

# Langfristige Erfahrungen mit einer Aufforstung in einem randalpinen Gebiet der Schweiz (Amden)

Rolf Ehrbar

## 1. Einleitung

Amden liegt auf einer südexponierten Terrasse oberhalb des Walensees am Fusse des Mattstocks. Lawenniedergänge vom Mattstock sind bereits aus dem Jahr 1844 dokumentiert. Am 8. März 1945 gab es dabei 2 Todesopfer, was Anlass für den Beginn der Lawinnenverbauung im Jahr 1946 war. Das potentielle Lawinnenanrissgebiet umfasst einen Höhenbereich von 1400 m.ü.M. bis zum Mattstockgipfel (1935 m.ü.M.), also Gebiete unter- und oberhalb der Waldgrenze. Die unterhalb der potentiellen Waldgrenze liegende Anrisszone "Buech", ein ehemaliges Alpweidegebiet, sollte mittels Aufforstungen gesichert werden. Die ersten Pflanzungen wurden im Jahr 1954 vorgenommen. Heute gilt diese bestockte Fläche als Wald mit besonderer Schutzfunktion.

Die Aufforstung Buech ist ein Beispiel, welches zeigt, wie schwierig die Etablierung von Schutzwald in extremen Lagen sein kann. Solche Projekte sind sehr langfristig und können mit Überraschungen und Rückschlägen verbunden sein. Diese Erfahrungen verpflichten uns, zu solchen Wäldern Sorge zu tragen, d.h. sie zu pflegen und vor Risiken zu schützen.

Dargestellt werden in diesem Beitrag zur Aufforstung Buech möglichst in quantitativer Form deren Entstehungsgeschichte, ihre Entwicklung während der vergangenen 40-50 Jahre, die Gefährdungen, deren Schutzwirkung, ihr aktueller Zustand, die Pflege- und Verbaumassnahmen samt deren Kosten sowie die sich ergebenden Folgerungen.

## 2. Grundlagen

### 2.1 Lage, Geologie, Boden

Die 8.5 ha grosse SSE-exponierte Aufforstung Buech (**Abbildung 1**)

befindet sich am Fusse des Mattstocks in 1400 bis 1600 m.ü.M. (Koordinaten 729'000/225'200). Die Hangneigung liegt mit 40% (22°) bis 100% (45°) im Bereich potentieller Lawinnenanrisse. Nach Berechnungen von SOMMERHALDER (1977) können Lawinen von hier aus bis in den Dorfkern vordringen und begründen rote und blaue Gefahrengelände. Durchschnittlich ist das Gebiet 58% (30°) steil, was etwa dem Winkel der inneren Reibung des vorhandenen Hangschuttmaterials entspricht.

Der Untergrund besteht aus Valangien- und Kieselkalk und weiteren mergelig-sandigen und kalkigen Schichten (HERB 1962). Diese treten stellenweise an die Oberfläche, meistens sind sie aber von Hangschutt aus Schrottenkalk vom Mattstock überlagert. Im mittleren Bereich der Aufforstungsfläche ist der Boden eine tiefgründige, auf der Rippe im Osten eine skelettreiche verbrauchte Mull-Rendzina bis Braunerde.

### 2.2 Klima

Wegen seiner Lage am ostschweizerischen Alpennordrand ist das Mattstockgebiet sehr niederschlagsreich. Nach den "Richtlinien für den Lawinenverbau im Anrissgebiet" (BUWAL/WSL 1990) befinden wir uns in der Zone 4, d.h. in der Zone mit den für eine bestimmte Meereshöhe grössten extremen Schneehöhen (Buech:  $\bar{H}_{\text{ext. 100 J.}} = 4.10$  m). Die seit dem Jahr 1980 festgestellte maximale punktuelle Schneehöhe von 3.6 m in der Lawinenverbauung unmittelbar oberhalb der Aufforstung wurde im „Jahrhundert-Winter“ 1998/1999 sicher übertroffen; die benachbarte automatische Schneemessstation (IMIS-Station) „Bärenfall“ (1610 m.ü.M.) verzeichnete 5.0 m. Milde Temperaturen im Winter haben zur Folge, dass es auch im Hochwinter im Aufforstungsgebiet regnen kann und dass mit schwerem Schnee gerechnet werden muss.

### 2.3 Vegetation

Vor der Aufforstung wurde das Gebiet Buech als Alpweide genutzt. In den 50 Jahren seit Einstellung des Weidebetriebes hat die Krautschicht den Charakter eines Natur-Rasens angenommen. Vermutlich war dieses Gebiet früher wegen der Mattstocklawinen nicht waldfähig und somit nicht mit Bäumen bestockt. Die natürliche Rasengesellschaft ist der Blaugras-Horstseggenrasen mit folgenden aus einer Vegetationsaufnahme abgeleiteten ökologischen Zeigerwerten nach LANDOLT (1977): F=2.5, R=3.5, N=2.5, D=3.5. Ein wesentlicher Standortsfaktor dieser Rasengesellschaft ist das Schneegleiten ("Schneefliessen", "Sueggischnee"). Die potentielle natürliche Schlusswaldgesellschaft wurde von M. FREHNER als Buntreitgras-Tannen-Buchenwald mit Rostsegge (Nr. 18v) kartiert.

### 2.4 Folgerungen bezüglich Schneegleiten und -kriechen

Das Schneegleiten wird durch die relativ geringe Höhenlage der Aufforstungsfläche, die südliche Exposition, die grosse Geländeneigung, die vorhandene Rasenvegetation und die glatte Geländeoberfläche in hohem Masse begünstigt. FRUTIGER (1966) mass oberhalb der Aufforstung Buech auf etwa 1730 m.ü.M. einen maximalen horizontalen Gleitweg im ganzen Winter von 54 cm, was hangparallel 69 cm entspricht. FREY (2001, Artikel in dieser Zeitschrift) ermittelte im Aufforstungsgebiet im Winter 1994/95 auf einer offenen Fläche einen Gleitweg von 1 m. Die grossen Schneehöhen und der erhebliche Nassschneeanteil führen auch zu starkem Schneekriechen. Frutiger mass in der erwähnten Untersuchung maximal 65 cm pro Winter. Frey (a.a.O.) bestimmte im Winter 1991/92 in etwa 1 m Abstand von den Dreibeinböcken in der Aufforstung einen durchschnittlichen Kriechweg von 50 – 55 cm. Die schneemechanischen Faktoren sind somit ungünstig.

## 3. Geschichte der Aufforstung Buech

Nach dem Bau von 1.8 km Erdterrassen (Breitbermen) wurden im Frühling 1954 auf den Fels- und Rasenbändern 5'000 Legföhren gepflanzt. Im Herbst 1955 wurde mit der Aufforstung der Alpweidefläche begonnen. Diese Arbeit dauerte bis 1964. Es wurden keine Bermentritte erstellt, hingegen gab es aus dem früheren Weidebetrieb "Kuhweglein". Die Hauptbaumarten (Fichten, Bergahorne, Lärchen) wurden arenweise rein, untereinander schachbrettartig gemischt, als Nacktwurzler mit 1 m Abstand

gepflanzt. Zusätzlich wurden als Vorbau Vogelbeeren, Weisslerlen und Weiden eingebracht. Die Mischungsanteile betragen 60% Fichten, 21% Bergahorne, 9% Lärchen, 5% Vogelbeeren, 4% Lärchen und 1% Weisslerlen. Die Provenienzen wurden sorgfältig ausgewählt; für die Fichte standen Herkünfte aus einem Nachbarbestand zur Verfügung. Die Ausfälle waren in den ersten Jahren sehr gering, wie auch bei der Neuaufforstung 1984; sie lagen unter 10%.

In den Wintern 1985/86, 1991/92 und 1994/95 verursachten Lawinen an beiden seitlichen Rändern auf 30% der Aufforstungsfläche grossen Schaden. Der schneereiche Winter 1994/95 hatte zudem enorme Beanspruchungen mit dementsprechenden Schneedruckschäden zur Folge. Die beiden Lawinenanrissgebiete wurden mittlerweile mit Schneebrücken gesichert, allerdings nicht in ausreichendem Masse, so dass im Winter 1998/99 auf 55% der Aufforstungsfläche die bisher schwersten Schäden infolge Lawinnenniedergängen verzeichnet werden mussten. Auch die statische Belastung durch die enorm dicke Schneeschicht wirkte sich sehr schädlich aus.

## 4. Pflege und Neuaufforstung

### 4.1 Der erste Pflegeeingriff 1983-1986

Bis anfangs der Achtzigerjahre waren die jungen, noch elastischen Bäumchen im Hochwinter vollständig vom Schnee zugedeckt und talwärts flach auf den Boden gelegt. In der über 20-jährigen Periode bis zum Jahr 1983 entstanden je länger je mehr schneemechanische Schäden. Die Situation wurde von WALCHER (1982) analysiert. Der Zustand der Aufforstung war zu dieser Zeit kritisch, vor allem wegen

- Säbelwuchs infolge Schneegleitens und Schneekriechens,
- Stammspaltungen (faserparallel),
- Stammbrüchen horizontal (Gipfelbrüchen),
- Abreissens von Ästen, Rindenschürfungen,
- Lockerung der Wurzelverankerung, Entwurzelung,
- Frosttrocknis, Frostschäden,
- Schneeschimmel an Fichte,
- Wildtiereinfluss: Verbiss, Fegen, Schälen.

Es drohte die Gefahr übermässiger Ausfälle und, durch die gleichförmige Bestandesstruktur verursachter, andauernder Instabilität (Schneedruck, Windwurf). Dies kann sich später auch auf die Verjüngungsfähigkeit negativ auswirken (Szenarium siehe ZELLER 1993). Es wurde deshalb angestrebt, in dieser gleichmässig, flächig angelegten Aufforstung so gut als möglich noch eine Rottenstruktur herauszuarbeiten. Gleichzeitig wurden die Stützbäume mittels Dreibeinböcken gegen die schneemechanischen Belastungen geschützt. Relativ gut verankerte und gut geformte, gesunde und vitale Vorwüchse wurden in einem Abstand von 5 m (400 Stück/ha) definitiv ausgelesen und direkt mit einem Dreibeinbock (also ebenfalls 400 Stück/ha) geschützt. Wegen der auch in Zukunft zu erwartenden Schäden und der damit verbundenen Unsicherheit bezüglich der weiteren Entwicklung wurden relativ viele, aber kleine Rotten (Kleinkollektive nach SCHÖNENBERGER/FREY/LEUENBERGER 1990) ausgeformt. Beiläufig wurden alle Stämmchen im Bereich des Säbelwuchses geastet, nicht zuletzt wegen der latenten Schneeschimmelgefährdung. Das Laubholz wurde systematisch begünstigt. Diese Sanierungsmassnahmen hatten sichtlich eine sehr gute Wirkung auf das Gedeihen der Aufforstung.

## 4.2 Neuaufforstungen

Die Fläche der Neuaufforstung am oberen Rand der bestehenden Bepflanzung ist kleintopographisch durch Rippen und Mulden gegliedert. Die Neuaufforstungen seit 1984 (4'300 Fichten) wurden rottenförmig angelegt, indem man nur die aufforstungswürdigen, leicht erhöhten Kleinstandorte (Rippen) bepflanzte (Abbildung 2)

. Die Mulden wurden als Ausschlussstellen im Sinne von SCHÖNENBERGER/FREY/LEUENBERGER (1990) betrachtet und blieben offen. Auch die beiden bekannten Lawinenzüge wurden als Ausschlussstellen behandelt. In der Falllinie wurden jeweils untereinander 2-3 Kleinrotten von 1/4 bis 1 Are Grösse mit 40 bis 150 Pflanzen angelegt. Die Pflanzen wurden im Abstand von 80 cm auf Tellerbermen gesetzt. Die Aufforstungsfläche beträgt 1.25 ha, die Pflanzendichte 3'400 Stück/ha. Bepflanzung wurde somit nur etwa ein Viertel der Fläche. Die Grösse der dadurch entstehenden Blössen liegt noch weit unterhalb der Schwelle, ab welcher Lawinen entstehen können (MEYER-GRASS 1985, MAYER/OTT 1991). Gleich von Anfang an wurden diese Aufforstungen mit Dreibeinböcken gegen das Schneegleiten und -kriechen geschützt. Damit soll verhindert werden, dass die Bäumchen stark säbelwüchsig werden und Stammspaltungen erleiden. Dies hat sich bis heute bewährt. Die Dreibeinböcke wurden in einem sehr engen Abstand von 2.5 m plaziert, was einer Dichte von 16 Stück/a oder einer Pfählung von 1.4 m Abstand entspricht. Auf 10 Pflanzen entfällt ein Bock. Dieser enge Verband berücksichtigt die Beobachtung, dass die Dreibeinböcke praktisch nur in ihrer Umhüllenden gegen das Schneekriechen wirken und dass vorerst auch das Schneegleiten vermindert werden muss.

## 5. Aktueller Zustand der Aufforstung Buech

Im September 1995, also 30–40 Jahre nach Beginn der Aufforstungsarbeiten, wurde der Zustand der Aufforstung Buech mit einem systematischen Stichprobennetz von 50 m Maschenweite aufgenommen. Die kreisförmige Stichprobenfläche betrug horizontal 1 Are. Auf den Stichprobenpunkten wurden alle Bäumchen über 1.30 m Höhe nach Baumarten gezählt und bezüglich der äusserlich sichtbaren Schäden beurteilt sowie die Zahl der temporären Stützwerke ermittelt. Beim grössten Bäumchen pro Stichprobe wurden die Baumart, die Baumhöhe, die Länge der letzten 5 Jahrestriebe, das Mass des Säbelwuchses und der Schutz durch temporäre Stützwerke aufgenommen. Säbelwuchs wurde nicht als Schaden beurteilt, weil alle Bäumchen davon betroffen sind und diese Erscheinung nicht vermeidbar ist. Auf 24 Stichproben wurden total 718 Bäumchen gezählt.

Das Ergebnis dieser Stichprobenerhebung kann folgendermassen zusammengefasst werden

(Abbildung 5)

:

- Die Genauigkeit der Messresultate kann mit dem Standardfehlerprozent für den 95%-Vertrauensbereich des Mittelwertes dargestellt werden, welches bei der Stammzahl 13.7% und bei der Höhe der grössten Pflanze pro Stichprobe 8.4% beträgt.
- Die Stammzahl ist seit der Aufforstung 1954-1964 um 76% zurückgegangen. Die Pflanzendichte 1995 von 2'990 Stück/ha entspricht einem durchschnittlichen Pflanzenabstand von 1.8 m.

- Die Baumartenzusammensetzung hat sich verändert. Der Vogelbeerbaum hat sich mit 10% Mischungsanteil besonders gut gehalten, während die Lärche und die Bergföhre überdurchschnittliche Ausfälle verzeichnen. Der Bergahorn liegt beim ursprünglichen Anteil (19%), ebenso etwa die Fichte (67%).
- Nur 30% der grössten Bäume aller Stichproben bzw. 50% der grössten Bäume jener Stichproben, die Dreibeinböcke aufweisen, sind durch ein temporäres Stützwerk geschützt. Offenbar ist ein soziologisches Umsetzen in der damals 25 bis 30-jährigen Aufforstung während der letzten 10 Jahre noch möglich gewesen, denn es wurden bei den Pflegeeingriffen 1983 bis 1986 gezielt die Vorwüchse geschützt.
- Die Pflanzendichte der einzelnen Stichproben ist sehr verschieden. Die Extreme variieren zwischen total 1'300 bis 5'100 Stück/ha oder bei den unbeschädigten Bäumchen zwischen 500 bis 3'900 Stück/ha. Es gibt Lücken, vor allem in den Lawinenzügen. Die Stichproben mit der dichtesten Bestockung liegen am unteren, südlichen Rand der Fläche.
- Die Länge der Endtriebe der grössten Fichten pro Stichprobe beträgt in den letzten 5 Jahren 37 cm bis 47 cm. Diese Bäumchen sind durchschnittlich 6.3 m hoch.
- Schneemechanische Schäden weisen 22% aller Bäumchen auf, wobei die Fichte mit 30% die am stärksten geschädigte Baumart ist. Die Säbelwüchsigkeit der Fichten kann mit einer durchschnittlichen Abweichung von 83 cm aus der Lotrechten bzw. einem Schiefstand von 8° im Sommer charakterisiert werden. Der Schadenanteil ist beim Bergahorn und Vogelbeerbaum 3- bis 4-mal kleiner als bei der Fichte (7% bzw. 10%). Bei der Fichte betreffen 90% der schneemechanischen Schäden Längsspaltungen des Stammes  
(Abbildung 3)  
, der Rest entfällt auf Querbrüche und sehr selten auf Entwurzelungen. Ohne Berücksichtigung der Stichproben in den Lawinenbahnen mit überdurchschnittlichen schneemechanischen Schäden beträgt der Schadenanteil bei der Fichte nur noch 20%.

In der Neuaufforstung aus dem Jahr 1984 haben die grössten Bäumchen im Jahr 1995 gemäss einer Stichprobenaufnahme eine durchschnittliche Höhe von 167 cm. Die durchschnittliche Länge der Endtriebe der letzten 5 Jahre beträgt je 20 bis 30 cm. Diese Pflanzen wachsen bis zum heutigen Zeitpunkt ohne nennenswerte schneemechanische Schäden auf.

Im Sommer 2001 wurde die Stichprobenerhebung in der alten Aufforstung wiederholt, allerdings mit halb so grossem Abstand der Stichprobenpunkte. Auf 65 aufnehmbaren Stichproben wurden 3'085 Bäumchen erfasst. Folgende Ergebnisse sind bemerkenswert

(Abbildung 5)

:

- Der Variabilitätskoeffizient ist gegenüber der Erhebung 1995 dreimal grösser, und die Aufnahmegenaugigkeit ist trotz viermal dichter Stichprobenintensität kleiner. Das Standardfehlerprozent beträgt 24.7% bei der Stammzahl und 13.6% bei der Höhe der grössten Pflanze pro Stichprobe. Die Stammzahldichte ist seit 1995 wesentlich inhomogener geworden. Aus einer ehemals extrem gleichförmigen Bepflanzung ist infolge der Naturereignisse eine sehr unterschiedliche Bestockungsdichte hervorgegangen.
- Die Stammzahldichte hat seit 1995 um fast 60% auf 4'750 Stück/ha zugenommen. Diese Zunahme ist statistisch allerdings nicht gesichert. Die Stammzahldichte 2001 ist gemäss Chi-Quadrat-Test nicht normalverteilt (Irrtumswahrscheinlichkeit  $2\alpha < 0.0005$ ). Bei detaillierterer Analyse könnten wahrscheinlich mindestens zwei

Teilpopulationen gebildet werden (stark und wenig lawinengeschädigt), was hier aber nicht relevant ist. Mit dem nichtparametrischen U-Test kann ein Unterschied zwischen den Stammzahlverteilungen 1995 und 2001 nicht gesichert werden. Deshalb soll die Entwicklung der Stammzahldichte bei einem weiter fortgeschrittenen Zustand in ca. 10 Jahren erneut untersucht werden. Die Stammzahldichte liegt heute immer noch 62% unter der Ausgangsdichte anfangs Sechzigerjahre. Der durchschnittliche Abstand der Bäumchen beträgt heute 1.45 m.

- Der Mischungsanteil hat sich seit der letzten Inventur 1995 zu Gunsten des Laubholzes verändert (78%), vor allem weil die Fichte zur Hälfte den Einwirkungen des Winters 1998/99 zum Opfer fiel und parallel dazu beim Laubholz starker Einwuchs erfolgte, welcher bei der Fichte ausblieb. Vor allem die Vogelbeere hat anteilmässig stark zugelegt.
- Der Grad der Säbelwüchsigkeit hat sich seit der letzten Erhebung nicht verändert.
- Die Länge der Endtriebe der grössten Fichten hat sich in den letzten 5 Jahren deutlich verringert. Diese Bäumchen sind heute durchschnittlich 8.0 m hoch, sowohl auf allen Stichproben als auch auf den Stichprobenpunkten von 1995.
- Heute sind die Verhältnisse stark von den jüngsten, extremen schneemechanischen Einwirkungen und den dadurch nötig gewordenen Pflegeeingriffen mit der Entnahme stark geschädigter Bäume geprägt. Im Jahr 2001 sind 25% der Fichten, 4% der Bergahorne und 1% des Vogelbeerbaumes schneemechanisch geschädigt bzw. 7% der Gesamtstammzahl. Interessanterweise werden jetzt auch beim Bergahorn Längsspaltungen festgestellt, und zwar ab 10 cm Brusthöhendurchmesser. 20% der Bergahorne, die in den einzelnen Stichproben den grössten Baum darstellen, weisen diese Schadenart auf. Dieses Phänomen wurde bei der letzten Inventur noch nicht beobachtet. Ohne schneemechanische Schäden sind heute 4'100 Stämmchen bzw. 800 Fichten pro Hektar. Das sind insgesamt fast doppelt so viele wie 1995, bei der Fichte allerdings nur noch 60% davon. Der natürliche Einwuchs dürfte durch die vorhandene Bestockung bereits gegen Schneeeinwirkungen geschützt sein, was in ca. 10 Jahren zuverlässig beurteilt werden kann. Diese Situation ermöglicht trotz allem eine gedeihliche Weiterentwicklung der Aufforstung.

Die Wirkung der Dreibeinböcke und die sich daraus ergebenden Folgerungen hat WOHLWEND (2001) dargestellt. 57% der untersuchten Dreibeinböcke sind beschädigt. Dieser grosse Schadegrad ist durch die um gegenüber „normalen“ Wintern mindestens 40% höhere Schneeauflast im Winter 1998/99 und die schneemechanisch nicht optimale Konstruktion mitverursacht.

## 6. Schneemechanik

W. FREY (2001, Artikel in dieser Zeitschrift) führt seit dem Winter 1988/89 in der Aufforstung Buech schneemechanische Untersuchungen mittels Gleitschuhen und Kriechsäulen durch. Er wies nach, dass die Bäumchen und die Dreibeinböcke das Schneekriechen vermindern, dass diese Wirkung jedoch räumlich eng begrenzt ist. Gleitmessungen zeigten ebenfalls eine deutlich geringere Bewegung der Schneedecke auf der Bodenoberfläche im bepflanzten und mit Dreibeinböcken verbauten Gebiet gegenüber der offenen Rasenfläche. Je älter die Bäumchen sind, umso grösser ist dieser Effekt. Es kann demnach angenommen werden, dass aus der aufgeforsteten Fläche keine Bodenlawinen mehr anbrechen, welche das Siedlungsgebiet gefährden. Damit erfüllte bereits die 30- bis 40-jährige Aufforstung eine wichtige ihr zugeordnete Funktion. Anrisse von oberflächennahen Schneebrettlawinen sind aber immer noch möglich.

Die Standfläche der 1.5 m bis 2.0 m hohen dreibeinigen Gleitschutzböcke apert früher aus als der Rest des Hanges. Die Böcke wirken gegen das Kriechen und Gleiten der Schneedecke sehr gut innerhalb der Umhüllenden und im weiteren Umkreis von etwa 1 m

(Abbildung 4)

. Junge Bäume sind am besten geschützt direkt unterhalb der Bockhölzer. Innerhalb und direkt oberhalb des Bockes gepflanzte Bäume werden als junge Stangenhölzer oft über die Bockhölzer abgequetscht.

## 7. Kosten (Preisbasis 1995)

### 7.1 Sanierung der alten Aufforstung aus den Jahren 1954-1964

Die pfleglichen Ersteingriffe in der bestehenden Aufforstung (Rottenpflege, Aufasten) 1983 bis 1986 waren sehr aufwendig (450 Std./ha). Die Gesamtkosten für die Sanierung (Pflege und Verbauung mit Dreibeinböcken) betragen 81'000.- Fr./ha. Prolongiert man die ursprünglichen Anlagekosten von 50'000.- Fr./ha nach heutigen Ansätzen über das vorhandene Bestandesalter von durchschnittlich 28 Jahren bis zum Abschluss des ersten Pflegeeingriffes mit 2.0%, so entspricht dies einem Nachwert (Gegenwartskosten) von 86'000.- Fr./ha. Die Sanierungskosten waren somit etwa gleich hoch wie die verzinsten Anlagekosten. Das am Ende des ersten Pflegeeingriffes in der Aufforstung gebundene Kapital beläuft sich auf 167'000.- Fr./ha oder insgesamt 1.1 Mio. Fr. Der Ausbau der Erschliessung kostete zusätzlich 120'000.- Fr.

### 7.2 Neuaufforstung 1984

Die Anlagekosten inkl. Dreibeinböcke belaufen sich auf 61'000.- Fr./ha. Hätte man die neue Aufforstung im gleichen System gleichförmig und flächendeckend wie die alte angelegt, mit dem Unterschied, dass die Dreibeinböcke ebenfalls gleich zu Beginn eingebracht worden wären, so beliefen sich die Anlagekosten auf 105'000.- Fr./ha. Sie wären damit gut 70% höher als mit dem gewählten System der rottenförmigen Bepflanzung.

### 7.3 Vergleich mit einer permanenten Stützverbauung

Angesichts der grossen aufforstungstechnischen Schwierigkeiten wurde auch schon die Frage gestellt, ob es nicht besser gewesen wäre, auf die Aufforstung zu verzichten und die Fläche mit einer permanenten Anrissverbauung aus Stahlschneebrücken zu sichern. Zu diesem Zweck wäre nach heutiger Kostenbasis eine Investitionssumme von 2.5 Mio. Fr. (ohne Unterhalt und Reparaturen) erforderlich. Auch vom wirtschaftlichen Standpunkt aus ist es somit keine Frage, dass die Variante Aufforstung in Kombination mit temporären Verbauungen gegenüber einer permanenten Anrissverbauung auf diesem Standort kostengünstiger ist, auch bei Einbezug der in Zukunft nötigen Pflegearbeiten.

## 8. Schlussfolgerungen



Aus der Aufforstung Buech können zur Zeit folgende Schlüsse gezogen werden:

- Die pedologischen und klimatischen Bedingungen für den Anwuchs sind in der Aufforstung Buech gut, entsprechend gering war jeweils der Ausfall an den wurzelnackt eingebrachten Pflanzen in den ersten Jahren.
- Die Situation bei der Inventur 1995 repräsentiert den „normalen“ Entwicklungsverlauf dieser Aufforstung, während die heutigen Verhältnisse (Inventur 2001) vom „Jahrhundertwinter“ 1998/99 und den darauffolgenden Pflegeeingriffen geprägt sind.
- Die schneemechanischen Belastungen (Schneegleiten und -kriechen) sind der kritische, erfolgsentscheidende Faktor. Die Probleme verschärfen sich während der Aufwuchsphase bis in das Dickungsalter (ca. 30 Jahre), wo die Elastizität der Stämmchen abnimmt und deren Tragfähigkeit (Durchmesser) noch nicht ausreicht, um diesen Belastungen schadlos zu widerstehen. Ab 12 cm Brusthöhendurchmesser ist die Fichte jedoch diesen Beanspruchungen gewachsen. In diesem Zeitpunkt sind die Bäume 4 - 6 m hoch und etwa 40 Jahre alt. Dann sind die Dreibeinböcke nicht mehr nötig.
- Die Fichte ist die schneemechanisch am meisten geschädigte Baumart, vor allem infolge Längsspaltungen des Stämmchens. Diese verheilen äusserlich sehr gut. Es muss in diesem Bereich allerdings mit Fäulnis gerechnet werden. Eine frühzeitige Einleitung der Verjüngung ist deshalb wichtig.
- Die Naturverjüngung erfolgt beim Laubholz intensiv (Bergahorn, Vogelbeer, Weiden), bleibt bei der Fichte dagegen aus, vermutlich wegen der üppigen Krautkonkurrenz. Die Naturverjüngung erhält wahrscheinlich durch die vorhandene Bestockung bereits einen guten schneemechanischen Schutz, was mit einer weiteren Inventur in ca. 10 Jahren überprüft werden soll.
- Die Stammzahl hat seit der Aufforstung anfangs der Sechzigerjahre stark abgenommen, 1995 betrug sie nur noch 24% der Ausgangsstammzahl. Seither nimmt sie wieder zu, heute liegt sie dank der Laubholz-Naturverjüngung bei 38%.
- Bei der Baumartenmischung ist seit 1995 eine starke Umschichtung zu verzeichnen. Bis 1995 konnten die Hauptbaumarten ihre Anteile etwa halten, von Ausfällen waren vor allem die Lärche und die Bergföhre betroffen. Dem Lawinenwinter 1998/99 fielen dann aber vor allem Fichten zum Opfer, während beim Laubholz ein Verjüngungsschub einsetzte, welcher zu starkem Einwuchs führte. Ohne das letzte extreme Ereignis hätte sich die Aufforstung wahrscheinlich in etwa der gleichen Mischungsart mit auf etwa 50% abnehmendem Fichtenanteil weiterentwickelt. Der extreme Winter 1998/99 und die intensive Naturverjüngung beim Laubholz führen zu einer deutlichen Veränderung der Mischung zu Gunsten des Laubholzes. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Fichte ohne künstliche Massnahmen auf weniger als 20% Mischungsanteil sinken wird.
- Die natürliche Dynamik, wonach bereits nach 40 – 50 Jahren reichlich Laubholznaturverjüngung von mindestens 1.3 m Höhe, also gesicherter Aufwuchs einer zweiten Baumgeneration, vorhanden ist, stellt einen wichtigen neuen und positiven Aspekt zur Festlegung des weiteren Vorgehens dar.
- Bezüglich des Höhenwachstums mag die Fichte bis heute mit den Laubbäumen mithalten.
- Obwohl die Fichte bezüglich ihrer Einwirkungen auf die Schneedecke vorteilhaft zu bewerten ist, gilt es im Sinne der Risikominimierung und des Aufbaues sich möglichst selbst erneuernder Bestände die standortgerechten Laubbaumarten mitzubedenken. In einer natürlichen Sukzession könnte sich hier die Fichte wahrscheinlich erst in einem Vorwald aus Laubbäumen etablieren. Dies bedeutet,



dass auf diesem Standort erst nach zwei Baumgenerationen das langfristige Waldbauziel erreicht werden kann.

- Die heute vorhandene Stammzahldichte der schneemechanisch nicht beschädigten Bäume ermöglicht nach wie vor eine zielgerechte Weiterentwicklung dieser Aufforstung.
- Die bereits rottenförmig angelegte *Neuaufforstung* wird zu Rottenschwärmen (ZELLER 1993) zusammenwachsen. Sie wird kaum Pflegeeingriffe benötigen.
- Die Eignung der Baumarten für die Aufforstung auf diesem Standort kann zur Zeit folgendermassen beurteilt werden:
  - geeignet: Bergahorn, Vogelbeere
  - bedingt geeignet: Fichte (nur mit Schutzmassnahmen),  
Lärche (nur auf der Rippe).
- Der Lawinenschutz in oberhalb gelegenen Anrissgebieten ist eine absolut notwendige Voraussetzung für eine Aufforstung.
- Die Aufforstung vermindert im Alter von 30 bis 35 Jahren das Kriechen und Gleiten der Schneedecke massgeblich. Auch die Dreibeinböcke erfüllen diese Wirkung. Das Schneegleiten dürfte kein Problem mehr sein. Es ist allerdings bemerkenswert, dass diese Wirkungen nur in einem sehr eng begrenzten Bereich um die Stützelemente herum stattfinden, seien es nun Baumstämmchen oder Böcke.
- Die rottenförmige Bepflanzung in der Neuaufforstung seit 1984 verursachte trotz 56% dichter Pflanzung und nur halb so grossem Abstand der Dreibeinböcke innerhalb der Gruppen pro Hektare Gesamtfläche nur ca. 60% der Kosten einer Aufforstung nach dem alten, flächigen System. Die Grösse der Blössen zwischen den Rotten bleibt deutlich unter dem kritischen Wert, wo es für die Lawinenbildung gefährlich wird. Zur Verhinderung von Lawinenanrissen ist es nicht nötig, die ganze Fläche gleichmässig zu bepflanzen. Das Schutzziel wird deshalb mit der rottenförmigen Aufforstung am besten, sichersten, raschesten und am billigsten erreicht. Auch die Pflege ist - sofern überhaupt noch nötig - viel einfacher und kostengünstiger. Weitere Vorteile ergeben sich beispielsweise für den Lebensraum der Wildtiere. Deshalb soll die Bepflanzung rottenförmig mit einem dichten Pflanzverband innerhalb der Rotten erfolgen und gleich zu Beginn mit dichten Verbauungen gegen das Schneegleiten und -kriechen geschützt werden. Diese Stützwerke müssen eine Standdauer von etwa 40 Jahren erreichen. Die Bäumchen sind direkt unterhalb der Stützen der dreibeinigen Verbauwerke am besten geschützt.
- Die Aufforstung, kombiniert mit temporären Stützwerken, ist auf diesem Standort vom wirtschaftlichen Standpunkt aus einer permanenten Anrissverbauung eindeutig vorzuziehen.
- Das in der Aufforstung Buech zur Zeit gebundene Kapital ist hoch, nämlich 150'000.- Fr./ha (Durchschnitt für die alte und die neue Aufforstung).
- Die langfristige, systematische Beobachtung solcher Flächen ist sehr lehrreich und für die weitere Massnahmenplanung unerlässlich.

Anmerkung: Ich danke A. Bächler, B. Bachmann, T. Brandes und P. Camin für die Feldaufnahmen.

## Literaturverzeichnis

BUWAL, WSL, 1990. Richtlinien für den Lawinenverbau im Anbruchgebiet, Bern.

- FREHNER, Monika, 1990. Vegetationskundliche Wald-Standortskarte Amden (unveröff.).
- FREY W., 2001. Forstliche Sanierung von Lawinenanrissgebieten: Praxisbezogene Untersuchungen aus den Schweizer Alpen. Bündner Wald 53. Jg., Nr. 6.
- FRUTIGER, H., 1966. Beobachtungen über das Gleiten und Kriechen der Schneedecke in der Lawinenverbauung "Mattstock"/Amden. Winterbericht SLF Nr. 30, 1965/66.
- HERB, R., 1962. Geologie von Amden mit besonderer Berücksichtigung der Flyschbildungen. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Neue Folge, 114. Lieferung, Kümmerly u. Frey, Bern.
- LANDOLT E., 1977. Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel, Zürich, 64. Heft.
- MAYER H. und OTT E., 1991. Gebirgswaldbau-Schutzwaldpflege, 2. Aufl., G. Fischer Verlag Stuttgart New York.
- MEYER-GRASS M., 1985. Waldlawinen: Gefährdete Bestände, Massnahmen. Merkblatt SLF Nr. 1.
- SCHÖNENBERGER W., FREY W. und LEUENBERGER F., 1990. Ökologie und Technik der Aufforstung im Gebirge. Berichte Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen Birmensdorf Nr. 325.
- SOMMERHALDER, 1977. Lawinentechnische Berechnung (SLF, nicht veröffentlicht).
- ZELLER E., 1993. Rottenpflege. Projekt Gebirgswaldpflege II, Bericht Nr. 3A.
- WALCHER J., 1982. Lawinenverbauung Mattstock, Teilprojekt Verbauung und Aufforstung „Buech“. Bericht (unveröffentlicht).
- WOHLWEND S., 2001. Analyse der Wirkung von Schutzmassnahmen gegen Schneegleiten. Diplomarbeit ETH Zürich Abt. VI.

Dr. Rolf Ehrbar  
dipl. Forsting. ETH  
Bitziweidstrasse 5  
8739 Rieden

Abbildungen

Abbildung 1: Aufforstung Buech/Amden im August 1995

Abbildung 2: Aufforstung Buech/Amden, November 1984:  
Im Vordergrund rottenförmige Neuaufforstung 1984 mit  
Dreibeinböcken, im Hintergrund alte Aufforstung aus den Jahren  
1954 -1964

Abbildung 3: Faserparallele Stammspaltung als häufigste Schadenart bei der  
Fichte

Abbildung 4: Wirkung der  
Dreibeinböcke auf die Schneedecke  
(Mai 1984)

Abbildung 5: Entwicklung der Mischungsanteile und der Bestockungsdichte 1964 –  
2001 mit 95%-Vertrauensbereich für die Stammzahldichte

