

# Lawenstriche im Bergwald

Von *Bernhard Zenke*

Fast unmerklich entstehen in unseren Bergwäldern neue Lawenstriche. Erste Anzeichen sind langsame Gleitbewegungen der Schneedecke. Die Schneeauflage bewegt sich dabei mehrere Millimeter bis Dezimeter pro Tag talwärts. Der Schnee wirkt auf Hindernisse ein, die sich ihm in den Weg stellen; er schädigt Vegetation und Boden. Junge Bäume werden verletzt, gebrochen, aus ihrer Verankerung geschoben oder umgedrückt. Auf den vom Schnee platt auf den Boden gepressten jungen Fichten kann sich der Schneeschimmelpilz ausbreiten. Wenn der gleitende Schnee Pflanzen entwurzelt, entstehen Bodenwunden. Im Schnee mittransportierte Steine reißen die Bodenoberfläche wie ein Pflug auf. Der gleitende Schnee und eindringendes Schmelzwasser erweitern solche Ansatzstellen der Erosion.

Das Schneegleiten setzt im Bergwald auf steilen, über 30 Grad geneigten Waldblößen ein. Voraussetzung ist eine bestimmte Lückenbreite, eine glatte Bodenoberfläche sowie nur wenige und kleine junge Bäume und Sträucher. Besonders nachteilig wirkt, wenn stabilisierende Bäumchen wie Ahorn, Vogelbeere und Tanne fehlen.

Schneegleitflächen können sich zu Schneerutschflächen und schließlich zu Lawenstrichen ausweiten. Lawenstriche im Wald sind mit forstlichen Maßnahmen allein nicht mehr zu sanieren. Dazu sind Lawenverbauungen notwendig. Die Wiederaufforstung von Lawengassen erfordert einen hohen finanziellen und technischen Aufwand. Es ist deshalb unbedingt notwendig, diese negative Entwicklung im Bergwald frühzeitig zu erkennen und durch geeignete Maßnahmen in den Griff zu bekommen. Dies ist allerdings z. Zt. sehr schwierig. Zu den rein forstlichen Problemen kommt als Hauptproblem der starke Verbiß des Schalenwilds, der vielerorts das rasche Aufwachsen der jungen Bäume und der Sträucher verhindert.

Neue Lawenstriche im Bergwald entstehen meist ganz allmählich ohne katastrophale Schadensereignisse; die Anzeichen der Lawenstrichentwicklung werden deshalb leicht übersehen. Durch das rasche Absterben alter Bäume im Gefolge des „Waldsterbens“ haben Maßnahmen, die dem Entstehen und Ausbreiten von Lawenstrichen im Bergwald entgegenwirken, ungeahnte Bedeutung gewonnen.

# Lawenstriche im Bergwald

Seit Anfang der siebziger Jahre mehren sich in der Schweiz, in Österreich und im bayerischen Alpenraum Berichte über Lawinenabgänge aus bewaldeten Gebieten. Dabei sind nicht die Lawinen gemeint, die über der Waldgrenze abreißen und durch Schneisen im Waldgürtel zu Tal stürzen. Es sind auch nicht jene Lawinen angesprochen, die auf Freiflächen, welche durch Sturm, Brand oder den rodenden Menschen entstanden sind, ihren Weg suchen. Anlaß zur Sorge bereiten vielmehr die Lawinen, die ihre Anrißgebiete auf kleinen Waldblößen in anscheinend noch intakten Waldbeständen haben. Mitunter nehmen die Lawinen sogar in ausgewiesenen Lawinenschutzwäldern ihren Anfang.

Solche Lawinen aus dem Wald sind nicht das Ergebnis plötzlicher Katastrophenereignisse: Sie sind das Ergebnis eines äußerst langsamen, dynamischen Prozesses, dessen Anfänge oft Jahrzehnte zurückreichen. Die einzelnen Stadien des Entwicklungsganges hin zum Lawenstrich finden wir heute an vielen Stellen unseres Bergwaldes. Im Gefolge des „Waldsterbens“ und der abnehmenden Vitalität der Waldbestände ist zu befürchten, daß sich diese Entwicklung besorgniserregend beschleunigen wird.

## Das Kriechen und Gleiten des Schnees

Als erste Anzeichen einer möglichen Lawenstrichentwicklung im Bergwald beobachtet man häufig langsame Bewegungen der Schneedecke. Dabei unterscheidet die Lawenkunde zwischen dem Kriechen und dem Gleiten des Schnees [13].

Das Schneekriechen ist eine Folge der Setzbewegung auf geneigter Fläche. Dabei wirkt die Gewichtskraft eines Schneepartikels in einer hangparallelen Komponente und einer Komponente senkrecht zur Geländeoberfläche. Die erzeugte, hangsenkrechte Bewegungskomponente führt zur Verringerung der Schneehöhe. Gleichzeitig nimmt die Schneedichte zu. Die hangparallele Komponente verursacht die talwärts gerichtete Verschiebung der Schneepartikel. Die Lageveränderung der Schneeteilchen ist an der Oberfläche der kriechenden Schneedecke am größten und nimmt zur Basis hin ab. *Beim Kriechen bewegt sich die Schneedecke auf dem Untergrund nicht.*

Kann die Schneedecke neben der Kriechbewegung auch eine langsame, in der Falllinie gerichtete Bewegung auf dem Untergrund ausführen, so spricht

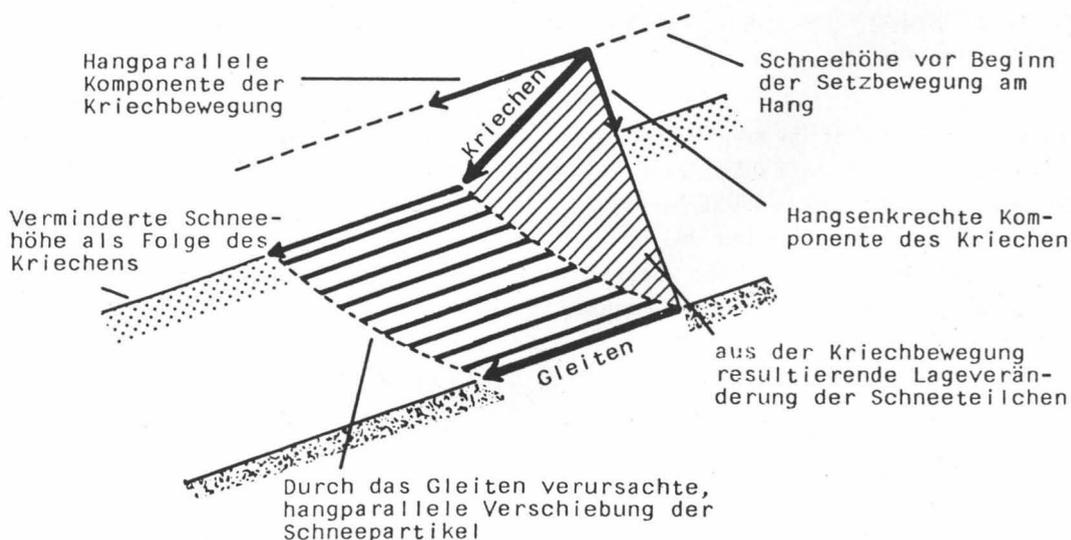


Abb. 1 Schematische Darstellung der Kriech- und Gleitbewegung der Schneedecke am Hang

man vom Schneegleiten (vgl. Abb. 1). Die Gleitgeschwindigkeit liegt im allgemeinen bei einigen Millimetern bis wenigen Dezimetern pro Tag. Unter günstigen Gleitbedingungen kann die Schneedecke pro Tag aber auch Distanzen von mehreren Metern zurücklegen.

Auftreten und Ausmaß des Schneegleitens hängt von klimatischen Faktoren, von Eigenschaften der Schneedecke und von den Geländegegebenheiten ab. Damit sich die Schneedecke im Bergwald talwärts in Bewegung setzen kann, müssen mehrere Bedingungen gleichzeitig erfüllt sein:

— Der Waldbestand muß Bestockungslücken aufweisen.

Nach Beobachtungen von LAATSCH [9] beginnt die Bildung von Lawenstrichen auf mäßig geneigten ( $30^{\circ}$ — $35^{\circ}$ ), brettartigen Hängen in Bestandeslücken von mehr als 50 m Breite. Bei Hangneigungen zwischen  $35^{\circ}$  und  $40^{\circ}$  sind Schneebewegungen auf 15 bis 20 m breiten Flächen möglich, auf noch steileren Flächen sinkt die kritische Bestandeslückenbreite auf unter 10 m. In muldenförmigen, über  $40^{\circ}$  steilen Waldteilen gleitet der Schnee bereits auf rund 5 m breiten Freiflächen.

— Die Bodenoberfläche muß glatt sein.

Langhalmiges Gras — im lokalen Sprachgebrauch oft treffend als „Lahnergras“ bezeichnet — oder dichte Buchenlaubauflage sind Bodenbedeckungen, die das Schneegleiten stark fördern. Auch auf plattigen Felsfluchten kann die Schneedecke gleiten. Dagegen verhindern ein dichtes Netz von hohen und nicht zu alten Baumstümpfen oder aus dem Boden ragende Felsblöcke das Schneegleiten weitgehend.

— Der Hang muß ausreichende Neigung aufweisen. Das Schneegleiten kann auf sehr glatten Hängen bereits bei einer Hangneigung von weniger als  $20^{\circ}$  einsetzen. Im lückigen Bergwald sind Gleitbewegungen im allgemeinen ab  $30^{\circ}$  bis  $35^{\circ}$  Hangneigung zu beobachten.

— Zwischen Schneedecke und Untergrund muß eine nasse Grenzschicht existieren.

Diese Gleitschicht, die durch Schmelzprozesse an der Basis der Schneedecke entsteht und nur wenige Millimeter mächtig zu sein braucht, bewirkt eine sprunghafte Abnahme der Reibung. Die Entwicklung einer „schmierigen“ Grenzschicht läuft besonders schnell ab, wenn der erste Schnee im Frühwinter auf nicht gefrorenen Boden fällt.

— Die Schneedecke muß ausreichend plastisch sein. Ist die Schneedecke stark verdichtet, tief gefroren und mitunter von vereisten Harschschichten durchzogen, so kann sie sich nicht verformen. Die Tendenz zum Gleiten ist gering. Dagegen weist eine Schneedecke aus feuchtem Neuschnee oder vom Regen durchnäßigem Altschnee eine sehr hohe Plastizität auf. Damit steigt die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Gleitbewegungen.

### Die Dynamik des Schneegleitens

Der Gleitprozeß wird von einer Reihe von Faktoren gesteuert, die sich zum Teil überlagern. Deshalb verläuft die Bewegung nicht gleichförmig. Phasen mit unterschiedlicher Gleitintensität und Ruheperioden wechseln einander ab.

Eine erste, meist sehr intensive Gleitphase beobachtet man vielfach im Frühwinter, bereits kurz nach dem Einschneien. In den kalten Hochwintermonaten Januar und Februar nimmt die Plastizität der Schneedecke und damit die Bewegungsaktivität in der Regel stark ab. Erst mit dem Anstieg der Temperaturen und dem Einsetzen von Regenniederschlägen gewinnt der Schnee die zum Gleiten notwendige Verformbarkeit zurück.

Der Schneegleitprozeß im Bergwald ist darüber hinaus durch kleinräumig stark schwankende Gleitintensitäten gekennzeichnet. So kann auf einer steilhängigen, vergrastem, mit Laubstreu überdeckten Bestandeslücke die Schneebewegung sehr hoch sein, während im angrenzenden Waldbestand kaum Gleitvorgänge zu beobachten sind. Diese benachbarten Zonen unterschiedlicher Bewegungsintensität rufen Zug-, Druck- und Scherspannungen in der Schneedecke hervor. In der Folge kommt es zu charakteristischen Begleiterscheinungen der langsamen Schneedeckenbewegung [5, 16]:

- Im bergseitigen Bereich der Bestandeslücken oder an Gefällsbrüchen innerhalb der Lücken reißt die Schneedecke sichel- bis linsenförmig auf. Es entstehen Gleitschneerisse. Sie können mehrere Meter breit werden. Im Volksmund werden die Risse „Lawinmäuler“ genannt (Abb. 2).

### Die Folgen des Kriechens und Gleitens der Schneedecke

Nach Messungen und Berechnungen des Eidgen. Instituts für Schnee- und Lawinenforschung kann das Schneekriechen zu Druckbelastungen von meh-



Abb. 2 Gleitschneeriß: Im stark verlichteten Wald gleitet der Schnee langsam bergab. Bäume können die Schneedecke örtlich festhalten. In den Spannungszonen zwischen dem ruhenden und gleitenden Schnee reißt die Schneedecke oft sichelförmig bis zum Boden auf. Es entstehen Gleitschneerisse.

- Im seitlichen Randbereich der Bestandeslücken treten nahe der Stammfüße stehender Bäume feine Rißbildungen in der Schneedecke auf. Diese Scherrisse haben nur wenige Zentimeter Breite und werden meistens durch verdrifteten Schnee sehr schnell wieder verdeckt.
- Am talseitigen Rand der Schneegleitflächen oder an Hangverflachungen wird die wandernde Schneedecke aufgehalten. Sie wölbt sich auf und legt sich in Falten.

reren kN (1 kN  $\sim$  102 kp) führen [4]. Das reicht aus, junge Bäume schief zu stellen und, bei jährlich wiederkehrendem Kriechen, die Bäume zum Säbelwuchs zu zwingen (vgl. die Bäume in Abb. 2).

Die *gleitende* Schneedecke kann Druckkräfte entwickeln, die den reinen Kriechdruck um rund das Fünffache überschreiten. Das bedeutet, daß auf Bäume mitunter Schneekräfte von mehreren Tonnen wirken. Im einzelnen hängt die zu erwartende Belastung von der Schneedichte und -höhe, von der

Hangneigung und Rauhigkeit der Gleitfläche sowie von der Form und Größe des Hindernisses ab. Die Abb. 3 zeigt eine ausgewachsene Fichte, welche vom gleitenden Schnee aus ihrer Verankerung gedrückt und talwärts verschoben wurde.



Abb. 3 Die gleitende Schneedecke kann ausgewachsene Bäume samt Wurzelballen aus ihrer Verankerung drücken.

Solch eindrucksvolle Zeugnisse der zerstörerischen Kräfte einer gleitenden Schneedecke sind selten. Häufig findet man im Bergwald jedoch Jungpflanzen, die dem Schneegleiten zum Opfer fielen. Besonders betroffen sind junge Fichten. Sie bieten mit ihrer begrünten Krone dem Schnee eine relativ große Angriffsfläche. Gleichzeitig sind Fichten aber als Flachwurzler oft nicht ausreichend befähigt, der wandernden Schneedecke Widerstand zu leisten. So kommt es zur Entwurzelung. Der Entwurzelungs-

prozeß ist in Abb. 4 schematisch dargestellt. Das Heraushebeln der Pflanze kann schrittweise, über mehrere Jahre hinweg erfolgen.

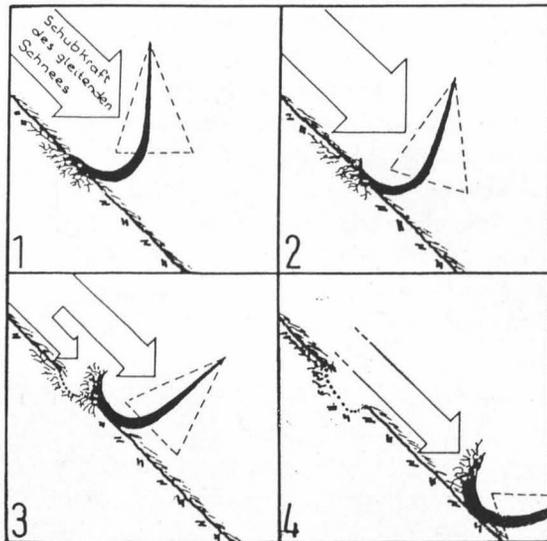


Abb. 4 Junge Fichten werden vom gleitenden Schnee häufig dann entwurzelt, wenn sich ein kräftiges, aber säbelwüchsiges Stämmchen gebildet hat. Auf den Kronenbereich wirkende Kräfte übertragen sich auf das Wurzelwerk. Der Wurzelsteller wird angehoben und kann von der wandernden Schneedecke direkt erfaßt werden. (Aus [16])

Die Tanne und die Laubbäume des Bergwaldes sind vom Herausdrücken durch den Schnee weniger bedroht. Sie verfügen über ein tiefgreifenderes Wurzelsystem als die Fichte. Außerdem bieten die entlaubten Stämmchen von Buche, Ahorn und Vogelbeere dem Schnee kaum Angriffsmöglichkeiten.

Verschiedentlich wurde beobachtet, daß kleine Bäume in die Schneedecke einfrieren und dann beim Gleiten herausgezogen werden. Dieser Vorgang ist jedoch sehr selten und tritt nur dort auf, wo die Schneedecke kleinräumig bis in tiefere Schichten durchgefrieren kann ohne dabei großflächig ihre Verformbarkeit zu verlieren. Das geschieht zum Beispiel im Bereich aufgerissener Lawenmäuler. Dort kann Kaltluft an die Basis der Schneedecke strömen und die nasse Grenzschicht zum Erstarren bringen.

Junge Bäume werden vom Schnee oft erst dann entwurzelt, wenn sich ein kräftiger Stamm entwickelt hat. Solange der Stamm des Bäumchens dünn und elastisch ist, setzt er dem Schneeschub kaum Widerstand entgegen. Die Pflanzen werden von der gleitenden Schneedecke umgebogen und auf die Bodenoberfläche gedrückt. In der Folge verursacht der darüber gleitende Schnee Rindenschürfwunden und Astverletzungen. Besonders bedroht ist wiederum die Fichte. Sie wird in dieser niedergedrückten Lage häufig von einem Pilz, dem Schwarzen Schneeschimmel (*Herpotrichia nigra* Htg.), befallen. Das Pilzmycel überzieht und verklebt Nadeln und Zweige. Nach dem Abschmelzen der Schneedecke richten sich die oft besenförmig verun-

stalteten Fichten wieder auf. Der verbliebene Anteil nicht verpilzter, noch assimilationsfähiger Nadelmasse ist aber vielfach so gering, daß der junge Baum keine Überlebenschance hat (Abb. 5).

Wenn hier von jungen Bäumen gesprochen wird, so sei daran erinnert, daß das Wachstum in den Hochlagenwäldern wesentlich langsamer abläuft als in den Waldbeständen des Alpenvorlandes. So haben zwei Meter hohe Fichten — bis zu dieser Höhe können sie vom Schnee relativ leicht umgedrückt werden — nicht selten ein Alter von mehr als 40 Jahren.

Schneeschimmelbefall und Entwurzelung sind zwei Schadensbilder, die beim Schneegleiten besonders häufig auftreten. Darüber hinaus weisen an jungen Bäumen weitere Merkmale auf die Tätigkeit des Schnees hin:

- herausgerissene und abgebrochene Äste; (Besonders betroffen sind dabei die bergseitigen Teile der Pflanze.)
- Rindenverletzungen am Stamm, die vielfach entstehen, wenn Äste durch den Schnee nach unten gedrückt und mitsamt größeren Rindenpartien abgerissen werden;
- faserparallele Aufspaltungen des Stammes insbesondere im Bereich des gekrümmten Stammfußes;
- Stamm- und Wipfelbrüche.

Auf einer Schneegleitfläche im Bergwald leiden nicht nur die Pflanzen unter den Einwirkungen des Schnees. Auch der Boden wird geschädigt. Mit dem Wurzelballen jedes herausgerissenen Bäumchens geht wertvoller humoser Oberboden verloren. Darüber hinaus reißt die wandernde Schneedecke Wunden in die Bodenoberfläche, wenn sie an ihrer Basis Steine oder Felsbrocken mit sich führt. Wie ein Pflug graben sich die Gesteinsbrocken in den Boden. Die erzeugten Schürfrinnen können vom Schnee selbst, häufiger aber vom Schmelzwasser und vom oberflächlich abfließenden Regenwasser weiter ausgeräumt und vertieft werden. Es entstehen vegetationslose Erosionsflächen, sogenannte Blaiken (vgl. Abb. 6).



Abb. 5 Schneeschimmelbefall: Kleine Fichten mit elastischen Stämmen werden von der Schneedecke auf den Boden gepreßt. Dort kann sie der Schwarze Schneeschimmelpilz befallen. Nach dem Abschmelzen des Schnees richten sich die Fichten zwar wieder auf, doch der Pilzbefall ist oft so stark, daß der Baum keine Überlebenschance hat.



Abb. 6 Schürfblaiken: Die Schneedecke reißt beim Entwurzeln von Bäumen und durch ihre Schürfarbeit am Untergrund die Bodenoberfläche auf. Regen, Schmelzwasser und der sich bewegende Schnee weiten diese Bodenwunden zu vegetationslosen Erosionsflächen aus. Es entstehen sogenannte „Blaiken“.

### Die Ausweitung der Schneegleitflächen

Ist der Schneegleitprozeß auf einer Bestandeslücke einmal in Gang gekommen, so kann sich die Natur bei der heutigen Situation im Bergwald kaum dagegen behaupten. Die im Gleitschneehang besonders widerstandsfähigen Baumarten Tanne, Ahorn und Vogelbeere fehlen auf den meisten Bestandesblößen oder erreichen zumindest nicht die Dimensionen, um positiv dem Schneegleiten entgegenwirken zu können. Die vielerorts allein übrigbleibende Fichte unterliegt dem Schnee.

So entstehen vergraste, oft flachgründige und humusarme Freiflächen, auf denen das Ankommen weiterer Naturverjüngung sehr erschwert ist. Vom Schnee freigelegte Steine und Felsbrocken finden auf den glatten Hängen keinen Halt. Sie rollen und springen talwärts und können die Bäume des tiefergelegenen Waldbestandes ungehindert bombar-

dieren. Das führt auch an älteren Bäumen zu Stammwunden, über die Krankheitserreger eindringen können (Abb. 7). Der Gesundheitszustand der Bäume nimmt ab. Hat die Vitalitätsschwächung auf das Wurzelwerk übergegriffen, so kann auch der erwachsene Baum eines Tages dem jährlich wiederkehrenden Schneedruck nicht mehr Stand halten. Er wird herausgeschoben oder umgedrückt. So weitet sich die Schneegleitfläche langsam, aber mit unheimlicher Konsequenz talseitig aus.

### Das Auftreten von Schneerutschen

Unter einem Schneerutsch versteht man eine schnelle, hangparallele, auf der Bodenoberfläche stattfindende Bewegung von Teilen der Schneedecke. Die Rutschfläche ist im allgemeinen nicht länger als 50 m. Rutschbewegungen über größere Distanzen werden den Lawinen zugeordnet.



Abb.7 Am Unterrand von Schneerutsch- und Lawinenflächen stehende Bäume werden in Mitleidenschaft gezogen. Die anprallenden Schneemassen verursachen Ast- und Rindverletzungen. Vom Schnee mitgeführte oder über die Freifläche springende Steine schlagen Wunden in den Stamm.

Das Auftreten von Schneerutschen erfordert ähnliche Schneedecken- und Geländebedingungen wie das Schneegleiten. Darüber hinaus muß die gesamte Rutschfläche Steilhangcharakter haben, d. h. der Hang muß mindestens  $30^\circ$  geneigt sein. Auf flacheren Hangabschnitten kommen abrutschende Schneemassen selbst im unbestockten Gelände vorzeitig zur Ruhe.

Schneerutsche treten in Bestandeslücken häufig nach vorausgegangenen Gleitphasen auf. Haben sich dabei am Oberhang Risse in der Schneedecke gebildet und Lawinenmäuler aufgetan, so fehlt ein Teil der stabilisierenden Verbindungen zur ruhenden Schneedecke der Umgebung. Fortgesetztes Gleiten oder eine zusätzliche Belastung, wie sie etwa

durch Neuschneefälle hervorgerufen wird, können zum Überschreiten der verbliebenen Haltekräfte und zum Abrutschen einer Schneetafel führen. Vielfach beobachtet man Schneerutsche im Frühjahr, wenn Regen das Raumgewicht der Schneedecke erhöht, gleichzeitig aber die Festigkeitseigenschaften des Schnees mindert. Darüber hinaus setzt das über Gleitschneerisse eindringende Regen- und Schmelzwasser die Reibung zwischen Schneedecke und Untergrund weiter herab.

Ein Schneerutsch erreicht Geschwindigkeiten von rund 10 bis 20 m/s (etwa 35 bis 70 km/h). Prallen die Schneemassen mit dieser Geschwindigkeit gegen Bäume, so reicht der auftretende Stoßdruck im allgemeinen nicht aus, die Stämme gesunder, mittelalter bis alter Bäume zu brechen (siehe Berechnungsbeispiel in Tab. 1). Doch können auftreffende Schneerutsche Stammwunden verursachen und insbesondere Wurzelzerreissungen herbeirufen. Das schwächt den Baum und lockert seine Verankerung. Im Laufe der Zeit geht auch er verloren. Weitere Bäume folgen. Aus den ehemals rundlichen bis ovalen Bestandeslücken werden langgestreckte Lawinengassen.

## Die Lawinen des Bergwaldes

Ein Schneeklumpen, der aus einer Baumkrone fällt, kann im steilhängigen Bergwald den Schnee in Bewegung setzen. Beim Eindringen in die Schneedecke schiebt er Schneeteilchen talwärts. Dadurch werden weitere Schneepartikel angestoßen. Der Prozeß setzt sich fort und die in Bewegung geratenen Schneemassen schwellen immer weiter an. Es entsteht eine Lawine. Die Lawinenkunde bezeichnet solche punktförmig beginnenden Lawinen, deren Bahn sich meist birnenförmig erweitert, als Lockerschneelawinen [13]. Für die Definition spielt es keine Rolle, ob der Schnee trocken oder naß ist.

Dem gegenüber stehen Schneebrettlawinen. Sie lösen sich flächig und rutschen anfänglich als verhältnismäßig kompakte Schneetafel bergab. Schneebrettlawinen sind durch eine quer zum Hang verlaufende Abrißkante gekennzeichnet.

Schädigende Lockerschneelawinen treten in den bayerischen Bergwäldern selten auf. Im allgemeinen fällt der Schnee im Nordstaubereich der Alpen, dem die bayerischen Berge zuzurechnen sind, bei Temperaturen, die nur wenig unter dem Gefrierpunkt liegen. Die unter diesen Bedingungen abgelagerten Schneekristalle verzahnen sich sehr gut und geben bereits dem Neuschnee eine gewisse Festigkeit. Dadurch wird die Gefahr der Bildung einer Lockerschneelawine gemindert. In den Inneralpen, wo der Schnee sehr trocken fällt, sind Lockerschneelawinen in bewaldeten Gebieten häufiger zu beobachten.

Lockerschneelawinen entstehen im allgemeinen an über 35° geneigten Hängen. Da der Schnee im Wald sehr unregelmäßig abgelagert ist (Schneekolke um die Baumstämme, „Beulen“ in der Schneedecke durch eingeschnittene Jungwuchspflanzen oder Baumstümpfe), findet man auch an sehr steilen Hangabschnitten immer wieder lokale Verflachungen der Schneedecke. Dort werden Lockerschneelawinen im Wald oft bereits im Frühstadium ihrer Entstehung abgefangen. Wenn trockener, lockerer Schnee allerdings zu einer größeren Lawine angeschwollen ist, dann vermag selbst eng stehender Altbestand diese Schneemassen nicht mehr aufzuhalten. Schutz gegen Lockerschneelawinen im Wald kann allein dichter, mehrere Meter hoher Unterwuchs bringen.

In den bayerischen Bergwäldern treten überwiegend Schneebrettlawinen auf. Sie können nach vorgegangenem Schneegleiten entstehen oder spontan abreißen.

Die Schneedecke am Hang hat die Tendenz, sich talwärts zu bewegen. Dem gegenüber stehen die Festigkeiten innerhalb der Schneedecke und die Verbindungen zu ortsfesten Objekten im Gelände. Beim Schneegleiten reichen die Festigkeiten noch aus, die Schneedecke zu halten. Beim Schneerutsch oder bei der Schneebrettlawine ist das nicht mehr der Fall. Dabei unterscheidet sich die Schneebrettlawine vom Schneerutsch durch die Länge ihrer Bahn (mehr als 50 m). Eine Schneebrettlawine muß nicht immer — wie der Schneerutsch — auf der

Bodenoberfläche abgehen. Sie kann sich auch auf einer instabilen Zwischenschicht innerhalb der Schneedecke in Bewegung setzen.

Schneebretter werden durch Skifahrer, durch wechselndes Wild oder durch die Auflast abgelagerten Neuschnees ausgelöst. Sie können ebenso entstehen, wenn die Festigkeiten der Schneedecke abnehmen. In den Schnee fallender Regen oder die Umwandlung der Schneekristalle zu kantigen Eiskörnern verursachen derartige Festigkeitsabnahmen.

Am freien Hang wurden Schneebrettanrisse bereits auf weniger als 25° geneigten Flächen registriert. Aus Bestandeslücken gehen Schneebrettlawinen häufig erst bei Hangneigungen über 35° nieder. Um als mögliches Abbruchgebiet von Schneebrettlawinen dienen zu können, müssen die Freiflächen im Waldbestand die eingangs beim Schneegleiten erwähnten Lückenbreiten aufweisen.

Ist ein Schneebrett einmal in Bewegung geraten, so beschleunigt es sehr schnell und zerfällt bald in einzelne Schollen. Bei sehr trockenem Schnee kann die Zerteilung soweit gehen, daß schließlich feinkörnige Fließlawinen entstehen, die — wie bei den Lockerschneelawinen bereits erwähnt — den unterwuchsfreien Wald nahezu ungehindert durchströmen. Nasse und grobschollige Lawinen werden durch dichten Wald vorzeitig gebremst, sofern die Bäume den auftretenden Druckbelastungen standhalten.

## Die Auswirkungen der Lawinen im Wald

Welche Schäden eine Lawine an Boden und Vegetation verursacht, hängt unter anderem davon ab, ob sie als Oberlawine auf der Schneedecke oder als schürfende Bodenlawine abgeht, ob der Schnee naß und schwer oder trocken und leicht ist, ob lockerer Schneestaub oder harte Schollen niederstürzen und mit welcher Geschwindigkeit die Schneemassen auf etwaige Hindernisse prallen. Die Geschwindigkeiten dürften im allgemeinen zwischen 10 m/s ( $\approx$  35 km/h) bei Naßschneelawinen und 40 m/s ( $\approx$  140 km/h) bei Trockenschneelawinen liegen.

Schneeparameter	Dimension	I Schneerutsch	II Lawine
Dichte $\rho$	$\text{kg/m}^3$	300	150
Geschwindigkeit $v$	$\text{m/s}$	15	30
Fließhöhe $h_f$	$\text{m}$	1.5	3
Stoßdruck $p = 0.5 \cdot \rho \cdot v^2$	$\text{kN/m}^2$	33.8	67.5
Baumdurchmesser $d$	$\text{m}$		0.2
Anprallfläche $A = d \cdot h_f$	$\text{m}^2$	0.3	0.6
Scherkraft $F = A \cdot p$	$\text{kN}$	10.1	40.5
Biegemoment $M_b = 0.5 \cdot F \cdot h_f$	$\text{kNm}$	7.6	60.8
Widerstandsmoment des Stammes $W = 0.031 \cdot \pi \cdot d^3$	$\text{m}^3$		$0.78 \cdot 10^{-3}$
-----			
Biegespannung $\sigma_b = M_b/W$	$\text{kN/m}^2$	10	80
Biegefestigkeit der Fichte	$\text{kN/m}^2$		50 - 60
droht Stammbruch ?		Nein	Ja

Tab.1 Rechnerische Abschätzung der Bruchgefahr für eine 20 cm dicke Fichte beim Niedergang eines Schneerutsches (I) und einer Lawine (II).

Grundsätzlich muß man davon ausgehen, daß einmal in Fahrt gekommene Lawinen durchaus in der Lage sind, Bäume von mehreren Dezimetern Durchmesser zu brechen oder zu entwurzeln. Das Rechenbeispiel II der Tab. 1 liefert eine Abschätzung der beim Lawinenaufprall auftretenden Biegespannung und der daraus resultierenden Bruchgefahr. Die Bedrohung für die Bäume wird besonders groß, wenn die Fließhöhe der Lawine zunimmt oder wenn sich über der Lawine eine Schneestaubwolke bildet, welche die Bäume in großer Höhe, eventuell sogar im Kronenbereich trifft. Dann treten trotz geringer Scherkräfte sehr hohe Biegekräfte auf, denen der Baum nicht gewachsen ist. Für eine Dichte von  $\rho = 20 \text{ kg/m}^3$  und eine Fließhöhe von  $h_f = 10 \text{ m}$  liefert der Rechengang mit ansonsten unveränderten Ausgangswerten in Tab. 1 eine Biegespannung von  $115 \text{ kN/m}^2$  ( $\approx 12 \text{ t/m}^2$ ).

Die rechnerischen Überlegungen werden in der Natur vielfach übertroffen, wenn die Lawinen Holz, Bodenmaterial und Gesteinsbrocken mit sich führen und ihre zerstörerische Wirkung dadurch wesentlich erhöhen.

Die Lawinen bahnen sich ihren Weg durch den steilhängigen Wald nicht nur direkt, indem sie Baum und Boden schädigen. Sie tragen auch indirekt zur Ausweitung der Lawinengassen bei: Auf den von der Lawine freigeräumten Hangteilen fehlt die isolierende Schneeschicht. In der Folge kann der Boden gefrieren. Das führt zu Störungen des Wasserhaushaltes der Pflanzen. Sogenannte Frosttrocknisschäden treten auf. Andere, vormalig schneebedeckte und jetzt plötzlich entblößte Pflanzen erfrieren, weil ihre Frosthärte zu gering ist. Der Wechsel von Gefrieren und Auftauen des Bodens kann zu Zerreißungen des Wurzelsystems führen.

Darüber hinaus fördern die Temperaturschwankungen im Boden den Verwitterungsprozeß. Das gelockerte Material liefert Ansatzpunkte für die Bodenerosion.

In den Bereichen des Bergwaldes, in denen die niedergegangenen Lawinen zur Ruhe kommen, liegt lange in den Sommer hinein Schnee. Den dort wurzelnden Sträuchern und jungen Bäumen verbleiben oft nur wenige schneefreie Wochen im Jahr, sich zu regenerieren. Häufig reicht den Forstpflanzen die kurze Vegetationszeit nicht zur vollen Entwicklung der Triebe aus. Krüppelwuchs und erhöhte Frostanfälligkeit sind die Folge.

### Der Umfang der Lawinenflächen im Bergwald

Es gibt keine umfassenden Aufzeichnungen über Zahl und Ausmaß der Lawinenflächen in unseren Bergwäldern. Einige Beobachtungen beschreiben jedoch streiflichtartig die Situation:

- Katastrophale Lawinen vernichteten im April 1975 in der Schweiz viele Hundert Hektar Wald. 5 Prozent der Schadenslawinen rissen innerhalb des Waldes ab. Ihnen fielen über 11 000 Kubikmeter Holz und nicht näher bezifferter Jungwuchs zum Opfer [6].
- In Österreich durchgeführte Untersuchungen an Waldbeständen, aus denen Lawinen niedergehen, zeigten, daß durchschnittlich ein Viertel der Gesamtfläche auf Bestandeslücken entfiel. Über die Hälfte des Untersuchungsgebiets war mit lichtem Altholz bestockt und mußte ebenfalls als potentielles Lawinenanrißgebiet gelten [3].
- Auf einer rund 70 ha großen Teilfläche des Schutzwaldes über der Spitzingseestraße (Bayrische Alpen) existieren 17 Bestandeslücken, aus denen Lawinen abreißen [14]. Aus dem Wald über der Straße, der auf seiner Gesamtfläche wesentlich mehr Lawinenanrißgebiete beherbergt, stießen in den letzten Jahren Lawinen auf bislang unbeachteten Lawinestrichen bis zur Straße vor.
- Entlang eines 1,5 km langen Teilstücks der Bundesstraße 305 zwischen Schneizreuth und

Berchtesgaden weist der Lawinenkataster 11 Lawinestriche aus. Alle Lawinestriche beginnen innerhalb der Waldzone. Eine Waldzustandsaufnahme auf einem Flächenausschnitt von 92 Hektar erbrachte dort 16 existierende oder im Entstehen begriffene Lawinenanrißgebiete [14].

- Eine Studie im Miesbacher Raum weist 12 Prozent des Schutzwaldes als so stark verlichtet aus, daß er seiner Schutzfunktion nicht mehr gerecht werden kann [15].

Die genannten Beispiele sind keine Einzelfälle. Das Zahlenmaterial steht stellvertretend für eine Vielzahl von Waldbeständen an den Steilhängen unserer Berge.

### Die Probleme der Sanierung von Lawinestrichen

Wenn Lawinen aus dem Wald plötzlich Gebäude, Freizeitanlagen oder Verkehrswege gefährden, so tritt alsbald die Verpflichtung auf, diesen Gefahrenherd zu beseitigen. Die Notwendigkeit, solche Problemflächen dann in Wald zurückzuverwandeln, läßt sich jedoch ohne technische Unterstützung nicht mehr realisieren. Eine Wiederaufforstung vergraster Bestandeslücken kann vielfach nur gelingen, wenn durch Stützkonstruktionen aus Stahl und Beton ein Abreißen von Lawinen verhindert und der Schneedruck von den Pflanzen genommen wird. Die Kosten für eine derartige Stützverbauung sind enorm hoch. Sie werden zur Zeit mit rund 1 Million DM pro Hektar Verbauungsfläche veranschlagt. Der Bergwald über der oben genannten Bundesstraße 305 kann auf rund 30 bis 50 ha seine Schutzfunktion nicht mehr erfüllen. Die Sanierung dieses Schutzwaldbereiches würde mithin Investitionen in Höhe von mehreren 10 Millionen DM erfordern.

Die Wiederbegründung des Waldes auf lawinengefährdeten Steilhangflächen verlangt neben dem finanziellen Opfer auch die Einsicht des Naturfreundes, daß ohne massive technische Hilfe der Wald nicht zurückzubringen ist. Das im Bergwald aus ästhetischen Gründen wünschenswerte Einbringen von Holzbauwerken hat sich in vielen Fällen nicht bewährt. Vor allem muß man daran denken, daß die Hilfskonstruktionen so lange stabil sein

müssen, bis der aufkommende Wald den Lawinenschutz wieder selbst übernehmen kann. Das dauert je nach Dichte und Aufwuchsgeschwindigkeit des jungen Waldes zwischen 20 und 60 Jahre.

Da die Kosten für die Sanierung von Lawinflächen im Wald sehr hoch sind, greift man im Bereich gefährdeter Straßen mitunter auf einfache Sofortmaßnahmen zurück: Bei drohender Lawinengefahr werden die Lawinen im Wald durch Sprengung künstlich ausgelöst. Diese kurzfristig kostengünstigere Methode des Lawinenschutzes muß langfristig teuer bezahlt werden, denn dort, wo regelmäßig Lawinen gesprengt werden, kann kein Wald mehr aufkommen.

Der Anwendung teurer technischer Hilfsverfahren kann man nur entfliehen, wenn der Entwicklungsprozeß hin zum Lawinestrich frühzeitig erkannt wird, wenn mögliche Folgen richtig abgeschätzt und entsprechende Maßnahmen ergriffen werden.

### **Die forstlichen Möglichkeiten, das Entstehen von Lawinestrichen zu verhindern**

Haben sich noch keine großflächigen, baumfreien, oft vergrasteten Lawinestriche gebildet, so reichen mitunter einfache forsttechnische Maßnahmen aus, die Schneebewegungen zu mindern. Im Schutz hoch stehengelassener Baumstümpfe oder quergefallter Bäume kann Jungwuchs aufkommen. Auch in den Boden eingerammte Pfähle, künstlich geschaffene kleine Geländestufen (Bermen) oder einfache hölzerne Stützbauwerke begünstigen auf Schneegleit- und Rutschflächen das Aufwachsen des Waldes [4, 11].

Oberstes Ziel des im Gebirge wirtschaftenden Forstmannes muß es dabei sein, einen intakten Schutzwald heranzuziehen. Damit der Wald das Anreißen und Durchfließen von Lawinen verhindert, müssen die Bäume dicht stehen. Der Bestand muß mehrstufig aufgebaut sein und einen geschlossenen Unterwuchs aufweisen.

Zum Stabilisieren der Schneedecke auf einer 35° geneigten Fläche sollte der Bestand rund 500 Bäume

pro Hektar aufweisen. Die Bäume müssen die Schneedecke durchstoßen. In flacheren Hangbereichen genügen oft 200—300 Bäume, im 40° geneigten Steilgelände sind 800 bis 1000 Baumindividuen notwendig [4]. Dabei ist eine relativ gleichmäßige flächige Verteilung der Stämme wünschenswert. Wenn sich die Bäume auf Geländerippen konzentrieren, ist der Schutzeffekt des Waldes gering.

Ein mehrstufiger, ungleichaltriger Aufbau des Waldbestandes beeinflußt die Schnee Verteilung positiv. Der unterschiedliche Schneerückhalt im Kronenbereich, sich ändernde Einstrahlungs- und Beschattungsverhältnisse und wechselnde Windeffekte erzeugen im gestuften Wald eine ungleichmäßige Schneeablagerung [7]. Eine solche, in ihrer Höhe und Dichte stark variierende Schneedecke ist stabiler als flächig homogen abgelagerter Schnee.

Ein dichter, geschlossener Unterwuchs verhindert im Wald das Durchrieseln lockeren Schnees. Darüber hinaus stehen die Pflanzen des Unterwuchses bereit, aufreißende Bestandeslücken sofort wieder zu schließen. Damit ist eine nachhaltige Schutzwirkung des Waldbestandes gewährleistet.

Die Schaffung und Pflege eines wirklich funktionierenden Schutzwaldes im Gebirge erfordert vom Forstmann viel Geschick und waldbauliches Finger-spitzengefühl. Umso mehr sollte man bemüht sein, die Voraussetzungen und Randbedingungen zum Erhalt unserer Schutzwälder möglichst optimal zu gestalten. Das bedeutet:

- Der Wert der Schutzwälder ist neu zu überdenken. Die Bewertung muß von den Ersatzkosten ausgehen — also von jenen Kosten, die zu erbringen wären, wenn eine entsprechende Schutzwirkung mit Hilfe technischer Mittel erzielt werden muß.
- Die forstliche Planung im Schutzwald darf sich nicht an der Holznutzung orientieren [12]. Ein festgesetzter, vom Forstmann jährlich zu erbringender Holzeinschlag wird den Zielen einer Schutzwaldbewirtschaftung nicht gerecht. Hiebmaßnahmen müssen flexibel unter dem Gesichtspunkt der Wahrung des Lawinenschutzes durchgeführt werden.



Abb. 8 Die glattgepreßte, talwärts gestrichene Grasdecke ist nach dem Abschmelzen der Schneedecke ein Zeugnis der im Winter abgelaufenen Gleitbewegungen.



Abb. 9 Ein von der wandernden Schneedecke abwärts gerollter, mit Gras umwickelter Ast.

- Notwendige forstliche Arbeiten dürfen im Schutzwald nicht verschoben oder ausgesetzt werden, nur weil sie das Einnahmen-Ausgaben-Verhältnis negativ belasten. Die Forstwirtschaft muß erkennen, daß Lawinenschutz ohne finanzielle Opfer nicht möglich ist.
- Das Wild- und Weideproblem muß gelöst werden. Das Fehlen ausreichend hoher Tannen, Ahorne, Vogelbeerbäume sowie anderer standortheimischer Baum- und Straucharten in vielen Bereichen unserer Schutzwälder ist auf den stetigen Wildverbiß zurückzuführen. In Bergwaldgebieten mit hohem Schutzwaldanteil ist das Schalenwild deshalb drastisch zu reduzieren. Die Beweidung von Schutzwaldflächen muß generell unterbleiben.
- Wo der Wildverbiß nicht gemindert werden kann, sind Problemflächen im Bergwald zu zäunen. Da der gleitende Schnee auch vor Zäunen nicht Halt macht, müssen die Materialien und Bautechniken den Bedingungen im Hochgebirge angepaßt werden.

Es ist äußerst schwierig, auf einer entstandenen Schneegleit- und angehenden Lawinenfläche den Wald zu sanieren. Die Erfolgsaussichten sind umso größer, je früher man die Entwicklung erkennt. Deswegen seien abschließend noch einige Hinweise zum Erkennen möglicher Problemflächen im Bergwald aufgeführt.

### Das frühzeitige Erkennen von Schneegleitflächen im Wald

Im Winter deuten die bereits beschriebenen Gleit-schneerisse (Abb. 2), eine am Hangfuß in Falten zusammengeschobene Schneedecke und schräggestellte Bäume auf die Tätigkeit des Schnees hin. Allerdings sind viele Waldteile im Winter nicht sicher erreichbar und das Geschehen bleibt unerkannt. Doch auch nach dem Abschmelzen der Schneedecke bleiben Merkmale zurück, die auf Schneebewegungen hinweisen. Der Säbelwuchs der Bäume liefert erste Anhaltspunkte. Weitere Indizien steuert die Bodenvegetation bei:

Die Gräser werden vom gleitenden Schnee talwärts gestrichen und fest auf den Boden gepreßt (Abb. 8). Aus dieser glatten, verpilzten Grasdecke ragen nur vereinzelt Jungwuchspflanzen, an denen oft die Folgen des Schneeschubs zu erkennen sind (Bruch, Pilzbefall etc.). Löcher in der kompakten Grasschicht weisen auf den vormaligen Standpunkt vom Schnee entwurzelter Pflanzen hin.

Auf der Grasdecke findet man mitunter Steine oder Äste, die vom Schnee langsam abwärts gerollt wurden. Dabei wickelten sie Grashalme und Laubblätter um sich (Abb. 9).

Gesteinsbrocken, die sich nicht rollen lassen, bearbeiten den Boden zum Teil wie ein Pflug und hinterlassen entsprechende Schürfwunden. Große Felsbrocken werden vom Schnee oft nur wenige

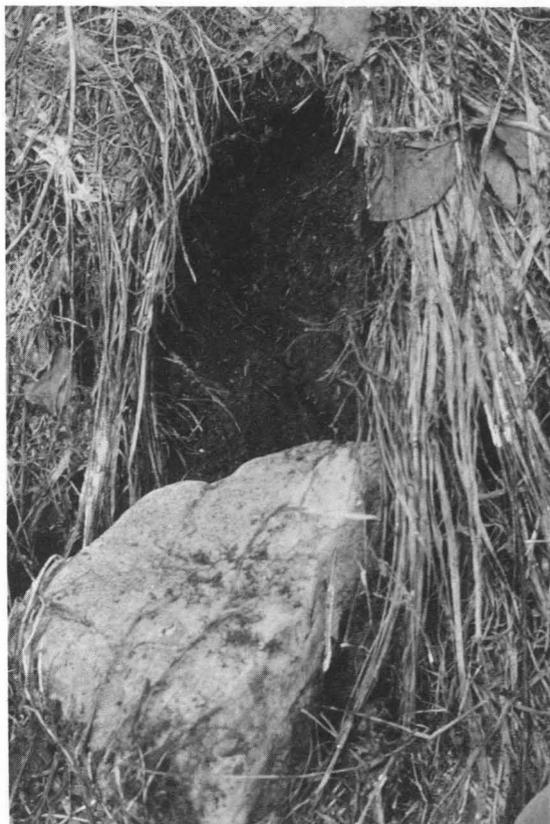


Abb. 10 Der gleitende Schnee verschiebt Gesteinsbrocken aus ihrer Lage und schafft damit Ansatzpunkte für die Erosion.

Zentimeter weiterschoben. Ihr ehemaliger Lageort ist aber nach dem Ausapern meist gut erkennbar (Abb. 10).

Wenige Wochen nach dem Abschmelzen der Schneedecke sind viele Hinweise nicht mehr zu erkennen. Eine neue Gras- und Krautgeneration hat sich durch die verfilzte Vorjahresschicht geschoben und verdeckt die Spuren des Winters. Auch die geschädigten Jungwuchspflanzen verschwinden in der üppigen Bodenvegetation. Kaum etwas deutet auf

den unaufhaltsamen Prozeß hin, der Jahr für Jahr — und in den kommenden Jahrzehnten vermutlich beschleunigt — in unseren Bergwäldern abläuft.

#### Anschrift des Verfassers:

Dr. Bernhard Zenke

Ostermannweg 13

D-8110 Murnau

#### Literaturverzeichnis:

- [1] DeQuervain, M., 1968: Die Rolle des Waldes beim Lawinenschutz. Schweiz. Z. Forstw., 119. Jg., Nr. 4/5, S. 393—399
- [2] DeQuervain, M. R., 1978: Wald und Lawinen. Proceedings IUFRO Seminar Mountain Forests and Avalanches, Davos. S. 219—239
- [3] Fiebiger, G., 1978: Ursachen von Lawalawinen im Bereich der nordöstlichen Randalpen und ihre Behandlung durch forsttechnische Maßnahmen. Mitteilungen a. d. Institut f. Wildbach- und Lawinenverbauung an der Univ. für Bodenkultur in Wien, Heft Nr. 11, Diss., 406 S.
- [4] Frey, W., 1977: Wechselseitige Beziehungen zwischen Schnee und Pflanze — Eine Zusammenstellung anhand von Literatur. Mitteilungen des Eidgen. Institutes f. Schnee- und Lawinenforsch. Nr. 34, 223 S.
- [5] Gampe, S., 1978: Schneebewegungen am NW-Hang der Lochgrabenschneid und ihre Auswirkungen auf Boden, Verjüngung und Bestand. Diplomarbeit am Lehrstuhl f. Bodenkunde, Univ. München
- [6] In der Gand, H. R., 1976: Waldschadenslawinen und Waldschäden der Lawinenkatastrophe vom April 1975. Winterbericht des Eidgen. Institutes für Schnee- und Lawinenforschung, Nr. 39, S. 218—230
- [7] In der Gand, H. R., 1978: Wald als Lawinenschutz. Mitteilungen der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, Heft 125, S. 113—127
- [8] Laatsch, W., 1974: Hangabtrag durch Schnee in den oberbayerischen Alpen und seine Begünstigung durch unpflegliche Almwirtschaft und Wildverbiß. Forstw. Cbl. 93, S. 23—34
- [9] Laatsch, W., 1977 a: Die Entstehung von Lawinenbahnen im Hochlagenwald. Forstw. Cbl. 96, S. 89—93
- [10] Laatsch, W. u. Baum, U., 1976: Faktoren der Wald- und Bodenzerstörung durch Schnee in den Alpen. AGROCHIMICA, Heft 20, S. 324 bis 338
- [11] Mößmer, E. M. u. Ammer, U., 1985: Technische Maßnahmen gegen Schneebewegungen zum Schutz von Aufforstungen und Naturverjüngungen in Gebirgslagen. Forstl. Forschungsber. München (in Vorbereitung)
- [12] Ott, E., 1978: Present state of mountain forests, consequences for their avalanche protection function, silvicultural measures. Intern. Seminar „Mountain forests and avalanches“, Davos, 25. bis 28. Sept. 1978, S. 321—330
- [13] Salm, B., 1982: Lawinenkunde für den Praktiker. Verlag des Schweizer Alpen Clubs, Wallisellen, 148 S.
- [14] Schirmer, R., 1984: Untersuchung der Auswirkungen des Waldsterbens auf den Schutzerfüllungsgrad des Waldes im Gebirge, dargestellt an zwei Beispielen im Bay. Alpenraum (Arbeitstitel). Diplomarbeit am Lehrstuhl f. Landschaftstechnik, Univ. München
- [15] Schreyer, G. u. Rausch, V. 1978: Der Schutzwald in der Alpenregion des Landkreises Miesbach. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München
- [16] Zenke, B., 1978: Das Schneegleiten auf der Plaick. Seine Ursachen und Auswirkungen auf Boden und Vegetation. Diplomarbeit am Lehrstuhl f. Bodenkunde, Univ. München
- [17] Zenke, B., 1985: Der Einfluß abnehmender Bestandsvitalität auf Reichweite und Häufigkeit von Lawinen. Forstw. Cbl. 104, H. 2 (im Druck)

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt](#)

Jahr/Year: 1985

Band/Volume: [50\\_1985](#)

Autor(en)/Author(s): Zenke Bernhard

Artikel/Article: [Lawenstriche im Bergwald 49-63](#)