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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 98 (1947)

Heft: 1

Artikel: Diskussionsbeitrag zum Lawinenverbau

Autor: Haefeli, R. / Gonet, C.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-767327

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: 16.07.2025

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

18. *Moor, M.:* Das Fagetum im nordwestlichen Tafeljura. Verhandl. Naturf. Ges. Basel **56**, 1945.
19. *Quantin, A.:* L'évolution de la végétation à l'étage de la Chênaie dans le Jura méridional. Comm. Sigma **37**, 1935.
20. *Schmid, E.:* Die Reliktföhrenwälder der Alpen. Beitr. zur geobot. Landesaufn. d. Schweiz **21**, 1936.
21. *Spinner, H.:* Le Haut-Jura neuchâtelois. Matériaux pour le levé géobot. de la Suisse **17**, 1932.
22. *Trepp, W.:* Der Lindenmischwald (Tilieto-Asperuletum taurinae) des schweizerischen voralpinen Föhn- und Seenbezirks, seine pflanzensoziologische und forstliche Bedeutung. Diss. ETH. Manuskript 1946 (im Druck).

Diskussionsbeitrag zum Lawinenverbau

Von Dr. *R. Haefeli,*
Dozent für Lawinenverbau an der Eidg. Techn. Hochschule, Zürich

Dem Wunsche Oechslins um freie Meinungsäußerung entsprechend, sei dem Unterzeichneten gestattet, einige weitere, im letzten Jahrzehnt gesammelte Erfahrungen mitzuteilen und dieselben vom theoretischen Gesichtspunkt aus zu beleuchten, um dadurch zu versuchen, Erfahrung und Forschung, zwischen denen es keine Kluft geben kann, in Einklang zu bringen. Wenn sich trotzdem immer wieder eine solche Kluft zu öffnen droht, so liegt dies an unserer eigenen Unvollkommenheit. Als Theoretiker gelangen wir leicht in Versuchung, die komplexen, lebensvollen Verhältnisse der Natur derart zu vereinfachen, daß nur ein toter Mechanismus übrig bleibt; als Beobachter unterliegen wir oft der Gefahr, unsere in einem begrenzten Gebiet gesammelten Erfahrungen über die natürlichen Grenzen dieses Gebietes hinaus zu verallgemeinern. So ist z. B. zu beachten, daß die Beschaffenheit und das Verhalten der Schneedecke unterhalb und oberhalb der Waldgrenze infolge des ungleichen Windeinflusses ganz verschieden sind, worauf namentlich Eugster aufmerksam gemacht hat[1].

Sehr wesentliche Unterschiede, bedingt durch Höhenlage, Klima und Exposition, bestehen auch in der *Schneebewegung*. Während in tieferen Lagen die allgemeine, von Oechslin beschriebene Bewegung der Schneedecke — bestehend aus einem Gleitvorgang auf der Unterlage und einer inneren Verformung derselben — vorherrscht, findet im Hochgebirge häufig kein Gleiten auf der Unterlage statt, oder nur ganz ausnahmsweise, zur Zeit der Schneeschmelze. Vor der Disposition und Dimensionierung einer Verbauung muß die Art der Kriechbewegung festgestellt werden, da der Staubereich und die Beanspruchung eines Bauwerkes in hohem Maße vom Vorhandensein und der Intensität der

[1] E. Eugster: Schneestudien im Oberwallis und ihre Anwendung auf den Lawinenverbau. Beiträge zur Geologie der Schweiz. Geotechnische Serie — Hydrologie. Lief. 2, 1938.

Gleitbewegung abhängen. Findet kein Gleiten der Schneedecke auf der Unterlage statt, so ist die Stauwirkung eines horizontal durchgehenden Bauwerkes relativ klein, indem die Staulänge im Zeitpunkt des maximalen Schneedruckes praktisch nur etwa das Zweieinhalbfache der Schneehöhe beträgt. Es ist dies eines der überraschendsten Resultate der Schneedruckberechnung, deren Merkmal ja gerade darin besteht, daß sie nach komplizierten Ableitungen zu lapidaren — um nicht zu sagen trivialen — Resultaten gelangt, die ebensogut in Worte wie in Formeln gefaßt werden können. So ist z. B. der maximale Schneedruck auf einen Streifen von 1 m Breite einer horizontal durchgehenden, senkrecht zum Hang stehenden Wand, annähernd gleich dem archimedischen Seitendruck, den eine Flüssigkeit vom spezifischen Gewicht γ_s des Schnees auf eine vertikale Wand ausübt, deren Breite ebenfalls = 1 m und deren Höhe gleich der Schneehöhe h ist, d. h.:

$$S_{max} \sim \gamma_s \frac{h^2}{2} \text{ in kg/m}'$$

worin für das Raumgewicht $\gamma_s = 400$ kg/m³ zu setzen ist. Für h = 1 m beträgt somit der parallel zum Hang wirksame größte Schneedruck, der theoretisch wenig unterhalb der Mauermitte angreift, etwa 200 kg/m′, für h = 2 m 800 kg/m′ etc. Diese einfache Beziehung gilt für Hangneigungen zwischen 25 und 50° nur dann, wenn die Schneedecke nicht auf dem Untergrund gleitet. Sie wurde experimentell nachgeprüft an einer durchgehenden, 2 m hohen, freistehenden Mauer der Verbauung Alp Grüm und im wesentlichen bestätigt gefunden [2]. Dort wurde auch die theoretisch sich ergebende geringe Länge des Staubereiches durch Kriechmessungen oberhalb der Mauer nachgewiesen. Wenn in solchen Fällen, wo die Schneedecke tatsächlich nicht auf dem Boden gleitet, trotzdem eine Abnahme der Schneehöhe von der Mauer gegen oben beobachtet wird, so ist dies weniger auf den Kriechvorgang als vor allem auf die Wirkung des Windes, die ihrerseits durch die Mauer beeinflußt wird, zurückzuführen.

Wesentlich komplizierter liegen die Verhältnisse, wenn die Schneedecke auf der Unterlage gleitet, wie dies bei grasbedeckten Hängen und relativ hohen Bodentemperaturen häufig der Fall ist. Hier ist der oben angegebene Schneedruck mit einem Faktor zu multiplizieren, der von der Größe der Gleitgeschwindigkeit abhängt und dessen unterer Grenzwert « eins » dann erreicht wird, wenn die Gleitgeschwindigkeit = 0 ist. Auch die Länge des Staubereiches wächst mit zunehmender Gleitgeschwindigkeit theoretisch im selben Verhältnis wie der Schneedruck.

---

[2] R. Haefeli: Spannungs- und Plastizitätsuntersuchungen der Schneedecke. Mitteilung Nr. 2 der Versuchsanstalt für Wasserbau an der ETH, 1942.

Bei der *Wahl des Verbauungssystems* im Anbruchgebiet muß in erster Linie Klarheit darüber bestehen, welche Art von Lawinen in ihrer Entstehung verhindert werden soll. So mannigfaltig in dieser Beziehung die Verhältnisse, die unmöglich im Rahmen dieser kurzen Besprechung dargestellt werden können, auch sein mögen, so ist doch im Laufe der ausgedehnten Beobachtungen der letzten Jahre, an denen der Lawinendienst der Armee einen hervorragenden Anteil hatte, eines ganz klar geworden: Alle Lawinen, die oberhalb der Waldgrenze anbrachen und zu Schäden, Unglücken und Katastrophen geführt haben, waren zu 99 % Schneebrettlawinen. Dies ist das Ergebnis mehrerer hundert systematischer Untersuchungen von Einzellawinen im gesamten Gebiet der Schweizer Alpen. Alle in der Zeitung oder andern Berichten erwähnten und mit Recht so gefürchteten « Staublawinen » waren — soweit die Nachprüfung möglich war — ausnahmslos als Schneebrettlawinen angebrochen, um dann im Laufe des Sturzes in die Luftbewegung überzugehen, die bekanntlich die schlimmsten Verheerungen anrichtet. Abgesehen von diesen trockenen Schneebrettlawinen des Vor- und Hochwinters können selbst die nassen Schneebrettlawinen bis in den Mai hinein bedeutende Ausmaße erreichen.

Im Gegensatz zur Schneebrettlawine ist die *Lockerschneelawine,* die sich namentlich *im Frühling* in nasser Form stärker entwickelt, ziemlich harmlos, weil sie infolge ihrer langgestreckten Form (Birnenform) viel geringere Schneemassen in Bewegung setzt und bei relativ kleinen Geschwindigkeiten sich meist schon in den steilen, vorgezeichneten Gräben totläuft. Gefährlicher wird die Sache, wenn durch solche Lockerschneerutsche nasse Schneebrettlawinen ausgelöst werden, was im Frühling ziemlich häufig vorkommt.

In den hochgelegenen Anbruchgebieten oberhalb der Waldgrenze gilt es somit in erster Linie, die Bildung *von Schneebrettlawinen zu verhindern.* Dazu bieten sich heute verschiedene Möglichkeiten, die durch die bisher verwendeten, *vorwiegend massiven Systeme* noch nicht voll erschöpft sind. Wohl erfordern massive Bauwerke aus Stein den geringsten Unterhalt, sofern gutes Material vorhanden ist und die Ausführung der Bauten nach den Regeln der Kunst erfolgt. Wie aber, wenn das *einwandfreie Steinmaterial fehlt,* oder wenn der Untergrund durch eine massive Konstruktion überlastet wird, bzw. in seinem Gleichgewicht gestört wird, wie dies bei Schutthalden häufig der Fall ist? Hier bleibt nichts anderes übrig, als entweder von einer Verbauung ganz abzusehen, oder dann ein leichteres System zur Anwendung zu bringen.

Die relativ leichten Rasenziegelterrassen kommen bei großen Schneehöhen kaum in Frage, weil sie zu wenig aus dem Hang herausragen und auf die Dauer der großen Beanspruchung durch den Schneedruck nicht

gewachsen sind. Horizontal durchgehende Werke, deren äußere Kanten bei großen Schneefällen infolge zu geringer Höhe eingeschneit werden, provozieren nicht selten den Anbruch von Schneebrettlawinen, indem sie die Schneedecke von unten her kerben. Immer wieder mußten wir in den letzten Jahren beobachten, daß Schneebrettlawinen gerade an den Kanten von eingeschneiten Mauern oder Terrassen angebrochen sind, als Oberlawinen über die Verbauungen hinwegfuhren, um dann unterhalb der Verbauung oft die ganze Schneedecke zu erfassen. Wenn die verbaute Zone im Verhältnis zum nicht verbauten Einzugsgebiet relativ klein ist, so können derartige Lawinen katastrophale Ausmaße erreichen, wie die Erfahrung der letzten Jahre wiederholt gezeigt hat. Um das Einschneien der Werke zu verhindern, ist man in neuerer Zeit dazu übergegangen, massive Bauwerke in der Form von steil hinterfüllten Mauern von gewaltigen Kubaturen zu erstellen [3].

Gegliederte, d. h. nicht massive Konstruktionen sind bisher selten oberhalb der Waldgrenze angewandt worden, weil man den größeren Unterhalt fürchtet. Nachdem man aber die Erfahrung gemacht hat, daß bei Verwendung von nicht ganz einwandfreiem Steinmaterial massive Werke relativ rasch reparaturbedürftig werden, bei ihrem Zerfall die unterhalb liegenden Gebiete durch Steinschlag gefährden und daher einen bedeutenden Unterhalt erfordern, wird man der Aufgabe, aufgelöste Konstruktionen von möglichst hoher Lebensdauer zu schaffen, nicht länger aus dem Wege gehen können. Nur wenn dieses Problem gelöst wird, lassen sich auch jene Gebiete mit Erfolg verbauen, wo gutes Steinmaterial fehlt oder relativ ungünstige Untergrundverhältnisse vorliegen. Gegliederte Werke besitzen gegenüber den massiven außerdem den wesentlichen Vorteil, daß sie die Windströmung weniger stark beeinflussen, so daß die Entstehung von toten Winkeln, die oft zu einem raschen Auffüllen der Fallböden und damit zu einer Verminderung des Wirkungsgrades der Bauten führen, weitgehend vermieden wird. Ferner lassen sich aufgelöste Bauten ohne übermäßigen Aufwand so ausbilden, daß sie auch bei größten Schneehöhen noch aus der Schneedecke herausragen. *Als Baumaterial kommt in erster Linie Holz,* z. B. imprägniertes Lärchenholz und nur ganz ausnahmsweise Eisen in Frage, während sich der Eisenbeton im Hochgebirgsklima, wenigstens in seiner bisherigen Form, bekanntlich nicht bewährt hat. Die *Wahl des Systems* richtet sich auch beim aufgelösten Verbau nach den örtlichen Verhältnissen, wobei grundsätzlich etwa folgende Möglichkeiten bestehen: Werke, die sich punktförmig über den Hang verteilen (Einzelelemente), Bauten, die sich in der Horizontalen ausdehnen (Schneebrücken) und schließlich Konstruktionen, die sich mehr in der Fallinie erstrecken

[3] E. Heß: Erfahrungen über Lawinenverbauungen. Veröffentlichung über Lawinenverbauungen Nr. 4 des Eidg. Departements des Innern, Inspektion für Forstwesen, Jagd und Fischerei, 1936.

und gleichsam als Armierung der Schneedecke wirken. Je nach Schneehöhe, Schneebeschaffenheit und Untergrundsverhältnissen wird sich das eine oder andere System besser eignen; häufig werden auch Kombinationen verschiedener Systeme die beste Lösung darstellen.

Einzelelemente kommen z. B. nur in Frage, wo windgepackter Schnee die Regel bildet. Ihre Wirkungsweise darf nicht allein auf Grund der Verbauung von St. Brida beurteilt werden, wo sie versuchsweise unterhalb der Waldgrenze zur Anwendung gelangte, um die Grenzen ihrer Verwendbarkeit genauer kennen zu lernen. Viel eher am Platz ist dieses System auf Alp Grüm (1938) und Torrentalp (1943), wo sich diese Bauweise unseres Wissens bisher bewährt hat, unter dem Vorbehalt, daß die kurze Beobachtungszeit noch kein endgültiges Urteil gestattet. Schneebrücken werden im Hochgebirge zweckmäßig in kürzere Elemente aufgelöst, um dadurch eine bessere Anpassung an die wechselnden Untergrunds- und Schneeverhältnisse zu ermöglichen und dem Steinschlag Rechnung zu tragen. Auch eine wandförmige Abschirmung exponierter Anbruchgebiete gegen die Rißbildung der Schneedecke, die sich oft mit Schallgeschwindigkeit über weite Strecken ausdehnt, wäre da oder dort zu prüfen. Damit soll bloß angedeutet werden, daß im Lawinenverbau noch eine Reihe von konstruktiven Möglichkeiten offen steht, die den Forstingenieur in Zusammenarbeit mit dem Bauingenieur vor neue Probleme stellen, welche wohl am besten an Hand einer Versuchsverbauung abgeklärt würden. Die Theorie, die sich auch ihrerseits entwickeln wird, will bei der Lösung dieser Aufgabe nur als Dienerin die Hand reichen, indem sie die konstruktive Phantasie durch die klare Vorstellung leitet und die Grundlagen zur Dimensonierung der Werke liefert. Möge es den vereinten Anstrengungen von Praxis und Forschung gelingen, die Gebirgsbevölkerung in ihrem harten Kampfe um die Erhaltung ihrer Scholle auch auf dem Gebiete des Lawinenverbaus tatkräftig zu unterstützen.

Résumé

Le comportement de la neige varie suivant l'altitude, l'exposition et le climat. La transformation et les mouvements décrits par Oechslin se produisent surtout dans les régions basses. En altitude, la neige ne glisse pas pendant la saison froide, mais seulement au printemps en période de fonte.

Pour choisir utilement le genre d'ouvrages de protection contre l'avalanche à construire, pour pouvoir les dimensionner et les disposer, il faut connaître la nature du terrain, les mouvements possibles de la neige et le genre d'avalanche dont la formation doit être empêchée.

Les observations faites entre autres par le service des avalanches de l'armée démontrent que le 99 % des avalanches nuisibles qui se détachent

en-dessus de la limite supérieure de la végétation forestière, proviennent de planches de neige. On peut empêcher leur formation par des constructions massives. Mais la qualité des pierres à disposition n'est pas toujours bonne. Puis elles ne peuvent être fondées sur des éboulis. Enfin, l'entretien de ces ouvrages construits en-dessus de la limite supérieure de la végétation forestière est coûteux. Les terrasses en mottes de terre sont sans effet lorsque la couche de neige est épaisse. Craignant les frais d'entretien, on n'a pas osé construire des ouvrages à structure en treillis mais seulement des constructions massives. Et pourtant ils sont en maintes circonstances la seule protection efficace possible. Le matériel préférable est le bois de mélèze imprégné. La nature et la répartion de ces ouvrages à structure en treillis dépendent des conditions locales. Ce sont soit des ouvrages continus sous la forme des ponts de neige se développant dans l'horizontale, des ouvrages dispérsés formant des points d'appui, ou alors des constructions se developant dans la ligne de chute, qui arment en quelque sorte la couche neigeuse. Leur forme peut varier à l'infini. Pour un cas concret la découverte de la meilleure forme sera trouvée par le praticien qui s'appuie sur la théorie et la recherche scientifique. *Ch. Gonet.*

Diskussionsbeitrag zum Lawinenverbau

Von *Edwin Bucher*
Vorsteher des Eidg. Institutes für Schnee- und Lawinenforschung

1. Einleitung und Problemstellung

« Es gibt nichts Praktischeres als eine gute Theorie »; diesem Wahlspruch kommt allgemeine, im Kampfe gegen Naturgewalten aber ganz besondere Bedeutung zu.

Gerade in dem hier zur Diskussion stehenden Fachgebiet des Lawinenverbaues zeigt sich immer wieder, wie mannigfach die Einflüsse sind, welche das Gesamtgeschehen diktieren, und wie schwierig sich deshalb die Projektierung von wirksamen Schutzmaßnahmen gestaltet, wenn man sich nicht auf eine allgemeingültige Theorie stützen kann. In Erkenntnis dieser Schwierigkeiten haben sich 1931 Interessenten aus Kreisen der Wissenschaft und Praxis zu einer Studienkommission zusammengeschlossen mit dem Zweck, die mechanischen Gesetze der Lawinenbildung abzuklären. Das war der Grundstein zu dem im Jahre 1943 errichteten Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung auf Weißfluhjoch oberhalb Davos.

Und wo stehen wir heute ? Wohl sind die grundlegenden physikalischen Eigenschaften des Schnees bekannt; wohl ist es in jüngster Zeit auch möglich geworden, tiefer in die Spannungserscheinungen der Schneedecke Einblick zu gewinnen und damit die Lawinenbildung auf