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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 119 (1968)

Heft: 4-5

Artikel: Die Rolle des Waldes beim Lawinenschutz

Autor: Quervain, M. de

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-765570

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: 15.07.2025

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

Die Rolle des Waldes beim Lawinenschutz

Von *M. de Quervain,* Weißfluhjoch/Davos Oxf. 907.32

Seit alters her genießt der Wald einen hohen Kredit als vortrefflicher Lawinenschutz. Auch in neuerer Zeit ist dieser Ruf immer wieder durch namhafte Autoritäten bestätigt worden. P. Mougin (1931) schreibt zum Beispiel: «On sait que la forêt est la meilleure protection contre les avalanches: sa présence empêche le glissement des neiges.» E. Hess (1951) äußerte sich nach dem Lawinenwinter 1950/51 in ähnlichem Sinn: «Nun muß sich aber die Bevölkerung bewußt sein, daß der Wald der dauerhafteste, natürliche und daher billigste Schutz gegen die Lawinen darstellt.»

Es sei einem Nichtforstmann gestattet, diese Thesen etwas vom lawinenmechanischen Gesichtspunkt aus zu durchleuchten. Wenn dabei gewisse Vorbehalte zutage treten, handelt es sich durchaus nicht um neue grundlegende Erkenntnisse. Die oben genannten Autoren und ungezählte andere haben die Grenzen der Schutzfunktionen des Waldes auch schon festgestellt und gelangen dennoch zu einer eindeutig positiven Gesamtbilanz. Auch diese Betrachtung wird zu einem ähnlichen Schluß kommen, wobei die Hinweise auf schneemechanische Gegebenheiten lediglich einzelne zusätzliche Begründungen und Differenzierungen gestatten.

Die Verhinderung der Lawinenbildung durch den Wald

Man unterscheidet bekanntlich zwei Arten der Lawinenbildung: die *Schneebrettlawine* und die *Lockerschneelawine*. Erstere ist äußerlich gekennzeichnet durch eine sich quer zum Hang erstreckende scharfe Anrißlinie oder besser eine stufenartige Anrißstirn. Die talseits liegende Schneetafel — das Schneebrett — löst sich im Zuge eines Bruchvorgangs längs der Anrißlinie und in der Fläche fast gleichzeitig und gleitet im ersten Moment als geschlossene Masse ab. Vor dem Bruch besteht im Schnee ein weitreichendes und kompliziertes Spannungsfeld, dem die Zug-, Scher- und Druckfestigkeit des Schnees die Waage hält, bis an einer Stelle die Festigkeit durch die Spannung übertroffen wird. Die Ausbreitung des Bruches über eine größere Fläche und das Abgleiten des Schnees sind an weitere mechanische Bedingungen geknüpft, auf die hier nicht eingetreten werden soll.

Bei der Lockerschneelawine ist ein etwas anderer Mechanismus am Werk. In einer stark geneigten, oberflächlich verhältnismäßig lockeren Schneelage löst sich ein einzelnes Schneeteilchen oder Klümpchen von seiner Verankerung und kippt auf seinen in der Fallinie liegenden Nachbarn. Dieses auch

schon labile Teilchen wird durch den Anstoß ebenfalls aus dem Gleichgewicht geworfen. In gleicher Weise pflanzt sich der Stoßprozeß nach unten fort und gewinnt zudem nach der Seite und Tiefe Raum. Solange die freiwerdende potentielle Energie durch die Ablösearbeit und die Reibung nicht aufgezehrt wird – und dies ist um so weniger der Fall je steiler das Gelände und je lockerer und «geschmierter» der Schnee –, solange schwillt die Bewegung an. Sie ist nicht schollig wie die der Schneebrettlawine, sondern fließend eventuell auch rutschend.

Denken wir uns nun die Bildungszonen dieser beiden Lawinenarten in einen Hochwald versetzt und fragen nach den Konsequenzen. Würde man nur die Wirkung der Stämme eines Hochwaldes auf die Schneedecke in Betracht ziehen, wäre in bezug auf die *Lockerschneelawine* nicht viel Neues festzustellen. Der punktförmige Start einer solchen Lawine würde ebensowenig verhindert, wie das Abfließen der Lockermassen. Ein Baumstamm alle paar Meter wäre kein ernst zu nehmendes Hindernis. Einzig eine Maßnahme, die eine Reduktion der Oberflächenneigung der Schneedecke unter etwa 70 bis 75 Prozent (35 bis 37 Grad) herbeiführt, könnte die Entstehung von Lockerschneelawinen unterbinden.

Für die *Schneebrettlawine* ändert sich indessen das Bild bei Anwesenheit eines Waldes. Die Schneedecke gewinnt mit jedem Stamm einen Fixpunkt, über den sie sich auf den Boden abstützen kann. Sie ist gleichsam festgenagelt. Das Spannungsfeld wird also umgestaltet, und man würde eine weitgehende Verhinderung von Schneebrettanrissen erwarten. Dieser Gedanke des Festnagelns der Schneedecke, verbunden mit der Erfahrung, daß tatsächlich in einem Wald die Schneebrettbildung behindert ist, hat schon im letzten Jahrhundert auf die Idee der *Verpfählung* als künstlichen Lawinenschutz geführt. In jüngerer Zeit ist das *Einzelelement* als Bestandteil eines extrem aufgelösten Stützverbauungssystems in dieser Weise begründet worden. Bei diesen direkten Vergleichen zwischen der Wirkung von Bäumen und Pfählen oder Stützelementen wird zweierlei übersehen:

Erstens sind die Spannungszonen im Schnee nicht immer so weiträumig, wie man sie gern annimmt. Je nach Schneeart reicht die Stau- und damit die Stützwirkung eines Baumes oder Pfahls nur einige Dezimeter bis Meter weit, so daß sich dazwischen noch größere Flächen befinden, die von der Abstützung nichts verspüren. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn der Schnee stark verformbar ist, zum Beispiel bei Neuschnee. Nun beschränken sich Schneebrettlawinen keineswegs auf hoch verfestigte, spröde Schneetafeln, wie sie in windgepeitschten Zonen oft anzutreffen sind. Sie können auch weiche Neuschneemassen umfassen, die oberflächlich zu Lockerschneelawinen Anlaß geben. Gerade die katastrophalen Lawinen nach außergewöhnlichen Schneefallperioden brechen in windgeschützten Lagen oft als derartige kohäsionsarme Schneebretter an. (Um die Variationsbreite bezüglich der Schneeart besser zu erfassen, unterscheidet man neuerdings zwischen

Abbildung 1

Aufforstung Seewerberg West, Davos Dorf (rechts oben), etwa 45 Jahre alt. Aus diesem Hang ergoß sich 1817 eine Lawine auf das am 26. Januar 1968 vom Dorftäli her wieder überflutete Gelände der Egga und Böden.

(Photo E. Wengi, SLF)

Abbildung 2

Breitzug bei Ardüs (Davos/Glaris) nach dem Niedergang vom 27. Januar 1968. Wald im Kampf gegen Klima und Lawinen als Standortproblem.

(Photo E. Wengi, SLF)

Abbildung 3

Teil des Waldschadens zwischen Martina und Vinadi im Unterengadin. Lawine vom Februar 1962.

(Photo H. In der Gand, SLF)

Abbildung 4

Lawine im «Arelenwald» Davos/Wolfgang. 27. Januar 1968 (4 Ferienhäuser zerstört, 4 Todesopfer). Im Hintergrund das Anrißgebiet am Totalphorn.

«weichen» und «harten» Schneebrettlawinen.) Nach diesen Hinweisen wäre also der lediglich aus Stämmen bestehende Wald kein genügendes Hemmnis gegen die Entstehung weicher Schneebrettlawinen, so wenig wie eine Verpfählung oder ein Verbau mit Einzelelementen.

Der zweite wesentliche Aspekt im Vergleich zwischen Wald und aufgelöstem Verbau liegt in der besonderen Wirkung des Waldes auf die Schneedeckenausbildung. Der lebendige Wald ist eben nicht nur ein System von Pfählen verschiedener Dicke und Anordnung. Es sind noch Kronen vorhanden, die maßgeblich die Ablagerung des Schnees beeinflussen. Die Effekte sind natürlich qualitativ und quantitativ verschieden, je nachdem, ob es sich um einen Nadel- oder Laubwald (inklusive Lärchen) handelt. Die Kronen halten je nach dem momentanen Beladungszustand einen Teil des anfallenden Neuschnees zurück. Gelegentlich werden sich einzelne Äste oder ganze Flanken eines Baumes entladen und damit möglicherweise Anstoß zu Lockerschneelawinen geben. Dies ist wohl die einzige lawinenfördernde Wirkung der Kronen. Im weitern fällt der Kronenrückhalt bei Erwärmung oder Einstrahlung als Schnee oder Schmelzwasser zu Boden und ein Anteil, der bis zu 50 Prozent geschätzt wird, verdunstet. Von den Kronen her geprägt hat also die Schneedecke im Wald einen ganz anderen Charakter als im Freiland: Die Windwirkung ist abgeschirmt, somit bilden sich keine ausgeprägten Packschneeschichten. Um die Stämme fehlt der in den Kronen zurückgehaltene Schnee. Dieser findet sich später teilweise wieder im Rayon des Kronendurchmessers als wulstiger Zuschlag. Da sich jeder sekundär verfrachtete Schnee durch Sinterung in erhöhtem Maße verfestigt, sind diese Wulste verhärtet. Zudem führt abtropfendes Schmelzwasser zu Vereisungen.

Über dem Waldboden ist auch der *Strahlungshaushalt* gegenüber dem Freiland verändert – vor allem natürlich wiederum im Nadelwald. Der reduzierte Zutritt der Sonne beeinträchtigt die Erwärmung und damit die Setzung des Schnees zu den Tagesstunden. Da aber auch die langwellige Ausstrahlung gegen den Himmel verhindert ist, stellt sich gegenüber dem Freiland eine ausgeglichenere Schneeoberflächentemperatur ein. Wegen des damit verbundenen geringeren Temperaturgradienten im Schnee ist die aufbauende Schneeumwandlung (Schwimmschneebildung) und auch die Oberflächenreifbildung gedrosselt. (Letztere wird allerdings in Waldlichtungen und an schattigen Waldrändern wegen der Feuchtigkeits- und Strahlungsverhältnisse in maximaler Entwicklung angetroffen.)

Zusammengefaßt ergibt sich, daß die Schneedecke im Wald wegen ihrer unregelmäßigen Form, der wenig ausgeprägten Schichtung und der örtlichen Verfestigung von Natur aus weder zur Bildung von Schneebrettern noch von Lockerschneelawinen neigt. Am wenigsten kommen indessen die günstigen Kronen- und Stützwirkungen zur Geltung bei lange anhaltendem Schneefall. Das Schutzvermögen eines Waldes wird dann hart auf die Probe gestellt, und der Fälle sind einige bekannt, da aus geschlossenen Waldbeständen Lawinen beider Entstehungsarten ausgebrochen sind.

Damit ein Wald auch unter extremen Bedingungen als lawinenverhindernd angesprochen werden darf, muß er von einem verhältnismäßig dichten Unterholz besiedelt sein. Vielleicht die beste Wirkung findet man in einer dichtgeschlossenen Aufforstung von 30 bis 50 Jahren (Beispiel Seewerberg West, Davos, Bild 1). Solche Bestockungen einheitlichen Alters verlieren aber diese Eigenschaft und müssen rechtzeitig einer Differenzierung zugeführt werden. Viele der als Schutzwald angesprochenen Bestände ermangeln bekanntlich des erforderlichen Unterholzes, trotzdem sich die forstlichen Bemühungen schon seit langer Zeit auf diese Schwäche konzentrieren.

Neben der inneren Struktur ist die Ausdehnung eines Schutzwaldes bis in die obersten Lawinenanrißzonen eine weitere schwerwiegende Bedingung für die absolute Schutzfunktion. Wenn sich das Gelände über die natürliche Waldgrenze aufschwingt, kann die Erfüllung dieser Bedingung unter Umständen nur mit permanenten Verbauungen erzwungen werden. In vielen Fällen reicht der Wald bis zu einer Geländeschulter, von wo aus aufwärts flachere unbewaldete Hänge anzutreffen sind, deren Neigung gerade unter dem für die normale Lawinenbildung kritischem Wert von etwa 30 Grad liegt. Mitunter kann ein nur den untern Steilabfall deckender Wald während Jahrzehnten oder gar Jahrhunderten eine ersprießliche Entwicklung durchmachen, bis er einmal unter außergewöhnlichen Verhältnissen von oben schwer angeschlagen oder gar in einemmal durchstoßen wird. Damit haben wir das zweite Thema dieser Betrachtung eingeführt: Die Widerstandskraft des Waldes gegen Lawinen.

Die Bremsung von Lawinen durch den Wald

Es gehört zu den klassischen Attributen des Schutzwaldes, daß er Lawinen nicht nur zu verhindern, sondern auch abzufangen vermag. Ein starker Schutzwald bergseits des Hauses wird daher allgemein als sichernder Schild betrachtet. In der Kampfwaldzone an der oberen Waldgrenze, so stellt man sich vor, setzt sich der Baum nicht nur mit den limitierenden klimatischen Faktoren auseinander, sondern trotzt zudem noch den Lawinen. In der Regel wird aber der eine oder der andere Effekt dominierend sein. Auf lawinenfreien Rippen klettert der Wald auf die vom *Klima* diktierte Höhe, während in den von Lawinen bestrichenen Flächen und Mulden vielerorts die *Lawine* das Geschehen beherrscht (Bild 2). Bisweilen gönnt sie dem Wald Erholungspausen von einigen Jahrzehnten oder gar Jahrhunderten und läßt ansprechende Bestockungen hoch kommen. Dann zerstört sie plötzlich in einem gewaltigen Schlag alle Illusionen über die Widerstandskraft des Waldes und die gewonnene Sicherheit.

Die Resistenz des Baumes gegen Lawinenkräfte darf in der Tat nicht überschätzt werden. M. Bütler (1938) hat versucht, aus der Biegebruchfestigkeit eines Baumes rückwärts den angreifenden Lawinendruck und die Lawinengeschwindigkeit zu berechnen. Die den Bruch einer Buche von

40 cm Durchmesser bewirkende Seitenlast von 483 kp/m², die einer Lawinengeschwindigkeit von 60,5 m/s zugeordnet wird, ist für eine Lawine allerdings ein niedriger Wert. (Die Umrechnung auf die angegebene Geschwindigkeit dürfte ohne Berücksichtigung der Lawinendichte erfolgt sein und daher für einen schneefreien Windstoß gelten.)

Bei einer Staublawine von einer angenommenen Dichte von 5 kg/m³ und einer Geschwindigkeit von 50 m/s (180 km/h) wird der Druck über 1000 kp/m² betragen. Eine leichte, dem Boden folgende Fließlawine von 100 kg/m³ Dichte und einer Geschwindigkeit von nur 20 m/s bringt bereits rund 4000 kp/m² Flächendruck. Es liegen Messungen von Lawinendrücken vor, die 50 t/m² jedenfalls überschreiten und möglicherweise 100 t/m² erreichen (A. Roch, 1960). Die Meßverfahren sind noch mit gewissen Unsicherheiten bezüglich der Registrierung von Kraftspitzen und der Umrechnung auf spezifische Flächenkräfte verbunden. Angesichts dieser Zahlen ist es nicht verwunderlich, wenn durch Lawinen ganze Wälder kurzerhand weggefegt werden.

Das eindrücklichste Beispiel hierfür ist wohl die Heimsuchung des Waldgürtels linker Hand des Inns zwischen Martina und Vinadi im Februar 1962 (Bild 3). Rund 24 000 m³ Holz fielen dieser Katastrophe zum Opfer. Nicht minder eindrücklich vom Standpunkt der Lawinenmechanik aus ist die jüngst erfolgte Durchstoßung des «Arelenwaldes», eines auf über 100 Jahre geschätzten Föhrenbestandes, bei Davos Wolfgang (27. Januar 1968, Bild 4). Hier ist zunächst vom geworfenen Holz nicht viel zu sehen. Durch eine etwa 90 m breite auf 800 m Länge im Mittel nur etwa 18 Prozent geneigte Schneise erblickt man die fernen Runsen des Totalphorns, den Ursprung des Unheils. Während im Fall der Vinadi-Lawine die Absturzenergie des geworfenen Holzes sich zur Lawinenenergie hinzuaddierte, war der Arelenwald sicher ein lawinenhemmender Faktor. In Betrachtungen über die Lawinenresistenz des Waldes muß das positive oder negative Energiepotential der Bäume in mechanische Betrachtungen einbezogen werden. Negativ (im Sinne der positiv gerechneten Lawinenenergie) geht die Bruch- oder Entwurzelungsarbeit eines jeden Baumes ein, positiv zunächst die Fallhöhe des Schwerpunktes. In flachem Gelände kann die Bodenhöhe des Fußpunktes als Basis der Fallhöhe gerechnet werden, an steilen Hängen wird der Baum in der Regel nach unten kippen, so daß die Fallhöhe mit rund $h(1 + \sin \psi)$ zu veranschlagen ist (h = Schwerpunktshöhe; ψ = Hangneigung). Hinzu kommt der Energiegewinn im Zuge der Talwärtsverfrachtung des Holzes. Man kann sich unter extremen Bedingungen füglich fragen, ob, wie im Fall von Vinadi, die Schneelawine noch nötig ist zur Fortpflanzung der Holzlawine.

Aus diesen Betrachtungen ist zu schließen, daß das künstliche Bewalden einer Lawinenschneise ein naturwidriges Unterfangen sein kann, solange nicht die Lawine in ihrer Entstehungszone auf die eine oder andere

Art gebändigt wird. Bei glücklicher Fügung kann eine Wunde ausheilen; aber die Bedrohung bleibt wie ehedem. Der Wald ist also nicht nur als Spender des Lawinenschutzes befunden worden, sondern ebensosehr als bedürftiger Empfänger.

Wenn wir schon gezwungen waren, die Möglichkeiten des Waldes als Lawinenfang in realistischem Licht darzustellen, soll gerade noch ein weiterer negativer Aspekt beigefügt werden: Eine Holz führende Lawine ist in ihrer zerstörenden Wirkung unter Umständen unheilvoller als eine schnellere reine Schneelawine. Während reiner Schnee nur aerodynamisch oder hydrodynamisch begründete Kräfte entwickeln kann, die also gewisse flächenhafte Wirkungen ausüben, bringt das Holz örtlich konzentrierte Stöße und bei geeignetem Einhängen gewaltige Drehmomente ins Kräftespiel. Es sind uns neueste Fälle bekannt, da Baumstämme solide Häuser, die den Schneemassen an sich standgehalten haben, spießartig völlig durchbohrt haben.

Wenn nach einem Großlawinenniedergang eine breite Gasse durch einen Waldgürtel geschlagen ist, wird die Situation für die vorerst noch verschonten Unterlieger im Hinblick auf die Zukunft gewöhnlich als in höchstem Grad verschärft dargestellt. Vom Standpunkt der reinen Lawinenwirkung aus betrachtet trifft dies nicht unbedingt zu. Wesentlich ist in diesem Zusammenhang, ob die neue Schneise fortan Ursprung häufiger neuer Lawinenrisse ist, das heißt ob der zerstörte Wald selbst eine Schutzfunktion im Sinne der verhinderten Lawinenbildung ausübte. Weitere Folgen wie Verrüfungsgefahr, Bodenverlust usw. sind natürlich auch in Betracht zu ziehen.

Synthese und Schlußfolgerungen

Die Lawinenschutzwirkung des Waldes liegt primär in der Unterbindung der Lawinenbildung innerhalb seines Areals.

Um diese Aufgabe erfüllen zu können, muß er geschlossen sein und einen zukunftsfrohen Nachwuchs enthalten. Dieser Nachwuchs dient nicht nur dem Fortbestand des Waldes, sondern ebensosehr der engmaschigen Stützung und Verformung der Schneedecke.

Der Lawinenschutzwald darf von oben her nicht oder nur in beschränktem Ausmaß getroffen werden. Häufigere kleine Lawinen müssen sich in der obersten Zone, der Kampfwaldzone, totlaufen können, und schwerere in größere Tiefen vordringende Niedergänge sollen mit einer derart geringen Frequenz auftreten, daß die geschlagenen Breschen, die auf keinen Fall bis zur zu schützenden Zone reichen dürfen, zwischen zwei Niedergängen wieder ausheilen. Im letzteren Fall bedarf der geschädigte Wald in der Regel des menschlichen Beistandes in Form temporärer Verbauungen und Aufforstungen. Doch die alleinige Aufzucht von Waldstreifen zur Tarnung von Lawinenbahnen ist gefährlich, da sie eine nicht bestehende Geborgenheit vortäuscht.

Ist mit einer größeren oder häufigeren Lawinenaktivität aus höheren Anrißzonen zu rechnen, muß diese Aktivität dauerhaft unterbunden werden. Permanente Stützverbauungen, Brems- und Ablenkverbauungen können dazu dienen. (Die Verwehungsverbauung, die zweifellos deutlich lawinenhemmende Wirkung zeitigt, versagt oft gerade dann, wenn man der Wirkung unbedingt bedarf, nämlich in extremen Schneefallsituationen. Sie darf daher nicht als einziges Mittel angesetzt werden, wenn große Werte und vor allem Menschenleben auf dem Spiel stehen.)

Die Kosten derartiger permanenter Maßnahmen dürfen natürlich nicht mit dem Ertrag des darunter liegenden Schutzwaldes verrechnet werden, sondern allein mit dem materiellen und ideellen Wert der durch die kombinierte Anlage – Verbau und Wald – gesamthaft zu schützenden Zonen.

Résumé

Rôle joué par la forêt dans la protection paravalanche

L'action protectrice exercée par la forêt contre les avalanches tient avant tout dans le fait que le déclenchement de plaques de neige et d'avalanches de poudreuse est enrayé dans les zones boisées. En plus des nombreux appuis offerts au manteau neigeux par un dense arrangement de troncs, la forme de stratification et la qualité particulières de la neige sous les houppiers représentent un facteur important dans l'empêchement de mise en mouvement des neiges.

Les facultés de la forêt dans l'absorbtion d'avalanches déclenchées dans des zones supérieures sont par contre très limitées. En règle générale, la puissance d'avalanches complètement développées surpasse de beaucoup la résistance présentée par les arbres. L'énergie produite par les bois tombés et emportés peut en plus contribuer dans une large mesure à l'ampleur des dégâts d'avalanche. Ainsi la forêt, agent précieux de protection dans sa zone d'occupation, doit être à son tour protégée en de nombreux cas.

Traduction : J.-F. Matter

Literatur

Bütler, M. (1938): Stärke und Geschwindigkeit des Lawinenluftdruckes. Schweiz. Zs. f. Forstwesen 88. 114–115

Hess, E. (1951): Der Lawinenwinter 1950/51. Veröff. über Verbauungen Nr. 6. Eidg. Inspektion f. Forstwesen (EDI), Bern

Mougin, P. (1931): La restauration des alpes. Paris

Roch, A. (1960): In Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen. Winterbericht Nr. 25. Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung Weißfluhjoch/Davos