

S A N I E R U N G D E R S C H N E E - U N D
L A W I N E N V E R H A E L T N I S S E I N L A W I -
N E N A N B R U C H G E B I E T E N

Jiri Rychetnik

Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung
Weissfluhjoch/Davos
Schweiz

R É S U M É

Les bassins d'accumulation des torrents ne sont pas identiques aux bassins d'accumulation des avalanches. Le déclenchement, le mouvement et la zone de dépôt des avalanches ne dépendent pas uniquement de la configuration du terrain, mais aussi du matériau neige, de la manière dont celle-ci s'est déposée dans le terrain, ainsi que des contraintes existant dans le manteau neigeux. A l'exception de la protection exclusive des reboisements, l'assainissement des conditions de la neige et des avalanches dans les zones de décrochement suppose l'existence de cartes du danger d'avalanche et de plans des zones d'avalanches; car les mesures à prendre doivent découler des objets à protéger, de la sécurité exigée pour ces derniers et des frais occasionnés.

La dimension et l'étendue des ouvrages de retenue dans les bassins d'accumulation d'avalanches doivent être calculées en fonction des hauteurs de neige extrêmes mesurées dans la région, des conditions du terrain, ainsi que du boisement.

Les ouvrages de retenue permanents contiennent les zones de décrochement situées au-dessus de la limite climatique de la forêt, et ils doivent inclure les pentes inclinées de 30° à 50°. La limite supérieure des paravalanches se trouve juste au-dessous des ruptures les plus élevées, le bord inférieur des ouvrages doit être construit là où la pente perd de sa raideur jusqu'à être inclinée à moins de 30°, ou alors là où les paravalanches pénètrent déjà dans la zone forestière.

Surtout par sa capacité à créer son propre climat intérieur, la forêt constitue une protection naturelle et auto-reproductrice contre les avalanches. De nos jours, les forêts ne sont pas toutes en état d'assumer cette fonction. Des moyens d'entretien visant à atteindre ce but spécifique sont la condition première à remplir pour produire et maintenir la fonction protectrice.

Aux endroits où la lisière effective de la forêt n'atteint pas la limite climatique, il subsiste la possibilité de combiner des ouvrages de retenue temporaires avec le reboisement; le but de ce procédé est que la forêt, en s'accroissant, remplace peu à peu les paravalanches temporaires. Seuls une construction selon les règles des ingénieurs, de bonnes connaissances concernant l'emplacement et les lois biologiques, des clôtures autour des aires traitées, ainsi qu'un entretien annuel de la zone reboisée permettent d'éviter les échecs.

(Trad. M. Barth)

1. EINLEITUNG

Obwohl Schnee und Wasser zwei verschiedene Phasen der gleichen Materie sind, ist das hydrologische Einzugsgebiet mit dem Lawineneinzugsgebiet nicht identisch. Ein kleines Einzugsgebiet im hydrologischen Sinne stellt eine Fläche von etwa 1 km² dar, ein Lawinenanbruchgebiet von dieser Dimension gehört zu grossen und meist katastrophalen Ereignissen.

Entstehung, Bewegung und Auslauf von Lawinen sind nicht nur von der Geländeform abhängig, sondern auch vom Material Schnee, der Schneeablagerung im Gelände und den Spannungsverhältnissen in der Schneedecke. Aus der die Schneeablagerung bestimmenden Wetterlage (Windrichtung), der grossen Variabilität des Material Schnee, dem expositionsabhängigen Aufbau der Schneedecke geht hervor, dass praktisch nie das ganze, geländemässig mögliche Einzugsgebiet anbricht, sondern nur Teile davon. Aus dem Zusammenspiel der bestimmenden Faktoren: Wetter, Gelände, Klima, Schnee, Vegetation (Wald) entsteht die Lawine als Resultierende einer der vielen möglichen Kombinationen.

Um diese Faktorenkombinationen darstellen zu können, muss man sich mehrerer wissenschaftlicher Disziplinen bedienen, wie:

- Schnee- und Lawinenkunde
- Meteorologie und Klimatologie
- Topographie
- Forstwissenschaften (Waldbau) u.a.

Denkt man an technische oder biologische Massnahmen, kommen noch weitere Disziplinen dazu wie: Bauwesen, Standortkunde, Pedologie usw. Für den Entscheid über die Sanierung der Schnee- und Lawinenverhältnisse müssen noch weitere Aspekte mitbestimmen wie politische, ökonomische, privatrechtliche und andere.

2. LAWINENGEFAHRENKARTE, LAWINENZONENPLAN

Der Sanierungsplan geht von der Naturgefahrenkarte bzw. von der Lawinengefahrenkarte der entsprechenden Region aus. Erste Unterlage für die Lawinengefahrenkarte ist - sofern vorhanden - der Lawinenkataster, d.h. ein Verzeichnis von allen Lawinen, die noch zu eruieren sind.

Als Quellen für den Lawinenkataster dienen:

- Chroniken,
- mündliche Ueberlieferung,
- Lawinenspuren im Waldgürtel und an Bäumen (CARRARA 1979)
- Zerstörungen an Bauwerken (z. B. Gebäude)

Alle diese Angaben, die im Lawinenkataster zusammengestellt werden, sind mit mehr oder weniger grosser Unsicherheit behaftet und müssen deshalb mit Vorsicht interpretiert werden.

Das menschliche Gedächtnis geht bis auf etwa 100 - 150 Jahre zurück. In Chroniken sind nur grosse Ereignisse in unmittelbarer Nähe der damaligen Siedlung und meistens nur solche mit Menschenopfern aufgezeichnet. Die Abgrenzung der Auslaufstrecken und der Anrissgebiete geht aus den Berichten oft nur ungenau hervor.

Die Waldungen, sofern vorhanden, können Lawineneignisse bezeugen, die etwa 200 bis 300 Jahre zurückliegen. Die Winterberichte EISLF geben zahlreiche Beispiele von früher nie gekannten Lawinniedergängen, die mehrere hundert Jahre alte Gebäude und Waldbestände zerstört haben.

Aus diesen Gründen müssen für die Zusammenstellung der Lawinengefahrenkarte noch weitere Unterlagen beigezogen und lawinendynamische Berechnungen angestellt werden.

Die topographischen und klimatischen Verhältnisse und die Bewaldung sind die wichtigsten Anhaltspunkte, auf welche man sich bei der Ausarbeitung der Lawinengefahrenkarte stützen kann.

Die Stufenförmige Ausformung der alpinen Hänge mit Aufsteigungen und Verflachungen ergeben Zonen mit verschiedenen Neigungen. Rinnen und Rippen, die meist parallel zur Hangneigung durch Erosion entstanden sind, bewirken eine Gliederung des Hanges in Zonen mit verschiedenen Expositionen. Diese Beschaffenheit des Geländes wirkt sich auf die Lawinenbildung aus.

Als potentielle Anbruchgebiete werden Zonen mit Neigungen zwischen 30° - 50° betrachtet. Steilhänge mit Neigungen $> 50^\circ$ entladen sich sehr oft schon während der Neuschneefälle, so dass dort keine grösseren Schneeanstimmungen möglich sind. Zonen mit Neigungen $< 11^\circ$ gehören zu den Auslaufstrecken von Lawinen. Alle Zonen mit Neigungen $> 11^\circ$ können als Sturzbahngebiet betrachtet werden (DE QUERVAIN 1972).

Aus diesen Gegebenheiten werden Fliesshöhen und Kräfte der Lawinen und ihre maximalen Auslaufstrecken berechnet. Als Grundlage der Berechnungen wird allgemein die von VOELLMY 1955 aufgestellte und von SALM 1966 weiter entwickelte Formel angewendet

Die Auslaufstrecke einer Fliesslawine ist stark vom Geschwindigkeitsquadrat und vom Reibungskoeffizienten, hingegen nur schwach von der total niederfliessenden Lawinenmasse abhängig. Die Kraft der Lawine ist im wesentlichen dem Produkt aus spezifischem Gewicht und Geschwindigkeitsquadrat proportional. Die Geschwindigkeit erscheint als ein wichtiger Faktor. Sie ist um so grösser, je grösser die Hangneigung und die Mächtigkeit der anbrechenden Schneeschicht oder die Fliesshöhe der Lawine sind.

Mit Ausnahme ebener, offener Hänge, ohne Kanalisierung der Sturzbahn durch Runsen, beeinflussen auch Form und Grösse des Anbruchgebietes die Lawinengeschwindigkeit.

Anleitung und Formeln für die Berechnungen der Auslaufstrecken und Kräfte sind bei SALM 1966, 1972, DE QUERVAIN, 1972, SOMMERHALDER, 1966 zu finden.

Ein weiterer Parameter ist die Wiederkehrperiode der Lawinen. Sie kann an Hand des Lawinenkatasters abgeschätzt oder mit Hilfe der Lawinen-Extremalanalyse (FOEHN 1979) berechnet werden. (siehe auch Beitrag FOEHN zu dieser Tagung).

Im Lawinenzonenplan werden anhand der Lawinenkräfte und der Wiederkehrperiode der Lawinen folgende Zonen ausgeschieden:

Für Siedlungen werden in die <u>rote Zone</u>		
Gebiete mit Lawinenkräften	> 3 t/m ²	und/oder
Gebiete mit Wiederkehrperioden von	30 Jahren	

in die <u>blaue Zone</u>		
Gebiete mit Lawinenkräften	3 t/m ²	und/oder
Gebiete mit Wiederkehrperioden von	30 Jahren	

einbezogen.

Für Strassen bzw. Skigebiete beruht die Zonenausscheidung nur auf der Wiederkehrperiode der Lawinen (W).

Rote Zone	W < 30 Jahre
Blaue Zone	W > 30 - 60 Jahre
Gelbe Zone	W > 60 Jahre

3. SCHUTZMASSNAHMEN

Möglichkeiten:

- künstliche Auslösung von Lawinen,
- Verbauung im Lawineneinzugsgebiet,
- Verbauung in der Sturzbahn,
- Verbauung im Ablagerungsgebiet,
- Wald.

Die Auswahl wird vor allem nach folgenden Kriterien getroffen:

- erforderliche Sicherheit
- Kosten
- Ausnützung des natürlichen Lawinenschutzes durch Wald

Vor Beginn einer Stützverbauung im Lawinenanbruchgebiet müssen alle anderen Verbauungsmöglichkeiten (Leitwerke, Galerien, Brems- und Auffangverbauungen, Direktschutzbauten) und allfällige Kombinationsmöglichkeiten überprüft werden. Auf diese Weise lässt sich oft nicht nur eine finanzielle Einsparung, sondern auch rascher ein wirksamer Schutz erreichen (SCHWARZ 1972). Der Wald soll auch als ein schutzwürdiges Objekt angesehen werden.

3.1. P E R M A N E N T E R L A W I N E N V E R B A U

Zum Schutze von Siedlungen oder von mehreren auf einer größeren Fläche zerstreuten Objekten (Flächenschutz) wird allgemein der Lawinenverbau im Lawinenanbruchgebiet angewandt. Liegt das Lawinenanbruchgebiet oberhalb der klimatischen Waldgrenze, wird es mit permanenten Stützwerten verbaut. Die Ausdehnung wird durch das potentielle Lawinenanrissgebiet und die Topographie (bis zum zu schützenden Objekt) gegeben (Lawinengefahrenkarte). Allgemein werden Hangneigungen von 30° bis 50° verbaut, oben unmittelbar unter den höchstliegenden Lawinenanrissen beginnend. Eine Verbaufläche hat sich talwärts soweit auszudehnen, bis die Geländeneigung unter 30° abgenommen hat (SALM 1972) oder bis die Verbauung in einen funktionsfähigen Lawinenschutzwald übergeht.

Die Werkhöhe hat mindestens der für den Werkstandort zu erwartenden extremen Schneehöhe zu entsprechen (SALM 1972). Die Werkabstände in der Falllinie werden durch die Werkhöhe, die Hangneigung, den Reibungswinkel zwischen Boden und Schnee und den Gleitfaktor bestimmt. Je nach der erforderlichen Sicherheit können die Abstandswerte, die die Richtlinien (RL 1968) zulassen, variiert werden. Mehr als 5 m hohe Werke (senkrecht zum Hang gemessen) sind teuer und sehr schwierig zu bauen (RAGETH 1972). Es wird versucht, die extremen Schneehöhen im Lawinenanrissgebiet durch geeigneten Verwehungsverbau (Windwände, Dächer) unter diesem Wert zu halten (CAMPELL 1972).

In den letzten Jahren hat sich als Baumaterial überwiegend Stahl, als Werktyp die Schneebrücke durchgesetzt. Als Werkdisposition wird die durchgehende Anordnung bevorzugt. Der permanente Lawinenverbau ist sehr teuer, man rechnet durchschnittlich mit etwa 600'000.-- SFr./ha. Die Bauzeit erstreckt sich vor allem aus finanziellen Gründen auf mehrere Jahre bis Jahrzehnte (Beitrag der Öffentlichkeit - Bund, Kanton, Gemeinde - beschränkt).

Der permanente Stützverbau kann keinen absoluten Schutz gewähren (RL 1968, SOMMERHALDER 1981), es gibt immer Lockerschneelawinen, die in den Verbauungen anbrechen und die Stützwerte durchfließen.

3.2. SANIERUNG DER LAWINENVERHÄLTNISSE IN DER WALDZONE

In der Waldzone bildet der Wald einen natürlichen Lawinenschutz. Nicht jeder Wald ist zu jeder Zeit fähig, die Lawinenschutzfunktion zu erfüllen.

Die oberhalb der Waldgrenze anbrechenden Lawinen entwickeln auf relativ kurzer Strecke ihre volle Kraft, der ein Wald in der Regel nicht gewachsen ist. Das Ueberleben des Waldes unterhalb eines unverbauten Lawinenanbruchgebietes hängt somit nur von Art, Ausmass und Wiederkehrperiode waldzerstörender Lawinen ab.

Beispiel:

Bergalplawine im Dischmatal bei Davos (nach mündlicher Mitteilung von Herrn Sutter, Grundstückbesitzer):

1917	Zerstörung Wald und Bergstall Bergstall wurde neu aufgebaut
1935	Zerstörung Wald und Bergstall Bergstall wurde neu aufgebaut, versetzt
1951	Zerstörung Wald, Bergstall beschädigt
1964	Zerstörung Wald
1981	Zerstörung Wald

Seit Menschengedenken war dort kein alter Wald vorhanden.

Im Mittel geht diese Lawine alle 16 Jahre nieder. Ein Aufkommen und Bestehen von Wald ist nicht möglich. Jeder Aufforstungsversuch wäre zwecklos ohne Verbauung der Anrisszone dieser Lawine. Der Lawinenzug stellt für den Wald eine ewige Kampfzone dar. Sobald der Wald die Funktion des Lawinenschutzwaldes übernehmen soll, muss ein potentieller Lawinenhang oberhalb der Waldgrenze verbaut werden.

3.2.1. Schneedecke im Wald

Verlichtete Wälder bieten keinen zuverlässigen Lawinenschutz. Die hemmende Wirkung des Waldes auf die Lawinenbildung ist vor allem auf die gegenüber dem Freiland veränderten klimatischen Einflüsse zurückzuführen.

Vom Dickungsalter an beginnt der Wald sein eigenes Bestandesklima zu schaffen. Als wichtigste Einflüsse sind zu nennen:

- Interzeption der Niederschläge in den Baumkronen,
- Abschirmung der Bodenoberfläche vor der Strahlung,
- Verminderung der Windgeschwindigkeit und Bildung eines spezifischen Windfeldes,
- Ausgleich der Lufttemperatur.

Die Auswirkungen sind umso grösser, je mehr das Kronendach geschlossen ist. Der in den Baumkronen vorerst interzeptierte Schnee verdunstet zum Teil oder fällt in Form von Schnee, Wasser oder Eis auf die Schneeoberfläche. Die Schneeablagerung ist un-

regelmässig, somit entsteht auch eine unregelmässige Schichtung der Schneedecke (Figur 1).

Die ausgleichende Wirkung des Waldes auf die Lufttemperatur verzögert die Bildung von Schwimmschnee, und die Verminderung der Rückstrahlung hemmt die Entstehung von Oberflächenreif. Alle diese Aenderungen, obwohl quantitativ schwierig erfassbar, beeinflussen die Stabilität der Schneedecke wesentlich und beeinträchtigen damit die Auslösung von Schneebrettlawinen.

In den Blössen wird mit zunehmender Grösse der Einfluss des Bestandes auf die Entwicklung der Schneedecke immer mehr eliminiert, wobei hier die Schneehöhen gegenüber dem Freiland oder dem geschlossenen Wald zunehmen (Lee-Effekt).

IN DER GAND (1976, 1981) hat unter der Annahme eines zulässigen Lawinendruckes von 10 kPa (1 t/m²) und der durchschnittlichen Anbruchmächtigkeit von 1 m, die schiefe Flächenlänge einer Waldlichtung in der Falllinie auf 40 m begrenzt. Eine ähnliche maximal zulässige Flächenlänge einer Lichtung von 35 bis 40 m hat auch DE QUERVAIN (1979) für den Hang von 35° Neigung berechnet. Die weniger kritische horizontale Ausdehnung der Lichtung wurde von IN DER GAND (1976, 1981) auf 80 m limitiert. Im funktionsfähigen Lawinenschutzwald sollten Flächen, welche diese Masse permanent oder temporär übersteigen, durch permanente oder temporäre Massnahmen auf das zulässige Mass reduziert werden.

Bezüglich der Lawinenschutzwirkung gibt es im Lebenszyklus des Naturwaldes stabile und labile Entwicklungsphasen (MAYER 1979). In einem subalpinen Fichtenwald dürfte das Verhältnis der Flächenanteile etwa 1 zu 1 stehen.

Von der Seite der Lawinenbildung muss an den Waldbau die Anforderung gestellt werden, dass im Lawinenschutzwald die zulässige Grösse der Lichtung in allen Entwicklungsphasen nicht überschritten wird.

Nach der Ansicht von OTT (1979) sind in Lawinenanrissgefährdeten Hanglagen hinreichend dicht bestockte, nachhaltig stufige, kleinflächig ungleichaltrige Gebirgswaldbestände anzustreben. IN DER GAND (1981, nach KUOCH, MAYER, OTT) meint, "Baumrotten, Trupps und andere mögliche Baumkollektive dürften als Struktur- und Texturelemente eine wichtige Rolle spielen."

Als waldbauliches Ziel für das Oekosystem Lawinenschutzwald wäre demzufolge ein "Plenterwald" anzustreben. Der aktuelle Zustand der schweizerischen Gebirgswälder entspricht wegen der Auswirkungen von Beweidung, Wildschäden und unzureichender Pflege den Anforderungen an einen Lawinenschutzwald grösstenteils nicht. 25 % der Gebirgswälder verzeichnen einen Beschirmungsgrad kleiner als 50 %, und mehr als 25 % der Gebirgswälder sind offen, mit einem Beschirmungsgrad unter 25 %. Diese Wälder sind teilweise überaltert und fallen Krankheiten (Fäulnis u.a.m.) zum Opfer. Nahezu 40 % dieser Wälder stocken auf Hängen mit über 60 % Neigung (≈ 31°), also in der potentiellen Lawinenanbruchzone, wobei die Verjüngung oft ausbleibt (OTT 1979). Vergleicht man das waldbauliche Ziel mit dem aktuellen Waldzustand, kann man sich vorstel-

len, dass die Umwandlung solcher Gebirgswaldbestände in einen nachhaltig wirksamen Lawinenschutzwald Zeiträume von einigen hundert Jahren erfordert, wobei der Schwerpunkt dieser Arbeit in der nächsten Zukunft liegt.

Als vordringlichste Massnahmen wären zu nennen:

- Ausscheidung der Lawinenschutzwälder
- Erschliessung dieser Wälder
- Lösung der durch Wild, Weide, Erosion, Boden, Vegetation oder Schnee verursachten Verjüngungsprobleme
- Pflege.

Die Realisierung dieser Massnahmen scheitert meistens nicht am Willen der Forstleute, sondern an den finanziellen Mitteln. Dabei könnten mit der Verbesserung und nachhaltigen Sicherstellung der Lawinenschutzfunktion des Gebirgswaldes die finanziellen Aufwendungen für den technischen Lawinenschutz um einiges gesenkt werden.

3.3. T E M P O R A E R E R S T U E T Z V E R B A U U N D A U F F O R S T U N G A M B E I S P I E L D E R V E R S U C H S F L A E C H E S T I L L B E R G

Dort, wo die aktuelle Waldgrenze unterhalb der klimatischen liegt, besteht die Möglichkeit, sie durch Aufforstung wieder herzustellen. Auch hier gilt die Regel, dass das Aufforstungsgebiet vor allenfalls bergseitig davon anbrechenden Lawinen geschützt werden muss. Für die Verhinderung der Lawinenanbrüche im Aufforstungsgebiet selbst eignet sich der temporäre Stützverbau, unter der Bedingung, dass seine Schutzwirkung solange gewährleistet ist, bis der heranwachsende Wald die Schutzfunktion selbst übernehmen kann.

Aufforstungsversuche mit und ohne temporäre Stützverbauung werden zur Zeit auf dem Stillberg im Dismatal bei Davos/Schweiz durchgeführt. Die Versuchsfläche Stillberg (Figur 2) liegt auf einem NE exponierten, 38° geneigten Hang auf 2000 bis 2230 m; sie ist durch Rippen und Rinnen stark gegliedert. Das Forschungsprojekt umfasst 3 Versuchsphasen:

Phase 1 (1958 - 1975):
Standortsuntersuchungen und Vorversuche mit Pflanzungen.

Phase 2 (1968 - 1975):
Ausführung der temporären Stützverbauung auf zwei Teilflächen und der Aufforstung (1975) mit *Pinus cembra*, *Larix decidua*, *Pinus montana*.

Phase 3 (ab 1975):
Untersuchungen über den Einfluss der Standortfaktoren auf den Anwuchs und Aufwuchs der Forstpflanzen auf den Teilflächen mit und ohne Lawinenschutzmassnahmen. Gleichzeitig wird auch die Bewährung des temporären Stützverbaues untersucht.

3.3.1. Anforderungen an den temporären Stützverbau (IN DER GAND, 1972):

- Die temporären Stützwerke müssen den möglichen Beanspruchungen entsprechen und unter Beachtung der materialtechnischen Eigenschaften der verwendeten Baustoffe berechnet, konstruiert und dimensioniert werden.
- Sie sollen kostengünstig im Baumaterial und einfach in der Herstellung sein.
- Die Standdauer der Werke hat je nach Wuchsgebiet für die Aufforstung 20 - 50 Jahre zu betragen.

Als Baumaterial wird mit Vorteil Rundholz verwendet. Wenn die natürliche Widerstandsfähigkeit des Holzes gegen Fäulnis geringer ist als die erforderliche Standdauer der Werke, muss die Gebrauchsdauer des Holzes durch Imprägnierung verlängert werden.

In der Stützverbauung auf der Versuchsfläche Stillberg wurden in den Jahren 1969/1974 Rundholzkonstruktionen von 1,8; 2,6; 3,4 und 4,2 m lotrechter Werkhöhe errichtet, je nach den für die Werkstandorte zu erwartenden extremen Schneehöhen. Der Stützverbau wurde in zwei Varianten eingebaut und zwar

- mit durchgehender Anordnung der Werklinien gemäss den Schweiz. Richtlinien (RL 1968);
- in aufgelöster Verbauweise, mit ca. 50 der nach den Richtlinien erforderlichen Werke (Figur 2).

Während der Periode 1969/81 haben diese Werke mehrere Lawineneignisse ohne wesentliche Schäden überstanden.

Inwiefern eine Verbauung im Lawinenanbruchgebiet für den Aufforstungserfolg notwendig ist, sollen - neben anderen Fragen - die Aufforstungsversuche Stillberg abklären. In Anbetracht der im Vergleich zur Aufforstung 7 - 10 mal höheren Kosten des temporären Stützverbaues kommt dieser Versuchsfrage eine zentrale Bedeutung zu. Man geht davon aus, dass die Lawinenaktivität im Aufforstungsgebiet ungleichmässig verteilt ist und dass auch die natürliche Bewaldung zeitlich gestaffelt erfolgen würde; und zwar in der Weise, dass der Wald zuerst die günstigeren Standorte besiedeln wird und erst dann, nach der allmählichen Verbesserung der übrigen Standorte, auch diese sukzessive einnimmt. Dieser Bewaldungsprozess erfordert selbst mit künstlicher Aufforstung lange Zeiträume von mehreren Jahrzehnten, während derer die darunterliegenden Objekte den Lawinen ungeschützt preisgegeben sind.

Ohne bessere Grundlagen muss vorläufig angenommen werden, dass der temporäre Lawinenverbau unumgänglich ist; vorallem auch deshalb, weil eine einzige Lawine während der Aufwuchsphase der Pflanzen die Arbeit von Jahrzehnten zunichte machen kann.

Hier muss auch das Schneegleiten erwähnt werden. Das Schneegleiten kommt vorallem auf 28° - 55° geneigten Hängen der Höhenlagen zwischen 1200 m bis 2500 m vor (IN DER GAND, 1958). Es ist durch eine nasse Basisschicht der Schneedecke bedingt, wobei auch die Rauigkeit der Unterlage (Boden, Vegetation) eine Rolle spielt. Bevorzugte Gleitschneestandorte sind glatte, mit langhalmigem

Gras bewachsene Hänge. Das Schneegleiten zeichnet sich durch langsame Bewegungen der Schneedecke aus, mit Geschwindigkeiten von einigen mm bis einigen m pro Tag. In Aufforstungen kann der Gleitschnee letale Schäden an Pflanzen verursachen (FREY 1977). Auch zwischen Stützwerten sind auf Gleitschneestandorten zusätzliche Gleitschutzmassnahmen zum Schutze der Aufforstung erforderlich.

Unter extremen Voraussetzungen kann das Schneegleiten auch auf "untypischen" Standorten vorkommen. In der Periode 1959/80 wurde es auf der nördlich exponierten Versuchsfläche Stillberg nur einmal beobachtet. Im Oktober 1974, nach einem sehr frühen Einschneien, bei einer Schneedecke von 63 cm im Mittel, ist es zum Schneegleiten gekommen. Dabei wurden im Boden verankerte, lotrechte Rohrstangen von 10 cm Durchmesser und 1 cm Wandstärke zum Boden hin abgebogen. Diese Gleitschneebewegung war lokal auf die Rinnen, teils mit Reitgrasrasen beschränkt. Der Gleitschneeschutz wäre auch auf solchen Standorten angebracht. Auch zwischen den Werklinien kann es bei grossen Schneehöhen im Spätfrühling zu Abgängen von Bodenlawinen kommen, deren Bildung durch bodenrauigkeitserhöhende Massnahmen beeinträchtigt wird. Gleitschnee und Gleitschutzmassnahmen behandelt IN DER GAND (1968).

3.3.2. Forstpflanze und Schnee

Nicht nur für die Dimensionierung des Stützverbau, sondern auch für die geplante Aufforstung sind die Kenntnisse der Schnee- und Lawinenverhältnisse auf der Aufforstungsfläche von Bedeutung. Mangelnde Schneebedeckung kann zu Frosttrocknis der Pflanzen führen.

Während der Winter 1978/79 und 1979/80 hat FREY Forstpflanzen künstlich schneefrei gehalten und im übrigen weitgehend den Freilandbedingungen ausgesetzt.

Tabelle 1: Ueberleben und Schäden an schneefreien und schneebedeckten Forstpflanzen im Winter 1978/79 nach FREY (unveröffentlicht).

Schneefreie Pflanzen	Anzahl Pflanzen (%)		
	gesund	beschädigt	tot
Arve, Bergföhre, Legföhre	87 %	11 %	2 %
Fichte	50 %	25 %	25 %
Lärche	38 %	40 %	22 %
Grünerle, Vogelbeere	46 %	49 %	5 %
TOTAL	63 %	29 %	8 %

Schneebedeckte Pflanzen	Anzahl Pflanzen (%)		
	gesund	beschädigt	tot
Arve, Bergföhre, Legföhre	98 %	2 %	0 %
Fichte	93 %	7 %	0 %
Lärche	78 %	19 %	3 %
Grünerle, Vogelbeere	89 %	11 %	0 %
TOTAL	92 %	8 %	0 %

Die Resultate dieses Versuches nach dem ersten Winter sind in der Tabelle 1 zusammengefasst. Der zweite Winter hat die in der Tabelle zum Ausdruck kommende Tendenz noch verstärkt. Die Wahrscheinlichkeit, dass auf den Rippenstandorten die Forstpflanzen zwei Winter hintereinander nicht schneebedeckt bleiben, ist relativ gross. In einem solchen Fall wäre bei Fichte mit einem Ausfall von ca. 44 %, bei Lärche mit einem Ausfall von ca. 39 % zu rechnen.

Die Beziehung zwischen Ausaperung, Frost/Frosttrocknisschäden, Pilzschäden konnte SCHOENENBERGER (1975) an Hand der Testpflanzungen 1959/1962 auf der Versuchsfläche Stillberg feststellen. Die Resultate zeigen, dass die Frosttrocknisschäden mit der späten Ausaperung abnehmen, während die Pilzschäden (Schneeschütte an Arve) eine Zunahme aufweisen. Ueber eine ähnliche Erfahrung berichtet auch STERN (1979).

Im Mittel der Periode 1959/70 wurden für die Versuchsfläche Stillberg bei einer mittleren Dauer der Ausaperungsperiode von 60 Tagen folgende Ausaperungsdaten ermittelt:

Ausaperungsbeginn	15. April
50 % der Fläche aper	16. Mai
Ausaperungsende	14. Juni

Nicht nur für das Schadenbild, sondern auch für das Höhenwachstum der Forstpflanzen ergab sich am Stillberg der Zeitpunkt von Mitte Mai als optimaler Ausaperungstermin (SCHOENENBERGER 1975).

Während der vier Winter 1976/80 wurden auf der Versuchsfläche Stillberg folgende mittlere Ausaperungsdaten registriert:

Ausaperungsbeginn	24. April
50 % der Fläche aper	31. Mai
Ausaperungsende	2. Juli

Im Mittel der vier Winter hat sich die Ausaperung der Versuchsfläche gegenüber dem 10jährigen Mittelwert um 15 Tage verspätet. Für eine Vegetationsperiode, die im Mittel etwa 107 Tage, bzw. auf spätausapernden Standorten etwa 77 Tage beträgt, bedeutet diese Verschiebung ein Verlust an Vegetationszeit von ca. 14 % bzw. 20 %. Die dadurch bewirkte mangelhafte Verholzung der Triebe kann grössere klimatische und biotische Schäden zur Folge haben.

Aus diesen Zahlen ist leicht zu ersehen, dass solche Schwankungen über einige Jahre hintereinander zum Absterben der Aufforstungen vor allem auf den extremen Standorten führen können.

Denken wir daran, dass sich die Aufwuchsperiode der Forstpflanzen an der oberen Waldgrenze auf 40 Jahre und mehr ausdehnen kann und, dass in dieser Periode kurz- oder längerfristige (säkulare) Schwankungen zu ungunsten der Pflanzen vorkommen können, dann kann man die Aufforstung solcher Standorte berechtigt in Frage stellen.

Lokale Aussparungen an besonders ungünstigen Stellen in der Aufforstung, die wennmöglich die Grösse der unter 3.2.1. genannten Blössen nicht überschreiten, würden Material und Arbeit sparen.

Nach der Bildung des Bestandesklimas und dem Ausgleich der reliefbedingten Gegensätze könnte man sich durch gezielte Pflegemaßnahmen auch um die Bewaldung dieser Stellen bemühen.

Figur 3 zeigt die ökographische Uebersicht über die Standortfaktoren auf der Versuchsfläche Stillberg (TURNER 1975, BLASER 1981). Die ungünstigsten Standorte betreffend Ausaperung, Globalstrahlung, Bodentemperatur und Humusaufgabe auf dem Boden sind die Nordhänge der Mulden (Krähenbeeren - Vaccinienheide). Solche Standorte nehmen im gegliederten Gelände am Stillberg eine Fläche von etwa 30 % ein. Jene Flächen, wo alle obgenannten Faktoren in der ungünstigsten Kombination auftreten, betragen ca. 10 % - 15 % der Gesamtfläche.

Eine andere Lösung besteht in Massnahmen zur Milderung der Ungunst solcher Standorte. STERN (1979) berichtet über ein örtlich und zeitlich stufenweises Aufforstungsvorgehen und über die Sicherstellung einer genügenden Schneebedeckung auf Kreten, um Frosttrocknisschäden zu verhindern bzw. über die Verminderung der Schneeablagerung im Leehang durch Schneerückhalt auf der Luvseite, zur Beschleunigung der Ausaperung schneereicher Geländezonen. Im Lawinenanbruchgebiet müssen solche Massnahmen ins Verbaunungsprojekt einbezogen werden.

Alle technischen Massnahmen auf der Aufforstungsfläche führen zu Aenderungen der oekologischen Bedingungen. Der Lawinenverbau verlängert in der Stauzone bergseits der Werke die Schneebedeckungsdauer. Unter dem Rost bleiben die Pflanzen oft schneefrei. Weitere Untersuchungen werden zeigen, ob es einen Sinn hat, auch diese Standorte aufzuforsten.

Mit der Hochlagenaufforstung an der klimatischen Waldgrenze bewegen wir uns an der Grenze des Möglichen. Deshalb sind hier eine gute Erkundung der oekologischen Faktoren und ein planmässiges Vorgehen von grosser Bedeutung.

Wegen der Kürze der Vegetationsperiode ist für die Pflanze jeder Tag, an dem sie wachsen kann, von grosser Wichtigkeit.

Für die Aufforstungen sollen ausschliesslich dem Standort entsprechende Baumarten und Provenienzen verwendet werden. Ferner sollen nur gesunde Pflanzen geeigneten Alters ausgepflanzt werden.

Die Aufforstungsflächen müssen in der Regel gegen Wild und Vieh umzäunt werden und im Winter vor allem gegen Skifahrer geschützt sein. Durch das Aussetzen der Pflanze in diese Umwelt ist die Arbeit nicht getan. Nur durch konsequente, alljährliche Pflege, d.h.

- Befreiung der Pflanzen vom darauffliegenden Erd- und Pflanzenmaterial,
- Befreiung der Pflanzen von der Konkurrenz der sie umgebenden Vegetationsdecke,
- Entfernen bzw. Verbrennen von abgestorbenen bzw. kranken Pflanzen und Pflanzenteilen,
- Ersatz von gestorbenen Pflanzen
kann man den Aufforstungserfolg aktiv verbessern.

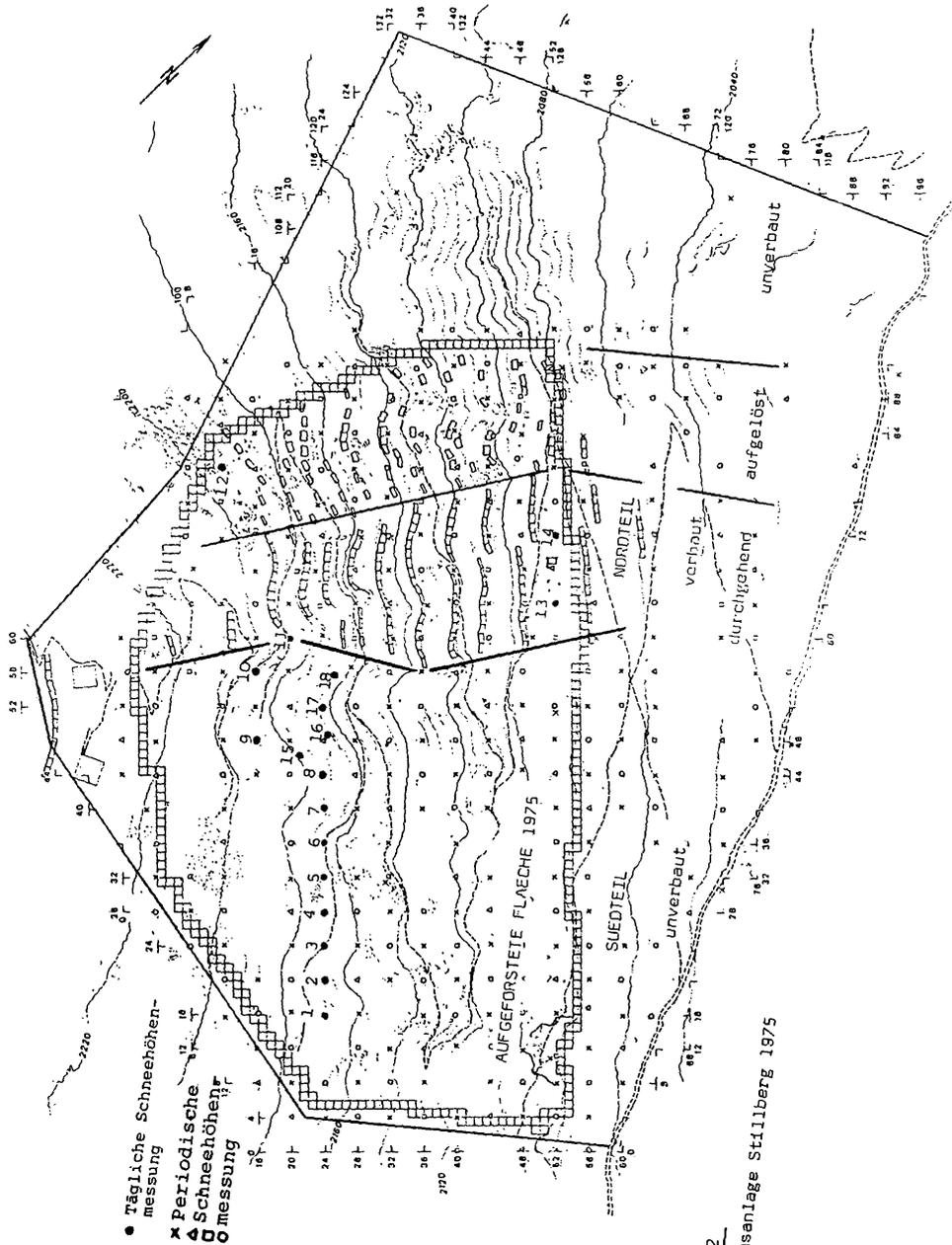
Die Pflegekosten müssen in jedem Aufforstungsprojekt als unumgänglicher Kostenanteil berücksichtigt werden. Es ist sicherlich besser, kleinere und geeignete Flächen aufzuforsten und intensiver zu pflegen als umgekehrt.

L I T E R A T U R

- Blaser, Peter, 1980: Der Boden als Standortsfaktor bei Aufforstungen der subalpinen Stufe (Stillberg Davos). Mitt. Eidg. Anst. Forstl. Vers.wesen, Bd. 56, Heft 3, p. 529-611.
- Campell, E., 1972: Verwehungsverbau. Beiheft Nr. 9 zum Bündnerwald "Lawinenschutz in der Schweiz", p. 140-154.
- Carrara, Paul E., 1979: The determination of snow avalanche frequency through tree-ring analysis and historical records at Ophir, Colorado. Geological Society of American Bulletin, part I, V. 90, p. 773-780.
- Föhn, P.M.B., 1979: Avalanche frequency and risk estimation in forest sites. Proc. Int. Sem. Mountain Forests and Avalanches, IUFRO, 1978, Davos, EDMZ, Berne, p. 241-254.
- Frey, W., 1977: Wechselseitige Beziehungen zwischen Schnee und Pflanzen - eine Zusammenstellung anhand von Literatur. Mitt. des Eidg. Institutes für Schnee- und Lawinenforschung Nr. 34, 223 pp.
- Frey, W.: Schneebedeckung als Einfluss auf Ueberleben und Anwuchs von Aufforstungspflanzen 1978 - 1981 (in Auswertung).
- in der Gand, H., 1968: Aufforstungsversuche an einem Gleitschneehang. Mitt. Eidg. Anst. Forstl. Vers.wesen, Bd. 44, Heft 3, p. 233-326.
- in der Gand, H., 1972: Temporärer Stützverbau und Gleitschneeschutz. Beiheft Nr. 9 zum Bündnerwald. Zeitschrift des Bündnerischen Forstvereins und der Selva, p. 104-130.
- in der Gand, H., 1976: Waldschadenlawinen und Waldschäden der Lawinenkatastrophe vom April 1975. Winterber. des Eidg. Institutes für Schnee- und Lawinenforschung Nr. 39 (1974/75), p. 218-230.
- in der Gand, H., 1979: Verteilung und Struktur der Schneedecke unter Waldbäumen und im Hochwald. Proc. Sem. Mountain Forests and Avalanches, IUFRO, 1978, Davos, EDMZ, Berne, p. 97-119.
- in der Gand, H., 1980: Der Beitrag der Schnee- und Lawinenforschung zum Waldbau auf extremen Standorten (Lawinenschutzwald). IUFRO-Tagung 1980, Thessaloniki/Athen, Abt. 1, p. 215-243.
- in der Gand, H., 1981: Stand der Kenntnisse über Schnee und Lawinen in Beziehung zum Wald in Europa. Proc. XVII. IUFRO World Congress Japan, 1981, Div. 1, p. 319-337.

- Mayer, H., 1976: Gebirgswaldbau - Schutzwaldpflege, Stuttgart, 435 pp.
- Mayer, H., 1979: Oekosystem Lawinenschutzwald. Proc. Int. Sem. Mountain Forests and Avalanches, IUFRO, 1978, Davos, EDMZ, Berne, p. 281-299.
- Ott, E., 1979: Present state of mountain forests, consequences for their avalanche protection function, silvicultural measures. Proc. Int. Sem. Mountain Forests and Avalanches, IUFRO, 1978, EDMZ, Berne, p. 321-330.
- de Quervain, M., 1972: Lawinenbildung. Aus Beiheft Nr. 9 zum Bündnerwald, "Lawinenschutz in der Schweiz", p. 15-31.
- de Quervain, M., 1979: Wald und Lawinen. Proc. Int. Sem. Mountain Forests and Avalanches, IUFRO, 1978, Davos, EDMZ, Berne, p. 219-239.
- Rageth, B., 1972: Die Sicherheit des Stützverbaues. Beiheft Nr. 9 zum Bündnerwald, "Lawinenschutz in der Schweiz", p. 131-139.
- RL - Eidg. Oberforstinspektorat 1968: Lawinenverbau im Anbruchgebiet, Richtlinien des Eidg. Oberforstinspektorates für den Stützverbau. Mitt. des Eidg. Institutes für Schnee- und Lawinenforschung Nr. 29.
- Salm, B., 1966: Contribution to Avalanche Dynamics. Mitt. des Eidg. Institutes für Schnee- und Lawinenforschung Nr. 24, p. 72-87.
- Salm, B., 1972: Grundlagen des Lawinenverbaues. Aus Beiheft Nr. 9 zum Bündnerwald, "Lawinenschutz in der Schweiz", p. 67-82.
- Schönenberger, W., 1975: Standorteinflüsse auf Versuchsaufforstungen an der alpinen Waldgrenze (Stillberg, Davos). Mitt. Eidg. Anst. Forstl. Vers.wesen, Bd. 51, Heft 4, p. 357-428.
- Schwarz, W., 1972: Permanenter Stützverbau. Beiheft Nr. 9 zum Bündnerwald, "Lawinenschutz in der Schweiz", p. 83-103.
- Sommerhalder, E., 1966: Lawinenkräfte und Objektschutz. Separatdruck aus Winterber. des Eidg. Institutes für Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch/Davos, Nr. 29, Winter 1964/65, p. 134-141.
- Sommerhalder, E., 1981: Grenzen im Lawinenschutz. Int. Ber. Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung Nr. 591, 4 pp.
- Stern, R., 1979: Distribution of snow and damages by snow in an afforestation area in the subalpine zone at the "Sonnberg" near Haggen/Tyrol. Proc. Int. Sem. Mountain Forests and Avalanches, IUFRO, 1978, Davos, EDMZ, Berne, p. 145-154.
- Turner, H., u.a., 1975: Thermische Charakteristik von Hauptstandortstypen im Bereich der oberen Waldgrenze (Stillberg, Dischmatal bei Davos). Mitt. Eidg. Anst. Forstl. Vers.wesen, Bd. 51, Heft 1, p. 95-119.
- Voellmy, A., 1955: Ueber die Zerstörungskraft von Lawinen. Sonderdruck aus der Schweiz. Bauzeitung, 73., 12, 15, 17, 19, 37, p. 3-25.

Stillberg. Uebersichtsplan 1:2000



Figur 2
Versuchsanlage Stillberg 1975

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien](#)

Jahr/Year: 1982

Band/Volume: [144_1982](#)

Autor(en)/Author(s): Rychetnik Jiri

Artikel/Article: [Sanierung der Schnee- und Lawinenverhältnisse in Lawinenanbruchgebieten 169-185](#)