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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 148 (1997)

Heft: 1

Artikel: Pflanzungen im Gebirgswald zur Nachahmung natürlicher Rotten

Autor: Fillbrandt, Thomas

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-765444

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: 09.07.2025

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

Pflanzungen im Gebirgswald zur Nachahmung natürlicher Rotten[1]

Von *Thomas Fillbrandt*

Keywords: Mountain forests; stand structure; «Rotte» (tree clumps); plantation.

FDK: 181.6: 228: 232.4: 56: (23)

1. Einführung

Aufgrund der schlechten Erfahrungen mit flächigen Aufforstungen im Gebirgswald wird in der Schweiz seit einigen Jahrzehnten von Forschern und Praktikern vorgeschlagen, nicht die ganze Fläche zu bepflanzen, sondern die Pflanzen auf räumlich getrennte Baumkollektive zu konzentrieren. Diese spezielle Aufforstungsart ist heute unter der Bezeichnung Rottenpflanzung oder Rottenaufforstung bekannt. Ihre Vorteile werden in zahlreichen schweizerischen Publikationen ausführlich dargestellt (z.B. *Schönenberger* 1986, *Bischoff* 1987, *Schönenberger et al.* 1990, *Zeller* 1994).

Da es im gesamten Alpenraum keine wissenschaftliche Versuchsfläche oder Untersuchung gibt, die gesicherte Aussagen über die langfristige Entwicklung von Rottenpflanzungen erlaubt, besteht das Wissen aus guten, aber subjektiven Beobachtungen in einzelnen Aufforstungen oder wurde aus Untersuchungen über *natürliche* Rotten an und oberhalb der Waldgrenze abgeleitet (z.B. *Kuoch* und *Amiet* 1970, *Lowery* 1972, *Arquillière* 1986).

Das Ziel einer in den Jahren 1993 bis 1996 an der Professur Forsteinrichtung und Waldwachstum der ETH Zürich durchgeführten Untersuchung war, mittels waldwachstumskundlicher Untersuchungen quantitative Aussagen über die Entwicklung gepflanzter Baumkollektive zu machen. Der vor-

[1] Nach einem Vortrag, gehalten am 11. November 1996 im Rahmen der Montagskolloquien der Abteilung für Forstwissenschaften der ETH Zürich.

liegende Aufsatz enthält die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchung. Die vollständigen Resultate zu allen untersuchten Aufforstungen können einer in Vorbereitung befindlichen Dissertation des Verfassers entnommen werden.

2. Begriffe Rotte und Baumkollektiv

Das Spektrum der in der Literatur beschriebenen und diskutierten Rottenformen im Gebirgswald hat *Zeller* (1994, 1995) umfassend dargestellt. Etwas pauschal ausgedrückt werden heute im Gebirgswald all diejenigen Strukturen als Rotten, rottenartig oder rottenförmig bezeichnet, die weder ausgesprochen gleichförmig noch plenterartig sind. Der Begriff Rotte – ohne konkretisierende Erläuterungen – ist damit zu einem vagen Begriff geworden, der beim einzelnen Leser ganz unterschiedliche Vorstellungen hervorrufen und in der Folge zu Missverständnissen führen kann.

Im vorliegenden Aufsatz wird anstelle des Begriffs Rotte der Begriff Baumkollektiv verwendet, der lediglich eine *bestimmte Textur* beschreibt. Darunter wird in Anhalt an *Kuoch* und *Amiet* (1970) eine Gemeinschaft von dicht beieinander stehenden Bäumen in Trupp- bis Gruppengrösse verstanden, die abgrenzbar und von benachbarten Baumgemeinschaften räumlich getrennt ist. Der Begriff Rotte wird nur dann verwendet, wenn die Struktur eines Baumkollektivs der Definition von *Kuoch* (1971a, 1971b) entspricht, d.h. zumindest angedeutet kegelförmig ist. Eine Rotte ist damit ein Spezialfall eines Baumkollektivs und verfügt *zusätzlich* über eine *bestimmte Struktur*. Diese begriffliche Trennung geht auf *Kuoch* (1972) zurück, der beim Nachwuchs im Gebirgswald Rotten und nicht höhendifferenzierte Kleinkollektive unterscheidet.

3. Untersuchungsflächen

Für die Untersuchung wurden Freiflächen-Aufforstungen in der hochmontanen und subalpinen Stufe ausgewählt. Die Versuchsflächen umfassen jeweils nur einen Teil der Aufforstung. Bei ihrer Abgrenzung wurde auf das Vorhandensein möglichst homogener Standortsverhältnisse geachtet; partiell überschirmte oder von Lawinenverbauungen beeinflusste Baumkollektive wurden nicht in die Versuchsflächen einbezogen. Insbesondere innerhalb von einzelnen Baumkollektiven bestehen daher – mit Ausnahme des Standortsfaktors Wild – keine *sichtbaren* kleinstandörtlichen Unterschiede. Aufgrund der genannten Auswahlkriterien gelten die nachstehenden Aussagen nicht für Baumkollektive, die in Lagen mit ausgeprägtem Mikrorelief, unter Schirm oder in kleinen Bestandeslücken gepflanzt wurden.

Die Baumkollektive sind je nach Aufforstung unterschiedlich gross und haben bislang keine (Fengst, Lauenenwald) oder nur schwache Pflegeeingriffe erfahren (Kirchberg, Jürada). *Tabelle 1* gibt einen Überblick über diejenigen Aufforstungen, deren Untersuchungsergebnisse hier vorgestellt werden.

Tabelle 1. Übersicht über einige Untersuchungsflächen.

Aufforstung	*Gemeinde*	*Höhenlage*	*Exposition*	*Höhenstufe*
Fengst	Sils i. D./GR	1410 m	SW	hochmontan
Kirchberg	Andermatt/UR	1880 m	S	subalpin
Lauenenwald	Unterbach/BE	1260 m	N	hochmontan
Jürada	Ramosch/GR	2040 m	SW	subalpin

4. Untersuchungsmethode

4.1 Feldaufnahmen

Die Untersuchung basiert auf der einmaligen Aufnahme von Bäumen und musste aufgrund des beabsichtigten Einbezugs möglichst vieler Aufforstungen auf solche Messgrössen beschränkt werden, die einfach zu erheben sind und trotzdem eine Aussage über die Entwicklung der Struktur erlauben.

Von allen lebenden und vorgefundenen toten Stämmen wurden die X-, Y- und Z-Koordinaten auf Brusthöhe bestimmt, so dass die räumliche Verteilung der Stämme nachgebildet werden konnte. Dabei wurden bei Stammverzweigungen (z.B. Zwiesel) unter 1,3 m Höhe alle Stämme eines Baumes separat eingemessen. An lebenden Stämmen erfolgte zusätzlich die direkte Messung von Brusthöhendurchmesser, Gesamthöhe und jährlichen Höhentrieben, wobei die zuletzt genannte Grösse in Form von 5jährigen Perioden mit Beginn an der Spitze gemessen wurde. Auf diese Weise gelang es, 10 Jahre Höhenwachstum nachzuvollziehen. Für die Aufforstung Fengst erlaubte die vollständige Entnahme von Baumkollektiven mit nachfolgender Analyse von Stammscheiben den Nachvollzug von 20 Jahren Höhen- und Stärkenwachstum.

Die Erfassung von Schälschäden war ursprünglich nicht beabsichtigt und wurde erst nachträglich aufgrund der vor allem im Innern von Baumkollektiven angetroffenen starken Schäden aufgenommen. Die Ergebnisse sind Inhalt einer separaten Publikation (*Fillbrandt* 1995).

Für Vergleiche mit anderen Aussagen ist zu beachten, dass sich baumkollektivbezogene Flächen- oder Durchmesserangaben nicht auf Kronenschirmflächen, sondern auf bepflanzte Flächen beziehen, die durch die Stammzentren der randständigen Stämme begrenzt sind.

Abbildung 1 zeigt am Beispiel eines Baumkollektivs der Aufforstung Fengst die räumliche Verteilung der Stämme. Charakteristisch, auch für die Mehrzahl der übrigen untersuchten Aufforstungen, ist der nahezu regelmässi-

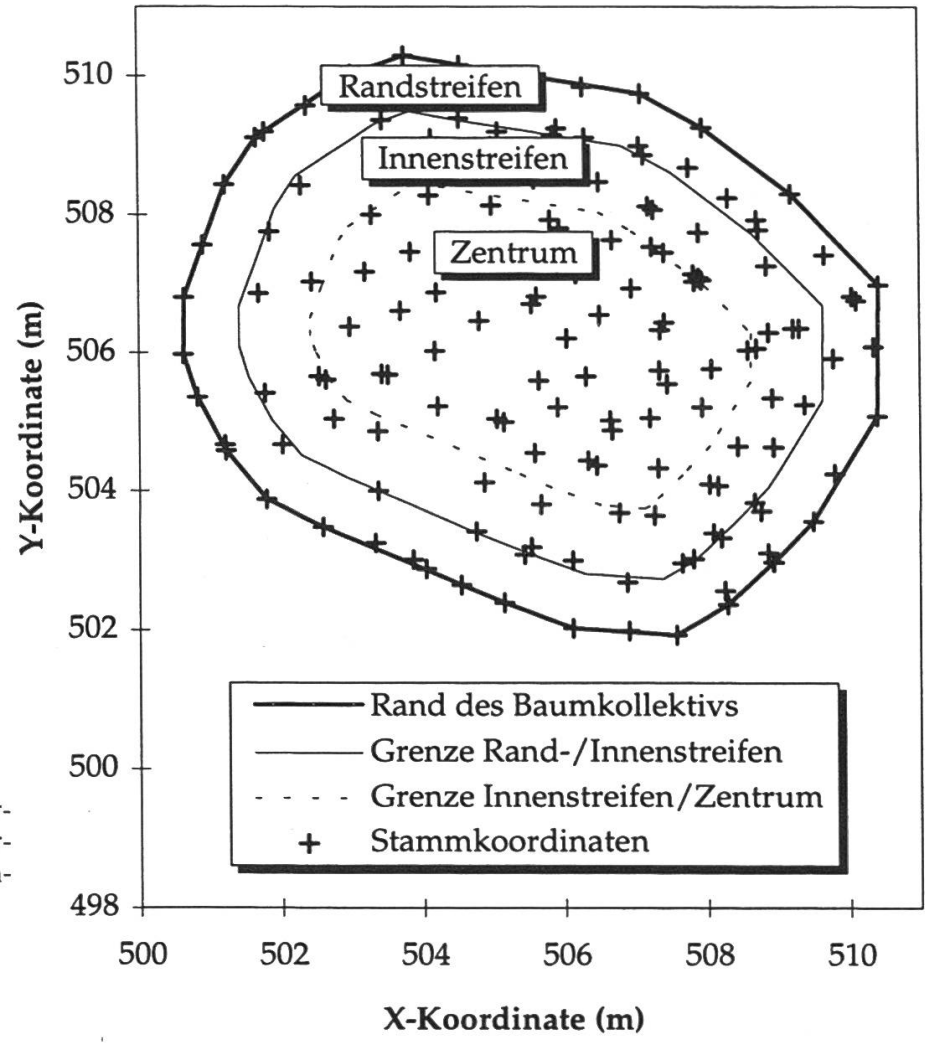

Abbildung 1. Aufforstung Fengst: Unterteilung in flächengleiche Straten.

ge Pflanzverband mit einem Abstand von 0,5 bis 0,7 m sowie die offensichtlich geringen Ausfälle in den Jahren nach der Pflanzung, die als Lücken im Verband sichtbar sind. Aufforstungsspezifisch sind die hohe Gesamtstammzahl sowie die natürliche Sterblichkeit, der in Fengst infolge der fortgeschrittenen Entwicklungsstufe (Übergang schwaches/starkes Stangenholz) inzwischen rund 40% der ursprünglich gepflanzten Bäume zum Opfer gefallen sind. Auf der Abbildung nicht sichtbar sind die geringen Abstände zwischen den Baumkollektiven von rund 2 bis 4 m, welche die heute empfohlenen Werte deutlich unterschreiten.

4.2 Stratifizierung in Baumkollektiven

Der Untersuchung lag die Hypothese zugrunde, dass Bäume im Innern von gepflanzten Baumkollektiven ein stärkeres Höhen- und Dickenwachstum aufweisen als die randständigen Bäume. Die Hypothese ist damit begründet,

dass einerseits die randständigen Bäume unter dem Einfluss von z.B. Schnee und Wild stärker im Wachstum behindert werden als die weiter im Innern der Baumkollektive gelegenen Bäume und andererseits die Bäumchen im Innern von einem für das Baumwachstum günstigeren Mikroklima profitieren. Da die Einflüsse folglich mit der Entfernung vom Rand ab- oder zunehmen, wurde für die Stratifizierung ein Verfahren gewählt, bei dem zunächst eine Bestimmung des Randes erfolgte. Ausgehend vom Rand, der im Beispiel als ein Polygon von 24 randständigen Stämmen definiert ist, wurden Straten zunehmender Entfernung vom Rand festgelegt (*Abbildung 1*).

Für die Arbeit wurde eine Lösung gewählt, bei der alle Straten über die gleiche Fläche verfügen. Die Breite der berechneten Streifen variiert je nach Baumkollektiv, beträgt aber in jedem Fall weniger als 1 m. Je nach Grösse der Baumkollektive ergeben sich 2 bis 5 Straten (*Abbildung 1:* 3 Straten). Anschliessend konnten die Stämme den unterschiedlichen Straten zugeordnet werden.

4.3 Auswahl der formbestimmenden Stämme in Baumkollektiven

Ein Ziel der Arbeit war, Veränderungen der äusseren Form eines Baumkollektivs nachzuvollziehen. Solche Veränderungen werden vor allem durch das unterschiedliche Höhenwachstum der Einzelstämme bewirkt. Dazu tragen jedoch nicht alle Stämme im gleichen Masse bei: Zum Aufnahmezeitpunkt tote, absterbende oder unterdrückte Stämme hatten bis auf wenige Ausnahmen in den vergangenen 10 Jahren keinen Anteil mehr am Kronenmantel. Der Wachstumsgang dieser Stämme lässt daher weder Schlüsse auf die vergangene Entwicklung der äusseren Form zu, noch ist er repräsentativ für die langfristig verbleibenden Kollektivglieder. Dagegen sind Stämme, die zum Aufnahmezeitpunkt eine im Verhältnis zu ihren Nachbarn soziologisch herrschende Stellung besassen, mit hoher Wahrscheinlichkeit auch in den vergangenen 10 bis 15 Jahren am Kronenmantel beteiligt gewesen und haben entscheidend am Aufbau der äusseren Form des Baumkollektivs mitgewirkt. Für die Darstellung der *aktuellen* Form wurden daher in jedem Stratum die 20% höchsten der zum Aufnahmezeitpunkt (1994, 1995) lebenden Stämme über 1,3 m als (vor)herrschend und damit massgeblich für die heutige Form des Baumkollektivs betrachtet. Die aus diesen Stämmen berechnete mittlere Höhe wird – gemäss der nur für diese Untersuchung gültigen Arbeitsdefinition – als *Oberhöhe* bezeichnet, die zugrundeliegenden Stämme sind die *Oberhöhenstämme.*

Frühere Formen wurden rekonstruiert, indem die zu einem bestimmten Zeitpunkt höchsten Stämme als repräsentativ für das Stratum betrachtet wurden. Da die Zahl der lebenden Stämme aber nur für den Aufnahmezeitpunkt bekannt ist, konnten für vergangene Zeitpunkte keine zeitlich entsprechenden 20%-Klassen gebildet werden. Die *absolute Zahl* der in die Auswertung einbe-

zogenen höchsten Stämme je Stratum ist damit gleichbleibend und entspricht für jeden Zeitpunkt den 20% höchsten Stämmen zum Aufnahmezeitpunkt.

Bei Baumkollektiven, die durchschnittlich weniger als 30 Stämme umfassen und in denen eine Auswahl der 20% höchsten Stämme je Stratum somit wenig sinnvoll oder sogar unmöglich ist, wurde als formbestimmender Stamm innerhalb eines Stratums der jeweils höchste Stamm definiert. Die daraus berechnete mittlere Höhe wird gemäss der Arbeitsdefinition als *Spitzenhöhe* bezeichnet.

5. Ergebnisse

5.1 Aufforstung Fengst

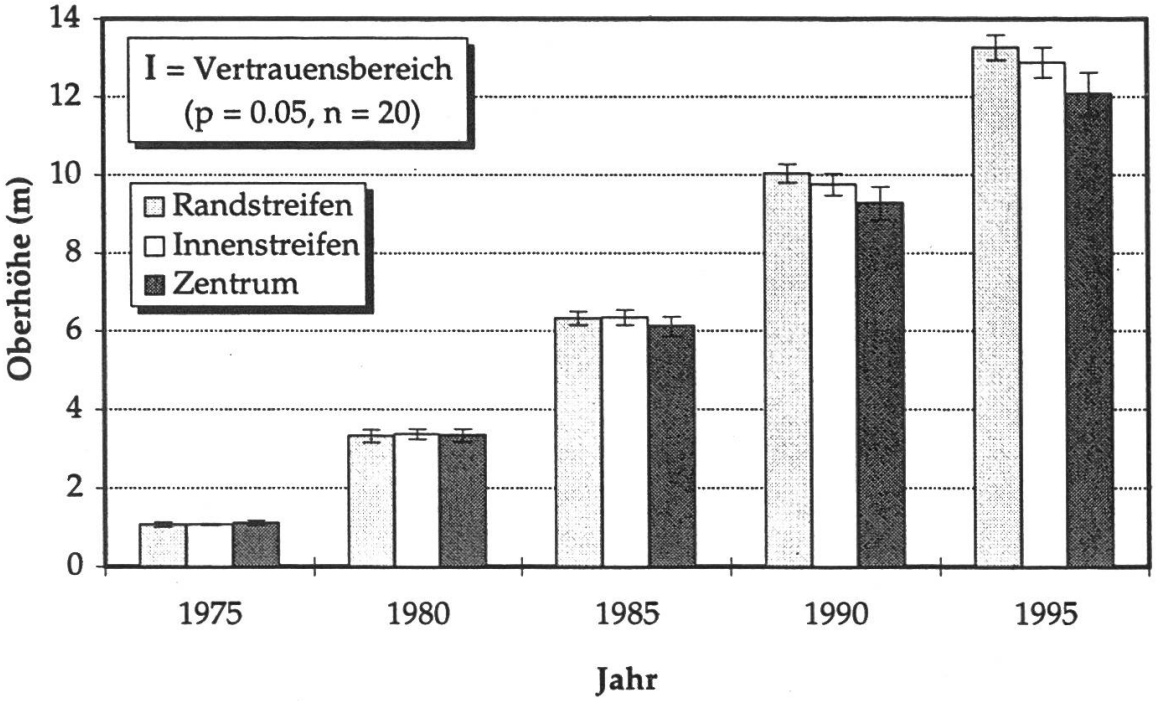

Abbildung 2. Aufforstung Fengst: Entwicklung der Oberhöhe nach Straten.

Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der Oberhöhe von 4 Baumkollektiven der Aufforstung Fengst. Zu den Zeitpunkten 1975 und 1980 scheinen sich die Straten kaum zu unterscheiden. Dies ist eine Folge der Berechnungsart, d.h. der Verwendung der Oberhöhe, welche die vielen kleineren Stämmchen nicht berücksichtigt. Vermutlich befanden sich im Randstreifen zahlreiche stark verbissene und dadurch *durchschnittlich* kleinere Stämmchen als in den übrigen Straten, und die wenigen hohen Stämmchen verteilten sich auf einen langen Streifen. Dies dürfte optisch den Eindruck einer schwach ausgeprägten Kegelform ergeben haben, die *Barandun* (1983) für diese Aufforstung beschrieb.

Im Gegensatz zu den davor liegenden Perioden wird im Zeitraum 1985 bis 1995 eine je nach Stratum unterschiedliche Entwicklung der Oberhöhe sichtbar. Heute besitzen die 20% höchsten Stämme des Randstreifens einen teilweise signifikanten Höhenwachstumsvorsprung vor denjenigen der übrigen Straten.

Eine Betrachtung des aktuellen Zustandes zeigt, dass sich nicht nur die Oberhöhe, sondern auch der Brusthöhendurchmesser (*Abbildung 3*) und der Schlankheitsgrad (*Abbildung 4*) der Oberhöhenbäume teilweise signifikant von denjenigen der übrigen Straten unterscheiden.

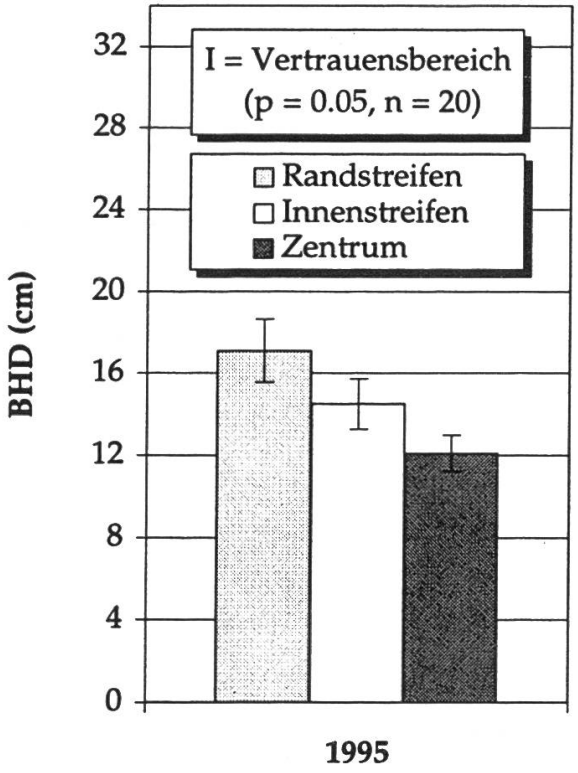

Abbildung 3. Aufforstung Fengst: Brusthöhendurchmesser der 20% höchsten Stämme nach Straten.

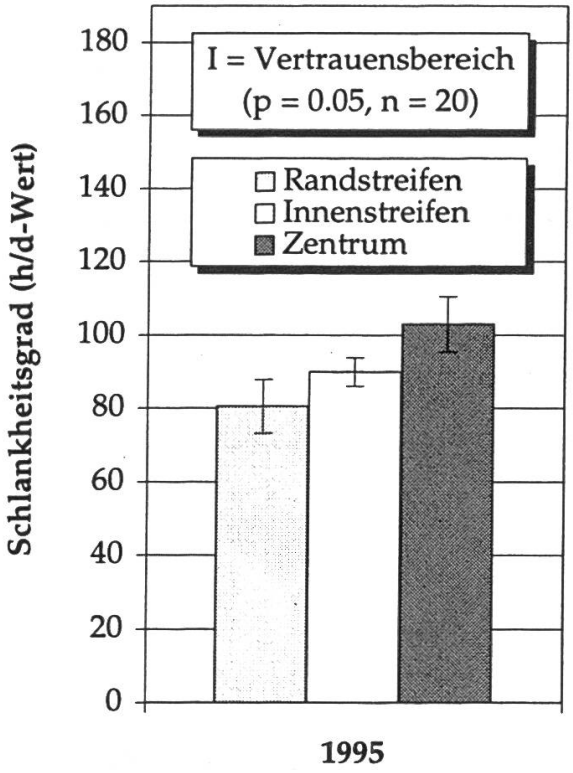

Abbildung 4. Aufforstung Fengst: Schlankheitsgrade der 20% höchsten Stämme nach Straten.

Die Oberhöhenstämme im *Innern* der Baumkollektive (Straten Innenstreifen und Zentrum) können aufgrund ihrer aktuellen Schlankheitsgrade von rund 90 bis 100 nicht mehr als stabil bezeichnet werden. Ein Einbezug der übrigen herrschenden Stämme in die Berechnung der durchschnittlichen Schlankheitsgrade ergibt einen noch wesentlich ungünstigeren Zustand (ohne Abbildung).

Während die hohen Schlankheitsgrade im Innern aufgrund der enormen Kronen- und Wurzelkonkurrenz verständlich sind, erstaunt der durchschnittlich hohe Schlankheitsgrad der Oberhöhenstämme im Randstreifen. Zwar sind die Ursachen für diese Entwicklung nicht genau bestimmbar, jedoch kann ein Blick auf den aktuellen Zustand der Aufforstung Fengst einige Hinweise geben.

Die Oberhöhenstämme des Stratums Randstreifen stehen zwar meist direkt am Rand, haben aber dort fast ebenso hohe und dadurch konkurrenzstarke Nachbarn, die ihnen für die Entwicklung der Krone nur eine schmale Öffnung nach aussen belassen. Nach innen bestehen wegen des noch relativ geringen Wachtumsvorsprungs kaum freie Entwicklungsmöglichkeiten. Bei kleineren Baumkollektiven, weiteren Pflanzabständen oder bei einer stärkeren Differenzierung besteht für die Kronenentwicklung sicherlich eine günstigere Situation. Einen negativen Einfluss auf den Schlankheitsgrad dürften auch die geringen Abstände zwischen den Baumkollektiven haben (2 bis 4 m), als deren Folge sich schon heute die grünen Kronen benachbarter Fichtenkollektive an vielen Stellen berühren. Die obenstehenden Aussagen gelten sinngemäss auch für die Entwicklung des Wurzelwerks.

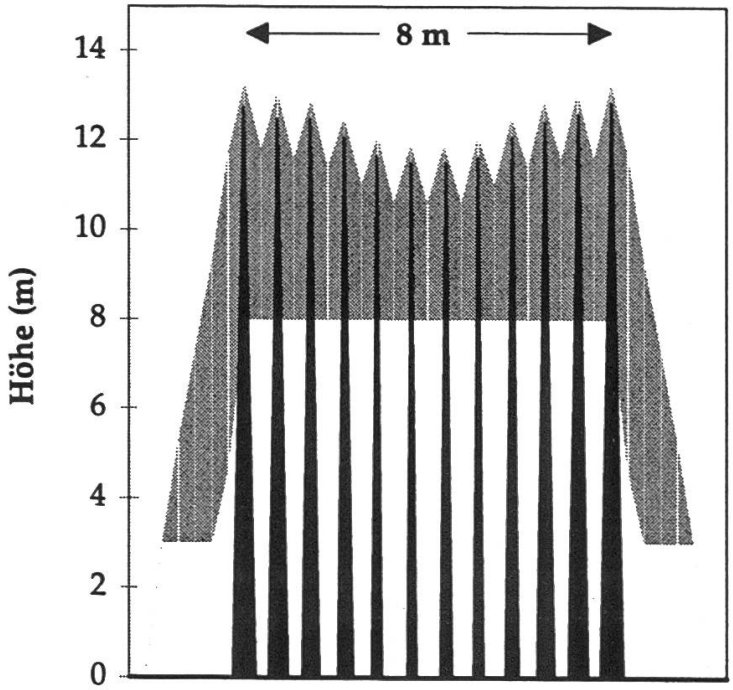

Abbildung 5. Durchschnittliches Baumkollektiv der Aufforstung Fengst.

Die schematische Darstellung (*Abbildung 5*) basiert zwar auf den Ergebnissen der Untersuchung (Stammhöhen, Kollektivdurchmesser, Stammabstände), die Stammdurchmesser sind aber nicht massstabsgetreu und in ihrem Verhältnis zueinander überzeichnet dargestellt; die Kronenansätze sind geschätzt. Trotz dieser Vorbehalte, die auch für die schematischen Darstellungen der übrigen Versuchsflächen gelten, vermittelt die *Abbildung 5* einen wirklichkeitsnahen Eindruck eines durchschnittlichen Baumkollektivs der Aufforstung Fengst.

Das Beispiel Fengst (hochmontane Stufe; *Abbildung 5*) deutet darauf hin, dass sich in dichtbepflanzten Baumkollektiven dieser Grösse ein Innenbereich aus labilen Stämmen entwickelt. Aufgrund der konkaven Form des Kronen-

dachs, der hohen Stammzahldichte und der noch sehr innigen Kronenverzahnung ist vorstellbar, dass sich unter extremen Witterungsbedingungen hohe Schneelasten aufbauen. Bisher wurden zahlreiche Einzelbrüche oder Brüche von zwei bis vier benachbarten Stämmen festgestellt, jedoch – im Gegensatz zu Lärchenkollektiven – kein flächenhafter Zusammenbruch. Die Stabilität solcher Baumkollektive als Ganzes wird vermutlich nicht *wegen*, sondern *trotz* der hohen Stammzahl im Innern durch die noch einigermassen stabilen Randbäume gewährleistet.

5.2 Aufforstung Kirchberg

Der Kirchberg bei Andermatt, ein Beispiel aus der subalpinen Stufe nahe der Waldgrenze, wurde im Laufe von mehreren Jahrzehnten aufgeforstet. Innerhalb der Aufforstung wurden drei relativ junge Versuchsflächen mit insgesamt sechs Baumkollektiven ausgewählt, die bislang nur einen schwachen Pflegeeingriff erfahren haben, bei dem keine herrschenden Bäume entnommen wurden.

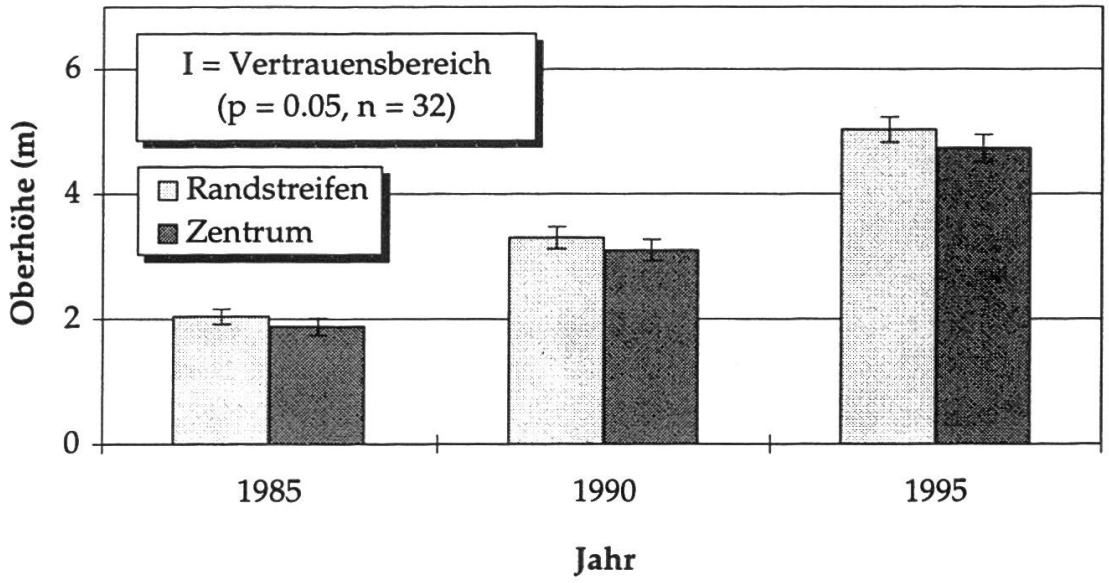

Abbildung 6. Aufforstung Kirchberg: Entwicklung der Oberhöhe nach Straten.

Erstaunlicherweise zeigt die Entwicklung der Oberhöhe (*Abbildung 6*) ein ähnliches Bild wie die frühe Entwicklung des hochmontanen Beispiels Fengst. Auch hier scheint bezüglich des Höhenwachstums zwischen Randstreifen und Zentrum eine unterschiedliche Entwicklung abzulaufen. Signifikante Unterschiede im Höhenwachstum sind bislang keine vorhanden, können aber, sofern der gegenwärtige Trend anhält, vermutlich in rund 10 Jahren oder bei einer Oberhöhe von rund 9 m erwartet werden.

Auffällig ist, dass die Oberhöhenstämme des Stratums Randstreifen schon früh, d.h. bei einer Höhe von rund 2 m, einen leichten, nicht signifikanten Höhenwachstumsvorsprung besitzen. Dieser frühe Vorsprung kann bei allen untersuchten Aufforstungen beobachtet werden, bei denen zum Aufnahmezeitpunkt kein oder nur ein schwacher Verbiss festgestellt wurde. Im Gegensatz dazu hatten die Oberhöhenstämme aller untersuchten Aufforstungen mit starken aktuellen Verbissschäden bei dieser Höhe einen leichten, nicht signifikanten Rückstand. Ein Zusammenhang zwischen Verbissintensität und Höhenwachstumsvorsprung erscheint daher wahrscheinlich, kann jedoch, da die Verbissintensität im Zeitraum des Durchwachsens des verbissempfindlichen Höhenbereichs unbekannt ist, nicht eindeutig nachgewiesen werden.

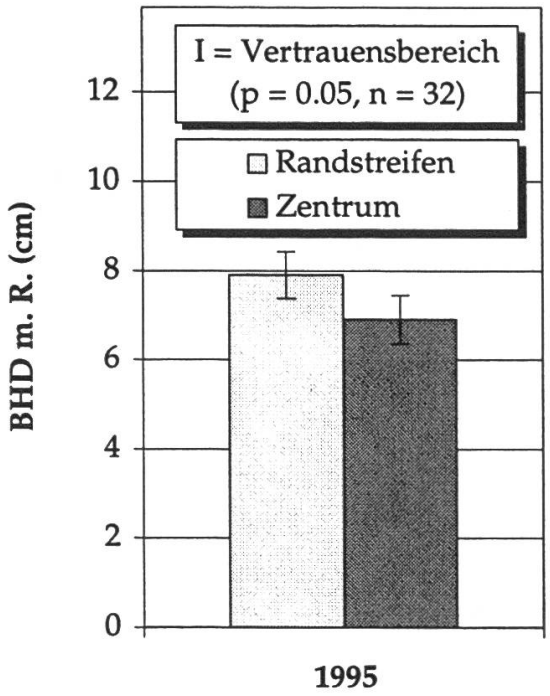

Abbildung 7. Aufforstung Kirchberg: Brusthöhendurchmesser der 20% höchsten Stämme nach Straten.

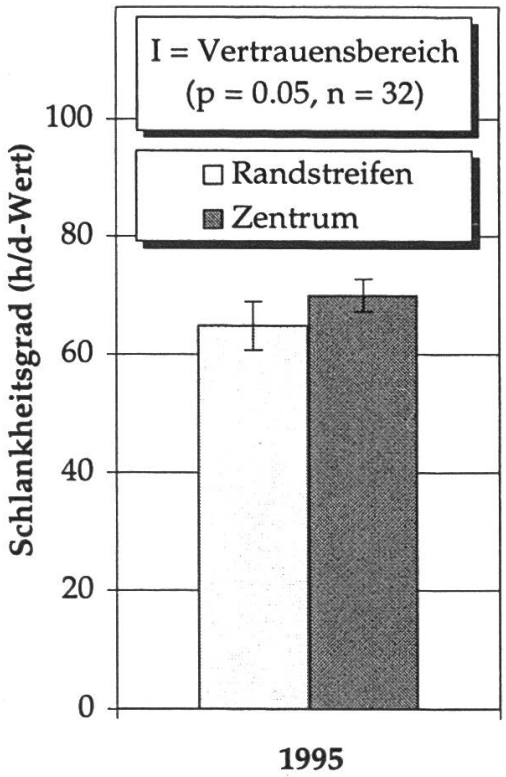

Abbildung 8. Aufforstung Kirchberg: Schlankheitsgrade der 20% höchsten Stämme nach Straten.

Die Oberhöhenstämme im Randstreifen besitzen einen etwas höheren Brusthöhendurchmesser (*Abbildung 7*) und einen etwas niedrigeren Schlankheitsgrad (*Abbildung 8*) als die entsprechenden Stämme im Zentrum, die Unterschiede sind jedoch (noch) nicht signifikant.

Die *Abbildung 9* zeigt ein bislang absolut stabiles Baumkollektiv der Entwicklungsstufe Dickung. Ohne weitere Pflegemassnahmen ist in der Stangenholzstufe die Ausbildung eines zwar kleinen, aber gleichwohl labilen Zentrums denkbar. Das möglicherweise entstehende labile Zentrum wird vermut-

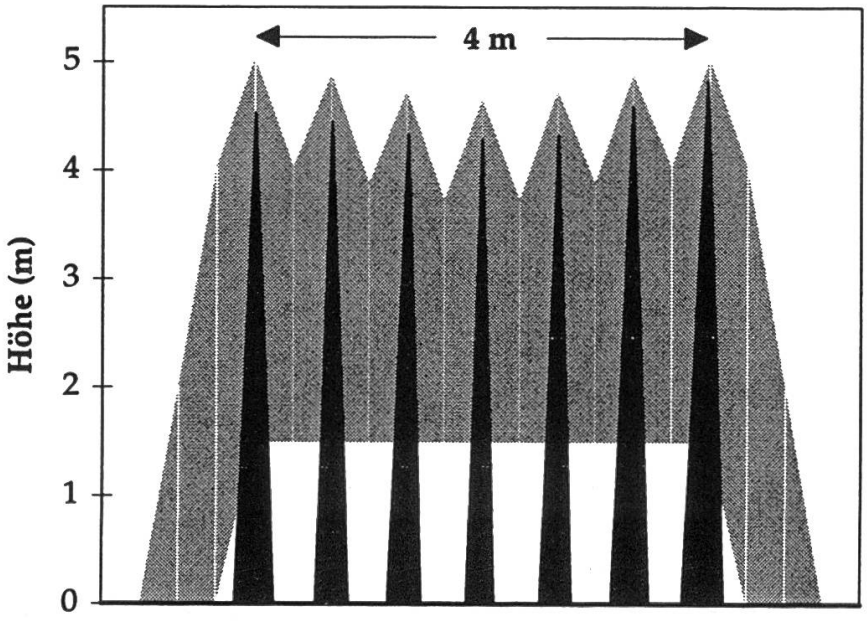

Abbildung 9. Durchschnittliches Baumkollektiv der Aufforstung Kirchberg.

lich keinen negativen Einfluss auf die stabilen Randbäume ausüben. Sofern die bisherige Entwicklung keine grundlegenden Änderungen erfährt, werden in der Baumholzstufe die Bäume im Zentrum unterdrückt oder schon abgestorben sein.

5.3 Aufforstungen Lauenenwald und Jürada

Die beiden folgenden Beispiele aus der hochmontanen und subalpinen Stufe zeigen kleine Baumkollektive, bei denen jeweils nur 10 bis 20 Pflanzen im Abstand von 0,5 bis 0,7 m gesetzt wurden. Wie bei den übrigen Beispielen unterschreiten die Abstände der Baumkollektive die in der aktuellen Literatur geäusserten Empfehlungen. Da es sich um Aufforstungen am Übergang von der Dickungs- zur Stangenholzstufe handelt und sich die Kronen der Baumkollektive noch kaum berühren, dürften die geringen Abstände bislang kaum Auswirkungen auf das Wachstum der Randbäume gehabt haben.

Beide Beispiele zeigen die bereits bekannte Entwicklung: Schon sehr früh haben die höchsten randständigen Stämme einen leichten Höhenwachstumsvorsprung vor den höchsten Stämmen des Zentrums (*Abbildungen 10* und *13*). Allen untersuchten Aufforstungen in der hochmontanen wie in der subalpinen Stufe ist gemeinsam, dass die Randstämme von kleinen Baumkollektiven diesen Vorsprung schneller ausbauen als diejenigen grosser Baumkollektive. So besitzen die Randstämme kleiner Baumkollektive bereits in der späten Dickungsstufe einen oft signifikanten Vorsprung vor den Stämmen des Zentrums. Es kann vermutet werden, dass die einseitig relativ freie Kronen- und Wurzelentwicklung der Randstämme Ursache für diese frühe und starke Differenzierung ist.

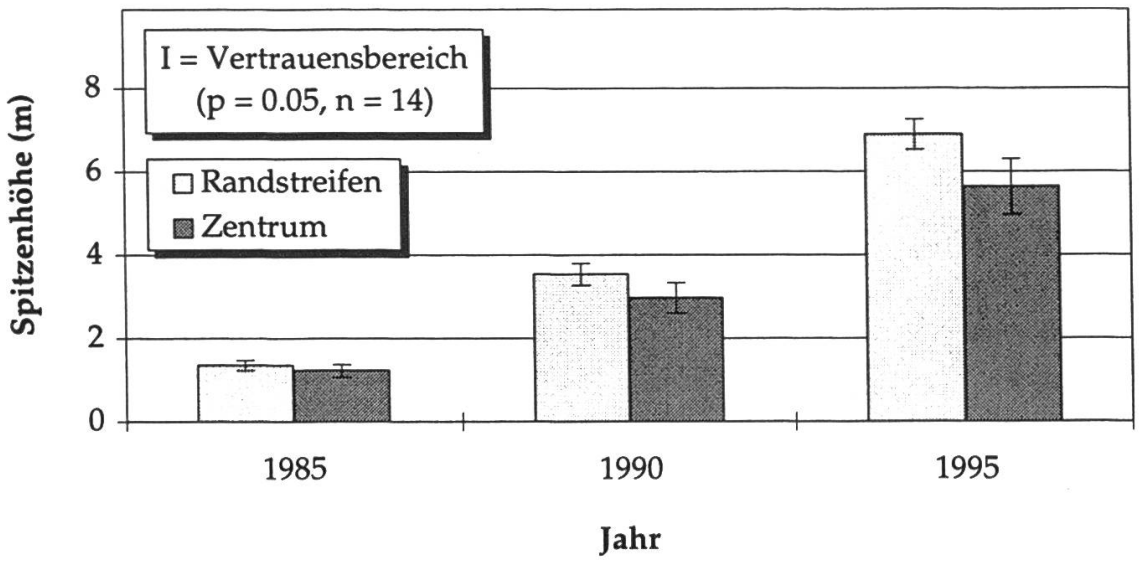

Abbildung 10. Aufforstung Lauenenwald: Entwicklung der Spitzenhöhe nach Straten.

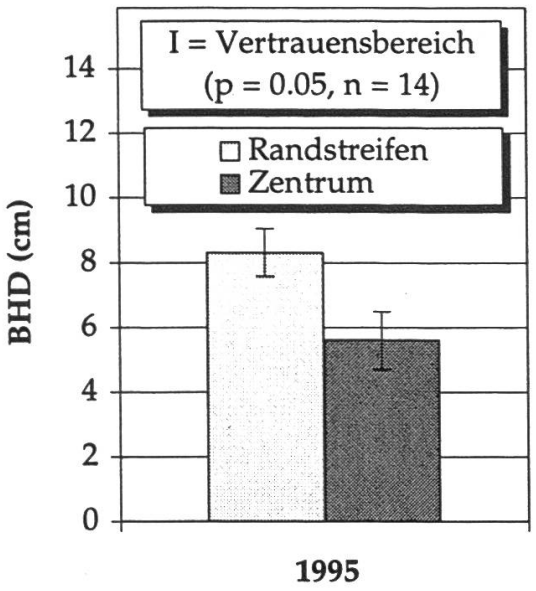

Abbildung 11. Aufforstung Lauenenwald: Brusthöhendurchmesser der 20% höchsten Stämme nach Straten.

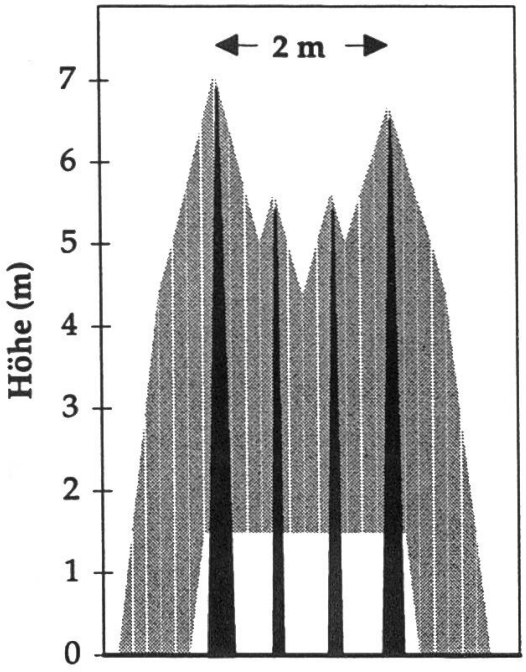

Abbildung 12. Durchschnittliches Baumkollektiv der Aufforstung Lauenenwald.

Die aktuellen Brusthöhendurchmesser (*Abbildungen 11* und *14*) zeugen von einer unterschiedlichen Entwicklung des Stärkenwachstums. Die grossen Vertrauensbereiche, insbesondere bei der Aufforstung Jürada (*Abbildung 14*), weisen darauf hin, dass die Brusthöhendurchmesser der jeweils höchsten Stämme sehr stark voneinander abweichen. Da bei der Aufforstung Jürada

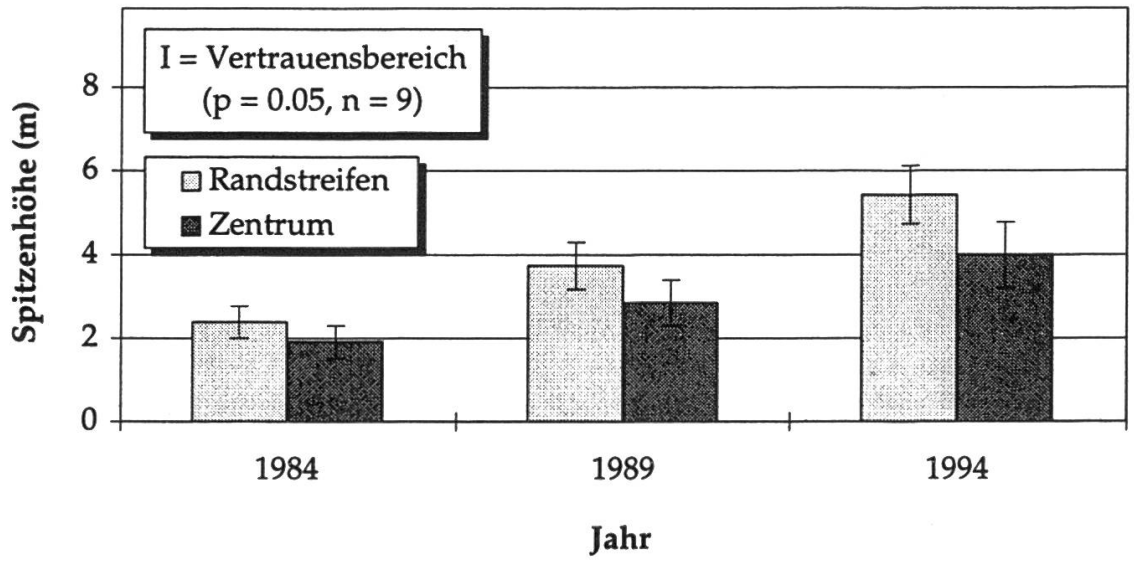

Abbildung 13. Aufforstung Jürada: Entwicklung der Spitzenhöhe nach Straten.

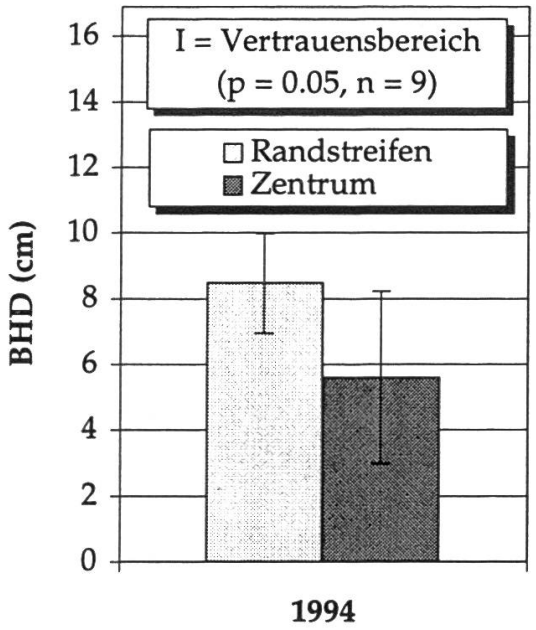

Abbildung 14. Aufforstung Jürada: Brusthöhendurchmesser der 20% höchsten Stämme nach Straten.

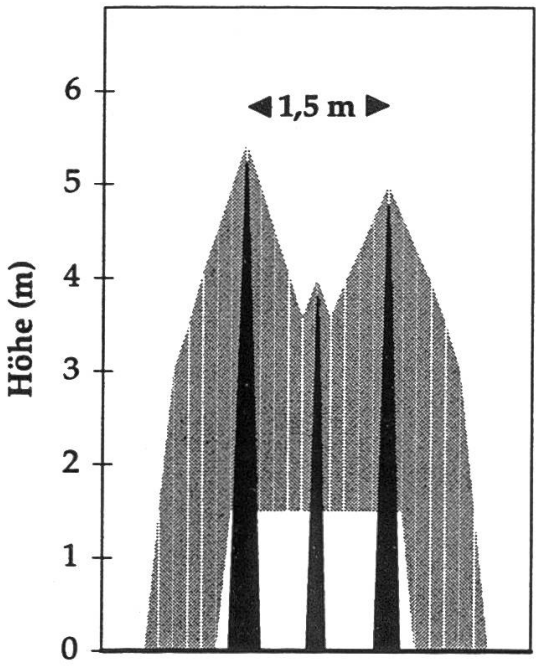

Abbildung 15. Durchschnittliches Baumkollektiv der Aufforstung Jürada.

nur noch relativ wenige Baumkollektive vorhanden sind, bei denen klar zwischen Rand und Zentrum unterschieden werden kann, ist die Überlegenheit der randständigen Stämme nicht signifikant.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass bei kleinen Baumkollektiven die Ausbildung eines labilen Zentrums in der Stangenholzstufe unwahrscheinlich

ist. Das Zentrum wird nur von wenigen Stämmen gebildet, und zusätzlich werden diese wenigen Stämme in der Regel rasch unterdrückt und sterben anschliessend infolge von Lichtmangel oder Schneebruch ab.

Die schematischen Darstellungen (*Abbildungen 12* und *15*) zeigen auch die Differenzierung *innerhalb* der Straten. Sowohl im Beispiel Lauenenwald wie im Beispiel Jürada hat der jeweils höchste Stamm bereits einen deutlichen Höhenwachstumsvorsprung vor dem zweithöchsten Stamm. Eine weitere Differenzierung ist wahrscheinlich, so dass auch *innerhalb* derjenigen Baumkollektive, die heute noch über 10 bis 15 Stämme verfügen, wahrscheinlich keine Pflegeeingriffe erforderlich werden. Selbst wenn in der Baumholzstufe zwei oder drei herrschende Stämme übrigbleiben, so dürfte ein zwar dichtes, aber vermutlich dennoch stabiles Gefüge entstehen, welches *Zeller* (1995) sowie *Wasser* und *Frehner* (1996) als *Kleinkollektiv* bezeichnen.

Davon zu unterscheiden sind solche Pflegeeingriffe, die durch zu geringe Abstände *zwischen* den Baumkollektiven bedingt sind. Bei zu geringen Abständen ist die frühzeitige Entnahme kompletter Baumkollektive notwendig und auch einfach durchzuführen.

6. Diskussion und Folgerungen

6.1 Entwicklung der Struktur von gepflanzten Baumkollektiven

Die Untersuchung hat die Frage nach der Entwicklung von sogenannten Rottenpflanzungen im Gebirgswald natürlich nicht abschliessend beantwortet. Auch wenn die Ergebnisse alle in eine ähnliche Richtung zeigen, hat sie lediglich erste Hinweise gegeben, die mit Vorsicht interpretiert werden müssen. In diesem Sinn sind die folgenden Ausführungen keine zwingenden Schlussfolgerungen, sondern Hypothesen und Diskussionsbeiträge.

Die bei natürlichen Baumkollektiven vor allem im Bereich der Waldgrenze und der Kampfzone beobachtete Rottenstruktur kann durch eine gleichaltrige Pflanzung auf Freiflächen im Gebirgswald grundsätzlich nicht erreicht werden.

Diese Vermutung wird dadurch gestützt, dass die Voraussetzungen für die Entwicklung von natürlichen Rotten sich grundlegend von denen gepflanzter Baumkollektive unterscheiden: Die natürlichen Rotten in den genannten Lagen sind überwiegend vegetativ entstanden, die Wurzel- und Kronenkonkurrenz hat daher eine ganz andere Bedeutung als in gepflanzten Baumkollektiven. Auch sind die natürlichen Rotten der Kampfzone stark ungleichaltrig, und die heute so zahlreichen Stämmchen gehen auf ganz wenige, meist nur zwei bis drei Ablegerbildner zurück (*Kuoch* und *Amiet* 1970, *Schönenberger* 1978, *Holtmeier* 1986). Die Erkenntnisse, die an natürlichen Rotten

im Bereich der Waldgrenze und in der Kampfzone gewonnen wurden, dürfen folglich nicht auf Pflanzungen im Gebirgswald übertragen werden.

Auch die für natürliche Nachwuchskollektive des Gebirgswaldes beschriebene Rottenstruktur (*Kuoch* 1971a, 1971b, 1972), die sich, so der Autor, in den meisten Fällen von der Entwicklungsstufe Stangenholz an wieder verliert (vgl. auch *Strobel* 1995), kann durch Pflanzungen auf der Freifläche nicht erreicht werden.

Zwar sind die natürlichen Baumkollektive des Gebirgswaldes in der Regel aus Samen entstanden, und auch die Altersspreitung ist mit etwa 3 bis 15 Jahren wesentlich geringer als bei den vorstehend genannten Rotten der Kampfzone (*Strobel* 1995, *Rachoy* und *Exner* 1989); die Entwicklung der natürlichen Baumkollektive ist aber eine andere als diejenige gepflanzter Baumkollektive: Insbesondere die sehr frühen Phasen der Differenzierung von Stamm, Krone und Wurzelwerk werden bei der Pflanzung übersprungen. Anzufügen ist, dass auch die natürlichen Nachwuchskollektive des Gebirgswaldes sich in der Regel aus weniger als 20 Pflanzen zusammensetzen.

In gepflanzten Baumkollektiven befinden sich die Stabilitätsträger spätestens ab Beginn der Stangenholzstufe am Rande des Kollektivs. Bäume im Innern von Baumkollektiven haben keinen positiven Einfluss auf die Stabilität.

Offenbar sind die randständigen Stämme den weiter im Innern gelegenen Stämmen bezüglich Höhen- und vor allem Stärkenwachstum überlegen. Diese Entwicklung deutet sich schon bei Beginn der Dickungsstufe an und kann durch starken Verbiss der Randbäume nur verzögert, nicht aber verhindert werden.

Eine ähnliche Entwicklung weisen auch die natürlichen Baumkollektive im Gebirgswald auf, die spätestens ab der Entwicklungsstufe Stangenholz nicht mehr über die klassische Rottenstruktur verfügen. Auch bei diesen natürlichen Baumkollektiven stehen dann die höchsten und stärksten Stämme am Rande des ursprünglichen Nachwuchskollektivs (*Strobel* 1995). Natürliche Baumkollektive weisen zwar oft eine rottenartige Form auf, sie wird jedoch durch solche Bäume verursacht, die durch Ablegerbildung entstanden sind oder sich im Abstand von einigen Jahrzehnten am Rand angesamt haben.

Die genauen Ursachen für den je nach Stratum unterschiedlichen Höhenwachstumsverlauf in gepflanzten Baumkollektiven sind nicht bekannt. Ein Hinweis kann der Arbeit von *Kronfuss* (1980) über das Bestandesklima in einer Aufforstung auf einem subalpinen Sonnenhang der österreichischen Zentralalpen entnommen werden. Der Autor stellt fest, dass sich die Verdunstung bei zunehmender Bestockungsdichte weniger verringert als der Kronendurchlass für den Niederschlag. Dies könnte erklären, warum Pflanzverbandsversuche das Ergebnis erbrachten, dass dichte Pflanzverbände auf relativ trockenen Standorten das Höhenwachstum negativ beeinflussen (*Assmann* 1961, *Kramer* 1988).

Die Wasserversorgung bzw. die Konkurrenz der Wurzeln um Wasser und Nährstoffe spielt vermutlich eine ausschlaggebende Rolle. Ein Indiz dafür ist,

dass bei grossen Baumkollektiven das Zentrum gegenüber dem oder den Innenstreifen im Höhen- und Stärkenwachstum zurückbleibt, obwohl sich anfänglich weder die freien Räume für die Kronenentwicklung noch die Stammzahldichten unterscheiden.

6.2 Folgerungen für Pflanzungen in unschwierigen Lagen

Mit unschwierigen Lagen werden im folgenden solche Lagen bezeichnet, in denen der Anwuchserfolg und das weitere Wachstum normalerweise nicht durch extreme Standortsbedingungen gefährdet sind. Solche Lagen sind insbesondere dadurch gekennzeichnet, dass keine starke Vegetationskonkurrenz herrscht, keine schädigenden Schneebewegungen stattfinden, kein ausgeprägtes Mikrorelief vorhanden ist, keine Pilzschäden infolge langer Schneebedeckung auftreten und für das Aufwachsen der jungen Pflanzen kein gegenseitiger Schutz erforderlich ist. Die so charakterisierten Lagen werden überwiegend in der (hoch)montanen Stufe angetroffen. Probleme infolge hoher Wilddichten bleiben ausgeklammert.

In unschwierigen Lagen stellt die Pflanzung beliebig grosser Baumkollektive eine von mehreren waldbaulichen Möglichkeiten dar. Sofern die einzelnen Baumkollektive aus mehr als ungefähr 20 Pflanzen bestehen, müssen je nach Dichte des Pflanzverbandes, natürlicher Mortalität und Abstand der Baumkollektive frühe und starke Pflegeeingriffe eingeplant werden. Ein dichter Pflanzverband ist für das Aufwachsen der Bäumchen nicht notwendig und in späteren Entwicklungsstufen sogar von Nachteil.

Grosse Baumkollektive (1–100 ar) können in Anhalt an *Zeller* (1995) als *Bestandeskammern* bezeichnet werden. Sie wirken der Gleichförmigkeit von Aufforstungen entgegen und tragen mit ihren stabilen Rändern bei, die Stabilität des Bestandes gegenüber Flächenschäden zu erhöhen. Die Stabilität im Innern wird nicht durch eine möglichst hohe Stammzahl, sondern allein durch stabile Einzelbäume oder stabile Kleinkollektive im Sinne von *Wasser* und *Frehner* (1996) gewährleistet. Bei der späteren natürlichen Verjüngung können, sofern die Einzelbäume oder Kleinkollektive genügend stabil sind, Teile eines Baumkollektivs entnommen werden.

Kleine Baumkollektive von ungefähr 10 Pflanzen, die ab der Stangenholzstufe nur noch aus randständigen Stämmen bestehen, erfordern zur Erhaltung der Stabilität vermutlich keine Pflegeeingriffe. Sie können als *Stützpunkte* bezeichnet werden und ermöglichen ein waldbaulich sehr flexibles Handeln: Bei Bedarf werden sie problemlos als Ganzes entnommen, sie erlauben eine zusätzliche oder nachfolgende Naturverjüngung und erleichtern z.B. die Überführung in Gebirgsplenterwald. Mit relativ geringen finanziellen Mitteln kann ein langfristig stabiler Bestand geschaffen werden (Extensivierung). Der Abstand zwischen den Baumkollektiven wird vom waldbaulichen Ziel

bestimmt und kann variieren, er sollte aber, sofern keine frühzeitige Entnahme kompletter Baumkollektive vorgesehen ist, mehr als 8 m betragen.

6.3 Folgerungen für Pflanzungen in schwierigen Lagen

In schwierigen Lagen ist das Aufwachsen einer flächendeckenden Pflanzung im Normalfall nicht gewährleistet. Einige der schädigenden Faktoren werden in den Folgerungen zu den Pflanzungen in unschwierigen Lagen genannt (Kapitel 6.2).

In diesen Lagen sind Baumkollektive gut geeignet, die kleinstandörtlichen Unterschiede zu berücksichtigen. Grösse, Grundriss und Pflanzverband der Baumkollektive sowie die gegebenenfalls erforderlichen Schutzvorrichtungen müssen entsprechend den standörtlichen Gegebenheiten und Gefahren variieren. Man sollte sich jedoch auch bei Pflanzungen an oder oberhalb der aktuellen Waldgrenze nicht von der Stammzahl oder der Grösse der in der Kampfzone beobachteten natürlichen Baumkollektive leiten lassen (siehe Aussagen im Kapitel 6.1).

Das Beispiel Kirchberg deutet an, dass auch in Baumkollektiven an der Waldgrenze nur in wenigen Fällen eine ausreichende natürliche Differenzierung stattfindet. Die Pflanzung zu grosser und zu dichter Baumkollektive *kann* folglich zu instabilen Innenbereichen führen oder teure Pflegeeingriffe bedingen.

Unter der Voraussetzung, dass extreme Standortsbedingungen vorliegen (z.B. Gleitschnee, starker Wind) und für das Aufwachsen der Pflanzen ein gegenseitiger Schutz erforderlich oder zumindest von Vorteil ist, sollten die Baumkollektive nur so viele Pflanzen beinhalten und nur so dicht bepflanzt werden, wie es für das Überleben der Bäumchen bis zum Ende der Dickungsstufe unbedingt erforderlich ist. Eine Entscheidung zugunsten zu stammzahlreicher und zu dichter Baumkollektive birgt die Gefahr, dass eine unnötig hohe Investition mit ebensolchen Folgekosten getätigt wird. Unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten dürfte es in den Fällen, in denen keine temporären Vorrichtungen zum Schutz der Aufforstung erstellt werden, günstiger sein, den Ausfall eines Teils der Baumkollektive in Kauf zu nehmen, als in den meisten der gepflanzten Baumkollektive Pflegeeingriffe auszuführen.

In Lagen, wo der Schutz vor Naturgefahren keine sofortige Bepflanzung der gesamten Fläche notwendig macht, ist eine zeitliche Staffelung der Aufforstung von Vorteil (vgl. *Schönenberger et al.* 1990). Auf diese Weise können lokale, standortsspezifische Erfahrungen mit (un)geeigneten Pflanzverbänden gesammelt und direkt auf benachbarte Pflanzungen angewendet werden. Eine zeitliche Staffelung bedeutet Abstände von mehreren Jahrzehnten und führt in jedem Fall zu ungleichaltrigen und damit in der Regel stabileren Beständen.

Die obenstehenden Angaben zu Pflanzverbänden sind sehr vage. Während die bestehenden Versuchsflächen in schwierigen Lagen erst in einigen Jahrzehnten gesicherte Aussagen über geeignete Pflanzverbände erlauben werden, können Erfahrungen und Beobachtungen der Praxis schon heute wertvolle Hinweise auf angepasste Pflanzverbände liefern.

Zusammenfassung

Im Rahmen eines an der Professur Forsteinrichtung und Waldwachstum der ETH Zürich durchgeführten Forschungsprojektes wurden Rottenaufforstungen waldwachstumskundlich untersucht. Die Aufforstungen liegen in der hochmontanen und subalpinen Stufe und befinden sich in den Entwicklungsstufen Dickung und Stangenholz. Sie haben bislang keine oder nur schwache Pflegeeingriffe erfahren.

Die Ergebnisse deuten an, dass die bei natürlichen Baumkollektiven vor allem im Bereich der Waldgrenze und der Kampfzone beobachtete Rottenstruktur durch eine gleichaltrige Pflanzung auf Freiflächen im Gebirgswald grundsätzlich nicht erreicht werden kann. Die Baumkollektive aller untersuchten Aufforstungen, unabhängig von ihrer Grösse und Höhenstufe, zeichnen sich dadurch aus, dass die Stämme am Rand denjenigen im Innern im Höhen- und Stärkenwachstum überlegen sind. Dieser Vorsprung deutet sich schon bei Beginn der Dickungsstufe an und ist in der Stangenholzstufe signifikant. Die Entwicklung kann durch starken Wildverbiss nur verzögert, nicht aber verhindert werden. Die Innenbereiche werden mit fortschreitender Entwicklungsstufe zunehmend labiler, die Stämme besitzen kurze Kronen und hohe Schlankheitsgrade, das konkave und noch eng verzahnte Kronendach fördert die Ansammlung von hohen Schneelasten.

Labile Innenbereiche können vermieden werden, indem bei der Pflanzung die Stammzahl so gering gewählt wird, dass die Baumkollektive ab der Stangenholzstufe fast nur noch aus randständigen Stämmen besteht. Anderenfalls sind zur Erhaltung der Stabilität vermutlich in allen Höhenstufen frühe und starke Pflegeeingriffe notwendig.

Résumé

Plantations en forêt de montagne dans le but de simuler des petits collectifs naturels

Dans le cadre d'un projet de recherche mené à la chaire d'aménagement des forêts de l'EPF de Zurich des afforestations en petits collectifs ont été étudiées. Les plantations se situent dans les étages montagnards supérieurs et subalpins, et se trouvent dans les stades de développement du fourré et du perchis. Ils n'ont jusqu'à ce jour pas subi de soins ou alors de très faibles. Les résultats indiquent que la structure en petits

collectifs issue de processus naturels, particulièrement dans la région de la limite de forêt et de la zone critique ne peut en principe être atteinte par une plantation équienne sur des surfaces libérés. Les collectifs d'arbres de toutes les afforestations examinées, indépendamment de leur grandeur ou de leur étage altitudinal, se distinguent par le fait que les tiges situées en bordure surclassent celles situées à l'intérieur. Cette tendance se manifeste déjà au stade du fourré et devient significative au stade de perchis. Le développement peut être retardé par un fort abroutissement, sans pour autant être empêché. Au fil des stades de développement, les zones intérieures deviennent de plus en plus labiles, les tiges possèdent des couronnes courtes et de hauts coéfficients d'élancement, le couvert concave aux branches entremêlées favorise l'amoncellement de la neige.

On peut éviter que les zones intérieures ne deviennent labiles en optant lors de la plantation pour un faible nombre de tiges ayant pour effet que les collectifs d'arbres au stade de perchis ne soient pratiquement plus composés que d'arbres de bordure. Dans le cas contraire, des soins précoces et massifs dans tous les étages sont probablement nécessaires au maintien de la stabilité. Traduction: *Stéphane Croptier*

Summary

Afforestation in Montane Forests to the Purpose of Imitating Natural Small Groups

Within the framework of a research project of the chair of forest management and forest growth of the ETH Zürich, the small groups (not to be confused with small groups in lowland forests) afforestation was examined scientifically. The afforestations are situated in the high montane and the sub-alpine zones and have reached the thicket and the pole stage in their development. Until now they have hardly ever been tended.

The results indicate that the natural tree collectives to be observed in the small groups, especially to be noticed near the tree line and on the bordering areas, can basically not be achieved by even-aged afforestations on open ground in montane forests. The tree collectives of all the examined afforestations, regardless of their size and the elevation, are characterised by the fact that the trees bordering the margins of the collectives are thicker and higher than the trees on the inside. This advantage is already indicated in the thicket stage and it is significant in the pole stage. Intense browsing can only delay the development but not stop it. The inner sectors become frailer with the advancing development stages, the stems have small crowns and a high grade of slenderness, the dense, concave canopy promotes the collection of heavy snow loads.

The fragile inner sectors can be avoided by selecting the number of stems so low that by the time the pole stage is reached, the tree collective is comprised of almost marginal trees only. Otherwise, presumably early and effective tending intervention at all stages of height development is necessary to preserve the stability of the small groups.

Translation: *Christian Matter*

Literatur

Arquillière, S. (1986): Morphologie, croissance, réproduction végétative de l'épicea (*Picea abies* Karst.) dans une zone de combat subalpine: Massif de Taillefer; Alpes dauphinoises. Thèse, Université de Grenoble. 266 S.

Assmann, E. (1961): Waldertragskunde. Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München. 490 S.

Barandun, J. (1983): Aufforstung in hohen Lagen. Schweiz. Z. Forstwes. *134* (6): 431–441.

Bischoff, N. (1987): Pflege des Gebirgswaldes. Leitfaden für die Begründung und forstliche Nutzung von Gebirgswäldern. Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz, Bern. 379 S.

Fillbrandt, Th. (1995): Räumliche Verteilung von Schälschäden in gepflanzten Rotten. Bündnerwald *48* (6): 73–75.

Holtmeier, F. (1986): Über Bauminseln (Kollektive) an der klimatischen Waldgrenze – unter besonderer Berücksichtigung von Beobachtungen in verschiedenen Hochgebirgen Nordamerikas. Wetter und Leben *38* (3): 121–139.

Kramer, H. (1988): Waldwachstumslehre. Verlag Parey, Hamburg und Berlin. 374 S.

Kronfuss, H. (1980): Das Bestandesklima einer Hochlagenaufforstung auf einem Sonnenhang. Mitt. Forstl. Bundes-Versuchsanst. Wien, 129: 81–103.

Kuoch, R. (1971a): Über den Nachwuchs im Bergwald. Berner Wald *2* (4): 79–80.

Kuoch, R. (1971b): Nachwuchspflege im Bergwald. Berner Wald *2* (5): 107–110.

Kuoch, R. (1972): Zur Struktur und Behandlung von subalpinen Fichtenwäldern. Schweiz. Z. Forstwes. *123*: 77–89.

Kuoch, R.; Amiet, R. (1970): Die Verjüngung im Bereich der oberen Waldgrenze der Alpen mit Berücksichtigung von Vegetation und Ablegerbildung. Eidg. Anstalt forstl. Versuchswes., Mitt. *46* (4): 159–328.

Lowery, R. (1972): Ecology of Subalpine Zone Tree Clumps in the North Cascade Mountains of Washington. Diss. Univ. of Washington, Seattle. 137 S.

Rachoy, W.; Exner, R. (1989): Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, Schriftenreihe, Heft 37. Öster. Agrarverlag, Wien. 100 S.

Schönenberger, W. (1978): Ökologie der natürlichen Verjüngung von Fichte und Bergföhre in Lawinenzügen der nördlichen Voralpen. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt. *54* (3): 215–361.

Schönenberger, W. (1986): Rottenaufforstung im Gebirge. Schweiz. Z. Forstwesen *137* (6): 501–509.

Schönenberger, W.; Frey, W.; Leuenberger, F. (1990): Ökologie und Technik der Aufforstung im Gebirge – Anregungen für die Praxis. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Ber. 325. 58 S.

Strobel, G. (1995): Rottenstruktur und Konkurrenz im subalpinen Fichtenwald. Dissertation ETH Nr. 11 292. Zürich. 162 S.

Wasser, B.; Frehner, M. (1996): Wegleitung – Minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktion. Hrsg.: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bezugsquelle: Bern. Eidg. Drucksachen- u. Materialzentrale, Bern. 40 S. und 186 S. Anhang (mehrere Zählungen).

Zeller, E. (1994): Rottenpflege – Ausformung und Benutzung von Baumkollektiven als stabile Bestandeselemente. Projekt Gebirgswaldpflege II – Bericht Nr. 3A – 1993. Kant. Försterschule Maienfeld. 49 S.

Zeller, E. (1995): Stabilitätspflege im Gebirgswald – Beurteilungs- und Entscheidungshilfen für die waldbauliche Praxis. Projekt Gebirgswaldpflege II – Bericht Nr. 4A (1994). Interkant. Försterschule Maienfeld. 63 S.

Verfasser:
Thomas Fillbrandt, dipl. Forstwirt Univ. Freiburg (D). Departement Wald- und Holzforschung der ETHZ, Professur für Forsteinrichtung und Waldwachstum, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich.