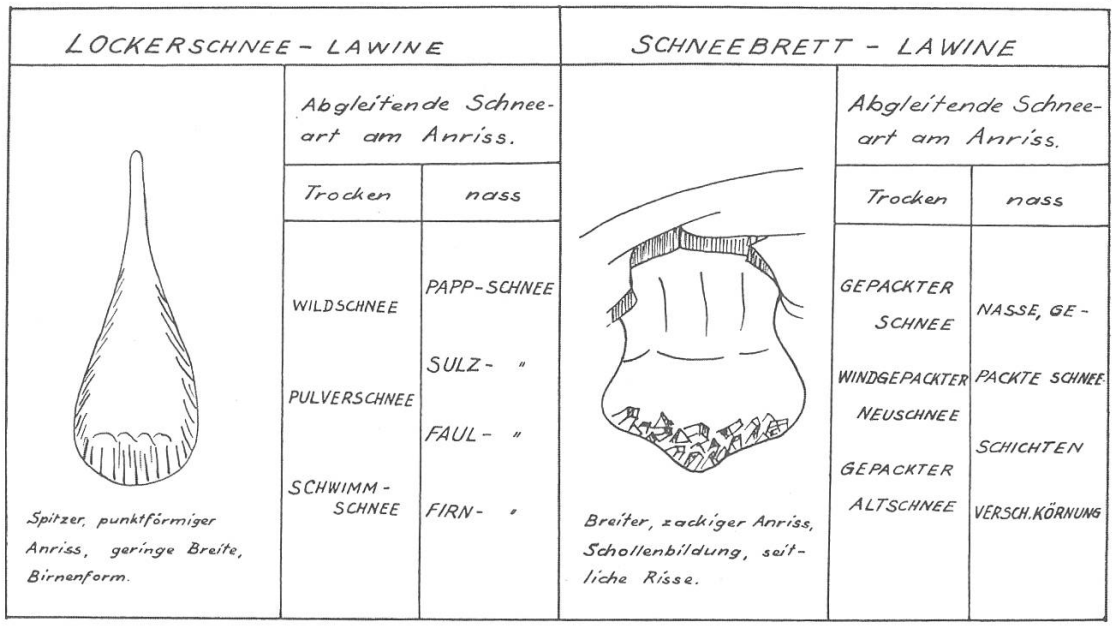


Bild 5.

Bei den Lockerschneelawinen handelt es sich um lockere, wenig zusammenhängende Schneearten. Weist ein steiler Hang Schnee von geringer Zusammenhangskraft (Kohäsion) auf, so genügt eine kleine Störung, verursacht zum Beispiel durch eine herabfallende Gwächte oder einen Felsbrocken, um die Lawine auszulösen. Die erst geringen Schneemassen reissen immer grössere Mengen mit sich, die Lawine wird immer breiter. Der Schnee lagert sich unten ohne jede Schollenbildung ab. Lockerschneelawinen entstehen nach grossen Schneefällen oder wenn längere, durchgreifende Metamorphose die Kohäsion des Schnees ganz aufgehoben hat; vor allem im Frühling

Nachdem die Probleme der Lawinenbildung eine genügende Abklärung gefunden hatten, befasste sich die Forschung mit der *Lawinenabwehr*. Jedes Jahr gehen in der Schweiz unzählige Lawinen nieder, welche grosse Opfer an Menschenleben und Material fordern. Mit der Zunahme des Berg- und Wintersportes stieg die Zahl der Todesopfer. Unachtsamkeit oder Zufall, meist aber Unkenntnis der Gefahr sind Schuld an Lawinenunglücken. Durch *Veröffentlichungen, Vorträge und Instruktionskurse* sucht die Schnee- und Lawinenforschungskommission die Berggänger aufzuklären und zur selbständigen Beurteilung der Gefahren zu erziehen. Als ausgezeichnete Lektüre kann das reichillustrierte Büchlein empfohlen werden : « Lawinen, die Gefahr für den

Skifahrer. Ratschläge zur Beurteilung der Gefahr und Bekämpfung von Unfällen »; bearbeitet von der Schweizer. Schnee- und Lawinenforschung und dem Parsenndienst.

Allwöchentlich gibt der SSV in Zusammenarbeit mit der Station Weissfluhjoch eine *Lawinenprognose* im Radio und in den Zeitungen bekannt. Dieses Bulletin teilt die jeweiligen Schnee- und Lawinenverhältnisse mit; bei grosser Lawinengefahr wird vor Touren ins Gebirge gewarnt.

Durch die *künstliche Loslösung von Lawinen* können viele Unglücke verhindert werden. Herr Major *Jost,* der Chef des Parsenndienstes, erläuterte und zeigte uns, wie dabei vorgegangen werden muss. Die künstliche Loslösung kann erfolgen durch *Abtreten, Handsprengung, Handgranaten, Gewehrgranaten oder Minenwerfer.* Die Anwendung des Minenwerfers hat sich bei der Berninabahn schon lange bewährt. Seit einigen Jahren verwendet sie der Parsenndienst, um einige vielbefahrene Abfahrtsrouten lawinensicher zu machen. Neuestens werden sie auch in der Armee für solche Zwecke eingesetzt.

Das *Abtreten von Lawinen* soll nur ausnahmsweise versucht werden. Es müssen alle Vorsichtsmassnahmen getroffen werden, damit dem Mann, welcher in der Anbruchzone des Hanges die Lawine durch starkes Auftreten oder Hüpfen auszulösen versucht, sofort Hilfe geleistet werden kann.

Beim Lösen von Lawinen mit *Sprengkörpern* bedient sich der Parsenndienst eines einfachen Mittels. Eine leere Konservenbüchse wird mit drei bis zehn Patronen Sicherheitssprengstoff gefüllt. Eine Patrone wird mit einer Sprengkapsel und mindestens 60 cm Zeitzündschnur versehen. An der oben zusammengedrückten Büchse wird zuletzt eine Sicherheitsschnur befestigt, um sie bei eventuellem Versagen wegziehen zu können. Am Seehörnli oberhalb des Grünsees konnten wir zusehen, wie ein Patrouilleur eine Sprengbüchse in einen Steilhang warf. Die Wirkung der explodierten Ladung war gering. Da zur Zeit keine ausgesprochene Gefahr bestand, löste sich keine Lawine los.

In ähnlich vorsichtiger Weise wie mit Sprengbüchsen, muss mit *Handgranaten* umgegangen werden.

Unter der Leitung von Major Jost wurde unserm Kurs auch der Lawinenabschuss mittelst *Minenwerfer* vorgeführt. Zielobjekt war der lawinenreiche Strelahang. Die dort heruntergehenden Lawinen verschütten den Strelaweg, welcher jeden Winter von rund 30 000 Skifahrern begangen wird. Durch rechtzeitigen Abschuss der Lawinen wird die Route immer wieder lawinensicher gemacht. Der Minenwerfer war auf einem Kanadierschlitten hertransportiert worden. Geschossen wurde von lawinensicherer Stelle aus. Die Richtelemente konnte der Schiessleiter einem Schiesskroki entnehmen. Das Vorhandensein eines genauen Krokis ermöglicht bei stets gleicher Aufstellung des Minenwerfers auch ein Schiessen bei Nacht und Nebel. Als Geschoss wird die Wurfgranate mit Momentzünder verwendet. Wie bei der geringen Lawinengefahr erwartet wurde, war das Ergebnis der 15 abgefeuerten Schüsse klein.

Meist bildete sich überhaupt keine Lawine oder dann eine Lockerschneelawine geringen Ausmasses. Nach beendigtem Schiessen konnte der vorher gesperrte Strelaweg von allen Kursteilnehmern befahren werden.

Um Häuser, Dörfer, Strassen und Bahnen vor den verheerenden Lawinen zu schützen, werden seit alter Zeit Schutzbauten erstellt. Die ersten Kunstbauten entstanden im *Sturz- und Ablagerungsgebiet* der Lawinen. Es waren Ebenhöch, Spaltecken, Brandungs- und Ablenkmauern, Galerien usw. Später wurde versucht, die Entstehung der Lawinen durch Bauten im *Anrissgebiet* und solche gegen *Schneeverfrachtungen* zu verhindern. Diese Art der Lawinenabwehr wurde wenn möglich mit der *Aufforstung* verbunden. Seit dem Inkrafttreten des eidgenössischen Forstgesetzes vom Jahre 1876 gelangten Lawinenverbauungen im Kostenbetrag von mehr als 16 Millionen Franken zur Ausführung. Die Bundessubventionen dafür betrugen rund 11 Millionen Franken.

Bis jetzt wurden die Verbauungen nach rein praktischen Erfahrungsgrundsätzen projektiert, wobei bald diese, bald jene Bauweise bevorzugt wurde. Viele Bauten bewährten sich, andere erfüllten die in sie gesetzten Hoffnungen nicht, weil sie die Lawinenbildung nicht ganz verhindern konnten oder rasch zerfielen. Zuerst waren es freistehende Mauern, später ging man zu den Terrassen über. Schliesslich kam man wieder auf die Mauern, Schneerechen, Wände usw. zurück.

Als sich die Schnee- und Lawinenforscher vor vier Jahren mit den Lawinenverbauungen zu beschäftigen begannen, konnten sie ihre Untersuchungen auf den abgeklärten Problemen der Lawinenentstehung aufbauen. An Hand von theoretischen Laboratoriumsversuchen sowie von Experimenten im Feld, wurde die Art und Grösse der Kräfte bestimmt, welche die kriechende Schneedecke auf Kunstbauten ausübt.

Die Versuche beschränkten sich vorerst auf die Messung der Schneedruckkräfte in Gebieten oberhalb der Waldgrenze. Im Gegensatz zur Schneedecke in oder unterhalb der Waldgrenze ist dort der Schnee infolge starker Windeinwirkung kompakter und zugfester. Diese günstigen Eigenschaften muss man bei Verbauungen ausnützen.

Zur Messung des Schneedruckes wurde in eine bestehende Lawinenmauer auf Alp Grüm an der Berninabahn eine Messkammer von 1 m Breite eingebaut. Es zeigte sich, dass der Druck der kriechenden Schneedecke nicht zur Zeit der grössten Schneehöhe am stärksten ist, sondern im Frühling bei stark verdichtetem Schnee, meistens unmittelbar vor der vollständigen Durchnässung der Schneedecke.

Die Verbauungen im Anrissgebiet haben die Schneedecke so zu stützen, dass es nicht zur Lawinenbildung kommt. Sie müssen vor allem das Losbrechen der Schneebrettlawinen verhindern. Jede Schneebrettlawine weist eine für sie typische Rissbildung auf, das heisst die empfindliche Spannungszone der Schneedecke beschränkt sich auf eine relativ kleine, ziemlich stationäre Zone. Die gefährliche Rissbildung muss verunmöglicht werden. Das zu wählende Verbauungssystem darf

deshalb den natürlichen Verlauf der Schneedecke nicht unterbrechen, sie auch nicht in einzelne Stücke zerschneiden, wie es bei den horizontalen, durchgehenden Mauern und Terrassen der Fall ist. Das Vorbild für das neu zu wählende System fanden die Forscher im aufgelösten Gebirgswald. An Stelle des durchgehenden Verbaues konstruierten sie *Einzelelemente* in der Form von *Stützkörpern.* Die Untersuchungen über die Einwirkungen der Schneedecke auf diese Bauten zeigten, dass die Schneedecke um einen Einzelkörper sowohl eine Druckzone, wie eine Zugzone aufweist. Die durchgehende Verbauung wird nur auf Druck beansprucht. Neben der bessern Anpassungsfähigkeit an die Terrainverhältnisse, ermöglichen die Einzelkörper auch eine bessere Ausnützung der Festigkeitseigenschaften des Konstruktionsmaterials als die alten Verbausysteme. Durch den Bau der Druckfläche als Rost, ähnlich den Schneebrücken oder -rechen, können die Schneeverwehungen, wie sie hinter Mauern auftreten, weitgehend vermieden werden. Die von Dr. Haefeli aufgestellte Theorie der Schneedruckberechnung [1] ergab, dass der Schneedruck abhängig ist von :

1. Mittleren Raumgewicht des Schnees,
2. Höhe der Schneedecke,
3. Neigungswinkel des Hanges,
4. Kriechwinkel β (bedingt durch die mechanischen Eigenschaften des Schnees).

Da diese Faktoren von Ort zu Ort ändern, müssen sie für jede projektierte Verbauung zuerst ermittelt werden. Aus diesem Grund kann es auch kein starres, einheitliches System geben. Dieses richtet sich immer nach den gegebenen Verhältnissen, denen es angepasst werden muss.

In einer Versuchsverbauung auf Alp Grüm wurden im Jahre 1938 erstmals Einzelelemente aufgestellt (Bild 6). Neben den alten Verbauungen wurden *Stützplatten* (Bild 7) und *Hängeplatten* eingebaut.

Die Druckfläche der *Stützkörper* steht senkrecht zur Hangneigung. Mit einem Basisabstand von zirka 2 m wurden zwei Eisenträger (NP 20) auf Betonsockeln gelenkig gelagert. Die oben zusammenlaufenden Träger sind mit einer eisernen Strebe (DIN 12) abgestützt. Diese schliesst mit dem Rahmen einen Winkel von 45° ein. Die Höhe der Druckfläche richtet sich nach der Schneehöhe, auf Alp Grüm beträgt sie rund 3 m, die mittlere Breite der Platte 2 m. Zur Verhinderung der Schneeverwehungen wurde die Druckfläche in aufgelöster Form als Holzrost ausgebildet, der aus sieben Lärchenhälblingen von etwa 24 cm Durchmesser besteht.

In steile Partien mit Verankerungsmöglichkeit wurden *Hängeplatten* gebaut. An Stelle einer allzu langen und statisch ungünstigen Strebe wurde die Druckfläche an einem Drahtseil aufgehängt, das an einem Felsen verankert ist. Das Hängeelement ist nicht nur teurer,

[1] Vgl. Schneemechanik mit Hinweisen auf die Erdbaumechanik, S. 204.

Bild 6. Versuchsverbauung Alp Grüm. M. Müller.
Links Hängeelemente, rechts Stützelement.

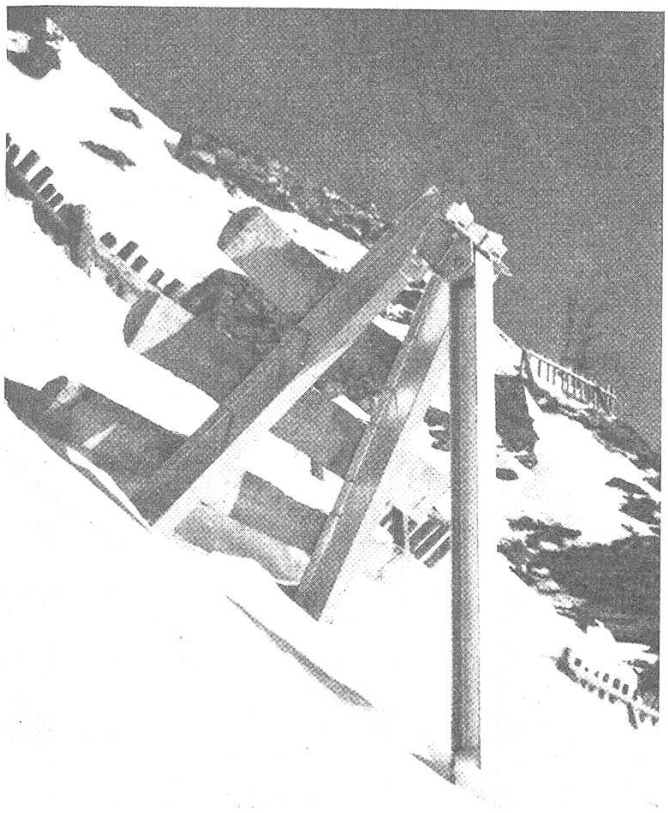
sondern weist noch den Nachteil der Verkürzung des Drahtseiles bei Kälte auf, was zu grosser Druckzunahme auf die Hängeplatte führen kann.

Der auf ein Element wirksame Kriechdruck ist drei- bis viermal grösser als der theoretisch berechnete Druck auf einen gleich breiten Streifen einer durchgehenden Wand. Ein Element hat also einen ungefähren « *Wirkungsgrad* » *von 3 bis 4.*

Der *Staubereich* des Körpers, das heisst derjenige Teil der Schneedecke innerhalb welchem die Kriechbewegungen durch den Verbau gestört werden, vergrössert sich im Laufe des Winters. Das unter anderem auch deshalb, weil der zunehmende Druck den abgebremsten Schnee immer mehr verfestigt.

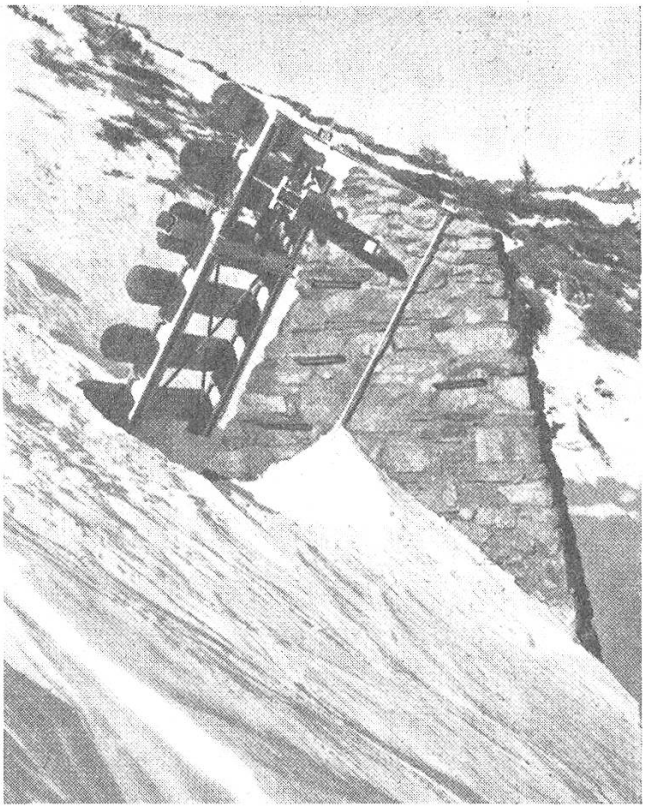
Die Schneedruckmessungen während eines Winters liefern in Ergänzung der Theorie die nötigen Anhaltspunkte zur Dimensionierung von Verbauungen im Anbruchgebiet. Dabei muss wie bei jeder andern Konstruktion ein angemessener Sicherheitsfaktor, durch entsprechende Wahl der zulässigen Beanspruchungen, berücksichtigt werden.

An einem prächtigen Tag mit tiefblauem Engadinerhimmel brachten uns die Rhätische Bahn und die Berninabahn in unvergesslich schöner Fahrt auf die *Alp Grüm.* Eine erste Besichtigung galt den Versuchsverbauungen mittelst Stütz- und Hängeplatten zum Schutze der Bahnlinie. Einige Elemente haben Messfedern, an denen als Mass des



F. Schmid.

Bild 7. Stützkörper auf Alp Grüm.



M. Müller.

Bild 8. Messelement auf Alp Grüm

Druckes die Längenänderungen abgelesen werden können. Nachher besahen wir die *Druck-Messkammer,* die in eine durchgehende Lawinenmauer eingebaut ist. Der dahinter aufgeschichtete Schnee drückt auf 20 cm breite, 100 cm lange und 1 cm dicke Stahllamellen. Hier wird die horizontale Durchbiegung der geeichten Lamellen als Funktion des Druckes gemessen. In der Nähe steht das neueste *Messelement* (Bild 8), bestehend aus einem gemauerten Sockel, an dessen Oberseite ein Druckrost an zwei Federn aufgehängt ist. Zusammen mit vier Federn, welche den Druck in der Hangneigung aufnehmen, kann die Druckresultierende gemessen werden, die sich aus dem Kriechdruck und dem Setzungsdruck ergibt.[1]

Bei all diesen Untersuchungen über Lawinenverbauungen wurde den Windverwehungen bis jetzt nur wenig Beachtung geschenkt. Die *Schneeverfrachtungen* aber spielen eine grosse Rolle bei der Lawinenbildung und dürfen auf keinen Fall ausser acht gelassen werden.

Aus der kurzen Beobachtungsdauer darf auch nicht geschlossen werden, dass diese Art der Verbauung mit Einzelelementen das einzig

[1] *R. Haefeli:* Ueber die Tätigkeit der Station Weissfluhjoch der Schweiz. Kommission für Schnee- und Lawinenforschung. « Schweizer. Bauzeitung », Bd. 113, Nr. 25, 1939.

Richtige ist. Es braucht noch viele Versuche bis alle Probleme restlos abgeklärt sind. Die Bauingenieure Dr. Haefeli und E. Bucher haben aber wertvolle Pionierarbeit geleistet, für die wir Forstleute ihnen Dank wissen.

Viele Bahnlinien und Strassen erleiden im Winter beträchtliche Verkehrsstörungen durch *Schneeverwehungen.* Um diesem Uebel abzuhelfen, werden *Schneeschutzwände* aufgestellt, hinter denen sich der windverfrachtete Schnee als Gwächte ablagert.[2] Die Aufstellung dieser Wände erfolgt rein gefühls- und erfahrungsmässig. Um die Schneeverwehungen an einem konkreten Fall zu studieren, wählte der Geologe und Schneeforscher *J. Neher* die Parsennbahn als Untersuchungsobjekt. Die Geleise dieser Skitouristenbahn wurden früher von mächtigen Gwächten zugeweht, deren Wegräumung viel Zeit und Geld kostete. Schon kurz nach dem Bahnbau mussten die Stellen mit starker Gwächtenbildung durch teure Galerien überdeckt werden. Daneben wurden noch Schutzwände aus Holz errichtet. Diese waren 10 bis 50 m lang und 4 bis 5 m hoch. Sie verliefen ziemlich parallel der Bahnlinie. Es zeigte sich bald, dass diese Wände falsch aufgestellt waren. Sie wurden schnell eingeweht und boten dann keinen Schutz mehr.

Bei seinen Versuchen ging der Forscher zuerst der Ursache der Gwächtenbildung nach und studierte die Windverhältnisse. Messungen ergaben, dass — abgesehen von der Windstreuung — die Hauptwindrichtung fast parallel der Bahnstrecke verlief.

Auf Grund dieser Erkenntnis wurden die bestehenden Bauten abgeändert. An Stelle der langen, durchgehenden Wände traten kurze, gestaffelte Einheiten. Sie wurden so aufgestellt, dass sie den Wind zur Hauptsache ableiten. Der Schnee lagert sich dann hinter ihnen ab, die Geleise bleiben gwächtenfrei. Als *Ableitungswinkel* ergab sich ein günstigster Winkel von *25 bis 30°* zur Hauptwindrichtung. Diese Anordnung der Schutzbauten zeitigte stellenweise gute Resultate.
gerungen auf die Methoden der Verbauung. Innsbruck 1930.

Eine andere Art des Schutzes vor Schneeverwehungen besteht darin, die Wände beidseits der Geleise so zu staffeln, dass sich der Wind durch einen immer enger werdenden Kanal bewegen muss. Er reisst dann den Schnee mit sich und lagert ihn unten links und rechts ab (siehe Bild 9).

Unter der Führung von Bahnmeister *Kuster* besichtigten wir die Schneeverwehungsbauten zwischen den Stationen Höhenweg und Weissfluhjoch. Die Wände setzen sich aus einigen 2,5 m langen und 4 bis 5 m hohen Elementen zusammen. Eine Einheit wird seitlich durch zwei Eisenträger (NP 15) begrenzt, welche 1 bis 1,5 m tief im Boden stecken. Die 35 mm dicken Wandbretter werden horizontal aufeinander gelegt und mit Winkeleisen an die Träger gedrückt. Die Material- und

[2] *W. Welzenbach:* Untersuchungen über die Stratigraphie der Schneeablagerungen und die Mechanik der Schneebewegungen, nebst Schlussfol-

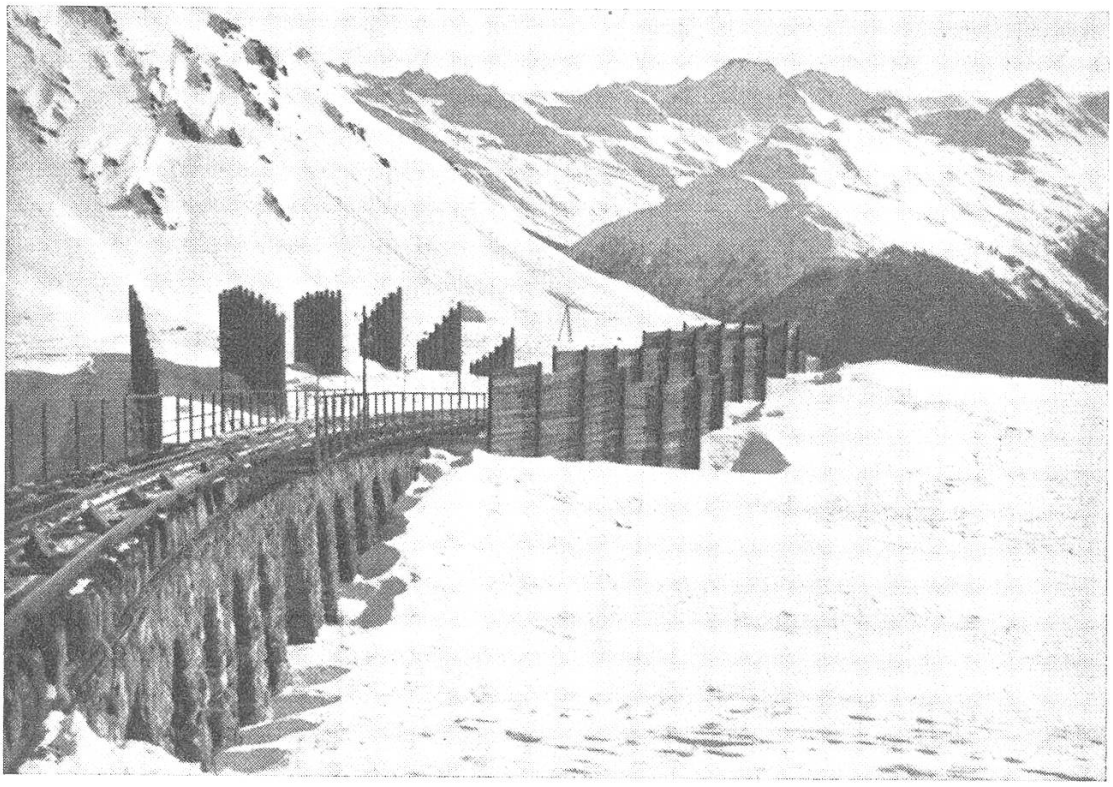


Bild 9. Gwächtenwände der Parsennbahn. M. Müller.

Baukosten betragen für eine 2,5 m lange Wand rund Fr. 140, die Versetzungskosten zirka Fr. 16. Trotz der hohen Kosten scheut sich die Parsennbahn nicht, diese angefangenen Untersuchungen auch weiterhin tatkräftig zu unterstützen. Beim Anblick der vielen Schutzwände wird sich zwar der eine oder andere gefragt haben, ob diese nicht vorteilhafter durch Galerien ersetzt werden könnten, denn diese beanspruchen eine kleinere Fläche als die weiträumig aufgestellten Wände. Bei der Wahl des Systems muss jedoch auch dem berechtigten Wunsche des Fahrgastes, die Aussicht zu geniessen, Rechnung getragen werden.

Der letzte Samstagmorgen war der freien *Diskussion* aller Teilnehmer reserviert. Hier zeigte es sich, welch grosses Interesse dieser Kurs bei den Forstleuten erweckt hatte. Natürlich wurde vor allem das Problem der Lawinenverbauungen eingehend erörtert. Theoretiker und Praktiker berichteten von ihren Erfahrungen und Beobachtungen, tauschten ihre Meinungen aus. Eingangs wurde erwähnt, dass sich die Lawinenverbauungen heute oft in ganz schlechtem Zustand befinden. Daran sind ungenügende Fundation oder die Verwendung leicht verwitterbarer Baustoffe schuld. Die neue Methode zeigt da in vielen Fällen einen Ausweg. Mit verhältnismässig wenig Material wird eine grosse Wirkung erzielt. Auch die Frage der Verwendung von Holz an Stelle von Eisen wurde aufgeworfen. Dadurch könnten die manchmal hohen Transportkosten tiefer gehalten werden. Selbstverständlich

wird sich die Ausführung der Bauten nach dem am leichtesten zu beschaffenen Material richten. Bei entsprechenden Massnahmen zur Konservierung dürfte sich Holz besonders gut zum Bau der Stützkörper eignen. Auf Alp Grüm wurde nur deshalb Eisen verwendet, weil es für die Berninabahn am besten erhältlich war. Es wird von Vorteil sein, wenn bei der Projektierung die Ausführung in verschiedenen Baustoffen vorgesehen wird. Die günstigste Offerte kann dann Berücksichtigung finden.

Allgemein wurde ein Hand-in-Hand-Schaffen von Förster und Forscher, bzw. Bauingenieur gewünscht, denn nur durch enge Zusammenarbeit lässt sich das gesteckte Ziel erreichen. Dem Verlangen nach Herausgabe einer Anleitung für die Praktiker soll entsprochen werden.

Ein Referent vermisste die Untersuchung der Gwächtenbildung und ihres Einflusses auf die Lawinenentstehung. Dieses Problem steht mit andern auf dem Programm der nächsten Jahre. Die Forschung muss Schritt für Schritt an die Abklärung der vielen noch ungelösten Aufgaben herantreten und die Einzelergebnisse zuletzt zu einem geschlossenen Ganzen zusammenfügen.

Von einem Praktikanten wurde die Anregung gemacht, junge Forstingenieure besonders in Lawinenforschung und -verbauung auszubilden, um sie nachher zu Projektausarbeitungen heranziehen zu können.

Unter Beifall wurde der Antrag angenommen, eine Eingabe an die eidgenössische Oberforstinspektion zu richten, die Lehrstelle für Wildbach- und Lawinenverbauungen an der Forstschule nach dem Rücktritt des jetzigen Inhabers durch einen Spezialisten dieses Faches besetzen zu lassen.

Leider nur zu früh musste die Diskussion abgebrochen werden. Gewiss hätten noch einige Herren gerne das Wort ergriffen, um dies oder jenes zu sagen.

Sicher gingen alle befriedigt heim nach dieser Kurswoche bei Kälte und Sonnenschein auf den herrlichen Skifeldern von Davos-Parsenn, auch diejenigen, welche sich beim Skifahren die Beine « verknackst » hatten. Unser Dank gebührt dem umsichtigen Kursleiter und unsern Lehrern, welche uns in vortrefflicher Weise in die Kenntnisse des Schnees, der Lawinen und ihrer Verbauungen einführten.

Früher wurde in der Schweiz auf dem Gebiete der Schnee- und Lawinenforschung wenig gearbeitet. Dafür um so intensiver in den Nachbarstaaten Oesterreich und Deutschland. Jeder Kursteilnehmer wird aber bestimmt die Ueberzeugung gewonnen haben, dass die Schweiz mit ihren neuesten, bahnbrechenden Forschungsarbeiten heute die Führung an sich gerissen hat.