

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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 97 (1946)

Heft: 12

Artikel: Einige Erfahrungen und Gedanken betreffend Lawinenverbau

Autor: Oechslin, Max / Gonet, C.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-765410>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.03.2025

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

Journal forestier suisse
Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen

97. Jahrgang

Dezember 1946

Nummer 12

**Einige Erfahrungen und Gedanken
betreffend Lawinenverbau**

Ein Diskussionsbeitrag von Kantonsoberförster Dr. *Max Oechslin*, Altdorf-Uri

Im Winter 1919/1920 besuchten wir erstmals die im Felsensteilhang der Spitze ob Göschenen, am Gurschenhang ob Andermatt und im Gebiet des Wannelen-St. Annabergs bei Hospenthal erstellten Lawinenverbaue, da man über die Lagerung des Schnees in diesen Werken eine genaue Auskunft nicht geben konnte, kleinere « Oberlawinen » aber *aus* den Verbauungsgebieten immer noch abzubrechen vermochten. Man hatte die Erstellung von Lawinenverbauungen ausschließlich nach Terrainaufnahmen im Sommer und mehr oder weniger nach « Feldstecher-Beobachtungen » disponiert, folgte den grundlegenden Formen, wie sie von unserm ersten schweizerischen Oberforstinspektor Dr. J. Coaz, von Ing. P. Demontzey, Fr. Fankhauser, G. R. Förster, El. Landolt, Ing. V. Pallak, Frd. Wang und anderen beschrieben wurden. Eigentliche Untersuchungen über die Schneedecke in Lawinenabrißgebieten betr. die Lagerung, Bewegung usw. lagen nicht vor, auch nicht über die Wirkung durchgeführter Verbaue auf die Schneedecke betr. die Änderung der Ablagerung des Schnees. Man stützte sich auf gelegentliche Beobachtungen und Vermutungen und ließ oft genug der Phantasie weite Grenzen, um die Wirkung solcher Verbaue gegen die Bildung von Lawinen darzustellen, bis dann ab und zu « besondere Schneefälle » eintraten, die in scheinbar bestverbauten Gebieten trotzdem zu größern Lawinniedergängen führten, die erhebliche Schäden verursachten und sogar die Gefahr in sich schlossen, die Lawinenverbaue in Mißkredit zu bringen. Ein solches Beispiel boten gerade die im Urserenthal durchgeführten Lawinenverbaue ob Andermatt, Hospenthal und Realp, wo man bereits im Jahrzehnt 1870—1880 mit Mauern und Terrassen den Lawinen entgegentrat und, wie dies im Verbauungsgebiet Gspender ob Realp der Fall war, nach 1900 Hunderte von Laufmetern Erdbermen von 1 Meter Breite horizontal in den Hang legte, um diesen zu « durchtreppen », damit der Schnee auf diesen Horizontalen liegen bleibe und hafte und nicht zum Abrutschen komme. Aber gerade in Realp hielten die gefährlichen und große Schäden verursachenden Lawinen des Gspender- und Ochsentales trotz den Verbauungen

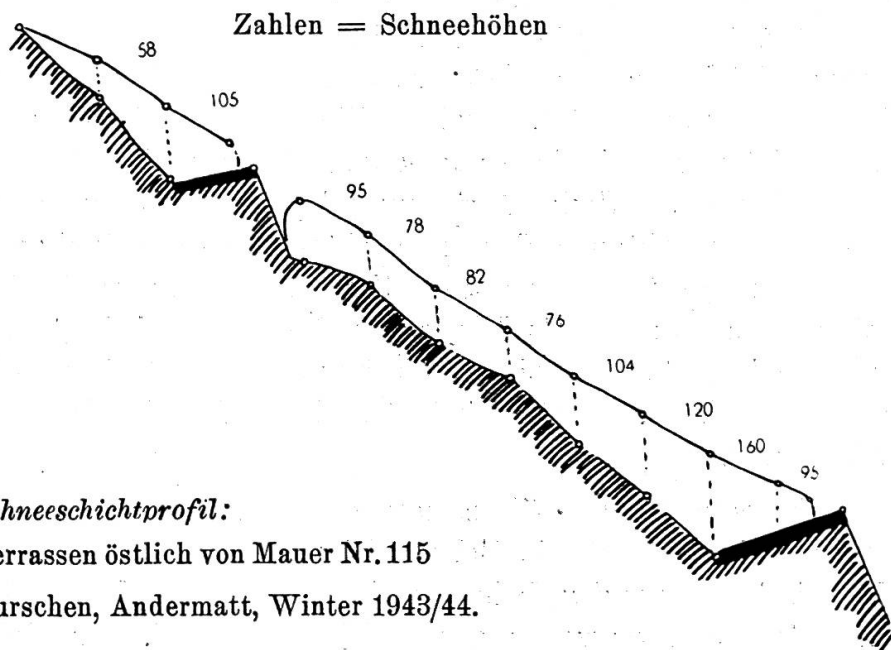
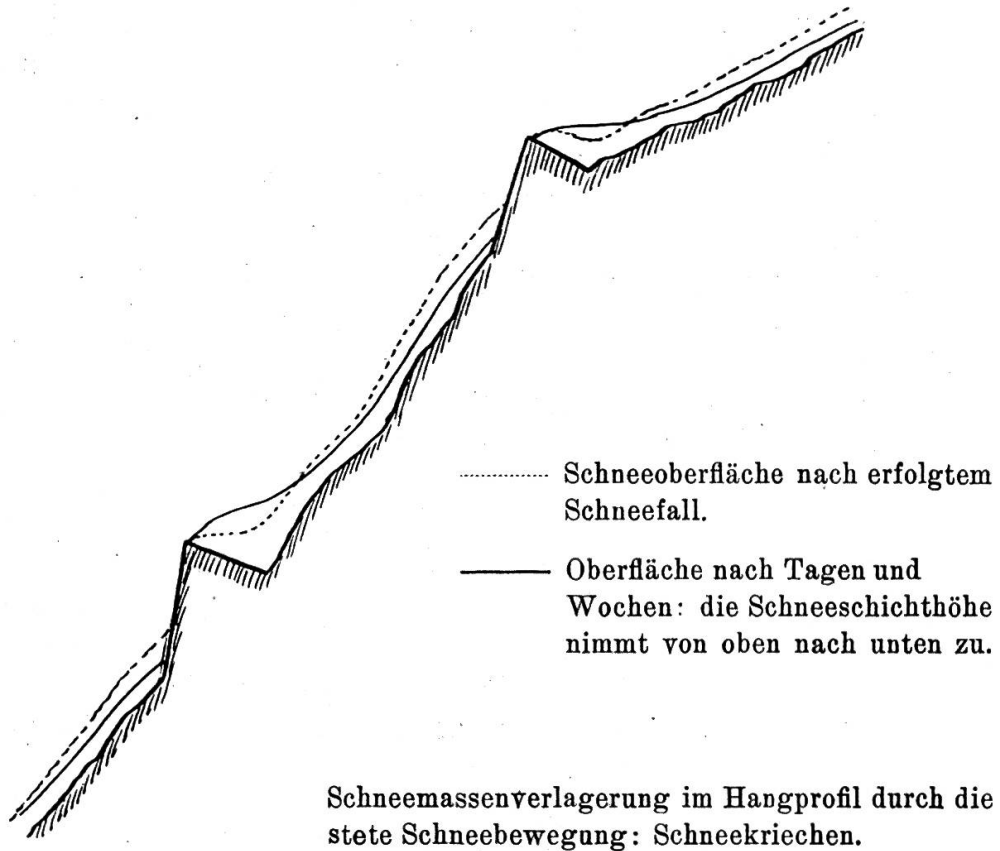
« alten Systems » an, bis dann im Jahre 1933 hinter dem Dorf Realp der 170 m lange und 4 bis 5 m hohe Ablenkdamm mit einem Kostenaufwand von 36 347 Fr. erstellt wurde (738 m³ Stirnmauerwerk, 4750 m³ Erd- und Geröllauschub vor der Mauer und Dammanschüttung hinter der Mauer), der seither das Ausbrechen der niedergehenden Lawinen gegen das Dorf zu verhindern vermochte. (Die im Einzugsgebiet der Lawinen erstellten Verbaue erforderten einen Kostenaufwand von 84 157 Fr.) — Als wir in unserer Kantonsschulzeit im Winter 1907/1908 mit Skis, die in dieser Zeit erst begannen, zum Requisit eines Bergsteigers zu gehören, winterliche Hochtouren in die Berge der Zentralschweiz unternahmen, da nannte man uns nicht selten « unverantwortliche Jünglinge », und als ich im Winter 1919/1920 als frischgebackener Kantonsforstadjunkt mit dem Revierförster, der mir mit Schneereifen zum Teil recht mühsam folgte, zu den Verbauungen hinaufstieg, die in der Spitze ob Göschenen bis 2340 m ü. M. reichen und über Bätzberg und Rotnossen erreicht werden müssen, da entschlug sich unser damaliger verehrter Vorgesetzter, Kantonsoberförster Karl Jauch selig, jeder Verantwortung. Aber die Untersuchung der Lawinenverbaue im Winter und im besondern von Lawinenabrißgebieten schien mir unumgänglich.

In den Tagen des 28. und 29. Januars 1920 stiegen wir dann bei herrlichstem Winterwetter zu den Verbauungen Spitze, Gurschen und Wannelen hinauf, um Profile der Schneeablagerung in den durchgeführten Verbauungen vorzunehmen und erstmals auch die Temperatur in der Schneeschicht in verschiedenen Tiefen zu bestimmen. Schon damals ergaben sich Profile, wie wir sie bei allen spätern Untersuchungen dann erhärtet fanden: direkt auf den Verbauungen fanden wir die größten Schneehöhen, die hangaufwärts bis in den Bereich der nächstfolgenden, höher gestellten und gelegten Werke abnahmen. Es mußte irgendein Schneekriechvorgang im Hanggebiet und ein Stauen der Schneemassen im direkten Bereich der Verbaue vorhanden sein. Wir erkannten schon damals, daß es keine eigentlich ruhende Schneeschicht gibt, sondern jede Schneeschicht in steter Bewegung sich befindet: auf der Horizontalen in der Senkrechten zusammensinkend, auf der schiefen Hangfläche gleichzeitig in der Richtung der Senkrechten und des größten Hanggefälles sich bewegend, woraus sich diese besondere « Mittelbewegung » ergibt, beeinflußt von allerlei Verzögerungen infolge Temperatur, Belastung, Reibung und durch Veränderungen infolge neuer Schneefälle (Belastungs- und Reibungsänderung), Temperaturwechsel (Wind, Schmelzwasser) und anderer Momente, wie sie dann durch die einläßlichen Untersuchungen der Beauftragten der Schweizerischen Schnee- und Lawinenkommission seit 1934 klargelegt worden sind. (Siehe: « Der Schnee und seine Metamorphose », von B a d e r, H a e f e l i, B u c h e r, N e h e r, E c k e l und T h a m s, 1939, und

« Schneestudien im Oberwallis und ihre Anwendung auf den Lawinenverbau », von E. Eugster, 1938; Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Hydrologie, Lieferung 3, resp. 2.) Es zeigte sich für uns vor zweieinhalb Jahrzehnten bereits das Problem, daß die Verbauungswerke diejenige Konstruktion erhalten müssen, die ermöglicht, die großen « Schneestaumassen » zu übernehmen, ohne dadurch Schaden zu leiden.

Das Wissen um die « sich stets in Bewegung befindliche Schneedecke » stellt sodann an den Lawinenverbauer die Aufgabe, diejenige Werkform zu wählen, welche diese Bewegung in einen ungefährlichen Weg leitet. Die « primitivste Verbauungsform » ist, wenn wir dies so sagen dürfen, die Ablenkmauer, die kurzweg die abfahrende Lawine schadlos an den zu schützenden Objekten vorbeileitet. Die Spaltkeile, « Ebenhöch » (die gewissermaßen zu den Galerien führten), suchen dasselbe zu erreichen: anfahrende Lawinen aufzuspalten und an den Objekten vorbeizuführen oder sie ungehindert darüber hinweggleiten zu lassen. (So ergibt sich auch, daß Galeriebauten *im* vollen Ablaufbereich der Lawinen gar nicht die vielfach verwendeten starken Bauausmaße benötigen, wenn dafür gesorgt ist, daß die Lawinen, ohne aufgehalten zu werden oder « irgendwie fassen » zu können, über die Galerie und das geschützte Objekt hinwegzugleiten vermögen. Bei den Galerien der Schöllenenbahn kann man diesbezüglich von stärkstdimensionierten Steinbauten bis zu den leichten Eisen- und Eisenbetonkonstruktionen nebeneinander sehen, erstere aus der « Frühzeit der Verbauung » stammend, letztere aufbauend auf den Erfahrungen und den Forschungen der letzten Jahrzehnte.) Wo man sich aber ins Abrißgebiet einer Lawine selbst begibt und hier durch die Errichtungen von Verbauungen verschiedenster Art trachtet, die Lawinenbildung zu verhindern und die Schneemassen gleichfalls « am Ort » zurückzuhalten, da darf man diese *stete Schneebewegung* nicht übersehen. Sie ist eine Naturerscheinung, die vorhanden ist und nicht behoben werden kann und mit der deshalb gerechnet werden muß. Jede Verbauung hat deshalb auf diese stete Schneebewegung zu achten und muß trachten, sie so zu lenken, daß sie nicht in eine rasche Gleitbewegung übergehen kann und direkt die Schneedecke eines Hanges als Lawine in Bewegung bringt, oder daß sie gerade im Schneestaubereich der Verbaue zu einer Schneeanhäufung führt, welche den Halt verliert, abbricht und zur Ursache der Auslösung einer Lawine wird.

Eine Reihe von Querprofilmessungen im Gefälle eines verbauten Hanges ergeben betreffend die Schneeablagerung und Änderung der Schneeschichthöhe folgendes Bild: Nach erfolgtem Schneefall ist ein Hang mehr oder weniger von einer gleich hohen Schneeschicht überdeckt. Die Mächtigkeit wird lediglich mit zunehmender Bodenhöhe über





T-Eisen (6 × 7 cm Stärke), durch den *Kriechschnee* niedergedrückt.
Bätz, 1900 m ü. M.

Meer größer, was aber innerhalb einer Verbauungsstrecke, d. h. zwischen zwei Bauwerken von keinem Einfluß ist, da es sich hier um geringe Höhendifferenzen von meistens nur wenigen Metern handelt. Sofort nach dem Schneefall setzt aber die Schneebewegung in der Schneeschicht ein. Die Metamorphose des Schnees, die unaufhörliche Umwandlung der Schneeflocken von einem luftigen, leichten Aggregat zu einem dichteren, schwereren von Schnee- und Eiskristallen, Firn, bringt die stete Bewegung innerhalb der Schneeschicht hervor. Es ergibt sich ein Zusammensinken, wie wir es bereits oben erwähnt haben, eine langsame Kriechbewegung, die sich gegenüber festen Gegenständen in verschie-



Durch *Kriechschnee* gebildete Grasrollen und gesträhltes Gras. Gangbach, Spiringen.
(Foto A. Huber, 1943.)

dener Art äußert: Das Gras wird wie gestrahlt niedergelegt, wird sogar, wenn es in die unterste Schneeschicht eingefroren ist, mitgerissen und aufgerollt; Bäume und Stauden werden niedergelegt oder, wenn ihr Widerstand stark genug ist, nur in Sichelform aufwachsen gelassen; Steine werden aus dem Boden hinausgepreßt, der Erdboden bogenförmig aufgestoßen und weggeschoben; Schienenhäge und Pfosten, wie sie z. B. bei Drahtverhauen erstellt werden, erleiden im Verlauf der Winter ein völliges Niederlegen, wenn die T-Winkeleisen nicht mit einer Kante, die gleich einer Schneide zu wirken vermag, « aufwärts » in den Boden eingerammt werden. Wir haben schon früher in unserer « Zeitschrift für Forstwesen » (1937) dieses Schneekriechen beschrieben, das wir vermittelst des Kryokinometers und einer in der Schneeschicht senkrecht zum Hang versenkten Aluminiumplatte zu messen versuchten (eine Methode, die 1937 von Haefeli und andern vervollkommenet und erweitert wurde¹). So konnten wir aber bereits vor zwei Jahrzehnten bemerken, daß diese stete Schneebewegung Änderungen unterworfen ist, sich verzögert, sich beschleunigt, je nachdem die Temperatur in der Schneeschicht fällt oder steigt, die Belastung ändert usw. Wir konnten



Durch *Kriechschnee* zusammengeschobener Weidzaun. Schachental.
(Foto A. Huber.)

¹ R. Haefeli: Schneemechanik, mit Hinweisen auf die Erdbaumechanik.

z. B. wiederholt beobachten, daß bei Föhneinfall oder starker Sonnenbestrahlung im Spätwinter, welche eine beginnende Schneeschmelze in den obern Schneeschichten bewirkt, so daß Schmelzwasser in die untern Schneeschichten gelangt und von diesen aufgesogen werden muß, der Schnee eine Verdichtung und Zunahme des spezifischen Gewichtes erfährt, oder wenn gar Regen auf Schnee fällt, die stete Schneebewegung gesteigert wird. Wo nun durch die erstellten Verbauwerke dieser Bewegung der Gesamtschneeschicht entgegengetreten wird, werden die Schneemassen aufgestaut, und es ergibt sich im Verlauf von Tagen und Wochen, daß in der obern Hangpartie zwischen zwei Verbauungswerken die Schneeschichthöhe abnimmt, während sie in der untern Hangpartie, direkt über dem Verbauungswerk, zunimmt. Bei den freistehenden Mauern ergibt sich hinter den Mauern ein Fassungsraum, der große Massen dieser Schneezuschübe aufzunehmen vermag, während bei Terrassen die Anreicherung frei liegen bleibt und weiterzuwandern vermag, wenn deren Oberfläche nicht richtig angelegt ist.

Die Untersuchungen im winterlichen Gelände von Verbauungsgebieten haben uns im Verlauf von bald drei Jahrzehnten einige Beobachtungsergebnisse gegeben, über die nun im einzelnen berichtet sein möge.

Wir entsinnen uns noch, wie unser Dozent für Lawinenverbau uns Bilder aus dem Gebiet des « Lac Noir » im Fryburgischen vorführte, wo gegen Lawinen ein Wald von Pfählen in den Boden gerammt war. Und noch in den Verbauungen Gurschen und Realp trafen wir ein solches « Heer von Pfählen », so daß man glauben konnte, es sei beabsichtigt, einen « Rebberg » zu ziehen ! Man hatte bei der Erstellung von *Pfahlreihen* nicht beachtet, daß sie gegen das Schneekriechen fast keinen Widerstand auszurichten vermögen. Wohl bilden sie direkt oberhalb der Pfähle Staubereiche, durch welche die Schneebewegung seitlich abgeleitet wird. Wird die Schubkraft der Schneeschicht aber größer als der Widerstand des Pfahles, so wird der Pfahl langsam, aber stetig hangabwärts gepreßt, wobei auch der Boden aufgerissen wird und zur Zeit der Schneeschmelze das Wasser tief in den Boden einzudringen vermag und in rutschigem Terrain zu gefährlichen Erdbewegungen führen kann. Dies wurde gerade im nördlich exponierten Verbauungsgebiet Gurschen immer wieder beobachtet. Selbst das Zurückbinden der Pfähle mittelst Drahtseile oder Stahldrahts vermochte dieses Schiefdrücken oder gar Ausreißen der Pfähle nicht zu beheben, denn entweder wurden die Verankerungen mit herausgerissen oder dann die Verankerungen zerstört. — Völlig ungenügend vermögen aber Pfahlverbauungen zu wirken, wenn die ganze Schneeschicht die Schmelzperiode erreicht, wie dies im Spätwinter, im Frühjahr der Fall ist, oder wo « Wildschneefälle » eine große Schneeschicht bilden, diesen feinen Pulverschnee, der selbst in gutbestockten Wäldern als « Wildschneelawine » (wie sie Dr. Emil Heß für das Walliser Oberland beschrieben hat) abzugleiten

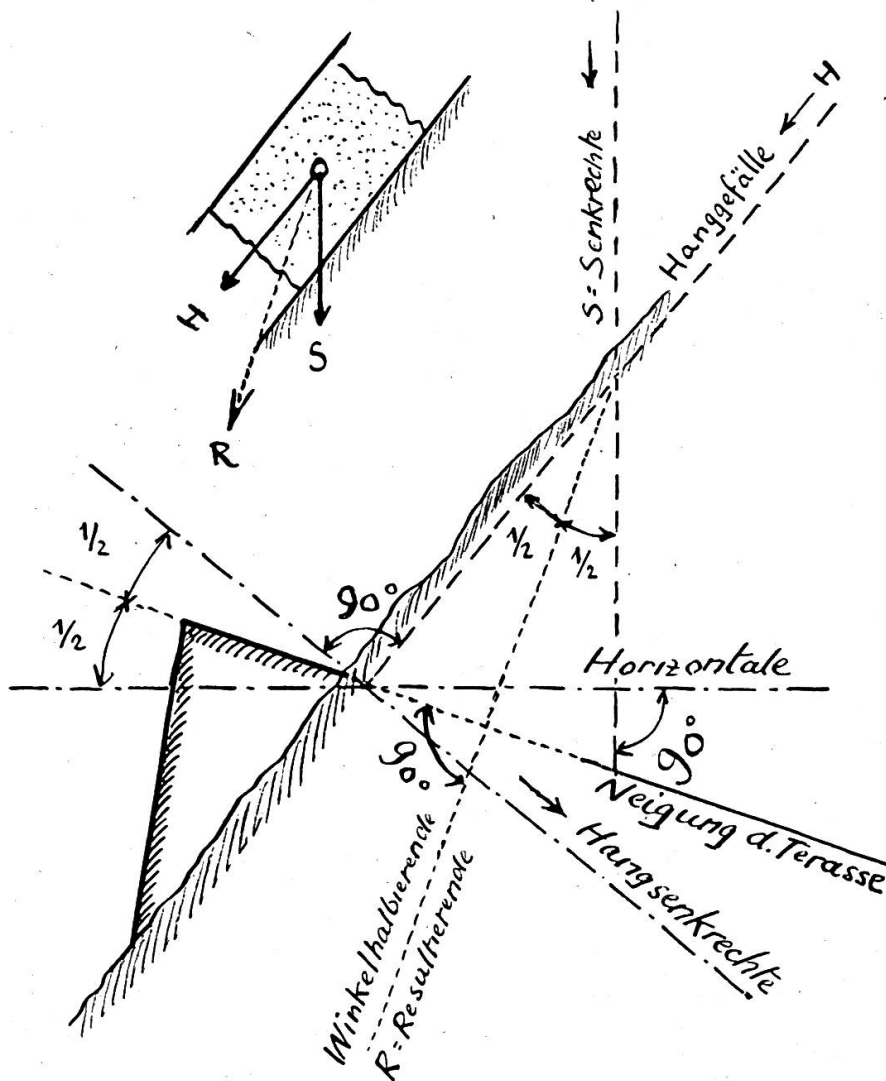
vermag. — So erweisen sich auch die sogenannten Einzelelemente, wie sie R. H a e f e l i konstruiert hat, für die Sicherung von Hängen gegen Lawinen kaum als verwertbar, da sie einmal nicht durchgehend die Schneeschicht zurückzuhalten vermögen, und besonders dann nicht, wenn jene diesen vorgenannten Zustand der « Flüssigkeit » erhält, bei dem die Lawinengefahr gerade am größten ist und die Verbauungswerke auch den größten Nutzen im Rückhalt von Schnee zeigen sollten. Zudem sind Einzelelemente im Bau kaum billiger als z. B. Mauerterrassen, und ganz besonders ergeben sie einen großen Unterhalt, wenn sie in Holz erstellt und mit Verschraubung und Verzahnungen konstruiert sind wie in den Versuchsverbauen von St. Brida ob Tschamut, denn derartige Konstruktionen bieten den Fäulnispilzen beste Nistgelegenheiten! Selbst dann, wenn imprägniertes Holz zur Verwendung kommt, sofern nicht immer wieder ein Nachimprägnieren des Holzes vorgenommen wird. — Pfahlreihen können nach unserm Erachten nur in kleineren Lawinenzügen Verwendung finden, innerhalb der Waldgrenze, wo gleichzeitig eine Aufforstung der Blößen erfolgt und innert weniger Jahre bis zu einem Jahrzehnt die Aufforstung an Stelle der Pfählungen den Rückhalt der Schneeschicht übernehmen. Dabei ist ratsam, die Pfahlreihen und Pflanzungen so in Verbindung zu bringen, daß die Pfähle gleichzeitig die Pflanzen vor dem Einfluß des Schneeschubs zu schützen vermögen, d. h. die Pfähle sind mit einer hangaufwärtsgerichteten Schneidkante in ca. 50 cm Distanz oberhalb der Pflanze, mit etwa 10—20 % Neigung gegen den Hang, einzurammen. Sie wirken dann wie Spaltkeile gegen den Kriechschnee, so daß der Schnee an den Pflanzen vorbeigeleitet, ohne großen Schaden zu verursachen.

Die sich aus der Vereinigung von Pfählen ergebenden *Schneerechen* oder *Pfahlhüge* sollen nur an solchen Orten zur Anwendung gelangen, wo eine gute Verankerung möglich ist, durch gleichzeitige Aufforstungen sie in absehbarer Zeit ersetzt werden, anderes Baumaterial, wie im besondern Steine, fehlt und ein allfälliger Unterhalt leicht durchführbar ist, denn sie sind in der Regel gerade wegen des notwendigen Unterhalts kostspielig.

Die *Schneebrücken* sind eine Art Schneerechen, die terrassenmäßig zur Verwendung gelangen und *Mauer- oder Rasenziegel-Terrassenbauten* ersetzen. Hier müssen wir eine prinzipielle Sache besprechen, die mit der steten Schneebewegung, unsern Profilbeobachtungen und der Schneestauung im Werkbereich im Zusammenhang steht. In den Jahrzehnten der Anfänge der Lawinenverbaue legte man die Terrassen horizontal an oder gab ihnen nur geringe Neigung nach rückwärts. Man richtete die Terrassenfläche in keinem Fall nach dem Hanggefälle. Und wo sogenannte Erdbermen erstellt wurden, indem kurzweg 60 bis 120 cm breite Terrassen aus dem Hange ausgebrochen wurden, oft in Verbindung mit Pfahlreihen, da achtete man streng darauf, daß die Oberfläche

horizontal sei, damit die « Terrassen zur Lagerung des Schnees eine horizontale Fläche bieten und die Pfähle ihn auf derselben zurückhalten », schrieb noch Coaz 1910 in seiner « Statistik der Verbaue der Lawinen in den Schweizer Alpen ». Als sei die Schneeschicht eine starre Masse ! — Derartige Bermen, Terrassen und Schneebrücken mit mehr oder weniger horizontaler Oberfläche hatten wir bei den Verbauungen im Urserental in großem Ausmaß, was uns umfassende Beobachtungen erlaubte. Überall konnten wir konstatieren, daß sie bei geringen Breiten schon nach den ersten Schneefällen des Vorwinters « hangeben » eingedeckt waren und sich die sogenannte « Durchtrepung » des Hanges gar nicht mehr zeigte und alle spätern Schneefälle ungehindert abzugleiten vermochten. Wo sie größere Breiten von 2 bis 3 Metern besaßen, da sammelte sich im Verlauf der ersten Winterhälfte bereits soviel zukriechender Schnee, daß der Schneestau zu einer Art Wächte aufgebaut wurde (oft durch Schneeverwehung noch ergänzt), so daß die Schneemassen über die Kanten der Terrassen und Brücken weit hinausragten. Traten dann weitere Schneefälle oder Schmelzperioden ein, wie letztere in den Föhntälern mitten im strengsten Winter möglich sind, so kam es zum Abbrechen dieser überragenden Schneemassen. Auch kann das Abbrechen schon infolge « Übergewichts » erfolgen, wenn die Kraft der inneren Kohäsion das Schneegewicht nicht mehr übersteigt. Brechen aber solche Schneemassen ab, wenn diese « latente Witterung » besteht, die der Gebirgler als « Lawinenwetter » bezeichnet, dann werden sie leicht zur Ursache größerer Lawinen selbst in verbauten Hängen, indem sie die Schneemassen über dem Verbauungsniveau mitreißen. Es ist auffallend, daß z. B. gerade im Gurschen- und St.-Annaberg-Gebiet derartige, über die Verbauungswerke abfahrende Lawinen meistens in der Zeit Mitte Dezember—Mitte Februar beobachtet wurden und als « Oberlawinen » bezeichnet werden mußten, Schneebrettlawinen, die mehr oder weniger auf der Gleitfläche des Verbauungsniveaus abfuhren.

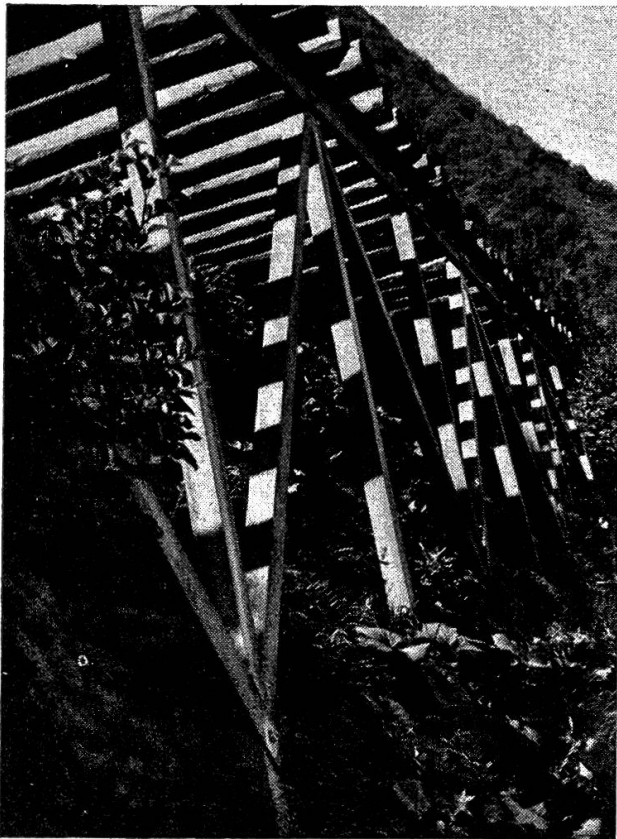
Es galt für uns somit diejenige Neigung der Terrassen- und Schneebrückenoberfläche zu finden, welche uns gegen dieses Schneekriechen den größten Widerstand bietet und die größten Schneemassen im Staugebiet ohne die Gefahr des Überwältens zurückhält. Wir gingen dabei von den einfachen physikalischen Grundsätzen aus, daß eine Masse in der Richtung der Senkrechten und in der Richtung der Parallelen zum Hang sich bewegt, wenn sie nicht festgehalten werden kann. Die Resultierende ergibt sich aus der Komponente der beiden Richtungen. Wird das Problem mathematisch gelöst unter Berücksichtigung all der verschiedenen, bei einer derartigen Bewegung einer Schneeschicht mit spielenden Verhältnisse und Einflüsse, so ergibt sich für die Berechnung der Komponente eine höchst komplizierte Formel. Berufspraktiker lieben im allgemeinen derartige Formeln nicht und überlassen sie willig den experimentierenden Wissenschaftlern. Aus den Publikationen der ver-



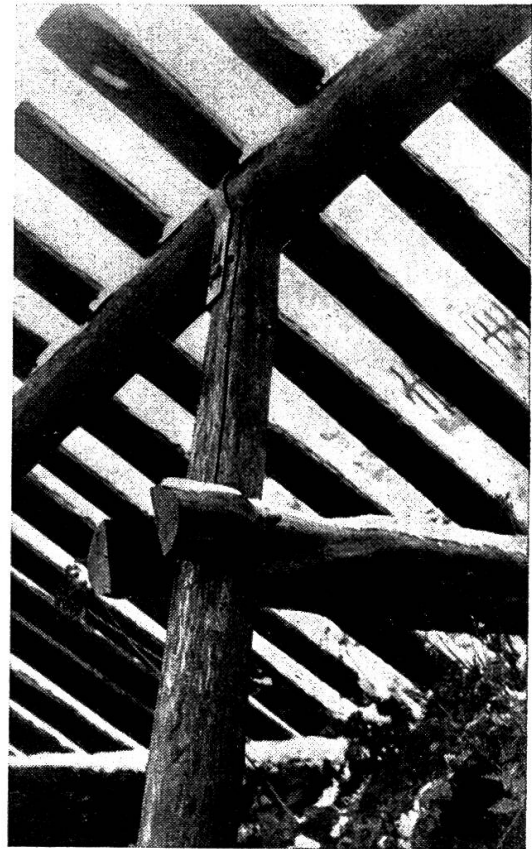
Neigungsbestimmung für Terrassen und Schneebrücken.

schiedenen Mitarbeiter unseres Eidg. Schnee- und Lawinenforschungsinstitutes, das im Jahre 1943 als bleibende Forschungsstätte auf Weißfluhjoch-Davos in Betrieb genommen werden konnte, kann der Wissendurstige alle nähern Angaben finden. — Wir gingen bei unsern Untersuchungen empirisch vor, indem wir in den Verbauungsgebieten Gurschen und Kirchberg in Andermatt kurzweg die Neigung der Terrassen und Schneebrücken bei verschiedenen Hangneigungen verschiedenartig gestalteten und dann im Verlauf von rund zwei Jahrzehnten die Schneeschichtlagerung und die Beeinflussung derselben durch die Verbaue untersuchten. (Wir möchten nicht unterlassen, auch hier Herrn a. eidg. Forstinspektor Carlo Albisetti, Bern, dafür zu danken, daß er derartige Versuche im Rahmen der subventionierten Verbauungsprojekte guthieß und förderte.) Es zeigte sich im Verlauf dieser Zeitspanne einwandfrei, daß die *Neigung der Terrassen und Schneebrücken nicht*

horizontal sein darf (die Horizontale dürfte nur da erreicht werden, wo eine Baute in senkrechter Wand erstellt wird!) und daß sie sich nach dem Hanggefälle zu richten hat. Ohne tiefschürfende Berechnungen kamen wir zum Resultat, daß die *Neigung der Terrassen und Schneebrücken der Winkelhalbierenden zwischen der Senkrechten zum größten Hanggefälle und der Horizontalen zu entsprechen hat*. Es ergibt sich dabei, daß diese Winkelhalbierende wiederum senkrecht steht auf der Winkelhalbierenden zwischen Senkrechter und Hangparalleler, also auf derjenigen Kraftkomponente, die sich für eine bewegte Masse ergibt, wenn beide Kräfte der Schwerkraft und Bewegungsrichtung als gleich angenommen werden. Da aber innerhalb der gleichen Schneeschicht diese Kräfte so stark wechselnd sind, dürfen wir ohne Schaden für den erreichten Wirkungsgrad einer Lawinenverbauung eine Gleichheit annehmen, gilt es doch, die Schneeschicht im Zustand ihres größten « Bewegungswillens » zu halten, dann nämlich, wenn sie abgleiten möchte. In diesem Zustand ist die äußere Reibung (Schneeschicht gegenüber Hang) sehr klein, fast Null, so daß wir es im großen und ganzen nur noch mit der bewegten Masse Schnee zu tun haben.



*Schneebrücken am Gurschen. Eisenstützen,
Querhölzer.*
(Foto A. Huber, 1943.)



Schneebrücken aus Holzwerk.
St. Brida, Tschamut.
(Foto M. Hübscher, 26. September 1945.)

Die Neigung der Terrassen und Schneebrücken hängt nun aber auch von der Möglichkeit einer rationellen Baudurchführung eines Werkes ab, rationell nach Materialbedarf, Materialverwendung und Werkausführung. Die Kosten spielen eine nicht zu übersehende Rolle bei der Durchführung solcher Werke, sowohl beim Bau als ganz besonders auch beim Unterhalt, da an letzteren in der Regel keine Beiträge von seiten des Kantons und Bundes erhältlich sind und der Bauherr sie allein zu tragen hat. Die wirksamste Neigung würde stets die Hangsenkrechte ergeben. Dies ergäbe aber gegenüber der Stützmauer einer Terrasse oder der Abstützung einer Schneebrücke einen meist derart spitzen Winkel für die äußere Kante, daß deren Konstruktion auf Schwierigkeiten stieße, ist doch die äußere Terrassen- oder Schneebrückenkante größter Beanspruchung ausgesetzt, wenn die Verbauungswerke von der Schneesicht eingedeckt sind, was bei großen Schneehöhen, mit denen immer gerechnet werden muß, der Fall ist. Im Verbauungsgebiet des Gurschens sind selbst in normalen Wintern die 4 Meter hohen Schienenhäge völlig eingedeckt. — So sollen wir bei der Werkerstellung diejenigen Grundmaße wählen, welche uns sowohl theoretisch als auch praktisch (und dies in allen Teilen) der wirksamsten Bauform am nächsten bringen.

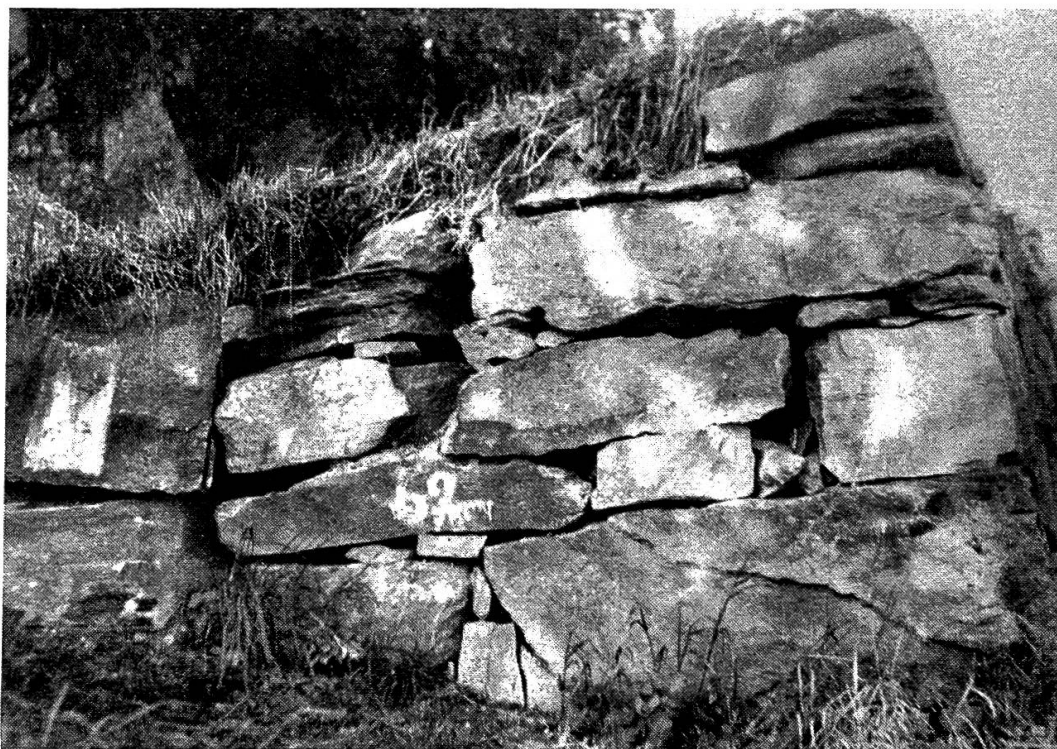
Diese Konstruktionsart mit Neigung der Terrassen- und Schneebrücken gleich der Winkelhalbierenden der Hangsenkrechten und Horizontalen legten wir bereits im Jahre 1924 für die Schneebrücken der Verbaue Fernigwald fest und suchten sie dann im Verlauf der Jahre zu entwickeln und zu erhärten. (Wir möchten dies, ohne uns deswegen einen besondern Federschmuck aufzustecken, festhalten, weil vielfach die Auffassung besteht, diese Neigungsbestimmung sei von anderer Seite erstmals bei den Verbauungen St. Brida ob Tschamut zur Verwendung gelangt. Wir hatten im Sommer 1940 die Genugtuung, unsere Erfahrung und Anschauung den Herren Ing. P. S c h n e l l e r, Brig, und Kreisoberförster B. A l b i n, Truns, mitzuteilen, und in wertvoller Weise erfolgte dann ein weiterer konstruktiver Ausbau der Schneebrücken, bei dem sich besonders Herr Ing. B e r n a s c o n i beteiligte.)

Heute drängen wir darauf, daß die Neigung der Werke diesem Prinzip der Winkelhalbierenden entspricht!

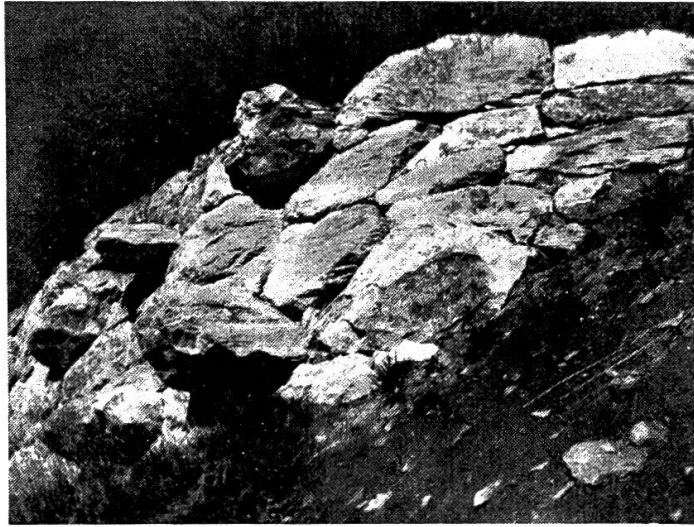
Dadurch erreichen wir, daß die Schneebewegung sich in die tiefste, beim Verbauungswerk zuhinterst im festen Boden liegende größte Vertiefung konzentriert und vom naturgewachsenen Boden aufgenommen wird. Die Schubkräfte der Schneesicht verhocken gleichfalls in dieser Werkzone. Die Gefahr des Überbordens der auf dem Verbauungswerk zusammenkriechenden Schneemassen wird behoben oder auf ein ungefährliches Minimum beschränkt. Wo immer möglich, werden den Terrassen auch seitlich leichte Neigungen gegeben, flachdachförmig, oder die Fläche wird in verschiedene solche « Wellen » aufgelöst, wobei getrachtet werden muß, daß die Vertiefungen in die festesten Boden-

partien verlegt werden, also gar keine Maßschablone gelten darf. Wo das Wasser keinen natürlichen Abfluß findet, müssen Sickerdolen, die bis an die Oberfläche reichen müssen, und zwar in der ganzen Terrassentiefe, erstellt werden. — Können Terrassen in einem Lawinenabflußcouloir erstellt werden, so sind sie so anzulegen, daß der höchste Punkt der Terrasse in der Mitte vorn des Couloirs liegt und die Neigung nach rückwärts und seitlich in die anschließenden Couloirhänge vorhanden ist, so daß der kriechende Schnee « sich durchwegs versacken » muß.

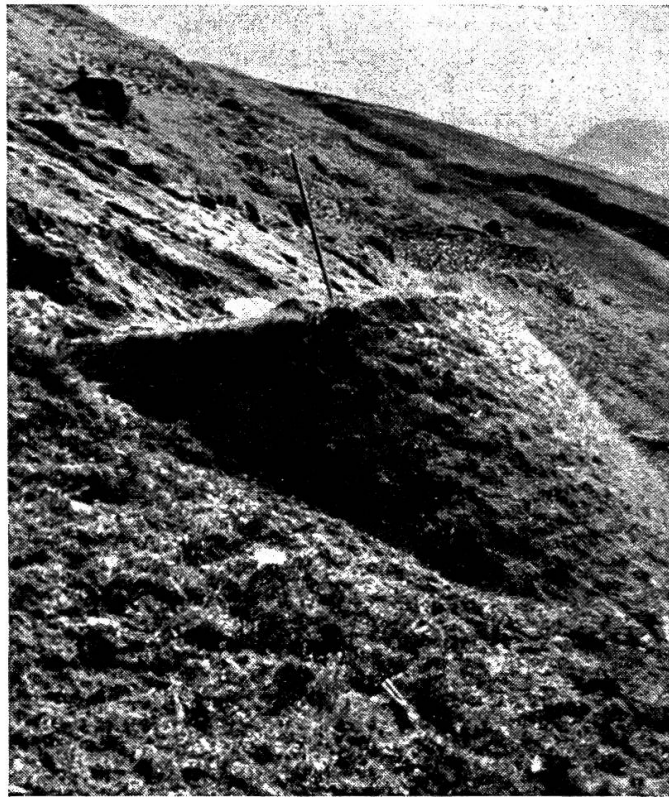
Eine weitere Beobachtung ergab auch, daß bei den in Geraden und Horizontalen erstellten Terrassen die Ecken zuerst leiden und weggerissen werden. Es hängt an diesen Stellen eben der meiste Schnee und zieht das Werk nach außen, oder dann, wurden die Ecken vom Wind schneefrei gefegt, so leiden sie am meisten unter dem Gefrieren und Auftauen schon während dem Spätwinter und werden so in ihrem Gefüge gelöst und zerstört. Auch sind offensichtlich Ecken in den Mauern und Terrassen immer am schwersten herzustellen, weil vielfach gutes Baumaterial für diese Werkpartien fehlt. Wir haben deshalb seit anderthalb Jahrzehnten bei unsern Lawinenverbauungen getrachtet, die Terrassendenen — und zwar bei Mauer- und bei Rasenziegelterrassen — abzurunden und in das Seitengelände einzuziehen. Diese Konstruktion ist entschieden leichter durchzuführen als eine kantige Ecke und bietet weder für den Haftsnee noch für das Regelierren des Schnees besondere Angriffsstellen.



*Gurschenverbaue, Andermatt. Gelöste (gut gebaute) Mauerecke.
(Foto M. Hübscher.)*



Kirchbergverbaue, Andermatt. Abgerundete Terrassen-Mauerenden.
(Foto M. Hübscher.)



Kirchbergverbaue, Andermatt.
Im Bau befindliche Rasenziegelterrasse mit abgerundeten Enden.
(Foto M. Hübscher.)

Wo Steinmaterial für den Bau von Terrassen fehlt, verwendet man vorteilhaft Rasenziegel, mit denen aber der Aufbau der Terrassenfront genau so erstellt werden muß, als seien die Rasenziegel Steine. Die Einlage von Ästen (besonders innerhalb der Waldgrenze), festerer Teil nach rückwärts, und das schichtweise Stampfen und gehörige Anklopfen der Terrasse beim Bau sind unerlässlich, wie auch beim Unterhalt nicht nur ein alljährliches ein- bis zweimaliges Mähen des Grasses, sondern



Lawinverbau Schützenrüti, Sisikon. *Rasenziegelterrasse* von 2 m Breite, Stirnflächenanzug 1 : 40 cm, Planie mit Rückwärtsneigung in der \sphericalangle -halbierenden Zwischen-Senk-rechten zur Hangneigung und der Horizontalen.

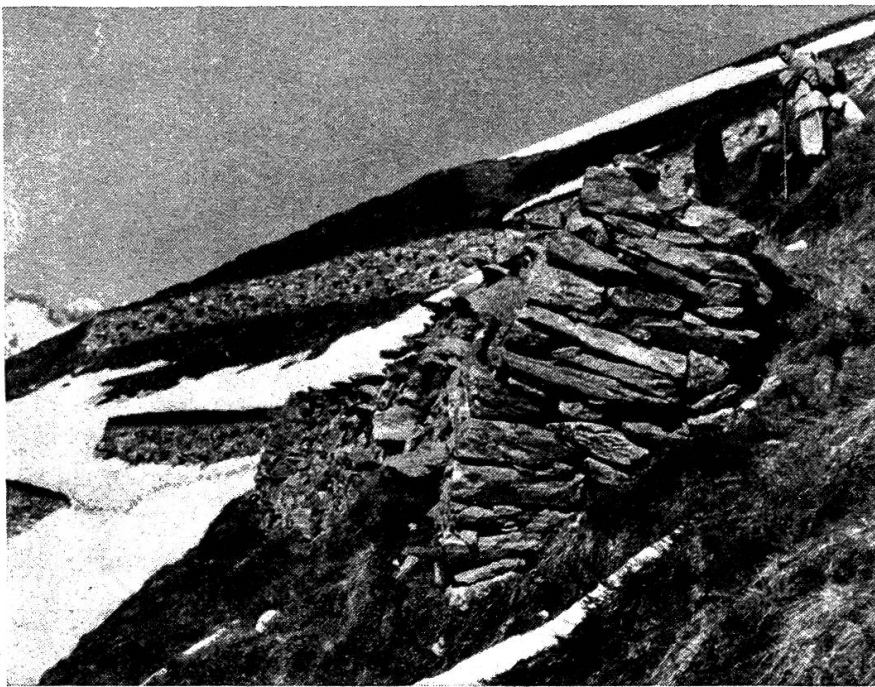
auch ein gehöriges Anklopfen der Front notwendig sind. Wenn beim natürlichen Setzen der Rasenziegelterrassen oder im Frühjahr nach der Schneeschmelze durch den Schneedruck verursachte Risse sich zeigen, so sind ein Schließen der Risse mit Erde und das Feststampfen sowie die Wiederherstellung der richtigen Neigung durch Abgraben des festen Hanges und Aufschütten des freiwerdenden Materials unerlässlich. — Es ist auch notwendig, den Terrassen einen Frontanzug von 35 bis 40 cm pro 100 cm Höhe zu geben.

Sinngemäß gelten eine Reihe dieser Hinweise auch für die Schneebrücken, deren Querhölzer rückseitig auf Trockenmauern von ca. 50 cm Höhe so aufzulegen sind, daß sie luftig und trocken liegen und nicht durch die Erdfeuchtigkeit rascher Fäulnis zugeführt werden. Ein Ankohlen oder Imprägnieren der Füße der Querhölzer erhöht selbstver-

ständiglich deren Dauer. Die Zwischenräume haben wir erfolgreich $1\frac{1}{2}$ mal Querholzdicke gewählt. Weniger Zwischenraum ist besser als mehr! Die Querholzstirnen befestigt man mit einem vermittelst Drahts aufgebundenen Längsholz. Längsträger und Stützen, sofern sie nicht aus Eisenkonstruktion sind, werden mit einfachverschraubten Flacheisenlaschen verbunden. Je weniger Ausschnitte, Verteilungen, Verschraubungen und Vernagelungen vorhanden sind, um so rascher wird eine Schneebrücke nicht nur gebaut, sondern um so dauerhafter ist sie und um so kleiner wird der Unterhalt. Jede Holzverletzung ist eine Möglichkeit der Pilzeinnistung. Je einfacher die Konstruktion, um so ratsamer ist sie!

(Wir möchten noch hervorheben, daß C o a z in seinem Lawinenbuch — 1910 — in den Schneebrückenskizzen bereits eine dem Hang angepaßte Rückwärtsneigung festgehalten hat, man beachte nur die Skizzen auf den Seiten 88, 94 und 95.)

Bei den *freistehenden Mauern*, die in den Verbauungen im Urserental früher in großer Menge zur Erstellung gelangten, konnten wir durchwegs beobachten, daß, selbst bei guter Bauart, nicht nur die Ecken weggerissen wurden, sondern die ganzen Mauern im Verlauf der Jahre nach rückwärts sich neigten und zuletzt einstürzten. Dabei war selten die schlechte Fundierung schuld, welche meistens zum Absturz der



Freistehende Mauer im Kirchbergverbauungsgebiet (I. Etappe), die infolge Schneedrucks *nach rückwärts* fällt. Die Mauern im Hintergrund sind bereits zu Mauerterrassen umgebaut.

(Foto M. Hübscher.)

Mauern führte, sondern viel mehr der Umstand, daß der hinter den Mauern versackende Schnee einen so großen Druck in die Rückseite der Mauern brachte, daß die Mauern von der Rückseite in ihren Fundamenten geschoben waren, oder, waren die Fundamente gut und die Mauern im festen Verband erstellt, der freistehende Mauerteil weggeschert wurde. Wir gingen deshalb dazu über, die noch guten freistehenden Mauern so zu hinterfüllen (durch Abgraben des Terrains hinter den Mauern und Anschütten des Materials an der Mauer), daß eine Art « schiefe Terrasse » entstand. Die schlechten Mauern bauen wir in der Regel in Mauerterrassen um, wobei wir auf Terrassenbreiten von 2—3 m (und womöglich mehr) trachten, jede Schablone mißachten und uns bestmöglich dem Terrain anpassen.

Die Mauerecken bauen wir « schräg ab », wo die Mauern mit der Hinterfüllung stehen bleiben, wo sie in Terrassen übergeführt werden, werden sie ins Terrain « eingezogen ».

Damit schließen wir unsere Epistel über Erfahrungen und Gedanken betreffend Lawinenverbau.

Möge damit besonders erreicht werden, daß die Leser der ältern Garde zum Nachdenken und eventuell zur Meinungsäußerung angeregt werden, zumal dann, wenn sie zu andern Resultaten durch ihre Praxis geführt wurden, wobei aber wohl beachtet werden möge, daß Dinge, die bei der einen Verbauung Erfolg brachten, bei andern Lagen zum Mißerfolg führten, denn auch hier gilt wohl das Wort in etwelcher Modulation: Eines schickt sich nicht für alle. — Und die jüngern Leser, die noch ihre ganze forstliche Laufbahn vor sich haben, die mögen aus diesen Zeilen entnehmen, daß gerade auf dem Gebiet der Lawinenverbauung in der Praxis noch sehr viel zu beobachten und zu unternehmen bleibt und wir uns durch die wertvollen und unerläßlichen wissenschaftlichen Forschungen unseres Schnee- und Lawineninstitutes nicht auf ein nur theoretisches Geleise fahren lassen dürfen !

Résumé

M. C e h s l i n raconte ses premières excursions pendant l'hiver 1919/20 au-dessus d'Andermatt, dans la région même où se décrochent les avalanches. Elles lui révélèrent les conditions d'équilibre et les phénomènes de tension et de déformation de la neige. Les expériences faites depuis par la Commission suisse pour l'étude de la neige et des avalanches lui ont confirmé que les cristaux qui composent la neige se métamorphosent et se transforment progressivement lorsqu'ils sont soumis à des forces mécaniques. La neige n'est jamais en repos. Les ouvrages de protection contre les avalanches doivent donc tenir compte de ce fait.

M. C e h s l i n constate que la nappe neigeuse glisse; c'est le phénomène de la reptation. Entre deux ouvrages de protection, la neige est d'abord homo-

gène, puis elle se transforme progressivement au cours de l'hiver. Sa hauteur diminue dans la zone de traction, au-dessous de l'ouvrage, et augmente dans la zone de compression située au-dessus de celui-ci. Les tensions longitudinales sont considérables. A la lumière de ces constatations, l'auteur examine l'efficacité des divers genres d'ouvrages. Les rangées de piquets et les éléments isolés n'assurent pas une protection suffisante. Les ponts de neige, par contre, donnent de bons résultats et peuvent être aussi efficaces que les terrasses et les constructions massives. L'angle que forme la terrasse ou le pont de neige doit être suffisant pour arrêter la reptation. Il doit être l'égal de l'inclinaison du terrain. Suivant Hæfeli, un angle plus grand allant jusqu'à 90° est préférable.

Les angles vifs des murs et terrasses doivent être évités. La détérioration des ouvrages commence toujours aux angles, qui sont des points particulièrement exposés à la pression de la neige. Les expériences faites depuis ont confirmé cette constatation. M. Oechsli donne enfin quelques conseils sur l'emploi des mottes de gazon pour confectionner les terrasses et sur l'exécution des autres ouvrages de protection. Il affirme enfin la nécessité de coordonner les recherches et les observations des praticiens et celles des scientifiques.

Ch. Gonet.

MITTEILUNGEN · COMMUNICATIONS

Lawinenverbau mit Rasenziegeln

Von *R. Schwamberger*, Oberförster, Interlaken

In Nr. 7 der « Zeitschrift für Forstwesen » behandelt Herr Kantonsoberröfster Dr. Oechsli unter anderem auch den Lawinenverbau mit Erdterrassen. Die Lawinenverbauarbeiten sind auf Seite 270 oben kurz beschrieben und werden noch durch vier photographische Aufnahmen vorn im Titelbild ergänzt.

Wenn ich zu dieser Art des Lawinenverbaues Stellung nehme, so ist es mir vorab nicht darum zu tun, die Arbeit von Dr. Oechsli zu kritisieren. Er wird zu diesen Verbautypen Zutrauen haben und solche aus gewissen Gründen, die ich nicht kenne, anwenden. Ich möchte vielmehr auf diesem Wege meine Erfahrungen bezüglich der Erd- und gemischten Terrassen hier niederlegen, und meine Beobachtungen und Schlußfolgerungen mögen objektiv beurteilt werden.

Ich muß leider meinen Erfahrungen und Wahrnehmungen entsprechend das Gegenteil von dem behaupten, was Herr Oechsli in seinem Aufsatz von den Rasenziegel- und Erdterrassen aussagt. Mögen bezüglich Terrain, Höhenlage, Bodenverhältnisse im Forstkreis Interlaken und allgemein im Berner Oberland auch Unterschiede gegenüber den Verhältnissen im Kanton Uri bestehen, eines ist sicher, daß sowohl die gemischten wie die Erdterrassen überall nicht befriedigt haben. Ein älterer Mann, der in einer Verbauung arbeitete,