

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 150 (1999)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Verjüngung in Bestandeslücken eines subalpinen Hochstauden-Fichtenwaldes  
**Autor:** Mayer, Andrea Corinna  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1098420>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.04.2026

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

# Verjüngung in Bestandeslücken eines subalpinen Hochstauden-Fichtenwaldes

ANDREA CORINNA MAYER

Keywords: Subalpine spruce forests; regeneration; gaps FDK 174.7 Picea : 181.21 : 231 : (23) : (494.26)

**Abstract:** This article investigates and presents the influence of light on the introduction of regeneration in gaps of a sub-alpine shrub-spruce forest.

**Abstract:** Untersucht und dargestellt wird der Einfluss des Lichtes auf die Verjüngung in Lücken eines subalpinen Hochstauden-Fichtenwaldes.

## 1. Einleitung

Die ausserordentlichen Verjüngungerschwernisse in den meist nordexponierten subalpinen Hochstauden-Fichtenwäldern beschäftigen die forstliche Praxis und Forschung schon lange (BAVIER, 1910). Da die Wärme der Luft mit zunehmender Meereshöhe abnimmt, benötigen die jungen Bäume für gleiche Triebblängen eine grössere Beleuchtungsstärke (MITSCHERLICH, 1981). Einerseits ist direktes Sonnenlicht für das Wachstum der jungen Fichten nötig, andererseits entwickelt sich bald nach Auflichtung der Bestände ein dichter Teppich aus Alpendost und anderen Hochstaudenarten, die die jungen Fichten wiederum beschatten (IMBECK und OTT, 1987).

Natürlicherweise würde der Jungwuchs in hochstaudenreichen Fichtenwäldern auf Totholz oder unter lichten Vogelbeerwäldern, die die Ausbreitung der Hochstauden etwas eindämmen, aufwachsen (BISCHOFF, 1987, OTT *et al.*, 1997). Leider wird die Vogelbeere aber vom Wild verbissen, und starkes – also genügend hohes – und durch beginnende Verrottung für die Jungpflanzen attraktiv gewordenes Totholz ist in bewirtschafteten Wäldern selten. Will man die Schutzwirkung der hochstaudenreichen Fichtenwälder erhalten, muss nach Lösungen gesucht werden, die Fichte in dieser Waldgesellschaft notfalls auch ohne Vorwald und Totholz zu verjüngen.

Das Institut für Schnee- und Lawinenforschung Davos (SLF) startete deshalb in Zusammenarbeit mit der Professur für Waldbau der ETH Zürich 1980 ein Forschungsprojekt zur Verjüngungsproblematik in nordexponierten subalpinen Hochstauden-Fichtenwäldern (*Piceo-Adenostyletum* nach ELLENBERG und KLÖTZLI, 1972).

Nach den Ergebnissen von IMBECK und OTT (1987) sind für gutes Wachstum von Fichtensämlingen in subalpinen Hochstauden-Fichtenwäldern eine möglichst lange tägliche direkte Sonneneinstrahlung zur Erwärmung des Bodens, eine möglichst geringe Beschattung durch Hochstauden (v. a. *Adenostyles alliariae*) und eine frühe Ausaperung zur Verlängerung der Vegetationszeit und Verringerung der Schneeschimmelschäden nötig.

Die Gültigkeit dieses Ergebnisses für den Fichtenanwuchs wurde in einer Diplomarbeit überprüft.

## 2. Definition der verwendeten Fachbegriffe

Jungwuchs:	Junge Bäume bis 2 m Höhe.
Keimling:	Jungpflanze bis zum ersten Winter.
Sämling:	Ein- bis dreijähriger Baum.
Anwuchs:	Mindestens vierjähriger Baum, der noch unter der Krautschicht wächst.
Aufwuchs:	Baum, der die Krautschicht bereits überragt, aber kleiner als 2 m ist.

**Bestandeslücke:** Unbeschirmte Fläche innerhalb des geschlossenen Waldes (hier etwa eine Baumlänge breit, zwei Baumängen lang).

## 3. Material und Methoden

### 3.1 Gebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt im «Lusiwald» oberhalb von Davos-Laret im Kanton Graubünden (Schweiz). Dieser hochstaudenreiche Fichtenwald stockt an einem 36–40° geneigten Nordhang auf einer Meereshöhe von 1510 bis 1740 m ü. M. Das Klima im Gebiet des Lusiwaldes stellt einen Übergang zwischen dem ozeanischen Klima der Nordalpen und dem kontinentaleeren Zentralalpenklima dar. Der durchschnittliche Jahresniederschlag beträgt etwa 1200 mm, wovon rund 40% als Schnee fallen. In der Regel dauert die durchgehende Schneebedeckung in den Bestandeslücken von Anfang November bis Ende Mai. Die Vegetationszeit beträgt drei bis vier Monate (Mai/Juni bis September). Das nahegelegene Davos-Dorf hat eine Jahresmitteltemperatur von 2,8°C.

Der geologische Untergrund besteht aus einem unregelmässigen Gemisch von saurem Kristallin, Serpentin und Karbonat. Darauf hat sich eine fruchtbare Hangbraunerde entwickelt. Aufgrund der leicht abbaubaren Streu der Hochstauden ist die Humusform meist Mull, nur unter dichten Baumgruppen entstehen grössere Rohhumusaufgaben (JUCHLER und STICHER, 1985). Es bestehen kleinstandörtlich relativ starke Unterschiede bezüglich der Bodeneigenschaften (PFISTER, 1991).

Der Lusiwald gehört zum Standort Alpendostflur mit Fichte (*Piceo-Adenostyletum* nach ELLENBERG und KLÖTZLI, 1972). Dieser Standort zeichnet sich vor allem durch eine hohe Dichte an Grauem Alpendost (*Adenostyles alliariae*) und Alpenmilchlattich (*Cicerbita alpina*) aus. Kleinstandörtlich deutet sich ein Übergang zum *Sphagno-Piceetum calamagrostietetosum villosae* (nach ELLENBERG und KLÖTZLI, 1972) an. Dies zeigt sich am kleinflächig bereits dichten Vorkommen des Reitgrases (*Calamagrostis villosa*).

Der heutige Wald entstand nach Kahlschlag – unter Belassung von Samenbäumen – und anschliessender Beweidung. Man geht davon aus, dass die Keimung der Fichte durch den Tritt der Rinder und das grosse Licht- und Wärmeangebot begünstigt wurde.

Heute sind grosse Freiflächen und die damit verbundene erhöhte Lawinengefahr nicht mehr zu verantworten. Auch sind grossflächig einschichtige Bestände aufgrund der erhöhten Sturmwurfgefahr unerwünscht. Deshalb muss zur Verjüngung der Bestände kleinflächig direktes Licht auf den Boden gebracht werden.

### 3.2 Versuchsanlage

Auf der Grundlage der Untersuchungen von IMBECK und OTT (1987) wurden 1988 im Lusiwald vier durch Schneelastschäden

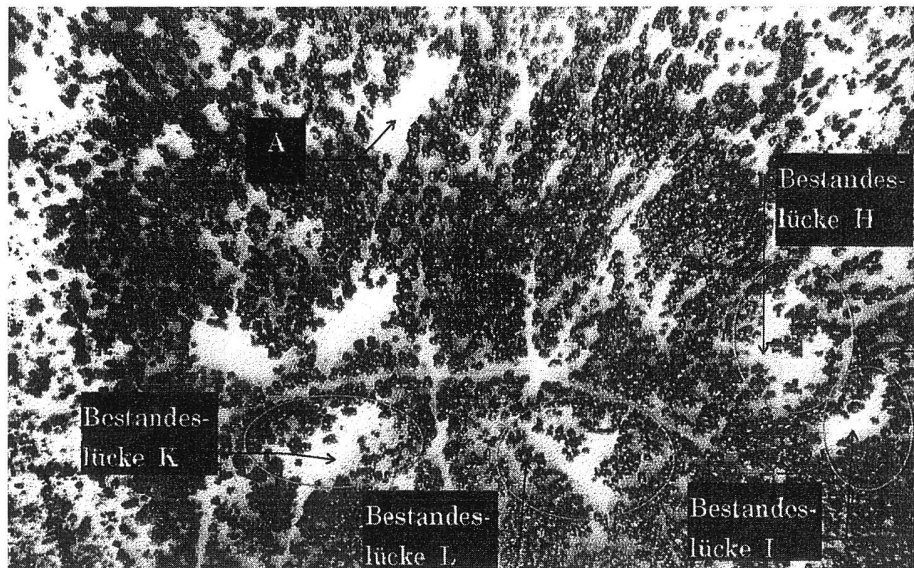


Abbildung 1: Photo des Lusiwaldes mit Bestandeslücken. Die untersuchten Bestandeslücken sind mit Kreisen bezeichnet. Süden ist oben! Auf Bestandeslücke A (links oben) wird in Kapitel 5 verwiesen.

entstandene Bestandeslücken gezielt in südöstlicher bzw. südwestlicher Richtung ausgeweitet, um eine direkte Einstrahlung der Morgen- bzw. Nachmittagssonne auf die nordexponierten Flächen zu ermöglichen. *Abbildung 1* zeigt die genaue Anordnung der Bestandeslücken.

Im folgenden Jahr wurden pro Bestandeslücke durchschnittlich 18 Stützpunktkulturen mit je 16 Fichten (*Picea abies* (L.) Karst.) jeweils auf einer Fläche von zwei bis vier Quadratmetern gepflanzt. Betreffend Ausaperung und Besonnung wurden möglichst verschiedene Pflanzstandorte gewählt. Bewusst wurden in die Untersuchung auch Bereiche einbezogen, von denen man gemäss anderen Forschungsarbeiten erwartete, dass sie keine idealen Bedingungen für die Jungpflanzen bieten würden. Die Fichten wurden jährlich mit Verbisschutzmittel behandelt.

### 3.3 Datenerhebung

1997 untersuchte die Autorin im Rahmen einer Diplomarbeit die Stärke des Einflusses folgender Faktoren auf den Höhenzuwachs des Fichtenanwuchses aus stützpunktartiger Pflanzung: Sonnenscheindauer, Deckungsgrad der Hochstauden, Ausaperung, Beschirmung, Hangneigung, Relief, Vorhandensein von Reitgras, Vorhandensein eines Hindernisses oberhalb der Stützpunktkultur, krummer Wuchs und Schäden durch *Herpotrichia juniperi* (Schneeschwamm), Wildverbiss und Trockenheit.

Die Sonnenscheindauer wurde anhand von Fischaugen-Photos bestimmt, die von den einzelnen Pflanzstandorten lotrecht nach oben aufgenommen worden waren. Nach der Methode von KUNZ (1983) legt man eine Folie mit den Sonnenbahnen des betreffenden Breitengrades auf die Fischaugen-Photos und zählt die Bereiche der Sonnenbahnen aus, die im hellen, nicht durch die Konturen der Bäume abgeschirmten Bereich liegen. Das Ergebnis ist die durchschnittliche tägliche Sonnenscheindauer in den einzelnen Sommermonaten.

Um die Vegetationskonkurrenz an den Stützpunktkulturen abschätzen zu können, wurde die Dichte der Hochstauden am Beispiel von Alpendost (*Adenostyles alliaria*) in vier Klassen geschätzt («1» = 0–25% Deckung; ...; «4» = 75–100% Deckung). Die innerhalb der Stützpunktkulturen wachsenden Hochstauden wurden von Mitarbeitern des SLF Davos jährlich Anfang August umgeknickt, d. h. die Fichten wurden in den Monaten Juni und Juli von den Hochstauden beschattet, in August und September jedoch nicht.

Der Ablauf der Ausaperung wurde jährlich in mehreren Karten als Momentaufnahmen eingezeichnet. Den Kleinstand-

orten wurden für die Auswertung Ausaperungszahlen von 1 bis 8 zugeordnet, je nachdem, wie oft sie in den Karten als «aper» eingetragen waren.

An den Jungpflanzen auftretende Schäden wurden jährlich aufgenommen und die Höhe gemessen. Um die Auswirkungen der verschiedenen Parameter auf das Höhenwachstum zu untersuchen, wurde der Höhenzuwachs der letzten sechs Jahre, d. h. 1991 bis 1996, verwendet. So wurde der Einfluss von Baumschulzeit und Pflanzschock auf die Ergebnisse minimiert. Da die Zuwächse der Bäume innerhalb der Stützpunktkultur mehr oder weniger homogen waren, konnte der Mittelwert aller Einzelbäume einer Stützpunktkultur als «stützpunkt-spezifisches» Kriterium verwendet werden. Für jede Stützpunktkultur wurde ausserdem der Anteil an Bäumen mit Verbisschäden, Herpotrichiabefall und Trockenschäden berechnet und der Prozentsatz krumm gewachsener Fichten bestimmt. Ausserdem wurde der Prozentsatz abgestorbener Bäume pro Stützpunktkultur berechnet.

Die Hangneigung wurde an jeder Stützpunktkultur einzeln gemessen. Das Kleinrelief wurde mit «1» für Mulde und «0» für Rippe bezeichnet. Analog wurden beschirmte Kleinstandorte mit der Zahl «1» und unbeschirmte mit «0» belegt. Das Vorhandensein von Reitgras innerhalb einer Stützpunktkultur wurde mit «1» vermerkt, Fehlen von Reitgras mit «0». Auch das Vorhandensein eines Hindernisses oberhalb einer Stützpunktkultur wurde mit «0» bzw. «1» bezeichnet.

### 3.4 Auswertung

Bei der Vielfalt von Einflussfaktoren auf den Höhenzuwachs der jungen Fichten handelt es sich um ein komplexes System miteinander korrelierter Parameter. Die Abhängigkeiten der verschiedenen Faktoren voneinander und ihr Einfluss auf das Höhenwachstum der Fichten wurden zuerst einzeln anhand von einfachen Regressionen eruiert. In einem hierarchischen Modell wurde das Wirkungsgefüge der wichtigsten Faktoren dargestellt (siehe *Abbildung 2*).

Auf der Grundlage dieses hierarchischen Modells wiederum konnte eine multiple Regression mit voneinander unabhängigen Variablen gerechnet werden. Um möglichst alle Aufnahmeparameter in die abschliessend gerechneten multiplen Regressionen einbeziehen zu können, mussten Kollinearitäten der erklärenden Variablen untereinander ausgeschlossen werden. Mit einer anderen erklärenden Variablen stark korrelierte erklärende Parameter wurden deshalb in der multiplen Regression entweder weggelassen, ihre Summe gebildet (Sonnenscheindauer der

## HIERARCHISCHES MODELL

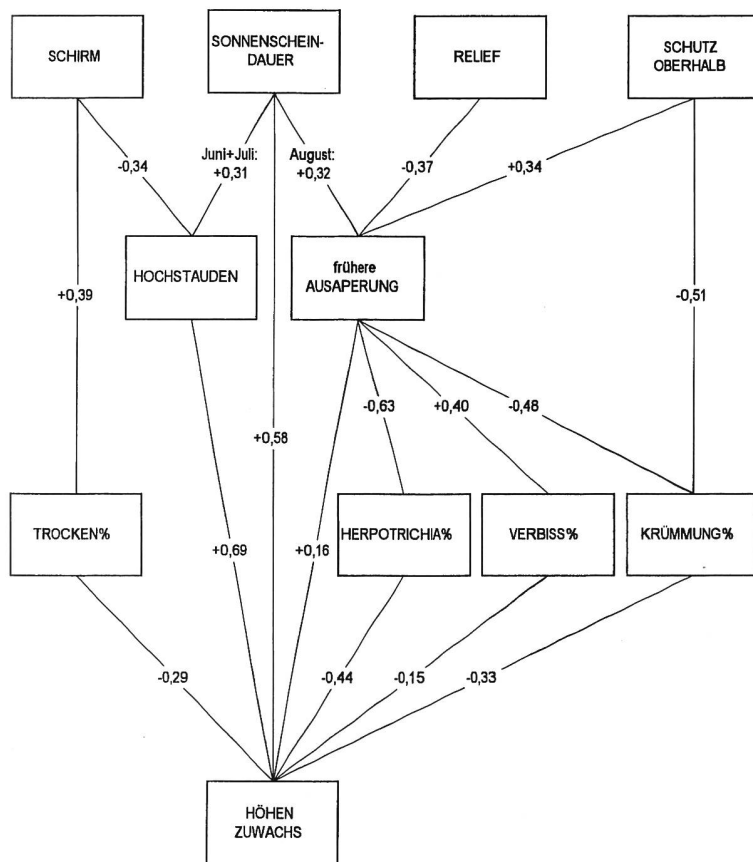


Abbildung 2: Hierarchisches Modell der wichtigsten Einflussfaktoren auf den Höhenzuwachs. Die Korrelationskoeffizienten auf den Verbindungsstrichen geben die Stärke des jeweiligen mit Hilfe linearer Regression ermittelten Zusammenhangs an (Korrelationskoeffizienten). «Sonnenscheindauer» = durchschnittliche tägliche Sonnenscheindauer der Monate Mai bis September; «Hochstauden» = Hochstaudendichtestufe; «Trocken%» = Prozentsatz der trockenheitsgeschädigten Bäume einer Stützpunktkultur (analog für «*Herpotrichia*%», «Verbiss%» und «Krümmungs%»); «Höhenzuwachs» = 6jähriger Höhenzuwachs der Stützpunktkultur von 1991 bis 1996. «Schirm» (= Beschirmung einer Stützpunktkultur), «Relief» (= Muldenstandort), «Schutz oberhalb» (= Vorhandensein eines Hindernisses oberhalb der Stützpunktkultur) sind binäre Faktoren, d. h. es wurde nur festgehalten, ob der Faktor vorhanden ist («1») oder nicht («0»).

fünf Sommermonate zusammen) oder deren Residuen verwendet. Bei dieser Methode der Verwendung von Residuen als erklärende Variablen nach STAHEL (1995) wird eine stärker mit der Zielvariablen korrelierte erklärende Variable X1 (z. B. Sonnenscheindauer) beibehalten, während eine Variable X2 (z. B. Hochstaudendichte) mit geringerem Einfluss auf die Zielvariable, aber stark mit X1 korreliert, durch die Residuen (= Abstände der Streuwerte von der Geraden) einer Regression von X1 auf X2 ersetzt wird. Das ist der Teil von X2, der von X1 nicht erklärt wird, also nicht mit X1 korreliert ist.

## 4. Ergebnisse und Diskussion

Die Stützpunktkulturen im Lusiwald zeigen im Durchschnitt gutes Wachstum für diesen Standort (etwa 3–5 cm pro Jahr). Die meisten der elfjährigen Stützpunktkulturen sind

inzwischen durchschnittlich 40 bis 60 cm hoch. Die Überlebensrate war mit 89 Prozent erstaunlich hoch.

Zuerst werden nun der Übersichtlichkeit halber die als Ergebnis der multiplen Regression gewonnenen wichtigsten Einflussfaktoren auf den Höhenzuwachs des Fichtenanwachses genannt:

- direkte Sonneneinstrahlung (+)<sup>1</sup>
- Beschirmung (-)
- Hochstaudendichte (+)
- Schäden durch *Herpotrichia juniperi* (-)

Bei der Diskussion dieses Ergebnisses wird dann auf Zusammenhänge der genannten wichtigsten Einflussfaktoren mit anderen in dieser Arbeit untersuchten Faktoren eingegangen.

### 4.1 Notwendigkeit direkten Sonnenlichts

Die jungen Fichten zeigen einen deutlich stärkeren Höhenzuwachs bei längerer täglicher Sonneneinstrahlung. Innerhalb der Bestandeslücke ist die Sonnenscheindauer je nach Standort der Stützpunktkulturen sehr verschieden. Eine einfache lineare Regression zeigte, dass im unteren Teil der Bestandeslücke die Sonnenscheindauer höher ist als an den oberen Bestandesrändern.

Eine erhöhte Lufttemperatur und die Bodenerwärmung wirken sich positiv auf das Wurzelwachstum aus (KOZŁOWSKI *et al.*, 1991). MITSCHERLICH (1981) betont, dass die Wärme der Luft mit zunehmender Meereshöhe abnimmt und die Bäume

deshalb für gleiche Triebblängen im Gebirge eine grössere Beleuchtungsstärke benötigen als in tiefer gelegenen Regionen.

LÜSCHER (1990) hebt die Sonnenscheindauer als wichtigen Einflussfaktor für das Höhenwachstum von Fichtenjungwüchsen aus Naturverjüngung in einem inneralpinen nordexponierten Fichtenwald hervor. FREHNER (1989) gibt nach Untersuchungen an einem zwischenalpinen Nordhang (1600 m ü. M.) einen Minimalwert für die Sonnenscheindauer im Monat Juni von mindestens 1,5 bis 2 Stunden für «genügendes» Wachstum von Fichtensämlingen an. Die elfjährigen Fichten im Lusiwald wuchsen dagegen bei einer Juni-Sonnenscheindauer von täglich nur einer halben Stunde noch etwa 2 cm pro Jahr in die Höhe. Mögliche Gründe für diese unterschiedlichen Ergebnisse sind das höhere Alter bzw. die bereits besser entwickelten Wurzeln der im Lusiwald gepflanzten Fichten und das Knicken der Hochstauden im vorliegenden Fall.

Abbildung 3 zeigt eine einfache lineare Regression zwischen der Sonnenscheindauer und dem Höhenzuwachs.

Die multiple Regression zeigte, dass die Sonnenscheindauer der wichtigste Einflussfaktor auf den Höhenzuwachs des Fichtenanwachses unter diesen Bedingungen ist. Die starke Streuung der Werte deutet jedoch darauf hin, dass nicht die Sonnenscheindauer allein das Wachstum der

<sup>1</sup> «+» bedeutet, dass ein Parameter einen positiven, «-», dass er einen negativen Einfluss auf den Höhenzuwachs der Fichten zeigt. Die Parameter sind nach abnehmendem Einfluss auf den Höhenzuwachs angegeben.

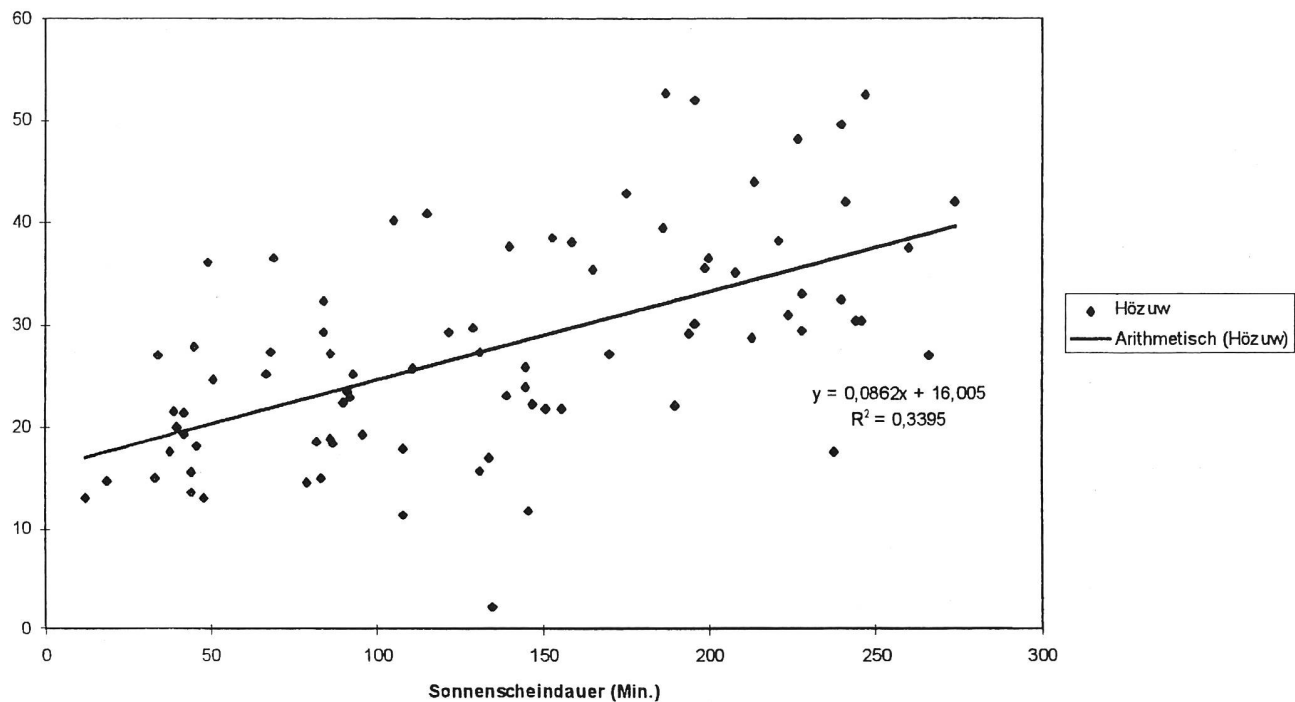


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen der Sonnenscheindauer der Monate Mai bis September (Durchschnitt pro Tag) und dem Höhenzuwachs der Fichten in den Jahren 1991 bis 1996, dargestellt anhand einer einfachen linearen Regression.

jungen Fichten bestimmt, sondern auch andere Faktoren eine wichtige Rolle spielen müssen.

#### 4.2 Negative Wirkung der Beschirmung

Die Beschirmung wirkt stark hemmend auf den Höhenzuwachs der jungen Fichten. Auch die Überlebensrate pro Stützpunktkultur ist an beschirmten Standorten verhältnismässig gering. An Fichten auf beschirmten Kleinstandorten wurden Trockenschäden festgestellt, während an nicht beschirmten Standorten kaum Trockenschäden auftraten.

Eine einfache Regression zeigte, dass die Sonnenscheindauer an den beschirmten Kleinstandorten (vermutlich aufgrund des flachen Einfallswinkels der Sonne am Nordhang) durch die Beschirmung nicht beeinflusst wurde. Der stark negative Effekt der Beschirmung ist deshalb wohl nicht auf Beschattung zurückzuführen, sondern auf die verminderte Wasserversorgung durch die Interzeption des Regenwassers und eventuell durch die Wurzelkonkurrenz durch Altbäume. Eine Fichtenkrone interzeptiert im Durchschnitt etwa 34% des Niederschlags (MITSCHERLICH, 1981). Die Bodenvegetation unter Schirm weist auf eine schlechtere Wasser- und Nährstoffversorgung dieser Kleinstandorte hin (PFISTER, 1993).

#### 4.3 Positiver Zusammenhang mit der Hochstaudendichte

Bei den elfjährigen Fichten zeigte sich erstaunlicherweise ein positiver Zusammenhang zwischen zunehmender Hochstaudendichte und dem Höhenzuwachs. Dies erklärt sich zum Teil durch die längere Besonnung, auf die auch die Hochstauden positiv reagieren. Die Hochstauden scheinen zudem – wie die Fichte – beschirmte Kleinstandorte zu meiden.

Erstaunlich ist jedoch, dass auch der Teil der Variation der Hochstaudendichte, der aufgrund der Verwendung der Residuen (Methode siehe Abschnitt 3.4) weder durch die Sonnenscheindauer noch durch die Beschirmung erklärt wird, einen positiven Zusammenhang mit dem Wachstum der Fichten zeigt.

Die Hochstaudendichte zeigt mit keinem weiteren der hier untersuchten Parameter einen signifikanten Zusammenhang. Der positive Einfluss der Hochstauden muss also auf andere hier nicht untersuchte Faktoren zurückzuführen sein. Die Zeigerwerte des Grauen Alpendostes (*Adenostyles alliariae*) stimmen bezüglich Nährstoff-, Feuchte- und Humuszahl sehr gut mit jenen der Fichte überein. Auch beim pH-Wert zeigen sich Übereinstimmungen der Ansprüche von Hochstaudenvegetation und Fichtenanwuchs: Die Fichte wächst bei schwach saurer Bodenreaktion mit pH-Werten im Bereich von 4 und 5 am besten (KREUTZER, 1961, zitiert nach SCHMIDT-VOGT, 1977), der Alpendost hat eine etwas weitere Spanne von pH 4,5 bis pH 7,5. Die Hochstauden könnten also gute Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit auch für die Fichte anzeigen. Das Vorkommen von Reitgras ist dagegen negativ korreliert mit dem Höhenzuwachs der Stützpunktkulturen. *Calamagrostis villosae* ist ein ausgesprochener Magerkeitszeiger (vgl. LANDOLT, 1977) und zeigt für die Fichte weniger geeignete Kleinstandorte an.

Die Dichte der Hochstauden zeigte im vorliegenden Fall gute Wuchsstandorte für den Fichtenanwuchs an. Die von IMBECK und OTT (1987) an Fichtensämlingen beobachteten negativen Einflüsse dichter Hochstauden-Vegetation wirken sich offenbar auf den hier elfjährigen Fichtenanwuchs weniger stark aus. LÄSSIG (1982) schreibt nach Beobachtungen im Lusiwald: «Die Bodenvegetation besiedelt wie die Fichte Verjüngungsstandorte mit einer günstigen Kombination der Faktoren Licht, Wärme, Wasser und Boden.» In diesem Zusammenhang weist er darauf hin, dass sich der Jungwuchs auch gut in einer dichteren Vegetationsdecke behaupten kann. Dies kann für den Fichtenanwuchs aus stützpunktartiger Pflanzung bestätigt werden.

#### 4.4 Schäden durch den Schwarzen Schneeschimmel

Der Befall mit Schwarzem Schneeschimmel (*Herpotrichia juniperi*) beeinflusst das Wachstum der jungen Fichten negativ. Die Überlebensrate an einem Standort hängt im Lusiwald ausserdem am stärksten vom Schneeschimmelbefall ab.

Nach SCHWERDTFEGER (1981) benötigt der Schneeschimmelpilz (*Herpotrichia juniperi*) feuchtigkeitsgesättigte Luft und eine Temperatur von mindestens  $-5^{\circ}\text{C}$  (Optimum:  $+15^{\circ}\text{C}$ ). In den untersten Schneeschichten nahe dem Boden herrschen daher die besten Bedingungen für die Entwicklung des Schwarzen Schneeschimmels (BAZZIGHER, 1976). Deshalb werden kleinere Fichten stärker von diesem Pilz befallen als grössere, die vom Schnee nicht mehr so tief an den Boden gedrückt werden.

#### 4.5 Wichtigkeit früher Ausaperung

Der Befallsgrad einer Stützpunktkultur mit *Herpotrichia juniperi* steigt mit späterem Ausaperungszeitpunkt signifikant an. Alle Faktoren, die auf den Ausaperungszeitpunkt eines Standortes wirken, nehmen somit auch Einfluss auf den Befallsgrad einer Stützpunktkultur mit Schwarzem Schneeschimmel. Die Standortfaktoren Vorhandensein eines Schutzes oberhalb der Stützpunktkulturen, Rippenstandort und höhere Sonnenscheindauer beschleunigen die Ausaperung (siehe *Abbildung 2*). Muldenstandorte dagegen bleiben im Frühjahr lange schneebedeckt. Im unteren Teil der Bestandeslücken wird die vermehrte Schneeablagerung durch den rascheren Schmelzvorgang aufgrund längerer Besonnung offenbar ausgeglichen. Im oberen Teil der Bestandeslücken erfolgt die Ausaperung wegen der geringen Sonneneinstrahlung generell etwas später.

Das Vorhandensein eines natürlichen Schutzes gegen Schneeabhebungen, z. B. Baumstrünke oberhalb von Stützpunktkulturen, wirkt durch die Wärmereflexion des Holzes positiv auf den Zeitpunkt der Ausaperung (STÖCKLI, 1995). An diesen Standorten finden weniger Schneeabhebungen und Schneekriechen statt (WALTER, 1973). Stützpunktkulturen an solchen Standorten waren früher schneefrei und wiesen auch einen geringeren Anteil an gekrümmten Bäumen auf. Bäume innerhalb früher ausapernder Stützpunktkulturen wurden häufiger vom Wild verbissen (siehe *Abbildung 2*). Dies scheint jedoch der einzige Nachteil früherer Ausaperung zu sein.

## 5. Folgerungen

### 5.1 Bisherige Erfahrungen mit Naturverjüngung

Wie bereits erwähnt, würden sich Fichten in der Waldgesellschaft Hochstauden-Fichtenwald in Urwäldern v. a. auf Moderholz oder unter Vogelbeere verjüngen (BISCHOFF, 1987). Die hohen Wildbestände verhindern in vielen Gebieten der Alpen das Aufkommen der Vogelbeere (OTT *et al.*, 1997). Da Zäunung am Steilhang und aufgrund der Schneeabhebungen kaum möglich ist und zudem meist die Zeit drängt, muss die Fichte ohne Vorwald verjüngt werden, was erhebliche Schwierigkeiten bereitet.

Günstige Kleinstandorte für die natürliche Ansamung befinden sich in der direkten Umgebung von Baumstrünken und auf Moderholz (BRANG, 1996; STÖCKLI, 1995). FREHNER (1989) empfiehlt, in bereits verlichteten Beständen mit geschlossener Krautschicht und ohne starkes Totholz zusätzlich zu pflanzen, da dort keine genügende Naturverjüngung zu erwarten sei.

### 5.2 Vorschläge für die Pflanzung in Bestandeslücken

Die Anlage langer, schmaler Bestandeslücken schräg zum Hang mit anschliessender stützpunktartiger Pflanzung kann als erfolgversprechende Technik zur Verjüngung des subalpinen Hochstauden-Fichtenwaldes empfohlen werden. Die Stützpunktkulturen im Lusiwald zeigen im Durchschnitt gutes Wachstum für diesen Standort (etwa 3–5 cm pro Jahr). Die meisten Stützpunktkulturen sind inzwischen durch-

schnittlich 40 bis 60 cm hoch. Die Überlebensrate war mit 89% sehr hoch.

Der Verschiedenheit der Kleinstandorte sollte allerdings in folgender Weise Rechnung getragen werden:

- ⇒ *Bei der Pflanzung muss auf eine möglichst lange tägliche Sonnenscheindauer während der Vegetationszeit geachtet werden.* Ein Minimalwert kann nicht angegeben werden, da der Fichtenanwuchs auch bei einer durchschnittlichen täglichen Juni-Sonnenscheindauer noch jährliche Höhenzuwächse von mindestens 2 cm zeigte.
- ⇒ *Beschirmte Standorte sollten nicht bepflanzt werden.* Ausnahmen: Eine Exposition zur Luvseite hin könnte auch unter Schirm das Wachstum der Verjüngung ermöglichen (FREHNER, 1989). In den ozeanisch getönten nördlichen Randalpen (mit über 1800 mm Niederschlag) verjüngt sich die Fichte subalpin am Nordhang auch unter Schirm (BISCHOFF, 1987).
- ⇒ *Die Hochstauden könnten bei der Auswahl günstiger Kleinstandorte für die stützpunktartige Pflanzung wichtige Hinweise geben.* Es müsste allerdings in weiteren Untersuchungen überprüft werden, ob der Vorteil des günstigen Standorts durch die nachteilige Wirkung der Beschattung wieder aufgehoben wird, wenn die Hochstauden nicht wie im vorliegenden Projekt jährlich Anfang August umgeknickt werden.
- ⇒ *Muldenstandorte sollten (trotz guter Nährstoffversorgung) wegen später Ausaperung und somit Gefahr eines Schneeschimmelfalls nicht bepflanzt werden.* An früher apernden Kleinstandorten beginnt ausserdem die Vegetationsperiode früher (TRANQUILLINI, 1959).
- ⇒ *Stützpunktartige Pflanzungen sollten möglichst in der Nähe von Baumstrünken oder grösseren Steinen angelegt werden.* Dies ist sowohl aufgrund früherer Ausaperung als auch geringerer Schneeabhebungen von Vorteil.

### 5.3 Grösse und Ausrichtung der Bestandeslücken

Grössere Bestandeslücken bieten dem Fichtenanwuchs aufgrund der grösseren Sonnenscheindauer offensichtlich sehr gute Wuchsbedingungen. Die Grösse der Bestandeslücken muss sich jedoch wegen der Gefahr von Schneeanhäufungen und Lawinenanrissen in einem gewissen Rahmen halten (OTT *et al.*, 1997). Hierbei ist vor allem auf die Lückenbreite in der Hangfalllinie zu achten, da innerhalb der Bestandeslücken anbrechende Lawinen den Bestand durchfließen und schädigen könnten.

Die in dieser Arbeit untersuchten Bestandeslücken im Lusiwald sind infolge nachträglicher Schneelast- und Sturmschäden am umgebenden Bestand inzwischen alle mindestens eine Baumlänge breit und etwa zwei Baumängen lang. Trotzdem wurden in den untersuchten Bestandeslücken bisher keine Lawinenabgänge vermerkt. In einer etwas grösseren und steileren Fläche (s. *Abbildung 1*, Bestandeslücke A) ereigneten sich jedoch schon mehrere Nassschneelawinen (nach Regen). Die in dieser Diplomarbeit untersuchten Bestandeslücken mit einer Breite von 30 bis 40 m in der Hangfalllinie und einer Hangneigung von 30 bis 40° stellen also je nach Risikobereitschaft und Sicherheitsauflagen bereits die oberste Grenze des Vertretbaren dar.

### 5.4 Vorschläge für die weitere Bestandesbehandlung

Die bereits beginnende Anfälligkeit für Schneelast- und Sturmschäden im Lusiwald lässt befürchten, dass der Bestand innerhalb der nächsten 100 Jahre sehr labil werden wird und deshalb – zur Erhaltung der Schutzwirkung gegen Lawinen – innerhalb dieser Zeit vollständig verjüngt werden muss. Im

Hinblick auf den Zeitdruck bei der Verjüngung der Bestände werden wohl Bestandeslücken in der Grösse der bereits angelegten notwendig sein. Durch eine Ausrichtung der Bestandeslücken nach SE bzw. SW, je nach Exposition des Hanges, kann die tägliche Sonnenscheindauer maximiert werden.

Innerhalb der Stützpunktkulturen werden kleinere Bäume immer mehr im Wachstum zurückfallen, während wenige grosse die Führung übernehmen. Letztlich wird pro Stützpunktkultur ein Baum stehen. Die Lücken zwischen den Stützpunktkulturen werden von auf günstigen Kleinstandorten aufgewachsener Naturverjüngung vermutlich im Laufe der Zeit geschlossen. Bei schrittweiser Erweiterung der Bestandeslücken könnte durch die Naturverjüngung mit der Zeit sogar eine mehr oder weniger stufige Struktur entstehen.

Sobald die jungen Fichten stabil genug sind, Lawinenanrisse zu verhindern, sollten die Bestandeslücken auf der hangabwärts gelegenen Seite etwas verbreitert werden. Dies ist etwa bei Erreichen einer der Maximalschneehöhe entsprechenden Baumhöhe der Fall.

## Zusammenfassung

In einem nordexponierten subalpinen Hochstauden-Fichtenwald (Alpendostflur mit Fichte, *Piceo-Adenostyletum* nach ELLENBERG und KLÖTZLI, 1972) bei Davos-Laret im Kanton Graubünden (Schweiz) wurden 1988 vier natürlich entstandene Lichtungen zu ovalen, schräg zur Hangfalllinie ausgerichteten Bestandeslücken erweitert. 1989 wurden 18 Kleinstandorte in jeder Bestandeslücke mit Fichten (*Picea abies* (L.) Karst) stützpunktartig bepflanzt. Jede dieser kleinflächigen Pflanzungen beinhaltet 16 dreijährige Fichten.

1997 wurden in einer Diplomarbeit die auf die Stützpunktkulturen einwirkenden Faktoren untersucht. Dies geschah anhand von einfachen und multiplen Regressionen.

Aus den Ergebnissen können folgende Schlüsse zur Auswahl von Kleinstandorten für die stützpunktartige Pflanzung innerhalb von Bestandeslücken subalpiner Hochstauden-Fichtenwälder gezogen werden:

Es sollte auf eine möglichst lange tägliche Sonnenscheindauer während der Vegetationsperiode geachtet werden. Beschirmte Kleinstandorte in subalpinen Hochstauden-Fichtenwäldern inner- und zwischenalpiner Gebiete sollten möglichst nicht bepflanzt werden. Grössere Hochstaudendichte kann günstige Standorte für die Fichte anzeigen. Auf eine frühe Ausaperung der Kleinstandorte sollte geachtet werden. Mulden und schattige Bestanderränder sollten deshalb nicht bepflanzt werden.

In Hochstauden-Fichtenwäldern mit Lawinenschutzfunktion stellt die Anlage von langen, schmalen Bestandeslücken mit anschliessender stützpunktartiger Pflanzung eine erfolgversprechende Technik zur kleinflächigen Verjüngung dar.

## Résumé

### Rajeunissement dans des ouvertures de peuplements dans une pessière subalpine à mégaphorbiaies

En 1988, dans une pessière subalpine à mégaphorbiaies (*Adenostylia* à *Epicéa*, *Piceo-Adenostyletum* selon ELLENBERG et KLÖTZLI, 1972) exposée au nord, proche de Davos-Laret, dans les Grisons (Suisse), quatre ouvertures de peuplements, d'origine naturelle, ont été élargies en ovale et dirigées en biais par rapport à la pente. En 1989, dans chaque ouverture, des épicéas (*Picea abies* (L.) Karst) ont été plantés ponctuellement sur 18 micro-stations. Chacune d'elle contient 16 épicéas, âgés de trois ans.

Les facteurs, influençant les plantations effectuées ponctuellement, ont été examinés dans le cadre d'un travail de diplôme en 1997. Cela a été mis en évidence sur la base de régressions simples et multiples.

Les résultats obtenus ont permis de tirer les conclusions suivantes concernant le choix de micro-stations favorables aux plantations dans les ouvertures de peuplements des pessières à mégaphorbiaies:

On devrait assurer une durée d'ensoleillement la plus longue possible durant la période de végétation. Les endroits sous abri des arbres dans les pessières à mégaphorbiaies des régions interalpines devraient si possible être évités. Les grandes densités de mégaphorbiaies peuvent être des endroits favorables pour l'épicéa. De plus, on doit s'assurer que dans ces micro-stations, le dégel a lieu promptement. Par conséquent, les dépressions de terrain et les lisières ombragées du peuplement ne devraient pas être plantées.

Dans les pessières à mégaphorbiaies à fonction de protection contre les avalanches, l'établissement de longues et étroites ouvertures de peuplements, associées à des plantations ponctuelles, s'est avéré une technique pleine de succès pour le rajeunissement de petites surfaces.

Traduction: ISABELLE GAMBETTA

## Summary

### Introducing Regeneration on Gaps within Stands of a Sub-alpine Shrub-Spruce Forest

In a sub-alpine forest with tall shrubs and spruce (*Piceo-Adenostyletum* according to ELLENBERG and KLÖTZLI, 1972) situated on a north facing slope near Davos-Laret in the canton of Graubünden (Grisons, Switzerland) in 1988 four natural gaps were extended to form oval gaps at an angle to the line of the slope. In 1989 on 18 spots spruces (*Picea abies* (L.) Karst) were densely planted. Each of those small-scale plantations contains 16 three-year old spruces. In 1997 the factors affecting the plantations were examined in a diploma thesis. This was carried out on the basis of simple and multiple regressions.

The findings indicate the following conclusions for the selection of spots for plantations in gaps of subalpine forests with tall shrubs and spruce: It should be ensured that the daily sunshine period is as long as possible during the vegetation period. Young trees on these sites should not be planted in the shade of old trees. A larger density of tall shrubs provides more favourable spots for the spruces. It should also be ensured that there is an early snow melt in spring time in these spots. There should not be planted spruces in hollows and shady peripheral areas of the forest stand. The establishment of long, narrow gaps in the forest stand with subsequent planting of spruces on favourable spots presents a promising method of regeneration in tall shrub-spruce forests, serving as protection against avalanches.

## Literatur

- BAZZIGHER, G. (1976): Der schwarze Schneeschimmel der Koniferen (*Herpotrichia juniperi* (Duby) Petrak und *Herpotrichia Coulteri* (Peck) Bose). Europ. Journ. For. Path. 6, 2: 109–122.
- BAVIER, B. (1910): Welches sind die Ursachen des so häufigen Fehlens der natürlichen Verjüngung in alten Fichtenbeständen hoher Lagen und wie kann dieser ungünstige Zustand beseitigt werden? Schweiz. Z. Forstwes. 61: 227–236.
- BISCHOFF, N. (1987): Pflege des Gebirgswaldes. Leitfaden für die Begründung und forstliche Nutzung von Gebirgswäldern. Bern: Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale.
- BRANG, P. (1996): Experimentelle Untersuchungen zur Ansammlungsökologie der Fichte im zwischenalpiner Gebirgswald. Beih. Nr. 77 Schweiz. Z. Forstwes.

- ELLENBERG, H. und KLÖTZLI, F. (1972): Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt. 48, 4: 587–930.
- FREHNER, M. (1989): Beobachtungen zur Einleitung der Naturverjüngung an einem nordexponierten Steilhang im subalpinen Fichtenwald. Schweiz. Z. Forstwes. 140, 11: 1013–1022.
- IMBECK, H. und OTT, E. (1987): Verjüngungsökologische Untersuchungen in einem hochstaudenreichen subalpinen Fichtenwald, mit spezieller Berücksichtigung der Schneeablagerung und der Lawinenbildung. Mitt. des EISLF Davos, 42.
- JUCHLER, S. und STICHER, H. (1985): Der Totalpbergsturz bei Davos aus bodenkundlicher Sicht. Geographica Helvetica 40, 3: 123–132.
- KOZLOWSKI, T., KRAMER, P., PALLARDY, S. (1991): The Physiological Ecology of Woody Plants. Academic Press. San Diego.
- KREUTZER, K. (1961): Wurzelbildung junger Waldbäume auf Pseudogley. Forstwiss. Centralblatt 80: 356–392.
- KUNZ, S. (1983): Anwendungsorientierte Kartierung der Besonnung in regionalem Massstab. Geographisches Institut der Universität Bern, Geographica bernensia, G 19.
- LÄSSIG, R. (1982): Studien über die Verjüngungsverhältnisse eines subalpinen Fichtenwaldes unter Berücksichtigung der örtlichen Schneeverhältnisse. Diplomarbeit am Institut für Waldbau der Univ. Göttingen (unveröffentlicht).
- LANDOLT, E. (1977): Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora, Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 64.
- LÜSCHER, F. (1990): Untersuchungen zur Höhenentwicklung der Fichtenverjüngung im inner-alpinen Gebirgswald. Diss. Nr. 8879 ETH Zürich.
- MITSCHERLICH, G. (1981): Wald, Wachstum und Umwelt. Eine Einführung in die ökologischen Grundlagen des Waldwachstums. Band 2: Waldklima und Wasserhaushalt. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M.
- OTT, E.; FREHNER, M.; FREY, H.-U.; LÜSCHER, P. (1997): Gebirgsnadelwälder. Ein praxisorientierter Leitfaden für eine standortgerechte Waldbehandlung. Verlag Paul Haupt. Bern Stuttgart Berlin.
- PFISTER, R. (1991): Die Entwicklung der Vegetation in zwei schlitzförmigen Bestandeslücken des Lusiwaldes bei Davos-Laret von 1982–1991. EISLF Davos. Int. Ber. Nr. 670.
- PFISTER, R. (1993): Verjüngungsökologische Untersuchungen im speziellen Zusammenhang mit der Verjüngung im hochstaudenreichen Fichtenwald. Diplomarbeit an der Professur für Waldbau der ETH Zürich (unveröffentlicht), 65 S.
- SCHMIDT-VOGT, H. (1977): Die Fichte. Band 1. Paul Parey Verlag. Hamburg und Berlin.
- SCHWERDTFEGER, F. (1981): Die Waldkrankheiten. Ein Lehrbuch der Forstpathologie und des Forstschutzes. Paul Parey Verlag. Hamburg und Berlin.
- STAHEL, W. (1995): Statistische Datenanalyse. Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden.
- STÖCKLI, B. (1995): Moderholz für die Naturverjüngung im Bergwald. Anleitung zum Moderanbau. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. Merkblatt für die Praxis.
- TRANQUILLINI, W. (1959): Die Stoffproduktion der Zirbe (*Pinus cembra* L.) an der Waldgrenze während eines Jahres. Planta 54.
- WALTER, H. (1973): Allgemeine Geobotanik. Uni-Taschenbücher 248, Ulmer Stuttgart.

### Dank

Mein herzlicher Dank gilt allen Mitarbeitern des Instituts für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) in Davos für die freundliche Aufnahme, insbesondere dem Institutsleiter Dr. WALTER AMMANN und seinem Stellvertreter WERNER FREY. Für die ausgezeichnete und motivierende Betreuung möchte ich Dr. VERONIKA STÖCKLI (SLF) danken. Dr. ERNST OTT ermöglichte mir den Zugang zur Gebirgswaldforschung und gab mir immer wieder wichtige Anregungen. Nicht zuletzt möchte ich ihm für die Korrektur dieser Veröffentlichung danken. Prof. Dr. JÜRGEN HUSS danke ich für die Annahme des Themas als Diplomarbeit am Waldbau-Institut der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

### Verfasserin:

ANDREA CORINNA MAYER, Diplom-Forstwirtin, Burgunderstrasse 4, D-79104 Freiburg.