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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 148 (1997)

Heft: 3

Artikel: Entwicklung waldföhrenreicher Wälder im Gebiet Brienz-Wiesen (GR)

Autor: Rigling, Andreas / Schweingruber, Fritz H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-765452

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: 06.07.2025

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

Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen
Journal forestier suisse

148. Jahrgang | März 1997 | Nummer 3

Entwicklung waldföhrenreicher Wälder im Gebiet Brienz-Wiesen (GR)

Eine historisch-dendroökologische Studie

Von *Andreas Rigling* und *Fritz H. Schweingruber*

Keywords: Dendroecology; growth dynamics; *Pinus silvestris*; skeleton plot; stand dynamics.

FDK 174.7 Pinus: 18: 56: 902: (494.26)

1. Einleitung

Das Albulatal wird zusammen mit dem Churer Rheintal, dem Domleschg sowie dem Unterengadin zur zentralalpinen Föhrenregion gezählt (*Braun-Blanquet*, 1961). Die konkurrenzschwache Waldföhre kann sich aufgrund der schwierigen standörtlichen Verhältnisse in diesen Gebieten gegenüber anderen Baumarten behaupten. Im unteren Albulatal, zwischen Brienz und Wiesen, finden sich ausgedehnte, waldföhrenreiche Wälder, deren Erscheinungsbild vom Konkurrenzverhältnis zwischen Waldföhre und Fichte geprägt ist. Die vielfältigen, seit mehreren Jahrhunderten wirkenden, anthropogenen Einflüsse wirken ebenfalls auf das Vegetationsgefüge ein und beeinflussen die Baumartenmischung entscheidend. Die Waldföhre, als ausgesprochene Pionierbaumart, spielt auch aus diesem Grund eine wichtige Rolle.

Die vorliegende Arbeit hat drei thematische Schwerpunkte:

- Rekonstruktion der *langfristigen Entwicklung* der Wälder in einem stark anthropogen beeinflussten Gebiet.
- Rekonstruktion der *Bestandesdynamik* der Erika-Waldföhrenwälder und
- der *Wachstumsdynamik* von Föhren und Fichten auf Trockenstandorten.

Eine effiziente waldbauliche Planung setzt eine gute Kenntnis der *langfristigen Entwicklung,* der Geschichte der zu behandelnden Waldgebiete voraus. Sie stellt für den Waldbauer die Grundlage dar, den heutigen Zustand der

Bestände besser zu verstehen. Die Kenntnis möglicher beeinflussender Faktoren erlaubt die Klärung grundlegender Fragen bezüglich Sukzessionsstadien, Baumartenzusammensetzung, Standortsdegradation und Waldstrukurveränderungen.

Wenn wir Fragen zur bestandesinternen Konkurrenz, zur Bestandesstabilität oder zur Altersstruktur beantworten wollen, müssen wir die *Bestandesdynamik* verstehen.

Der Vergleich der *Wachstumsdynamik* verschiedener Baumarten auf einem Standort gibt Auskunft über mögliche Baumartenmischungen, Lebenserwartungen und Wachstumsgeschwindigkeiten. Dendroökologische Untersuchungen nutzen den Jahrring als Informationsspeicher und ermöglichen Aussagen zur bisherigen Bestandes- und Wachstumsdynamik (*Henry* und *Swan*, 1974, *Payette et al.*, 1985, *Brang*, 1988).

2. Das Untersuchungsgebiet

Lage: Das Untersuchungsgebiet liegt in Mittelbünden auf dem Gebiet der Gemeinden Brienz, Surava, Alvaneu, Schmitten und Wiesen. Es umfasst die waldföhrenreichen Wälder der montanen Stufe, an der süd-südostexponierten rechten Flanke des Landwasser- und Albulatales, in einer Höhenlage von 960 m bis 1560 m ü.M. Die untersuchten Wälder bedecken eine Fläche von ungefähr 6 km^2. Der Grossteil der Wälder stellt Schutzwald dar.

Klima: Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Übergangsbereich von den Zwischenalpen zur inneralpinen Zone. Die Niederschläge kommen vor allem aus Nord-Westen durch das offene Rheintal und über die Lenzerheide. Im Westen sind es die mächtigen Glarneralpen, im Süden die hohen Bergzüge des Engadins, welche als Regenfang wirken (*Gensler*, 1978). Die Jahresniederschläge liegen zwischen rund 850 mm in Filisur (1030 m ü.M.) und 1000 mm in Wiesen (1450 m ü.M). Der Hauptanteil der Niederschläge fällt im Sommer. Die Schneemengen im Winter sind gering. Die intensive Einstrahlung an diesen Südhängen bewirkt eine frühe Ausaperung im Frühling.

Boden: Der geologische Untergrund des Untersuchungsgebietes besteht aus Sedimentgesteinen des Ostalpins, der Silvrettadecke. Es handelt sich um Trias, genauer um Muschelkalk und Keuper. Diesen Triasformationen sind z.T. Moränen aufgelagert, welche aus vorwiegend kalkhaltigem Mischgestein bestehen.

Die bodenkundlichen Untersuchungen (Walthert in *Perren et al.*, 1992 und *Bucher*, 1996) ergaben, je nach Kombination der Bodenbildungsfaktoren, ein Mosaik unterschiedlicher Humusformen und Bodentypen. Das Spektrum bei den Humusformen reicht vom biologisch aktiven Mull bis zu im Abbau gehemmten Modern. Offenbar sind die Feuchtigkeitsbedingungen für den Abbbau der organischen Streu zumindest phasenweise ungenügend (Sommertrockenheit).

Es kommen vor allem Rohböden vor, über karbonathaltigem Ausgangsgestein also die Rendzina, über Mischgestein der Regosol. Weniger häufig sind, meist in flacheren Lagen, auch Braunerden, Parabraunerden und Kalkbraunerden anzutreffen.

Waldbild: Die Wälder des Untersuchungsgebietes zeichnen sich durch ein Mosaik von reinen Waldföhrenwäldern (*Pinus silvestris*), Fichten-Föhren-Mischwäldern (*Picea abies, Pinus silvestris*) und Fichten-Tannenwäldern (*Picea abies, Abies alba*) aus. Die Waldföhre ist in Anfangs-, Übergangs- oder echten Waldföhrengesellschaften zu finden. Auf Standorten mit besseren Wuchsbedingungen wird die Waldföhre von der Fichte oder gar der Tanne verdrängt. Die Buche hat im Untersuchungsgebiet keine Bedeutung.

Über weite Strecken dominieren Waldföhrenbestände von sehr geringer Wuchskraft. Sie bestehen aus knorrigen, stark drehwüchsigen Waldföhren mit sehr grober Borke. Die schütteren Kronen sind oft abgeflacht und vom Waldgärtner (*Blastophagus spec.*) befallen. Vereinzelt sind in der Oberschicht einzelne kümmerlich benadelte, gelblichgrüne Fichten beigemischt. Die Unterschicht ist meist nur sehr spärlich vorhanden. Waldföhrennaturverjüngung ist innerhalb der Bestände nur selten zu finden; sie beschränkt sich hauptsächlich auf Strassenböschungen, Wurzelteller und andere Stellen mit Rohboden (*Perren et al.*, 1992). Die Waldföhren-Fichten-Mischbestände weisen wesentlich gestrecktere Baumformen auf. Die Fichten- und Fichten-Tannen-Bestände der besten Lagen sind zuwachsstarke, vorratsreiche Wälder aus vollholzigen Bäumen. Hier vermögen nur noch einzelne Waldföhren mitzuhalten.

Vegetationsgliederung: Die Waldvegetation des Untersuchungsperimeters wurde von Walthert (in *Perren et al.*, 1992) folgendermassen gruppiert:

Waldföhrenwälder:	Typischer Erika-Waldföhrenwald (EK Nr. 65)[1]
	Erika-Waldföhrenwald mit Pfeifengras (EK Nr. 65)
	Erika-Waldföhrenwald mit Rauhgras (EK Nr. 65)
Fichten-/Fichten-Tannenwälder:	Ehrenpreis-Fichtenwald mit buntem Reitgras (ca. EK Nr. 55)
	Perlgras-Fichtenwald mit Kreuzblume (ca. EK Nr. 54)

Die Fichten- und Fichten-Tannenwälder konnten nur bedingt einer Vegetationseinheit nach *Ellenberg* und *Klötzli* (1972) zugeordnet werden. In der Oekogrammdarstellung (*Abbildung 1*) sind die Untersuchungsbestände eingetragen. Die Achsen sind durch die Reaktions- und die Feuchtezahl charakterisiert (gewichtete Zeigerwerte nach *Landolt*, 1977). Die Reaktionszahl um-

[1] EK steht im folgenden jeweils für *Ellenberg, H., Klötzli, F.* (1972)

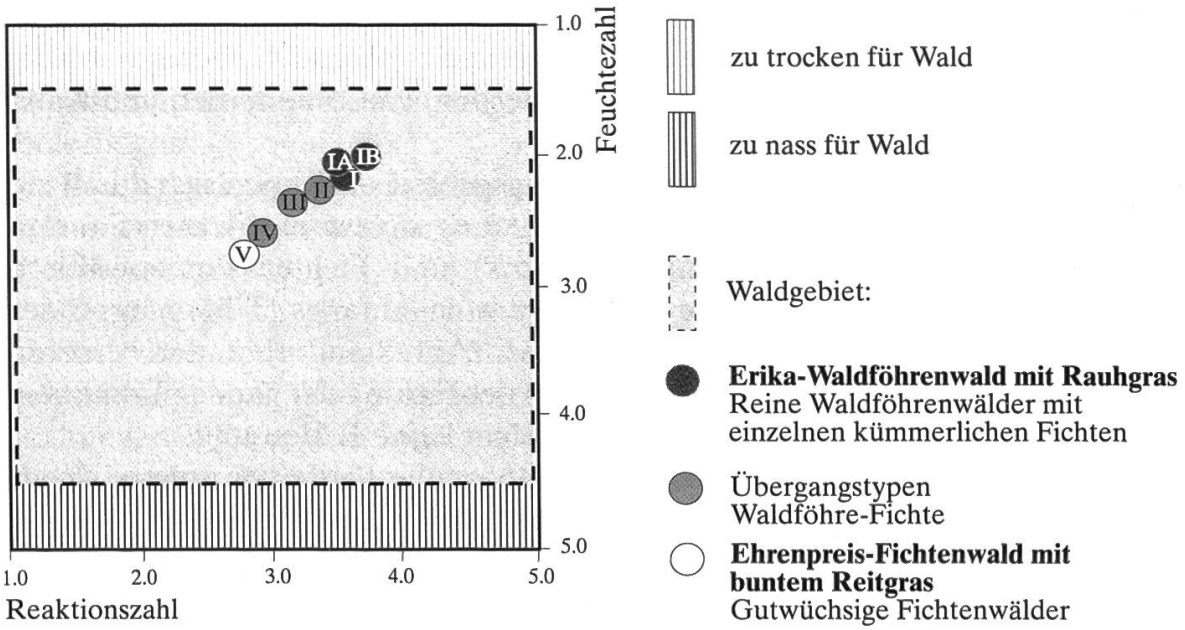

Abbildung 1. Die Untersuchungsbestände im Oekogramm (nach Walthert in *Perren et al.*, 1992). Die Untersuchungsbestände liegen im basisch-trockenen Bereich. Die Bestände IA und IB liegen nahe der Trockengrenze des Waldes.

schreibt den Säuregrad des Standortes: je kleiner die Zahl, desto saurer die Bedingungen; die Feuchtezahl umschreibt den Wasserhaushalt: je kleiner die Zahl, desto trockener der Standort. Alle sieben Untersuchungsbestände befinden sich im basisch-trockenen Bereich des Oekogramms. Die Erika-Waldföhrenbestände liegen nahe der Trockengrenze des Waldes.

3. Methoden

3.1 Langfristige Entwicklungsdynamik

Die Untersuchungen zur langfristigen Entwicklungsdynamik basieren auf der Literatur, auf Studien alter Bilddokumente und Gesprächen mit dem örtlichen Forstdienst und der Bevölkerung. Von besonderem Wert waren das Bildarchiv der Rhätischen Bahn in Chur, das Bergbaumuseum Graubünden (Schmelzboden-Davos) und die persönlichen Hinweise von Lokalhistoriker C. Brazerol aus Schmitten.

3.2 Bestandesdynamik

Es wurden zwei Bestände (IA und IB) des typischen Erika-Föhrenwaldes bezüglich ihrer Bestandesdynamik verglichen. Die Bestände wurden so aus-

gesucht, dass sie nach pflanzensoziologischen und bodenkundlichen Kriterien in sich homogen sind.

Die Flächengrösse der beiden Untersuchungsbestände wird durch zehn herrschende Bäume definiert. Innerhalb dieses Areales wurde sämtlichen Bäumen in der Ober- und Unterschicht mit h>50 cm mittels Jahrringbohrer Bohrspäne entnommen. Dies ergab ein Total von je 19 Bäumen (siehe *Tabelle 1*). Interessierte das Alter, wurde talseitig so tief als möglich gebohrt; interessierte das Wuchsverhalten der Bäume, dann wurden die Bohrungen bergseitig, oberhalb der Wurzelanläufe, angesetzt. Die meisten Bäume wurden auf beiden Höhen gebohrt. Sämtliche Bohrspäne wurden datiert und nach der modifizierten Skeletonplot-Methode (*Stokes* und *Smiley*, 1968, *Schweingruber et al.*, 1990) ausgewertet. Erfasst werden dabei auffallend schmale oder breite Jahrringe, welche als negative oder positive Ereignisjahre bezeichnet werden. Tritt ein bestimmtes Ereignisjahr bei mehr als 40 Prozent der Bäume einer Fläche auf, spricht man von einem Weiserjahr. Die Anzahl Weiserjahre pro Zeitspanne wird als Schätzgrösse für die Sensitivität verwendet: je grösser die Anzahl Weiserjahre pro Zeitspanne, desto sensitiver ist das Baumwachstum.

In beiden Beständen wurde die Lage jedes einzelnen Baumes sowie die Kronenprojektion in einem Situationsplan festgehalten; es wurde zudem ein Bestandesprofil (Seitenansicht) aufgezeichnet.

Die Proben wurden im Sommer 1992 entnommen. Der letzte auswertbare Jahrring für die vorliegenden Untersuchungen stammt somit von 1991.

3.3 Wachstumsdynamik

Die Wachstumsdynamik wurde in fünf Beständen (I, II, III, IV und V), an jeweils zehn herrschenden Waldföhren und Fichten untersucht. Bohrspanentnahme und Untersuchungsmethoden sind im vorangehenden Kapitel 3.2 erklärt. Die Untersuchungsbestände unterscheiden sich im Wasserhaushalt und bilden einen Trockenheitsgradienten. Der Bestand I umfasst die herrschenden Föhren von Bestand IA, sowie 10 Fichten aus der unmittelbaren Umgebung, mit vergleichbaren Standortsverhältnissen (siehe *Tabelle 1*).

Tabelle 1. Probenmaterial.

Bestände	I A	I B	I	II	III	IV	V
Anzahl Waldföhren	19	19	10*	10	10	10	10
Anzahl Fichten	2		10	10	10	10	10

IA und IB : Bäume aller sozialer Klassen
I–V : nur herrschende Bäume
* herrschende Waldföhren von IA

4. Langfristige Entwicklung – Untersuchungen zur Geschichte

Die langfristige Entwicklung der untersuchten Wälder ist stark geprägt durch die schon während mehreren Jahrhunderten einwirkenden, vielfältigen menschlichen Aktivitäten. Die Aus- und Nachwirkungen dieser anthropogenen Einflüsse haben den heutigen Landschaftscharakter entscheidend mitgestaltet. Die aktuelle Baumartenverteilung, die Bestandes- und die Altersstruktur der Wälder, aber auch der Aspekt der Krautschicht sind wesentlich vom Menschen beeinflusst worden. *Abbildung 2* gibt einen Überblick über einige wichtige historische, die Waldentwicklung beeinflussenden anthropogenen und zoogenen Faktoren und deren Einwirkungsdauer. Auf die einzelnen Faktoren wird im folgenden eingegangen.

Bergbau

Bergbau wurde im Untersuchungsgebiet während zweier länger andauernder Perioden, der Zeit des «alten Bergbaus» (1477 bis 1649) und der Zeit des «neuen Bergbaus» (1805 bis 1848), betrieben. Von 1588 bis 1618 waren unter anderen zwei Gruben in Brienz, acht in Alvaneu, neun in Schmitten und sechs bei den Bodmern (nähe Schmitten) in Betrieb. Im benachbarten Albulatal, wo ebenfalls Bergbau betrieben wurde, baute man Anfang des 18. Jahrhunderts in Bellaluna, in der Nähe von Filisur, eine neue Schmelzanlage, in welcher auch Erze aus dem Untersuchungsgebiet verhüttet wurden.

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts brach die intensivste Bergbauperiode an, die Zeit des «neuen Bergbaus». Ab 1810 wurde am Silberberg der Gemeinde Wiesen Blei, ab 1813 Zink abgebaut. Die Schmelze stand im lawinensicheren Schmelzboden. Zu dieser Zeit arbeiteten bis zu 200 Leute am Silberberg und im Schmelzboden. Auch in der Schmelze in Bellaluna wurde intensiv Zink gewonnen. Als Folge der Februarrevolution in Frankreich wurde der Bergbau 1848 endgültig eingestellt.

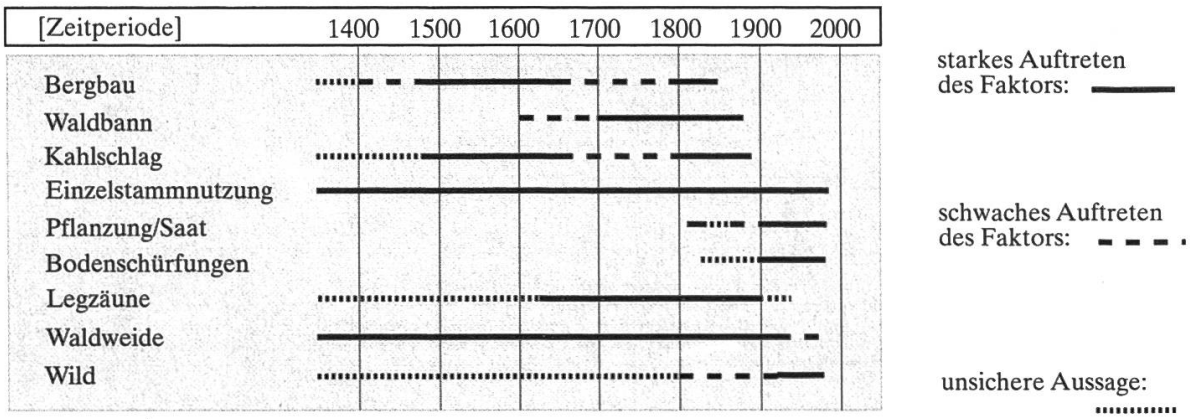

Abbildung 2. Einwirkungsdauer wichtiger anthropogener und zoogener Faktoren.

Der Holzverbrauch im Bergbau war beträchtlich. Es wurde Bauholz für die Gebäude und Gerätschaften, Brennholz zu Heiz- und Kochzwecken, Grubenholz zur Abstützung der Gangsysteme und vor allem Brennholz für die ineffizienten Schmelzöfen benötigt.

Der Brennholzverbrauch zur Gewinnung von 1000 kg Metall betrug je nach Erz und Schmelzofentyp zwischen 12 (Blei) und 500 Ster (Zink) (*Wider*, 1980). Für die Zeit von 1811 bis 1830 schätzt von Salis (in *Wider*, 1980) einen Bleiabbau am Schmittner Bleiberg von rund 630 Tonnen, was einem Holzverbrauch von rund 7500 Ster oder einer Waldfläche von rund 20 ha entspricht. Die Zinkgewinnungsanlage, die in Bellaluna von 1821 bis 1829 in Betrieb war, verschlang, unter der Annahme, dass sie während sechs Jahren voll ausgelastet war, rund 90000 Ster Holz. Das entspricht etwa 250 ha Wald. In dieser Zeitperiode standen aber neben der Schmelze in Bellaluna auch noch im Schmelzboden sowie in Klosters je eine Zinkschmelze im Einsatz (*Jenny*, 1952). *Albertini* (1835) erwähnt für die Schmelze Bellaluna einen jährlichen Holzbedarf zur Eisenverhüttung von etwa 17000 Ster Holz. Unter der Annahme von 10 Betriebsjahren ergibt das einen Holzverbrauch von rund 170000 Ster oder 500 ha Wald. Diese Schätzungen des Holzverbrauches sollen einen Eindruck vom Ausmass der Waldzerstörung für die Zeit von 1813 bis 1848 geben. Zwischen dem Schmelzboden und Filisur waren die Wälder total geplündert, sprich kahlgeschlagen (verschiedene Bilddokumente belegen dies).

Sobald der Holzvorrat in unmittelbarer Umgebung der Schmelzöfen aufgebraucht war und die Zulieferung aus den entfernteren Waldungen zu aufwendig wurde, musste auf die viermal leichtere Holzkohle umgestiegen werden. In der Folge wurden auch abgelegene, waldreiche Täler ausgebeutet. Die Bedeutung der Köhlerei im Landwasser- und Albulatal geht aus verschiedenen Dokumenten aus dem Jahre 1567 hervor, welche die Gegend um Tiefenkastel als das Tal der Kohlenmeiler (la val dallas Curvanéras) bezeichnen (*Krähenbühl*, 1991).

Fichten- und Tannenholz wurde dem harzreichen Föhren- und Lärchenholz vorgezogen. Bei Bedarf wurde aber sogar auf Legföhren- und Erlenholz ausgewichen. Es ist anzunehmen, dass die weitaus vorratsreicheren, nahe gelegenen Fichten- und Fichten-Tannenwälder der nordexponierten Hänge und Mulden den kleinwüchsigen, knorrigen Föhrenwäldern der südexponierten Lagen vorgezogen wurden. Erst als jene Lagen ausgeplündert waren, wurde auf die Föhrenwälder der näheren Umgebung ausgewichen.

Waldbann

In Schmitten und Wiesen erschienen schon ums Jahr 1600 erste «Satzungen der Gemeinde betreffend das Forstwesen», welche die Bannwaldungen bei Strafe unter Schutz stellten. Nach *Wider* (1980) gibt es bis Anfang des 19.

Jahrhunderts keinen Hinweis darauf, dass ein Waldbann aufgehoben worden wäre, wohl aber dafür, dass der Bann nicht gehalten wurde. In der «Anleitung zur Verbesserung des Bünd. Forstwesens» (*Bohl*, 1838) ist zum Thema Waldbann folgendes zu lesen:

«Allein, oft verbot man jede Art Holznutzung in solchen Bannwäldern und liess sie dagegen dem Weidgang offen. ...nun faulten die alten Stämme meistens ein, und der Nachwuchs... starb unter dem Zahn des Viehes.»

In den Wirtschaftsplänen der Gemeinde Schmitten (1927 bis 1946 und 1950 bis 1969) wird erwähnt, dass der Bannwald zum Schutz gegen das weidende Vieh eingezäunt werden müsse.

Holzernte

Kulturland wurde im Mittelalter meist durch Brandrodung und nicht durch Holzschlag gewonnen. Die Eigenversorgung an Brenn-, Bau- und Zaunholz erfolgte in der Regel einzelstammweise. Wegen der engen, die Holzflösserei verunmöglichenden Schynschlucht zwischen Tiefenkastel und Thusis, war Holzhandel im Untersuchungsgebiet nie von grosser Bedeutung. Erst mit dem Aufkommen des Bergbaus stieg die Nachfrage nach Holz stark an. Flächige Holznutzungen (Kahlhiebe) waren fortan die Regel. Diese wurden in den Bergordnungen, welche die Waldnutzungen zu dieser Zeit regelten, sogar gesetzlich vorgeschrieben. In der Bergordnung von 1408 ist vor allem der Artikel 22 sehr aufschlussreich:

«Will man Wälder und Schläge hinleihen, so soll man Einem oder einer Gesellschaft nicht mehr leihen als einen Schlag, der soll ganz geschlagen werden von dem untersten bis zum obersten, klein und gross, was immer auf das «Riswerk» [die Reistzüge, Anm. d. Verf.] kommen mag.» (aus *Wider*, 1980)

Eine andere Holznutzung mit gravierenden Folgen waren die sogenannten Legzäune, welche aus jungen Fichten, Tannen und z.T. auch Föhren bestanden. Es wurden Bäumchen gehauen, nicht entastet und aufeinandergeschichtet. Auf diese Weise entstand ein stacheliger, das Vieh zurückhaltender Wall. Diese Zäune mussten alljährlich erneuert werden, da sie oft zu Brennholzzwecken geplündert wurden, womit in ganzen Waldpartien kontinuierlich der Nachwuchs vernichtet wurde.

1822 wurden erste Versuche unternommen, das Forstwesen einem kantonalen Aufsichtsrecht zu unterstellen. 1839 führte man ein Kahlschlagverbot (für Schutzwälder) ein. Die Gesetzesrevision von 1858 stellte die Wälder unter die Aufsicht des Staates. Überdies wurden die Gemeinden verpflichtet, patentierte Revierförster anzustellen. Ab 1862 mussten Holzschläge im Gemeindewald und z.T. auch im Privatwald durch den Förster angezeichnet werden. 1876 trat das Bundesgesetz betreffend die eidgenössische Oberaufsicht über das Forstwesen im Hochgebirge in Kraft.

Bestandesbegründung

Ob und wie schnell sich die kahlgeschlagenen Flächen wiederbewaldeten, interessierte in der Regel nicht, zumal die Kahlflächen meist als Viehweide genutzt wurden. Die Wiederbewaldung gestaltete sich in der Folge als recht schwierig und dauerte unter diesen Umständen oft mehrere Jahrzehnte.

Gemäss den Wirtschaftsplänen der Gemeinden Alvaneu und Schmitten wurden die ersten Pflanzungen um die Jahrhundertwende vorgenommen. Die ersten Bodenschürfungen zur Förderung der Waldföhrenansamung wurden in den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts durchgeführt.

Servitute

Auf den meisten Waldungen lasteten oft gleichzeitig verschiedene Nutzungsservitute. Sie hatten ihren Ursprung im 13. Jahrhundert und sind zum Teil bis heute noch gültig (*Wider*, 1980). Die fatalsten Folgen für die Wälder hatten die Weiderechte und die zeitlich beschränkten Holzpachtverträge, welche oft gleichzeitig bestanden.

Waldweide

Die Waldweide war im ganzen Alpenraum eine während Jahrhunderten praktizierte Form der Waldnutzung und spielte im Untersuchungsgebiet eine entscheidende Rolle. Zeugen dieser einst weit verbreiteten Weidenutzung sind die bis zu armstarken, mannshohen, bis zu 140jährigen Wachholdersträucher. *Ellenberg* (1978) bezeichnet den Wachholder als Weidezeiger, als «Weideunkraut», das vom Vieh nicht gefressen wird und sich in der Folge in beweideten Gebieten stark ausbreiten kann. Der Viehbestand, insbesondere Schmalvieh (Ziegen und Schafe), war in früherer Zeit bedeutend grösser als heute. Die Waldweide verfolgte den Zweck, die Zeit der Stallfütterung abzukürzen, indem jeweils vor und nach der Bestossung der Alpen das Vieh in die Wälder getrieben wurde. Verschiedene Quellen berichten jedoch, dass in früherer Zeit vor allem die Ziegen oft das ganze Jahr in den Wäldern weideten.

Durch die diffusen, einzelstammweisen Nutzungen, welche während Jahrhunderten betrieben wurden, bezweckte man unter anderem eine Auflichtung der ohnehin schon lockeren Föhrenwälder, um die Vergrasung zu fördern.

«Die Kühe, Schafe, und ganz besonders aber die Geissen ... zogen nämlich nicht so fast in alte, dichte, viel eher in lückig gewordene Bestände, wo sie Gras oder zarte Baumzweige fanden» (*Bohl*, 1838).

Im Wirtschaftsplan von 1900 bis 1909 der Gemeinde Alvaneu ist zu lesen, dass die Kulturen durch Schmalvieh beweidet wurden und in Zukunft sämtliche künstliche Wiederverjüngung durch Zäune geschützt werden soll.

Mit dem Rückgang des Schmalviehs (zwischen 1950 und 1960) verbesserte sich die Situation zusehends.

Wild

Im Verlaufe des 19. Jahrhunderts wurden Hirsch, Reh und Steinbock fast gänzlich ausgerottet. Wann die Wiederansiedlung im Untersuchungsgebiet stattfand, kann nicht genau gesagt werden. Ein Hinweis findet sich im Dokumentenbuch der Gemeinde Alvaneu, in dem berichtet wird, dass Hirsche um 1890 erstmals beobachtet werden konnten.

Der zunehmende Zivilisationsdruck in den tiefer gelegenen Regionen Graubündens führte zu einer Verlagerung der Wild-Wintereinstandsgebiete in höhere Lagen. Das Untersuchungsgebiet mit seinen milden Wintern und den grossen, zusammenhängenden Waldflächen stellt ein ideales Wintereinstandgebiet dar.

Parallel zum Rückgang der Schmalviehhaltung nahmen die Wildbestände stark zu. Während das Vieh in der Regel in den Übergangszeiten, also im Frühling und im Herbst, die Wälder beweidete, ist das Wild hauptsächlich im Winter in den Wäldern des Untersuchungsgebietes anzutreffen. Im Winter ist das Aesungsangebot reduziert und der Verbiss an Sträuchern und Jungbäumen beträchtlich.

5. Bestandesdynamik von zwei Beständen des Erika-Föhrenwaldes

Beide Bestände IA und IB (siehe *Abbildung 1*) wurden von Walthert (in *Perren et al.*, 1992) dem Erika-Föhrenwald mit Rauhgras (EK Nr. 65) zugeordnet. Standörtlich entsprechen sie sich weitgehend: der geologische Untergrund ist Gehängeschutt aus Dolomit und z.T. Rauhwacke (IA); die Bodentypen sind Rendzinen (A-AC-C), wobei IB eine höhere Wasserdurchlässigkeit aufweist; die Humusformen sind Xeromoder; die Expositionen sind Süd; die Hangneigungen 85% (IA) bzw. 70% (IB); die Höhe über Meer beträgt 1160 m (IA) bzw. 1180 m (IB).

Beide Bestände zeigen eine einschichtige, lückige Struktur (siehe *Abbildung 3*) mit fehlender Verjüngung (h>50 cm). Bestand IA weist sehr viele schneebruchbedingte Kronenabplattungen und stark talseits orientierte Kronen auf, während die Bäume in Bestand IB durchgehende Stammachsen zeigen. Die Ansamung (bis 15 cm) ist in Bestand IA reichlich vorhanden, wogegen sie in Bestand IB fast ganz fehlt.

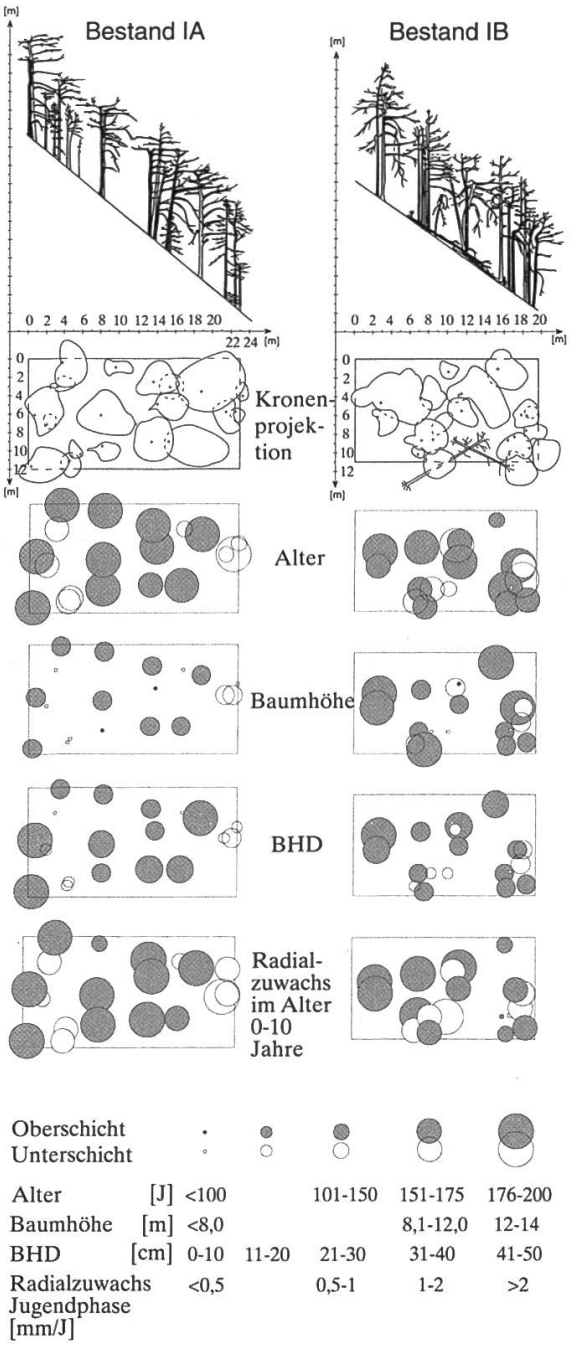

Abbildung 3. Bestandesstruktur, Alter, Baumhöhe, BHD und Jugendwachstum. Ausser in den Baumhöhen sind beide Bestände sehr ähnlich.

Die Altersstrukturen sind auffallend ähnlich, der Unterschied zwischen Ober- und Unterschicht ist fliessend. Für die Ausdifferenzierung in Ober- und Unterschicht scheint mehr die bestandesinterne Konkurrenz und weniger der Zeitpunkt der Ansamung verantwortlich zu sein. Der Grossteil der Bäume (75%) hat sich innerhalb von nur 30 Jahren angesamt (siehe auch *Abbildung 10*). Die ältesten Bäume sind etwa 195 Jahre alt. Der jüngste Baum in Bestand IA ist 110 Jahre alt, in IB, abgesehen von einer 15jährigen Fichte, 140 Jahre. Die Altersverteilungen zeigen keinerlei Muster, welche auf ein stufiges, zeitlich versetztes Aufwachsen der Bäume hindeuten würden.

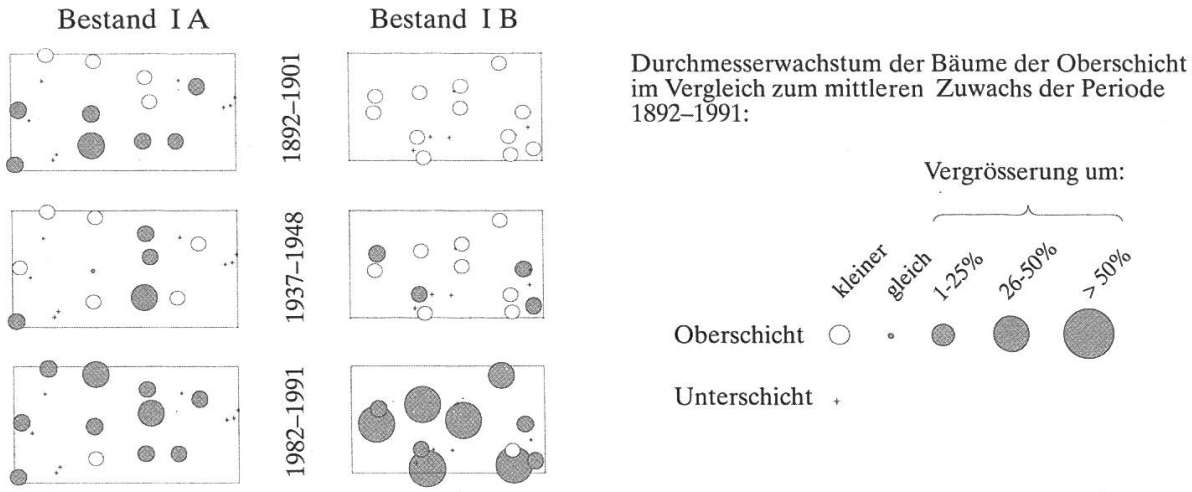

Abbildung 4. Durchmesserwachstum der Bäume der Oberschicht im Verlaufe verschiedener Messperioden. Beide Bestände zeigen in der letzten Messperiode (1982–1991) erhöhte Zuwachswerte.

Bestand IA weist keine Bäume der höchsten Baumhöhenklasse auf. Der Grund hierfür dürften die oben erwähnten Kronenabplattungen sein.

Die räumliche Verteilung der verschiedenen Brusthöhendurchmesserklassen ist auf beiden Flächen recht regelmässig.

Der Grossteil der Bäume beider Flächen weist in den ersten Lebensjahren grosse radiale Zuwächse auf. Wie Beobachtungen in unmittelbarer Nähe des Bestandes zeigten, entsprechen solche Zuwächse denjenigen von Pflanzen, welche ohne Konkurrenz, bei vollem Lichtgenuss aufwachsen. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Bäumen sind klein.

Wie ist das aktuelle Durchmesserwachstum der beiden Bestände im Vergleich zu früheren Wachstumsphasen? Die *Abbildung 4* vergleicht den baumindividuellen Durchmesserzuwachs aus drei verschiedenen Zeitabschnitten mit dem mittleren jährlichen Durchmesserzuwachs (der Bäume der Oberschicht) der letzten 100 Jahre (1892 bis 1991). Die drei Abschnitte umfassen jeweils 10 Jahre und zwar von 1892 bis 1901, 1937 bis 1948 und 1982 bis 1991.

Unter der Annahme gleicher standörtlicher Bedingungen während der letzten 100 Jahre wurde erwartet, dass die Zuwächse während der ersten Messperiode (1892 bis 1901), in welcher die Bäume 60 bis 100 Jahre alt sind, deutlich über dem 100jährigen Mittelwert liegen. Die Werte in der mittleren Periode sollten im Bereich des Mittelwertes liegen, wogegen jene der letzten 10 Jahre infolge des Alterstrends bei 160- bis 195jährigen Bäumen deutlich kleiner als der Mittelwert sein sollten.

Die Situation in der ersten Messperiode von 1892 bis 1901 ist für Bestand IA eine Bestätigung der Erwartungen. In Bestand IB weisen alle Bäume ein unterdurchschnittliches Wachstum auf. Die Messperiode von 1937 bis 1948 zeigt für beide Bestände ähnliche, uneinheitliche Verhältnisse auf. Die meisten

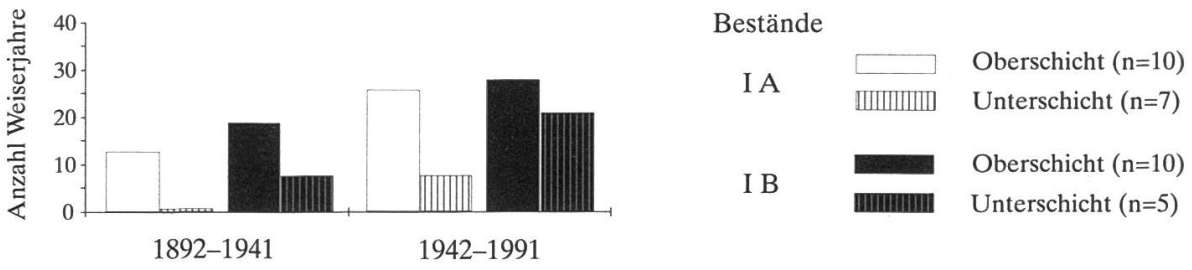

Abbildung 5. Vergleich der Anzahl Weiserjahre in zwei Zeitperioden (1892 bis 1941 und 1942 bis 1991). Die Weiserjahrschwelle S liegt bei 40%. Bestand IB verzeichnet in beiden Zeitperioden mehr Weiserjahre als IA.

Bäume wachsen unterdurchschnittlich, wobei einige einen erhöhten Zuwachs aufweisen. Die Messperiode 1982 bis 1991 zeigt ein erstaunliches Resultat: die Bäume beider Bestände weisen, bis auf jeweils einen Baum, höhere Durchmesserzuwächse auf als das hundertjährige Mittel. Die Bäume zeigen, trotz beträchtlichem Alter, ein gesteigertes Dickenwachstum.

Der Vergleich der beiden Bestände bezüglich ihrer Reaktionen auf das Durchmesserwachstum beeinflussende Faktoren in *Abbildung 5* zeigt:

Beide Bestände weisen, sowohl in der Ober- als auch in der Unterschicht, während der letzten 50 Jahre deutlich mehr Weiserjahre auf als von 1892 bis 1941. Der Bestand IB bildet in der Ober- und in der Unterschicht mehr Weiserjahre aus als IA und weist somit ein sensitiveres Durchmesserwachstum auf. Dies könnte mit dem unausgeglicheneren Wasserhaushalt (Walthert in *Perren et al.*, 1992) zusammenhängen. Rund 80% der Weiserjahre von Bestand IA treten auch bei IB als Weiserjahre auf. Diese hohe Gleichläufigkeit der Bestandesreaktionen trotz beträchtlicher geographischer Distanz zwischen den Beständen (Luftlinie etwa 3,3 km) ist vor allem auf klimatische Faktoren und möglicherweise auf gleiche waldbauliche Behandlung zurückzuführen. Die übrigen Weiserjahre sind auf schwächere klimatische oder lokal auftretende anthropo-zoogene Faktoren zurückzuführen.

Die vorhergehende Betrachtung von Weiserjahren hat gezeigt, wie oft in einer Zeitperiode eine bestimmte Anzahl Bäume innerhalb eines Bestandes eine Wachstumsreaktion verzeichnet hat. Die *Abbildung 6* vergleicht die acht Weiserjahre, welche bei beiden Beständen die deutlichsten Wachstumsreaktionen zeigten. Es sind dies vier positive Weiserjahre mit breiten Jahrringen (feuchte und warme Vegetationsperiode) und vier negative Weiserjahre mit schmalen Jahrringen (kühle und trockene Vegetationsperiode). Die Reaktion der Bäume wird in zwei Klassen aufgeteilt: Reduktion bzw. Vergrösserung der Jahrringbreite um 21 bis 50% (schwache Reaktion) respektive 51 bis 100% (starke Reaktion). Es wurden nur Bäume der Oberschicht berücksichtigt.

Bei der Darstellung der schwachen Reaktionen ist festzustellen, dass der Bestand IB bei sechs der acht Weiserjahre mehr reagierende Bäume verzeich-

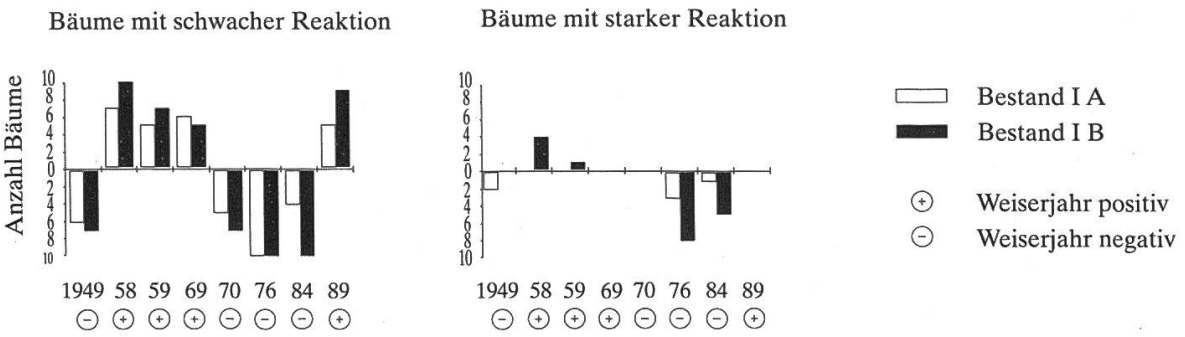

Abbildung 6. Anzahl reagierender Bäume in ausgewählten Weiserjahren. Bestand IB weist mehr reagierende Bäume auf.

net als IA. Im Jahre 1976 weisen bei beiden Beständen sämtliche Bäume eine Reaktion auf, was auf ein ausserordentliches Ereignis schliessen lässt. Nur gerade im Jahre 1969 weist der Bestand IA mehr reagierende Bäume auf. Bei den starken Reaktionen ist festzustellen, dass die Jahre 1969, 1970 und 1989 nicht mehr erscheinen. Die Betrachtung der übrigen sechs Weiserjahre ergibt ein noch klareres Bild: Bestand IB weist in vier der fünf Weiserjahre deutlich mehr reagierende Bäume auf als IA. Einzig das Jahr 1949 zeigt ein umgekehrtes Resultat. Der Bestand IB reagiert auch bei dieser Betrachtung sensibler.

Es stellt sich nun die Frage, welche Bäume innerhalb des Bestandesgefüges jeweils reagieren und dadurch die Weiserjahrproduktion des Bestandes ausmachen. Sind es immer dieselben Bäume, die ein überdurchschnittlich sensibles Wachstum aufweisen oder hängt es neben dem Mikrostandort auch von der individuellen Verfassung des Baumes ab? Die *Abbildung 7* zeigt die Einzelbaumreaktionen der beiden Untersuchungsbestände anhand der bereits bekannten acht besonders stark ausgeprägten Weiserjahre. Die Weiserjahrschwelle beträgt 40%. Die Reaktion der Bäume wird in drei Klassen aufgeteilt: Reduktion bzw. Vergrösserung der Jahrringbreite um 0 bis 20% (keine Reaktion), um 21 bis 50% (mittlere Reaktion), 51 bis 100% (starke Reaktion). Es wird zwischen Bäumen der Oberschicht und der Unterschicht unterschieden.

Der Grossteil der Bäume reagiert unstet und mit unterschiedlicher Intensität. In den vier negativen Weiserjahren zeigen im Bestand IA nur gerade zwei, im IB nur drei Bäume in allen vier Jahren eine Reaktion. Keine Reaktion in allen vier Jahren verzeichnet nur ein Baum (IA) respektive vier Bäume (IB). Es besteht kein Unterschied zwischen den Reaktionsmustern der Ober- und Unterschicht, was bedeutet, dass der Faktor Konkurrenz bei den ausgewählten Weiserjahren nicht klar durchschlägt.

Bei den positiven Weiserjahren verhält es sich analog. Dieser Befund lässt vermuten, dass die Sensitivität der Bäume einer zeitlichen Variation unterworfen ist.

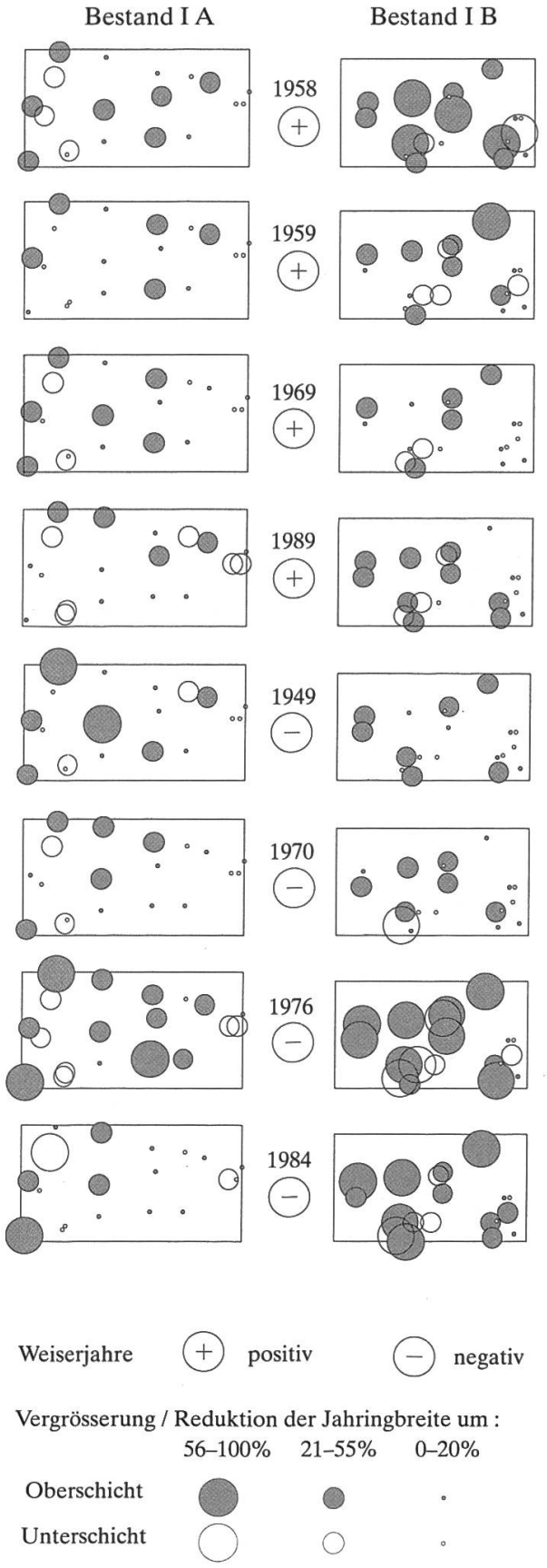

Abbildung 7. Einzelbaumreaktionen in ausgewählten Weiserjahren. Die Bäume reagieren unstet und mit unterschiedlicher Intensität.

6. Wachstumsdynamik von Föhren und Fichten auf Trockenstandorten

Die fünf Untersuchungsbestände wurden durch Walthert (in *Perren et al.*, 1992) ausgeschieden und pflanzensoziologisch und bodenkundlich charakterisiert. Sie beschreiben einen Trockenheitsgradienten von den Waldföhrenwäldern zu den Fichtenwäldern (siehe *Abbildung 1*). Der Bestand I deckt den trockenen, schlechtwüchsigen Bereich ab. Er wird dem Erika-Föhrenwald mit Rauhgras zugeordnet. Der Bestand V wird dem Ehrenpreis-Fichtenwald mit Kreuzblume zugeordnet, liegt im mässig feuchten Bereich und bildet den gutwüchsigen Flügel des Gradienten. Die Bestände II, III und IV liegen im Übergangsbereich zwischen den Föhren und den Fichtenwäldern. Sie können nach pflanzensoziologischen Gesichtspunkten keiner Einheit nach Ellenberg und Klötzli (1972) zugeordnet werden. *Tabelle 2* gibt eine standörtliche Übersicht über die fünf Untersuchungsbestände. Der Standortsgradient ist im geologischen Untergrund, den Bodentypen, den Humusformen, den Expositionen und den Hangneigungen zu erkennen.

Auch die Baumhöhen (*Abbildung 8*) spiegeln den ausgeprägten Gradienten wider: im Föhrenwald liegen sie zwischen 7 und 16 m; die Übergangsbestände sind zwischen 14 und 26 m hoch, während im Fichtenwald die Baumhöhen bis zu 36 m erreichen. Der Grund für die deutlich grösseren Baumhöhen der Fichten gegenüber den Föhren in den Untersuchungsbeständen I und III sind die bei der Föhre häufig vorkommenden Kronenbrüche. Die über-

Tabelle 2. Standörtliche Übersicht der Untersuchungsbestände (* Walthert in *Perren et al.*, 1992).

Untersuchungs-bestände:	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**
Vegetations-einheit*:	Erika-Föhrenwald mit Rauhgras	Übergang	Übergang	Übergang	Ehrenpreis-Fichtenwald mit buntem Reitgras
Geologie:	Gehängeschutt (Rauhwacke/ Dolomit)	Dolomit/Rauhwacke (zT anstehend) mit Moränenauflage	Dolomit/Rauhwacke (zT anstehend) mit Moränenauflage	Würm-Moräne (Mischgestein)	Würm-Moräne (Mischgestein)
Bodentyp*:	Rendzina A-AC-C	Regosol A-AC-C	Regosol A-(B)-C	Regosol A-B-C	Regosol A-B-C
Humus-form*:	Xeromoder	Xeromoder	Xeromoder	Mullartiger Moder	Typischer Moder
Exposition:	Süd	Süd-Südwest	Süd	Süd-Südwest	Nordost
Hang-neigung [%]:	85	55	60	55	85
Höhe ü.M.[m]:	1160	1180	1480	1460	1180
Koordinaten	766.500/171.125	766.300/171.250	769.000/172.625	768.100/172.800	767.150/171.650

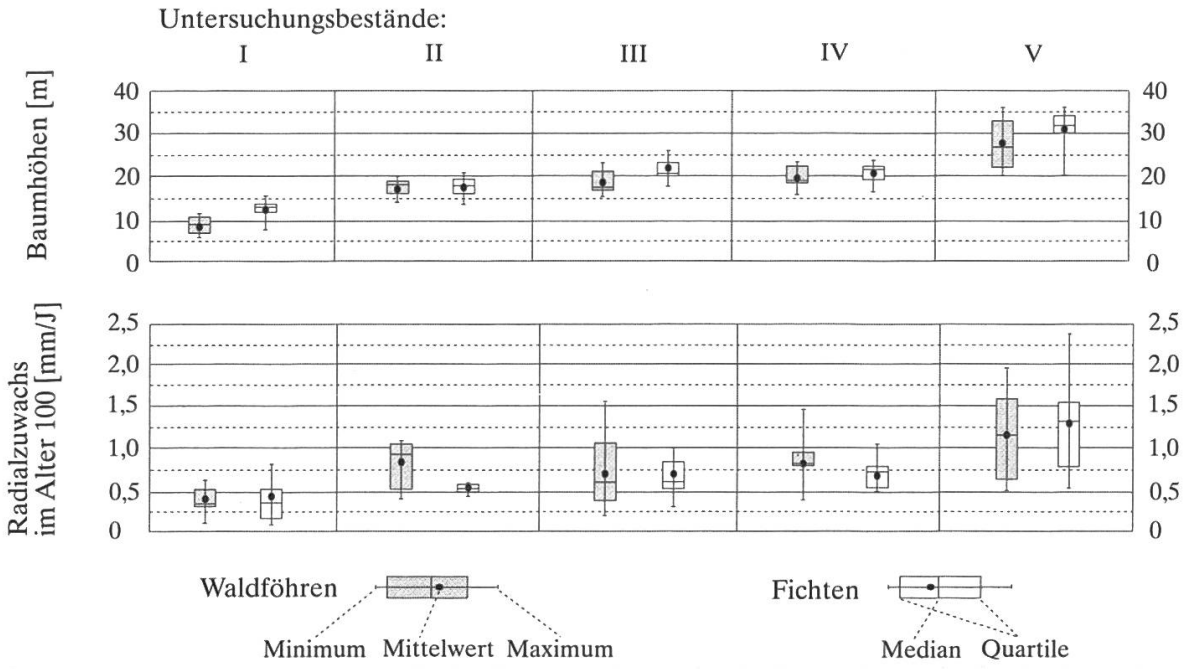

Abbildung 8. Baumhöhen und Radialzuwächse. Der Standortsgradient ist sowohl bei den Baumhöhen als auch bei den Radialzuwächsen deutlich sichtbar.

aus grosse Streuung in Bestand V, hervorgerufen durch einige Werte um 20 bis 25 m, ist ebenfalls auf Kronenbrüche zurückzuführen.

Die Messung des durchschnittlichen jährlichen Radialzuwachses im Alter 90 bis 110 Jahren ergab folgende Resultate (*Abbildung 8*): In Bestand I liegen die Mittelwerte der Waldföhren und Fichten unter 0,5 mm/J. In den Beständen II, III und IV liegen sie zwischen 0,5 und 1,0 mm/J und in Bestand V liegen sie über 1,0 mm/J. Die Streuung der Werte ist sehr gross, was auf Wettbewerb zurückzuführen ist. Einzig in Bestand V liegt der Mittelwert der Fichten höher als bei den Waldföhren. Auch auf dem trockensten Standort (I) zeigen die Fichten kein schlechteres Radialwachstum als die Waldföhren.

Die maximalen Radialzuwächse dokumentieren den Standortsgradienten wesentlich besser als die Minimal- oder Durchschnittswerte. Minimale Zuwachswerte gleicher Grössenordnung können auf allen Standorten entstehen; als Gründe dafür kommen unterschiedliche Konkurrenzverhältnisse sowie biogene und klimatische Schädigungen wie z.B. Kronenbrüche in Frage.

Die Altersverteilung der herrschenden Föhren und Fichten ist in *Abbildung 9* dargestellt.

Die nur verstreut vorkommenden, schütteren Fichten auf dem Föhren-Extremstandort (Bestand I) sind erstaunlicherweise gleich alt wie die sie umgebenden Föhren. Sie weisen Alter von bis zu 180 Jahren auf. Die Altersstreuung innerhalb der Bestände I, IV und V ist auffallend ähnlich: für 90% der Bäume beträgt sie 20 bis 30 Jahre, was auf eine natürliche Bestandesbegründung schliessen lässt. Die Föhren und Fichten sind jeweils etwa gleich alt.

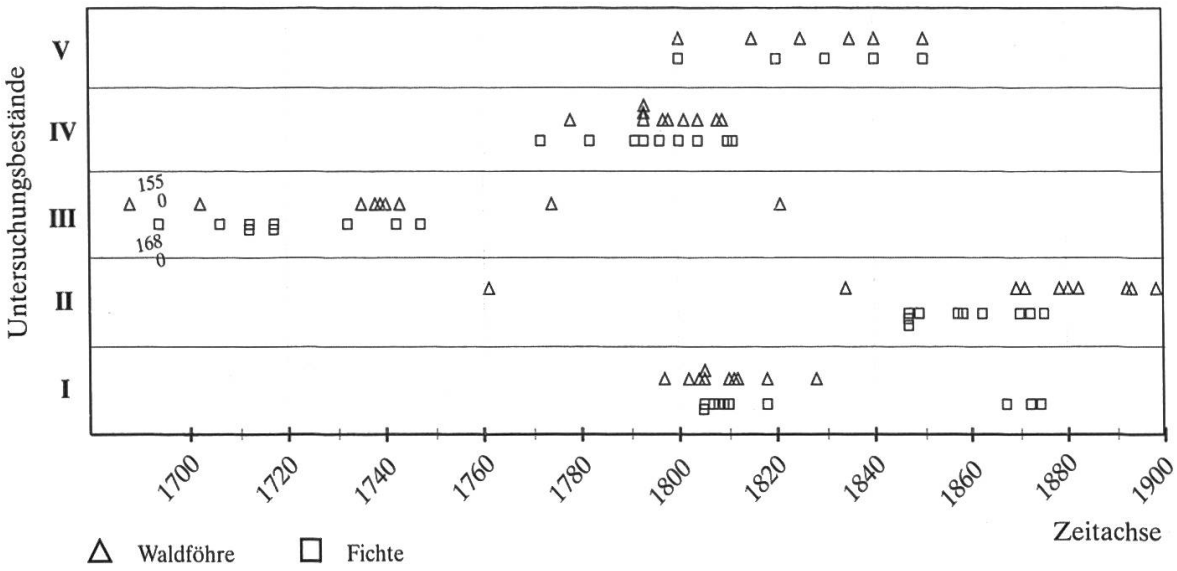

Abbildung 9. Altershistogramme. Die Waldföhren und Fichten sind etwa gleich alt. Bestand III weist sehr grosse Altersstreuung und hohe Maximalalter auf. Die Bestände I, IV und V haben eine ähnliche Altersstruktur.

Der Ansamungszeitraum dieser drei Bestände liegt zwischen 1790 und 1850 und fällt somit genau in die Zeit der letzten intensiven Bergbauaktivitäten im Untersuchungsgebiet. Die Bestände II und III unterscheiden sich recht deutlich von den anderen: der Bestand III weist eine grosse Altersstreuung mit erstaunlichen Maximalaltern auf: Föhre 171 bis 440 Jahre, Fichte 242 bis 310 Jahre. Die Zentralwerte liegen bei 275 Jahren (Fichte) respektive 250 Jahren (Föhre). Die Erklärung für diese deutlich unterschiedliche Altersstruktur liegt im Umstand, dass dieser Bestand im Schutzwald oberhalb der Gemeinde Alvaneu liegt, welcher bereits Anfang des 16. Jahrhunderts unter Bann gestellt wurde. Der Bestand II ist deutlich jünger als die übrigen Untersuchungsbestände. Mit einem Zentralwert von 135 Jahren sind die Fichten deutlich älter als die Föhren (Z= 110 Jahre).

Abbildung 10 stellt das Durchmesserwachstum jedes einzelnen Baumes während der letzten vier Jahrzehnte dar. Es werden die durchschnittlichen Jahreszuwächse während der Zeitperioden 1952 bis 1961, 1962 bis 1971, 1972 bis 1981 und 1982 bis 1991 verglichen, indem jeweils das Wachstum der einzelnen Bäume während einer Zeitperiode mit jenem der vorhergehenden Periode verglichen wird. Es interessiert lediglich, ob der einzelne Baum eine Zuwachszunahme, eine Abnahme oder einen gleichbleibenden Zuwachs aufweist.

Der Vergleich der Zuwachsverhältnisse der verschiedenen Bestände in der Periode 1962 bis 1971 ist recht einheitlich. Die Mehrheit der Bäume weist gegenüber 1952 bis 1961 verminderte Zuwachsverhältnisse auf. Nur in Bestand I ist keine klare Aussage möglich. Die Periode 1972 bis 1981 zeigt ein unheitliches Bild: die Bestände I und V zeigen mehr Bäume mit gesteigerten Durchmesserverhältnissen, während in den Beständen II, III und IV deutlich

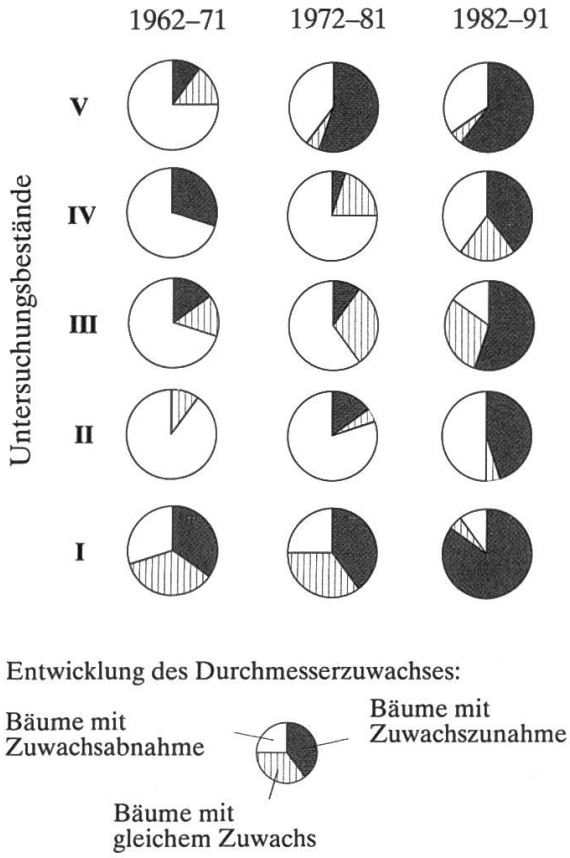

Abbildung 10. Entwicklung des Durchmesserzuwachses von 1962 bis 1991. Die Bäume aller Bestände weisen heute mehrheitlich grössere Zuwachswerte auf als in den vergangenen Jahrzehnten.

mehr Bäume kleinere Zuwächse aufweisen. In der Periode 1982 bis 1991 zeigt sich ein überaus einheitliches Bild: in allen fünf Beständen ist eine deutliche Zunahme von Bäumen mit gesteigertem Zuwachs festzustellen. Die sehr unterschiedlichen Standortsverhältnisse scheinen keinen Einfluss zu haben.

7. Diskussion

Fünf der sieben Untersuchungsbestände gehen auf die Zeit der letzten bergbaulichen Aktivitäten zurück. Aufgrund der grossen Durchmesserzuwachswerte während der ersten Lebensjahre kann angenommen werden, dass auf der ganzen Fläche Freilandverhältnisse geherrscht haben dürften (*Abbildung 3*), was bedeutet, dass die Bestände wahrscheinlich nach Kahlschlag entstanden sind. Die Altersstreuung von rund 30 Jahren deutet auf Naturverjüngung hin. Der relativ grosse Ansamungszeitraum kann mit den verjüngungsfeindlichen Verhältnissen auf den Schlagflächen (hohe Einstrahlung) und allenfalls gleichzeitiger Beweidung in Zusammenhang gebracht werden.

Die Tatsache, dass sowohl sehr produktive Fichtenbestände (V), aber auch sehr schlechtwüchsige Waldföhrenbestände (I, IA, IB) in dieser Zeit kahlgeschlagen wurden, kann als Beleg für die grosse Intensität der Waldverwüstungen, bedingt durch den Bergbau, genommen werden. Die beiden Bestände II und III stammen nicht aus der Zeit dieser Waldzerstörungen. Bestand II ist jünger. Der Bestand III ist Teil des seit dem 16. Jahrhundert geschützten Bannwaldes der Gemeinde Alvaneu. Die sehr grosse Altersstreuung der Bäume der Oberschicht (rund 270 Jahre) zeigt, dass der Bann über Schutzwälder, zumindest was die Holznutzung anbetrifft, eingehalten wurde.

In beiden Waldföhrenbeständen (IA, IB) sind die jüngsten Bäume, abgesehen von der reichlich vorhandenen Ansamung und einer 14jährigen Fichte in Bestand IA, 110 bzw. 140 Jahre alt. Die Verjüngung fehlt ganz. Als mögliche Gründe kommen die Nutzung der Jungpflanzen zur Herstellung von Legzäunen oder die Abäsung durch Nutztiere und (oder) Wild in Frage (*Abbildung 2*). Der Einfluss der Legzäune auf die heutige Bestandesstruktur ist nur schwierig abzuschätzen, da weder die Zeitdauer der Nutzung, noch der genaue Entnahmeort der Jungpflanzen bekannt sind.

Nur auf den kargsten Standorten dieser waldföhrenreichen Wälder stocken echte Waldföhrengesellschaften. Sie können nach Walthert (in *Perren et al.*, 1992) dem Erika-Waldföhrenwald (EK Nr. 65) zugeordnet werden, weisen mittlere Baumhöhen von weniger als 15 m und mittlere radiale Zuwachswerte (Alter 100) kleiner 0,5 mm/J auf. Beim weitaus grössten Teil der Wälder dürfte es sich um Pionierbestände handeln, welche sich im Zuge der Sukzession allmählich in Fichtenbestände umwandeln werden. Sie werden Fichtenwaldgesellschaften zugeordnet, können Baumhöhen von 20 bis 35 m und mittlere radiale Zuwachswerte (Alter 100) von mehr als 1,0 mm/J erreichen.

Auch in den Waldföhrenbeständen der kargsten Lagen können sich noch einzelne Fichten halten. Sie erreichen auf diesen Standorten noch beträchtliche Alter (180 bis 220 Jahre) und weisen vergleichbare Baumhöhen und Durchmesserzuwachswerte auf. Diese Fichten können durchaus einen Beitrag zur Erfüllung der Schutzfunktion dieser Wälder leisten.

Die Fichten sind erstaunlicherweise in keinem der Untersuchungsbestände jünger als die Föhren. Dies könnte die Folge waldbaulicher Eingriffe sein. Möglich ist auch, dass die Vorstellung, nach welcher die schattenertragenden Fichten unter dem Schirm der Pionierbaumart Waldföhre aufwachsen, mindestens in den Untersuchungsbeständen nicht zutrifft. Die Fichte scheint auch auf den Trockenstandorten sowohl in der Jugend als auch vereinzelt bis ins hohe Alter mit der Waldföhre mithalten zu können. Erstaunlicherweise gilt dies auch für die Ansamung auf Kahlflächen.

Die herrschenden Waldföhren und Fichten aller Untersuchungsbestände zeigen in den letzten 10 bis 20 Jahren (1972 bis 1981, 1982 bis 1991) eine eindeutige Steigerung des Durchmesserwachstums und zwar unabhängig davon, ob mit dem hundertjährigen Mittel (*Abbildung 4*) oder mit den letzten drei Jahrzehnten

(*Abbildung 10*) verglichen wird. Den gleichen Wachstumstrend haben auch *Becker et al.* (1990), *Spiecker* (1991) sowie *Badeau* und *Dupouey* (1995) in verschiedenen Gebieten Europas beobachtet. Im vorliegenden Fall sind jedoch die hohen Bestandesalter aussergewöhnlich. Dies zeigt, dass selbst Bestände mit durchschnittlichem Alter von bis zu 275 Jahren noch mit gesteigertem Durchmesserwachstum auf verbesserte Wachstumsbedingungen reagieren können. Es stellt sich nun die Frage, welche Faktoren diesen Wachstumsanstieg verursacht haben könnten. Eine Verbesserung der bestandesinternen Konkurrenzsituation als Folge von Durchforstungen oder Ausfällen infolge Wind oder Schnee kann aufgrund der Wirtschaftspläne und der Felduntersuchungen ausgeschlossen werden. Es kommen also nur eine Verbesserung des Wasser- und/oder des Nährstoffhaushaltes als auslösender Faktor in Frage. Die Wasserbilanz kann sich durch erhöhte Niederschläge oder kleinere Evapotranspiration als Folge günstigerer klimatischer Bedingungen verbessern. Die Nährstoffsituation kann sich infolge langfristig geringerer forstlicher Nutzungen (Holz-, Ast- und Streuentnahme) oder erhöhter atmosphärischer N-Einträge verbessern. Welcher dieser Faktoren oder welche Faktorenkombinationen für die Bestände ausschlaggebend sind, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden. Die von *Flückiger* und *Braun* (1994) angegebenen atmosphärischen Stickstoff-Einträge von rund 15 kg/ha* Jahr stellen im gesamtschweizerischen Vergleich eine relativ kleine Fracht dar, könnten auf diesen armen Standorten aber als Erklärung in Frage kommen.

Die beiden Erika-Föhrenwald-Bestände verhalten sich bezüglich Weiserjahrproduktion (*Abbildung 5*) und Einzelbaumreaktionen in besonders deutlichen Weiserjahren (*Abbildung 6*) unterschiedlich. Bestand IB zeigt deutlich mehr Weiserjahre als IA, und es reagieren jeweils wesentlich mehr Bäume. Dies zeigt, dass der Bestand IB ein sensitiveres Wachstum aufweist, was mit dem kleineren Wasserspeichervermögen und somit häufiger auftretenden Wasserstress dieses Standortes erklärt werden kann.

Es reagieren keinesfalls immer die selben Bäume innerhalb eines Bestandes auf klimatische Einflüsse (z.B. Sommertrockenheit). Die Bäume verfügen offenbar über eine wechselnde Fitness, was sie unterschiedlich empfindlich auf äussere Faktoren reagieren lässt (siehe *Abbildung 7*).

Zusammenfassung

Das Untersuchungsgebiet liegt im Kanton Graubünden, im Übergangsbereich von den Zwischenalpen zur inneralpinen Zone. Es wurden Untersuchungen zur langfristigen Entwicklung waldföhrenreicher Wälder anhand geschichtlicher Dokumente gemacht. Zusätzlich wurden die Bestandesdynamik von zwei Beständen im typischen Erika-Föhrenwald (*Erico-Pinetum silvestris*) und die Wachstumsdynamik von Wald-

föhren und Fichten in fünf Beständen auf Trockenstandorten mittels dendroökologischer Methoden (Skeleton plot) studiert. Die langfristige Entwicklung wurde geprägt durch Waldverwüstungen im Zusammenhang mit bergbaulichen Aktivitäten (1400 bis 1847), Kahlschlagwirtschaft (bis 1876), Waldweide (bis 1950) und den seit Anfang dieses Jahrhunderts wachsenden Wilddruck. Der Grossteil der Waldföhrenbestände sind Pionier- und Übergangswälder; nur auf extremen Trockenstandorten stocken Waldföhrengesellschaften. Aufgrund des Jugendzuwachses wird abgeleitet, dass fünf der sieben Bestände auf Freiflächen (nach Kahlschlag) aufgewachsen sind. Waldföhren und Fichten innerhalb des gleichen Bestandes sind jeweils gleich alt. Die älteste Waldföhre ist rund 440 Jahre, die älteste Fichte etwa 310 Jahre alt. Die Bäume verfügen über eine wechselnde Fitness – sie reagieren unterschiedlich auf klimatische Ereignisse. Zwei Bestände der gleichen pflanzensoziologischen Einheit konnten mittels dendroökologischer Methoden voneinander abgegrenzt werden (Weiserjahrproduktion, Anzahl reagierender Bäume in Extremjahren). Beide Baumarten zeigen in den letzten 20 Jahren einen Anstieg des Durchmesserwachstums.

Résumé

Développement des forêts riches en pins sylvestres dans la région de Brienz-Wiesen (GR)

Etude historique et dendroécologique

La région étudiée se situe dans le canton des Grisons, dans la zone de transition entre les Alpes intermédiaires et la zone intra-alpine. Le développement à long terme de forêts riches en pins sylvestres (*Pinus silvestris*) a été étudié à partir de documents historiques. En outre, des méthodes dendroécologiques, notamment le «skeleton plot», ont été mises en œuvre pour reconstituer la dynamique de deux peuplements d'*Erico-Pinetum silvestris* typiques et la dynamique de croissance du pin sylvestre et de l'épicéa sur cinq stations sèches. Le développement à long terme a été influencé par les déforestations dues à l'exploitation des mines (1400–1847), par le régime de coupes rases (jusqu'en 1876), le pâturage (jusqu'en 1950) et l'augmentation de la pression du gibier dès le début du siècle. La plupart des peuplements de pins sylvestres sont des forêts pionnières ou des forêts de transition, qui ne parviennent à maturité que dans des stations extrêmement sèches. Les courbes de croissance du stade juvénile indiquent que cinq des sept peuplements étudiés se sont développés sur terrain nu (après une coupe rase). Au sein de chaque peuplement, les pins sylvestres et les épicéas ont approximativement le même âge. Le plus vieux pin sylvestre a environ 440 ans, le plus vieil épicéa environ 310 ans. Les réactions des arbres aux conditions climatiques varient dans le temps. Les méthodes dendroécologiques (production d'années caractéristiques, proportion d'arbres montrant une réaction dans les années climatiques extrêmes) ont permis de distinguer deux peuplements d'*Erico-Pinetum silvestris*. Le pin sylvestre et l'épicéa présentent tous deux une augmentation de la croissance en diamètre au cours des vingt dernières années.

Traduction: *Michèle Kaennel*

Summary

Development of forests dominated by Scots Pine in the Brienz-Wiesen Region (GR)
An historical and dendroecological study

The study area lies in the canton of Grisons in the transition zone between the intermediary Alps and the inner alpine zone. The long-term development of forests dominated by Scots has been investigated using historical sources. In addition, dendroecological analyses were used to gain information on the stand dynamics of two stands of *Erico-Pinetum silvestris typicum* and to study the growth dynamics of Scots pine and Norway spruce on five dry sites.

The long-term development of the stands was influenced by the devastation of the forests as a result of mining activities between 1400 and 1847, the clearcut system (used up to 1876), forest grazing (practised until 1950) and pressure caused by the increase in game populations that has occurred since 1900. Most Scots pine stands in the region are pioneer- or transition forests, and only develop into mature Scots pine communities on extremely dry sites. Five of the seven stands developed under open conditions, probably following clearcuts. The mixed stands of Scots pine and Norway spruce each consist of a single cohort. The oldest Scots pine in the study areas is about 440 years, and the oldest spruce about 310 years old. The trees vary in their reactions to climatic stresses over time. On the basis of the production of pointer years, and the proportions of trees showing reactions to extreme climatic events, it is possible to distinguish two stands within the same phytosociological community. Scots pine and Norway spruce have both shown an increase in diameter growth over the last 20 years, regardless of tree age. Translation: *John Innes*

Literatur

Albertini von, J.U., 1835: Beschreibung des Eisenwerkes zu Bellaluna in Graubünden. Chur, A.C. Otto's Erben. 115 S.

Badeau, V., Dupouey, J-L., Becker, M., Picard, J-F., 1995: Long-term growrth trends of *Fagus sylvatica* L. in northeastern France. A comparison between high and low density stands. Acta Ecologica, *16* (5), 571–583.

Becker, M., Bräker, O. U., Kenk, G., Schneider, O., Schweingruber, F. H. (1990): Kronenzustand und Wachstum von Waldbäumen im Dreiländereck Deutschland–Frankreich–Schweiz in den letzten Jahrzehnten. Allgemeine Forstzeitschrift 11: 267–274.

Bohl, 1838: Anleitung zur Verbesserung des Bündnerischen Forstwesens. Chur, Verlag Otto's Erben. 75 S.

Brang, P., 1988: Decline of Mountain Pine (*«Pinus mugo» ssp. «uncinata»*) stands in the Swiss national park – a dendrochronological approach. Dendrochronologia *6*: 151–162.

Braun-Blanquet, J., 1961: Die inneralpine Trockenvegetation. Stuttgart, Fischer, 273 S.

Braun-Blanquet, J., Pallman, H., Bach, R., 1954: Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark und seinen Nachbargebieten. Ergebn. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark, N. F. IV. 200 S.

Bucher, S., 1996: Charakterisierung von Humusformen an einem Südhang der alpinen Kalkberglandschaft bei Alvaneu (GR). Diplomarbeit an der Abteilung für Umweltnaturwissenschaften der ETH Zürich, 92 S.

Ellenberg, H., 1978: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht. Stuttgart: Ulmer. 981 S.
Ellenberg, H., Klötzli, F., 1972: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes. Mitt. *48*: 589–930.
Flückiger, W., Braun, S. (1994): Waldschaden-Bericht. Untersuchungen in Buchenbeobachtungsflächen 1984–1993. Institut für Angewandte Pflanzenbiologie, 4124 Schönenbuch, 54 S.
Gensler, G.A., 1978: Das Klima von Graubünden. Ein Beitrag zur Regionalklimatologie der Schweiz. SMA. 122 S.
Henry, J.D., Swan, J.M.A., 1974: Reconstructing forest history from live and dead plant material – an approach to the study of forest succession in South West New Hampshire. Ecology *55*/4: 772–783.
Jenny, R., 1952: Karl Albrecht Kasthofer und seine Alpenreisen durch Graubünden. Bündnerwald, *6*, 2. 212 S.
Krähenbühl, H., 1991: Die Bedeutung der Holzkohle für Hüttenwerke und Industrie in Graubünden (Teil 3). Bergknappe Nr. 55: 15–19.
Landolt, E., 1977: Oekologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröff. d. geobot. Inst. ETH, Stift. Rübel. Zürich, 64: 208 S.
Payette, S., Filion, L., Gauthier, L., Boutin, Y., 1985: Secular climate change in old-growth tree-line vegetation of northern Quebec. Nature *315*, 6015, 135–138.
Perren, B., Rigling, A., Walthert, L., 1992: Verjüngungsökologie und -dynamik der waldföhrenreichen Wälder im Gebiet Brienz – Wiesen (GR), Diplomarbeit an der Abteilung für Forstwirtschaft der ETH Zürich, 269 S.
Schweingruber, F.H., Eckstein, D., Serre-Bachet, F., Braeker, O-U., 1990: Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology. Dendrochronologia *8*: 9–38.
Spiecker, H., 1991: Growth variation and enviromental stresses: long term observations on permanent research plots in Southwestern Germany. Water, Air and Soil Pollution 54: 247–256.
Stokes, M., Smiley, T.L., 1968: An introduction in tree-ring dating. University Press, Chicago, 73 S.
Wider, H.M., 1980: Der Bergbau in Nord- und Mittelbünden und seine Beziehungen zur Kulturlandschaft. Zürich: Vlg Juris. 151 S.

Dank
Grundlage des Aufsatzes ist eine Gruppendiplomarbeit aus dem Jahre 1992, abgefasst an der Abteilung Forstwirtschaft, Professur für Waldbau, der ETH Zürich mit dem Titel: «Verjüngungsökologie und -dynamik der waldföhrenreichen Wälder im Gebiet Brienz – Wiesen (GR)», mit besonderer Berücksichtigung des Standortes (Lorenz Walthert), der Verjüngungsökologie (Bernhard Perren) und der Entwicklungsdynamik (Andreas Rigling). Den beiden Kollegen möchten wir für die zur Verfügung gestellten Daten danken.

Abbildungen gedruckt mit Unterstützung der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), CH-8903 Birmensdorf.

Verfasser:
Andreas Rigling, dipl. Forsting. ETH, und Prof. Dr. Fritz Hans Schweingruber, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), CH-8903 Birmensdorf.