

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 164 (2013)
Heft: 2

Artikel: Dynamik dichter, gleichförmiger Gebirgsfichtenwälder
Autor: Bebi, Peter / Krumm, Frank / Brändli, Urs-Beat
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1097601>

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: 02.05.2026

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

Dynamik dichter, gleichförmiger Gebirgsfichtenwälder

Peter Bebi WSL-Institut für Schnee und Lawinenforschung (CH)*
Frank Krumm WSL-Institut für Schnee und Lawinenforschung (CH) und Europäisches Forstinstitut, EFICENT (DE)
Urs-Beat Brändli Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH)
Andreas Zingg Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH)

Dynamics of dense, uniform spruce-dominated mountain forests

Dense, uniform stands have increased in spruce-dominated mountain forests during the last century and often cause silvicultural problems. During recent years, different research activities at Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL) have addressed the development of such mountain forests with or without active management. For this, plots of the Swiss National Forest Inventory (NFI) between 1983/1985 and 2004/2006 have been analysed, dendroecological methods have been used to investigate competition and self-thinning processes and a reassessment of WSL long-term investigation plots has been conducted. NFI plots of stands which have already been dense during the first inventory period generally showed increasing basal area, stagnating stem numbers, strongly increasing amounts of deadwood and slightly increasing regeneration levels, both in managed and in unmanaged stands. Dendroecological field studies confirm that trees in the generally about 80 to 150 years old stands were strongly affected by competition-induced self-thinning and subsequent small-scale mortality processes few decades after stand initiation already. WSL long-term investigation plots generally confirm this dominance of relatively small-scale processes, but also show potential for silvicultural interventions, especially in early stages of self-thinning. According to the guidelines for silvicultural intervention in forests with protective functions (NAIS), an active management of later self-thinning stages with already short crowns and higher mortality should focus on stands where risks have to be considered as too high, based on hazard and damage potential and the size of the dense, uniform stands.

Keywords: forest development, self-thinning, Norway spruce, dendroecology, National Forest Inventory (NFI), minimal tending operations

doi: 10.3188/szf.2013.0037

* Flüelastrasse 11, CH-7260 Davos, E-Mail bebi@slf.ch

Obwohl fichtendominierte Gebirgswälder gegen die obere Waldgrenze hin meist offener, strukturierter und rottenförmiger werden, gibt es in der subalpinen Stufe auch dichte, gleichförmige Wälder, welche diesem typischen Bild nicht entsprechen. Gemäss Daten des Schweizerischen Landesforstinventars (LFI) weisen rund 24% der reinen Fichtenwälder oberhalb von 1600 m ü. M. einen gedrängten bis lockeren Schlussgrad auf. Solche Wälder entfalten heute in der Regel eine gute Schutzwirkung gegenüber Steinschlag und Lawinen. Allerdings kommt subalpin unter einem geschlossenen Kronenschirm kaum Verjüngung auf (vgl. Ott et al 1997, Bebi 1999), was die Resilienz eines Waldes stark vermindert. Insbesondere in gedrängten Gebirgsfichtenbeständen (gemäss LFI ca. 5.4% der subalpinen Wälder oberhalb 1600 m ü. M.) tragen konkurrenzbedingte Mortalität, Kronenverkürzung und erhöhter Schlankheitsgrad zusätzlich zur Störungsanfälligkeit bei (Rottmann 1985).

Aufgrund von jahrhundertelanger, intensiver Nutzung waren unsere Gebirgsfichtenwälder vor wenigen Jahrzehnten meistens viel offener als heute. Übernutzte, überalterte und wenig schutzwirksame Wälder, in denen kaum Verjüngung und Totholz vorhanden waren, prägten den Alpenraum im 19. Jahrhundert (Landolt 1860, Schuler 1996). Der aus Gründen der Schutzfunktion nötig gewordene Wiederaufbau sowie zunehmende Extensivierungen in Land- und Forstwirtschaft führten danach zu einer starken Waldzunahme und -verdichtung. Als Folge dieser lang andauernden, intensiven Nutzung und der nachfolgend relativ günstigen Verjüngungsbedingungen (Lichtverfügbarkeit, freigelegte Minerallerde) sind heute in der subalpinen Stufe die rund 70- bis 150-jährigen, gleichförmigen Wälder mit lockerem bis gedrängtem Schlussgrad wahrscheinlich häufiger als in vergleichbaren Naturwäldern (Koppel 1995, Ott et al 1997, Saniga et al 2008, Heiri & Hallenbarter 2011).

Abb 1 Illustration der Selbstdifferenzierungsphase in Gebirgsfichtenwäldern: links frühes Stadium (Klosters), rechts fortgeschrittenes Stadium (Parangalitsa-Reservat, Bulgarien).



Waldbauliche Eingriffe zur Verbesserung von Struktur und Stabilität in gleichförmigen, dichten Gebirgsfichtenwäldern gelten vor allem in einem relativ frühen Entwicklungsstadium als Erfolg versprechend, solange die Ausformung von Rotten mit grünem Kronenrand noch möglich ist (Zeller 1994). Sobald die Kronen kürzer werden und der Schlankheitsgrad weiter zunimmt, steigt auch die Wahrscheinlichkeit, dass die waldbaulichen Eingriffe zunächst zu einer Destabilisierung des Bestandes führen. In solchen Beständen stellt sich denn auch häufig die Frage nach dem richtigen Zeitpunkt eines Pflegeeingriffs und danach, ob die Natur es nicht auch von selbst richten könnte (Zeller 1994).

Bezogen auf Waldentwicklungsphasen im Naturwald sind dichte, gleichförmige Wälder, die über Jahrzehnte nicht bewirtschaftet wurden, in einer Phase der Selbstdifferenzierung (englisch «self-thinning» oder «stem exclusion»). Dabei erhöht sich die Konkurrenz unter den Bäumen mit steigendem Vorrat, was zu einer ständig grösser werdenden Mortalität führt (Abbildung 1). In der Folge erhöht sich die Menge an Totholz, und der Wald öffnet sich allmählich (Oliver & Larson 1996, McCarthy & Weetman 2006). Gemäss Lehrbuch folgt im Naturwald auf diese Selbstdifferenzierungsphase eine Wiederverjüngungsphase, in welcher das offenere Kronendach und die verbesserten Substratbedingungen die Verjüngung ermöglichen (Abbildung 2). Dieser Übergang geht mit einer potenziellen Abnahme der Schutzwirkung einher, welche umso gravierender ist, je grossflächiger die Störungen sind und je mehr Zeit zwischen Öffnung und Wiederverjüngung

des Bestands verstreicht. Für die Urwälder der Westkarpaten gibt Korpel (1995) für die hochmontane Stufe eine Dauer von 300 Jahren zwischen zwei Verjüngungsphasen an (Abbildung 2). Für den Alpenraum haben wir bisher wenig Erfahrung mit der zeitlichen und räumlichen Dimension von Selbstdifferenzierungsprozessen und mit deren Auswirkungen auf die Schutzwirkung. Allerdings liefen in den letzten Jahren an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) einige Forschungsarbeiten zur Strukturveränderung in gleichförmigen Gebirgsfichtenwäldern mit lockerem bis gedrängtem Schlussgrad. Dazu wurden sowohl Daten des LFI als auch dendroökologische Feldarbeiten und Aufnahmen von langfristigen waldwachstumskundlichen Beobachtungsflächen verwendet. In diesem Artikel fassen wir einige Ergebnisse dieser Forschungsarbeiten zusammen und diskutieren sie im Hinblick auf die Bedeutung für die Gebirgswaldbewirtschaftung. Insbesondere fragen wir uns, wie lange Selbstdifferenzierungsphasen dauern, in welchen räumlichen Skalen sie ablaufen und wie ungünstige Entwicklungen durch waldbauliche Massnahmen allenfalls verhindert werden können.

Methodik

Auswertung von LFI-Daten

Die LFI-Daten liegen in einem Raster von 1.4 km × 1.4 km für alle Wälder der Schweiz für den Zeitraum 1983/1985 (LFI1) bis 2004/2006 (LFI3) vor. Damit können Veränderungen in grossen und ob-

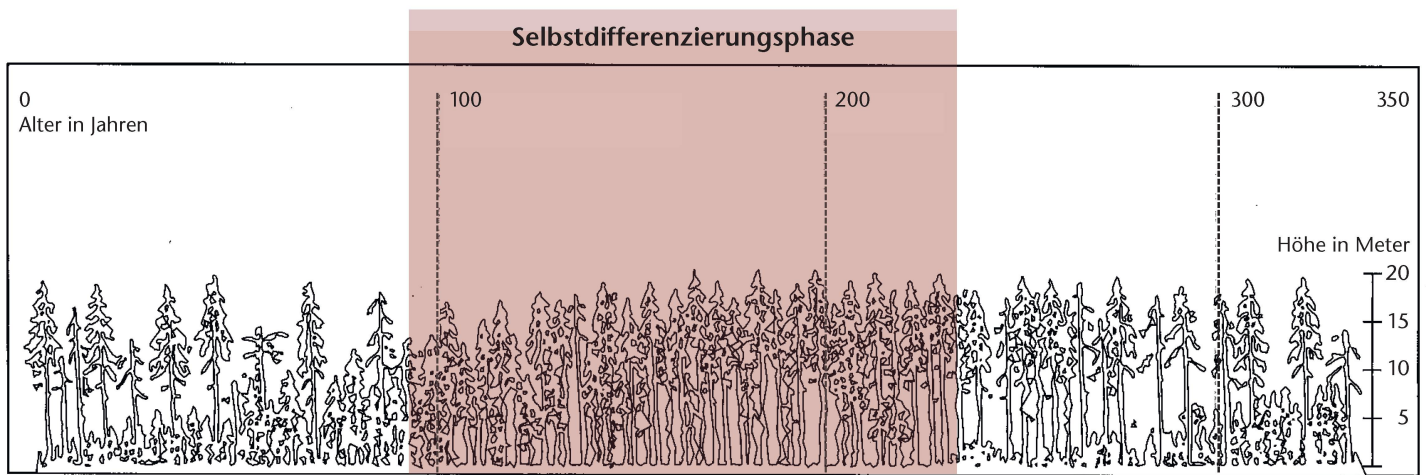


Abb 2 Schema der Entwicklungsphasen nach Korpel (1995) für Naturwälder der hochmontanen Stufe in den Westkarpaten.

jektiven Stichproben ausgewertet werden. Insgesamt wurden 336 LFI-Flächen ausgewählt, welche oberhalb 1500 m ü. M. liegen, einen Fichtenanteil von >80% aufweisen, bereits bei der ersten LFI-Inventur eine geschlossene Bestandesstruktur (Schlussgrad locker bis gedrängt) und zusätzlich eine hohe Stammzahl (>400 Stämme mit einem Brusthöhendurchmesser [BHD] >12 cm) aufwiesen (Krumm et al 2012). Um sowohl bewirtschaftete als auch unbewirtschaftete Wälder untersuchen zu können, wurden die Daten so ausgewählt, dass in rund der Hälfte der Flächen laut der im LFI durchgeführten Försterumfrage seit mindestens 1933 (50 Jahre vor dem LFI1) kein Eingriff erfolgte. Die andere Hälfte umfasst Flächen, in welchen in den 20 Jahren vor dem LFI1 ein Eingriff erfolgte (1962–1982). Von diesen Teildatensätzen wurde die Entwicklung von Stammzahl, Grundfläche, Verjüngungsdeckungsgrad sowie von stehendem und liegendem Totholz analysiert.

Das LFI erfasst die lebenden und toten Bäume in zwei konzentrischen Kreisen: einem 200 m² grossen Kreis mit einer Kluppierungsschwelle von 12 cm und einem 500 m² grossen Kreis mit einer Kluppierungsschwelle von 36 cm BHD. Auf der 50 m × 50 m grossen Interpretationsfläche wird der Verjüngungsdeckungsgrad seit dem LFI2 erfasst (Zingg & Bachofen 1988, Keller 2005).

Dendroökologische Feldaufnahmen

Der Wald im Umkreis von den als nicht bewirtschaftet klassierten LFI-Flächen wurde terrestrisch verifiziert, und in 20 über den ganzen Schweizer Alpenraum verteilten Beständen (10 nord-, 10 süd exponiert, alle oberhalb 1600 m ü. M.) wurden zusätzliche Struktur- und Jahrringanalysen durchgeführt. Alle 20 Bestände waren von der Fichte dominiert (>80%) und wiesen eine sehr hohe Stammzahl auf (>600 Bäume pro ha). In jeweils einer 22 m × 22 m grossen Untersuchungsfläche wurden von jedem lebenden und toten Baum mit BHD ≥10 cm zwei Bohrkern entnommen. Der eine wurde 10 cm über dem

Boden entnommen, um das Baumalter möglichst gut zu ermitteln, der andere, der zur Analyse von Wachstumsprozessen verwendet wurde, auf einer Höhe von 1.30 m. Die Bohrkern wurden nach dendrochronologischen Standardmethoden präpariert und analysiert (Fritts 1971), wobei die Jahrringbreiten mit einer Genauigkeit von 0.01 mm vermessen wurden. In allen Aufnahmeflächen wurden zudem der Standort der Bäume und deren gegenseitige Beeinflussung hinsichtlich ihres Wachstums mithilfe von paarweisen Korrelationsfunktionen analysiert. Mit der gleichen Methode wurden auch zehn Flächen im 250 ha grossen Parangalitsa-Waldreservat aufgenommen. Dieser Wald im Rila-Gebirge im Südwesten Bulgariens wurde bereits in den 1920er-Jahren als Urwald ohne menschlichen Einfluss bezeichnet und ist seither strikt geschützt. Die zehn Aufnahmeflächen liegen alle in dichten, subalpinen Fichtenbeständen (zwischen 1700 und 1950 m ü. M.), die mit den Schweizer Plots vergleichbar waren.

Langfristige waldwachstumskundliche Beobachtungsflächen

Die Ertragskunde der WSL betreibt seit mehr als 100 Jahren Versuchsflächen zur Erforschung der Entwicklungsdynamik von Wäldern. Die zu Beginn des letzten Jahrhunderts im hochmontanen und subalpinen Bereich angelegten Versuchsflächen waren meist Aufforstungsflächen und wurden in der Regel intensiv durchforstet (z.B. in Hospental, Realp und in Morissen). Ab den 1990er-Jahren wurden neue Versuchsflächen in weitgehend reinen Gebirgsfichtenwäldern mit unterschiedlicher Bestandesgeschichte angelegt (Tabelle 1). Wesentliches Merkmal dieser Versuchsflächen ist die Anlage von zwei Teilflächen, wobei eine Teilfläche ohne Behandlung bleiben soll. Als Vergleichsflächen mit langen Datenreihen können die Plenterwald-Versuchsflächen Sigriswil dienen, die wohl etwas unter 1500 m ü. M. liegen, aber aufgrund des kalten Untergrundes subalpine Verhältnisse aufweisen. Erste Auswertungen

Versuchsfläche				Verbleibender Bestand										Nutzung/Mortalität					
	m ü. M.	Fläche	Jahr	Alter	N	h_{dom}	d_{dom}	h/d_{dom}	h_g	d_g	h/d_g	G	V_7	N	h_g	d_g	h/d_g	G	V_7
	m	ha		J	St./ha	m	cm		m	cm		m ² /ha	m ³ /ha	St./ha	m	cm		m ² /ha	m ³ /ha
Plasselb 1	1510	0.2518	1993	57	1235	22.3	35.0	64	20.1	24.0	83	56.1	568	890	17.5	17.2	102	30.7	302
						Totholz									766				7.7
Plasselb 9		0.1149	1993		2480	23.8	35.0	68	21.2	22.3	95	96.9	1054	–					
					Totholz									688	16.0	11.7	137	7.4	61
Elm 1	1410	0.2127	1993	67	1241	24.2	36.0	67	21.5	25.1	85	61.4	667	438	20.0	21.4	94	18.3	193
							Totholz									136			
Elm 9		0.1791	1993		1379	27.3	41.4	66	23.7	26.8	88	77.7	925	–					
					Totholz									341	18.6	16.7	112	7.5	77
Siat 1	1570	0.5804	1998	162	681	27.7	41.1	68	24.2	28.5	85	43.5	526	186	20.3	20.3	100	8.7	100
							Totholz									219			
Siat 9		0.5002	1998		850	28.4	45.2	63	23.8	27.9	85	51.8	623	–					
					Totholz									226	13.8	12.7	109	2.9	24
Obersaxen 1	1700	1.0056	2004	–	461	30.5	50.2	63	21.8	29.2	75	30.9	379	68	33.1	56.6	58	17.0	244
							Totholz												
Obersaxen 9		1.2178	2008		437	32.3	59.2	56	26.2	36.6	72	46.0	595						
					Totholz														
Tujetsch	1750	1.0692	1992	–	469	26.0	53.7	49	21.6	34.1	63	42.8	460	–					
					Totholz									24	16.8	20.3	83	0.8	7
Sigriswil 1	1370	1.5261	1997	–	359	30.8	49.6	63	23.8	30.5	78	26.2	311	21	31.2	49.8	63	5.6	69
							Totholz									10			
Sigriswil 2	1405	0.4898			249	29.8	47.0	64	25.2	34.0	74	22.6	271	26	28.9	43.0	67	5.9	77
					Totholz									27				1.8	21

Tab 1 Kennziffern von ertragskundlichen Flächen im subalpinen und hochmontanen Fichtenwald. 1, 2: behandelte Teilflächen, 9: unbehandelte Teilflächen, N: Stammzahl, h_{dom} : Oberhöhe (mittlere Höhe der 100 dicksten Bäume/ha), h_g : Höhe des Grundflächen-Mittelstammes, d_{dom} : Oberdurchmesser (mittlerer Durchmesser der 100 dicksten Bäume/ha auf Brusthöhe [1.30 m]), d_g : Durchmesser des Grundflächen-Mittelstammes, h/d_{dom} : Schlankheitsgrad der 100 dicksten Bäume/ha, h/d_g : Schlankheitsgrad des Grundflächen-Mittelstammes, G: Grundfläche, V_7 : Derbholzvolumen.

dieser Versuche wurden von Bachofen & Zingg (2005) publiziert.

In den ertragskundlichen Versuchsflächen sind folgende Merkmale aller Bäume ab einem BHD ≥ 8 cm erfasst: Baumart, BHD kreuzweise auf Millimeter genau, Klassierung nach IUFRO (Leibundgut 1966), Stammfusskoordinaten. An einem Teil der Bäume werden die Scheitelhöhe, der Durchmesser in 7 m Höhe und die Höhe des grünen Kronenansatzes gemessen. Für die nicht gemessenen Bäume werden die Scheitelhöhe und der Kronenansatz mit der Formel nach Michailoff (1943) geschätzt. Mit diesen Messwerten können Kennziffern zur Beurteilung der Bestandesstruktur (z.B. Durchmesser-Verteilungen oder Nachbarschaftsbeziehungen), der Wuchsdynamik (Durchmesser-, Grundflächen- oder Volumenzuwachs) und der Stabilität (Schlankheitsgrad, Kronenprozent) bestimmt werden. Alle in Tabelle 1 charakterisierten Versuchsflächen haben einen Fichtenanteil von 95–100% an der Grundfläche. In vorliegendem Beitrag wird die Differenzierung der waldbaulich behandelten und nicht behandelten Teilflächen hinsichtlich ihres Durchmessers dargestellt. Für die Versuchsflächen Plasselb, Elm und Siat können zudem die Grundflächenentwicklung und der Grundflächenzuwachs präsentiert werden,

da für diese Flächen Wiederholungsmessungen vorliegen. Auf die Verjüngungsdynamik und die Mortalität wird anhand der Versuchsfläche Siat eingegangen, für welche Verjüngungsaufnahmen mit einer Wiederholung vorhanden sind (Bachofen 2009).

Resultate und Diskussion

Entwicklung auf LFI-Flächen

Die untersuchten Gebirgsfichtenwälder wurden seit dem LFI1 (1983/1985) vorratsreicher. In mehr als 90% der insgesamt 336 bewirtschafteten und unbewirtschafteten LFI-Probeflächen hat die Grundfläche zugenommen (Abbildung 3). Weitere Dichtezunahmen in bereits geschlossenen Beständen bestätigten sich auch in einer Spezialauswertung des LFI,¹ wonach einschichtige, dichte bis sehr dichte Fichtenbestände mit einem Stand Density Index (SDI) von über 400 in der Subalpinstufe seit dem LFI1 um rund einen Fünftel zugenommen haben.

¹ BRÄNDLI UB (2012) Schweizerisches Landesforstinventar. Spezialauswertung der Erhebungen 1983/1985, 1993/1995 und 2004/2006 vom 12.9.2012. Birmensdorf: Eidgenöss. Forschungsanstalt WSL.

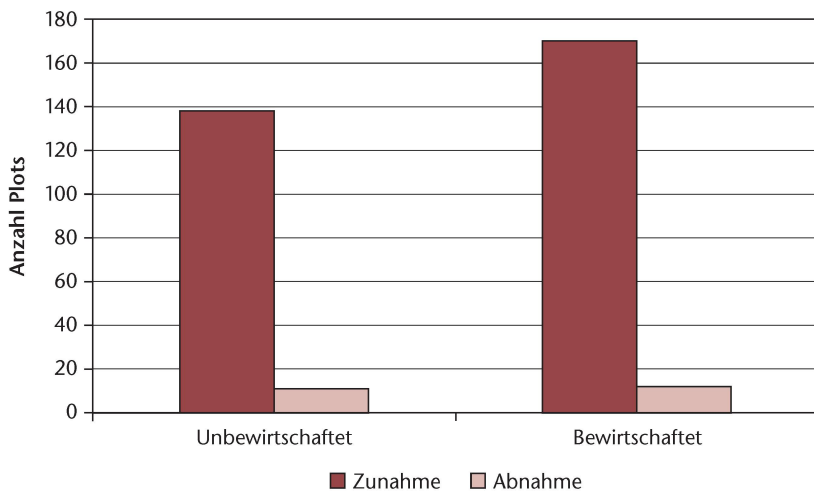


Abb 3 Anzahl Flächen mit abnehmender respektive zunehmender Grundfläche zwischen LFI1 (1983/1985) und LFI3 (2004/2006). Grundgesamtheit: 336 LFI-Probeflächen oberhalb 1500 m ü. M. mit Fichtenanteil >80%, lockerem bis gedrängtem Schlussgrad und Stammzahl >400 St./ha. Nicht bewirtschaftet: gemäss Försterumfrage kein Eingriff seit mindestens 1933, bewirtschaftet: Eingriff zwischen 1962 und 1982.

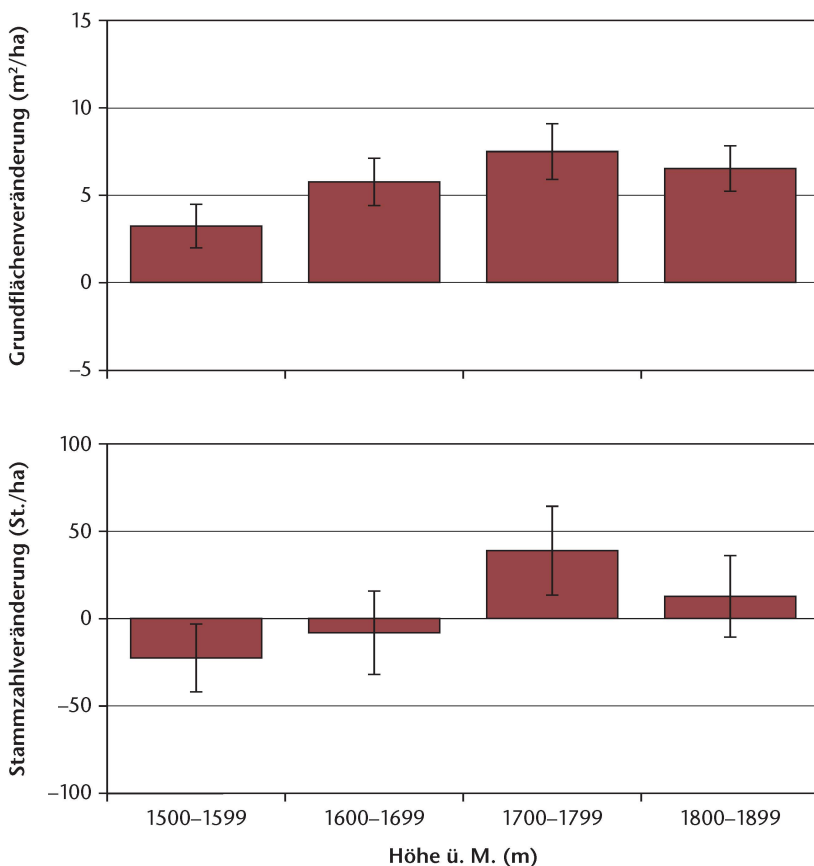


Abb 4 Veränderung von Grundfläche (oben) und Stammzahl (unten) pro Hektare zwischen LFI1 (1983/1985) und LFI3 (2004/2006) in verschiedenen Höhenstufen. Grundgesamtheit: 336 LFI-Probeflächen oberhalb 1500 m ü. M. mit Fichtenanteil >80%, lockerem bis gedrängtem Schlussgrad und Stammzahl >400 St./ha.

Am stärksten war die Zunahme der Grundfläche in Höhenlagen zwischen 1700 und 1800 m ü. M., wohingegen sie unterhalb von 1600 m ü. M. am geringsten war (Abbildung 4 oben). Dieser Verlauf war vor allem bei den bewirtschafteten Beständen zu beobachten, während bei den unbewirtschafteten die

Grundflächen mit steigender Meereshöhe weniger zunahmen (Krumm et al 2011). Die Stammzahlen veränderten sich in der gleichen Zeit nicht stark, wobei sie in den bewirtschafteten Wäldern (nicht dargestellt) und unterhalb von 1700 m ü. M. eher abnahmen (Abbildung 4 unten). Topografische Faktoren haben einen grossen Einfluss auf die Dichte der untersuchten Bestände (Krumm et al 2012): So weisen sowohl die Grundflächen als auch die Stammzahlen in südexponierten Beständen höhere Werte auf als in nordexponierten. Die Zunahme der Grundfläche und die Stagnation der Stammzahl entsprechen der erwarteten Entwicklung von Wäldern, in welchen das Wachstum noch nicht kulminiert hat. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich die meisten der untersuchten LFI-Flächen noch in einer frühen Phase der Selbstdifferenzierung befinden.

Die Grundfläche des stehenden und liegenden Totholzes nahm in diesen LFI-Flächen innerhalb von rund 20 Jahren um ein Mehrfaches zu (Abbildung 5). Dieser Anstieg war gleichermassen in unbewirtschafteten und bewirtschafteten Wäldern festzustellen, wobei die Totholzgrundfläche zum Zeitpunkt des LFI1 in bewirtschafteten Beständen unter 1 m²/ha lag und damit etwa halb so gross war wie in unbewirtschafteten. 20 Jahre später betrug die Totholzgrundfläche in den bewirtschafteten Beständen bereits 4 m²/ha und war nur noch etwa 20% tiefer als in den unbewirtschafteten. Der deutliche Anstieg des Totholzes liegt hauptsächlich an der gestiegenen Konkurrenz zwischen den Bäumen in den dichter gewordenen Beständen, wobei Südhänge allgemein eher totholzreicher waren als Nordhänge und der Anstieg in Steilhängen (>30°) stärker war (nicht dargestellt). Während in unbewirtschafteten Wäldern vor allem die Zersetzungsgeschwindigkeit und die kleinflächige Störungsgeschichte entscheidend für die Totholzentwicklung sind, widerspiegeln die Änderungen in den bewirtschafteten Wäldern vor allem auch veränderte Bewirtschaftungsziele (Naturschutzanliegen, Förderung von Moderholzverjüngung, Belassen von quer liegenden Stämmen zum Schutz vor Naturgefahren).

Der Verjüngungsdeckungsgrad hatte sich in den untersuchten LFI-Plots zwischen LFI2 und LFI3 eher erhöht (Abbildung 6). Während die Anzahl Plots ohne Verjüngung (<1% Verjüngungsdeckungsgrad) um circa 50% abnahm, erhöhte sich die Anzahl Plots mit einem Verjüngungsdeckungsgrad von 10–25% deutlich. Besonders stark zugenommen hat die Anzahl Plots mit einem Verjüngungsdeckungsgrad von 10–25% in denjenigen Beständen, die zwischen 1962 und 1982 forstlich behandelt worden waren (Abbildung 6 links). Das deutet darauf hin, dass die waldbaulichen Eingriffe im Sinne der nachhaltigen Schutzwaldpflege bereits damals meistens zielführend waren, da die Vorverjüngung erfolgreich gefördert wurde. Dass sich der Verjüngungsdeckungs-

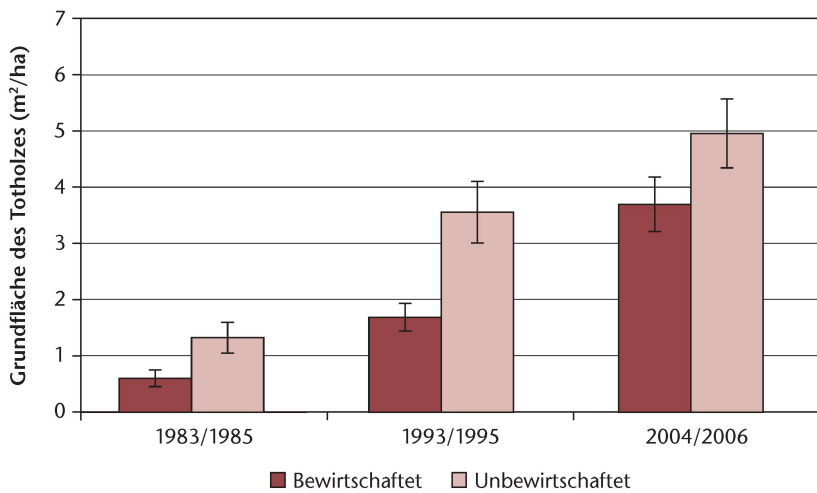


Abb 5 Grundfläche des stehenden und liegenden Totholzes in bewirtschafteten und unbewirtschafteten LFI-Flächen zum Zeitpunkt des LFI1 (1983/1985), des LFI2 (1993/1995) und des LFI3 (2004/2006). Grundgesamtheit: 336 LFI-Probeflächen oberhalb 1500 m ü. M. mit Fichtenanteil >80%, lockerem bis gedrängtem Schlussgrad und Stammzahl >400 St./ha. Nicht bewirtschaftet: gemäss Försterumfrage kein Eingriff seit mindestens 1933, bewirtschaftet: Eingriff zwischen 1962 und 1982. Es ist zu beachten, dass mit der Definition im LFI1 das Totholz damals um etwa einen Drittel unterschätzt wurde und die Differenzen zwischen LFI1 und LFI2 somit etwas kleiner ausfallen als dargestellt.

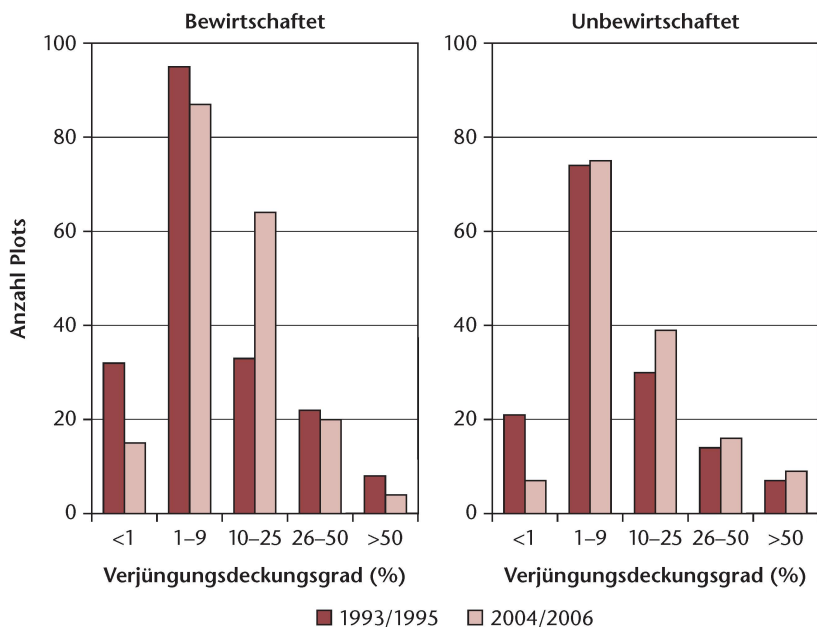


Abb 6 Verjüngungsdeckungsgrad in bewirtschafteten (links) und unbewirtschafteten LFI-Flächen (rechts) zum Zeitpunkt des LFI 1 (1993/1995) und des LFI3 2004/2006. Grundgesamtheit: 336 LFI-Probeflächen oberhalb 1500 m ü. M. mit Fichtenanteil >80%, lockerem bis gedrängtem Schlussgrad und Stammzahl >400 St./ha. Nicht bewirtschaftet: gemäss Försterumfrage kein Eingriff seit mindestens 1933, bewirtschaftet: Eingriff zwischen 1962 und 1982.

grad auch in den LFI-Probeflächen mit (seit mindestens 1933) nicht bewirtschafteten Beständen eher erhöhte, kann vor allem damit erklärt werden, dass in Gebirgsfichtenwäldern dichte Bestandesabschnitte ohne Verjüngungspotenzial und ohne Lücken vielfach klein sind (Bebi 1999). Welche Rolle dabei bereits Bestandserneuerungen nach der Selbstdifferenzierungsphase spielen (Abbildung 2), kann aufgrund der LFI-Daten noch nicht abgeschätzt werden. Insgesamt deuten die Entwicklungen auf den

LFI-Plots aber stark darauf hin, dass sich die meisten geschlossenen Gebirgsfichtenwälder noch in einem relativ frühen Stadium der Selbstdifferenzierung befinden und dass sich diese in den nächsten Jahrzehnten intensivieren dürfte.

Resultate dendroökologischer Feldaufnahmen

Die Bäume, die in den 20 Feldplots mit dichten, subalpinen Wäldern beprobt wurden, waren mit wenigen Ausnahmen innerhalb von 20 bis 40 Jahren gekeimt und erreichten Baumalter zwischen 70 und 150 Jahren (Krumm et al 2012). Mehr als ein Drittel dieser Bäume war tot, wobei ihr Anteil am Gesamtvolumen bedeutend kleiner war. Dies hängt damit zusammen, dass Bäume, die von Anfang an unterdrückt waren, in der Regel früher abstarben als Bäume, die von Beginn weg über ihre Nachbarn dominierten (Krumm et al 2012). Der Verlauf der Jahrringe zeigt, dass die abgestorbenen Bäume während der ersten 40 bis 60 Lebensjahre ein relativ starkes oberirdisches Wachstum aufwiesen. Dieses nahm danach meist immer stärker ab (Abbildung 7). In offeneren Wäldern nahe der Baumgrenze ist das anders, dort sind Bäume mit vergleichsweise geringeren Zuwachsraten meistens älter respektive leben länger als Bäume, die in den ersten Lebensjahrzehnten schneller gewachsen sind (Bigler 2003). Räumliche Analysen in den 20 Feldplots zeigen, dass die Absterbeprozesse nicht zufällig verteilt sind, sondern von den jeweiligen Konkurrenzverhältnissen abhängen. Bis zum jetzigen Zeitpunkt sind vornehmlich diejenigen Bäume mit den meisten und den am nächsten stehenden Nachbarn von konkurrenzbedingter Mortalität betroffen (Krumm et al 2011). Die Konkurrenz eines einzelnen Baumes wirkt mit fortschreitender Selbstdifferenzierung auf einen immer grösser werdenden Raum ein. Entsprechend werden diese Prozesse in den kommenden Jahrzehnten wahrscheinlich an Intensität zunehmen.

Biologische Prozesse laufen in den meist wärmebegrenzten Gebirgsfichtenwäldern mit zunehmender Temperatur rascher ab. Entsprechend wuchsen die Bäume an den südexponierten Hängen meistens stärker und die Selbstdifferenzierungsphase begann im Durchschnitt etwa 20 bis 40 Jahre früher als an den nordexponierten Hängen (Krumm et al 2012). Auch ein Vergleich mit den bulgarischen Gebirgsfichtenwäldern zeigt deutliche Unterschiede in der Geschwindigkeit der Prozesse. So wuchsen die Bäume in den im Parangalitsa-Waldreservat aufgenommenen Flächen allgemein etwas rascher, und die Selbstdifferenzierungsphase trat früher ein, wohl aufgrund der etwas höheren Durchschnittstemperaturen und des höheren Niederschlags. Folglich wurden in diesen Flächen auch wesentlich höhere Totholzanteile gemessen (jeweils mehr als 50% des gesamten Holzvorrats; Krumm et al 2011).

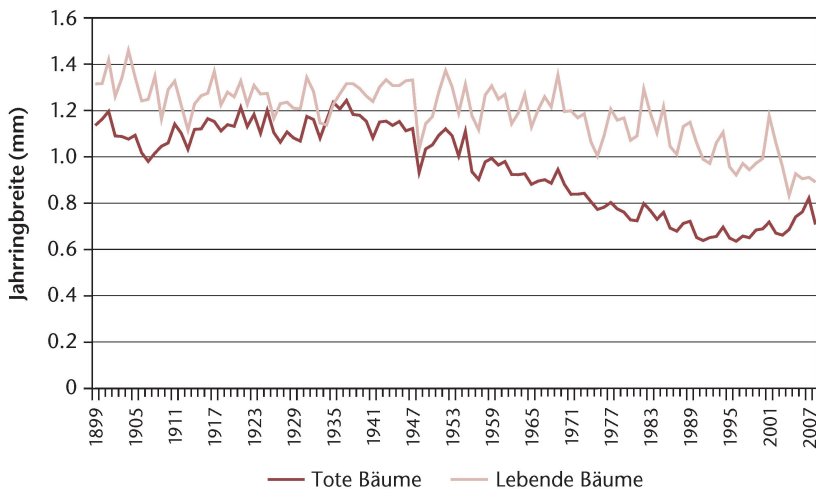


Abb 7 Jahringbreiten von lebenden und abgestorbenen Bäumen. Grundgesamtheit: 1292 lebende und 708 tote Bäume aus 20 Feldplots in fichtendominierten Beständen (>80%) oberhalb 1600 m ü. M. mit sehr hoher Stammzahl (>600/ha). Quelle: Krumm et al 2012

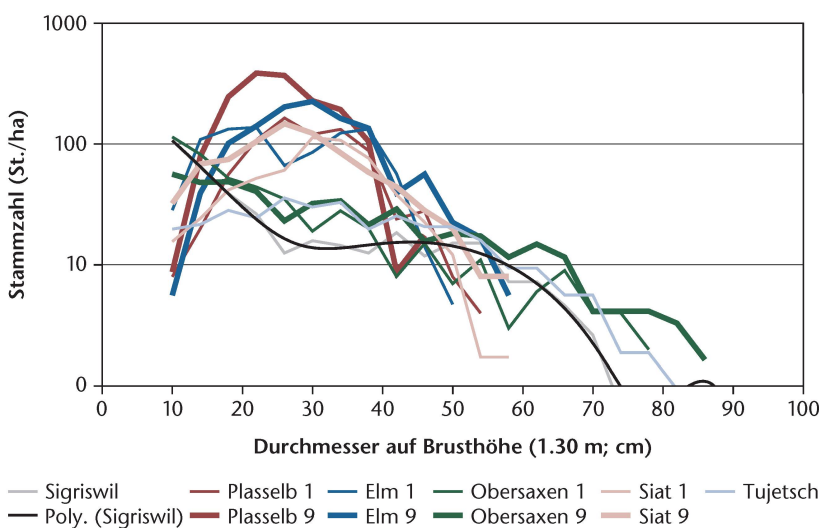


Abb 8 Durchmesserverteilung von ertragskundlichen Versuchflächen bei Versuchsbeginn (unbehandelte Flächen, fette Linien) beziehungsweise nach dem ersten Eingriff (behandelte Flächen, feine Linien). Die Bestände in Tujetsch und Obersaxen liegen nahe an einer Gleichgewichtsstruktur, wie sie die Fichten-Plenterwaldfläche Sigriswil (schwarz) zeigt.

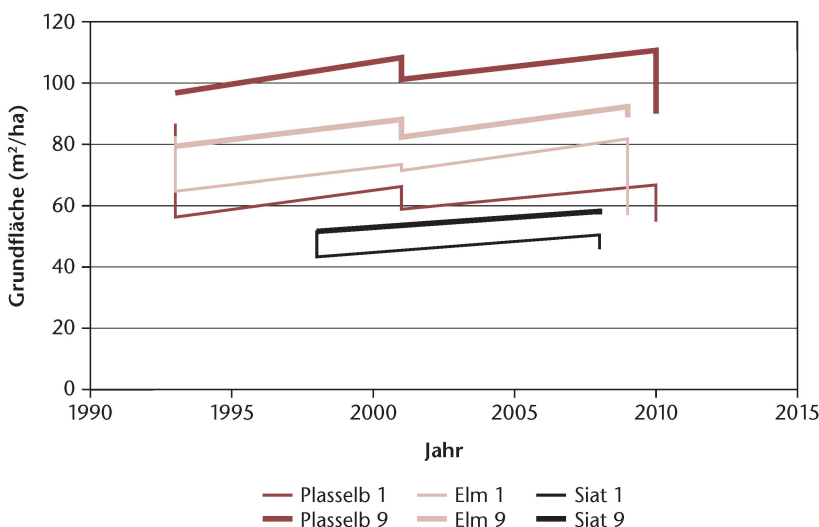


Abb 9 Grundflächenentwicklung der drei ertragskundlichen Flächen Plasselb, Elm und Siat mit Wiederholungsaufnahmen. Fette Linien: ohne Eingriff, feine Linien: mit Eingriff.

Wie lange es dauert, bis die Selbstdifferenzierungsphase von der Wiederverjüngungsphase abgelöst wird, kann aufgrund des meist noch frühen Selbstdifferenzierungsstadiums nur schwer abgeschätzt werden. Aufgrund der zurzeit verfügbaren Daten und in Analogie zu vergleichbaren Ökosystemen (unter anderem die Vergleichsbestände in Bulgarien) kann aber vermutet werden, dass diese relativ kleinflächigen Prozesse sich vielfach über sehr lange Zeiträume (100–150 Jahre) hinziehen können. Allerdings werden sie sich im Zuge der weiter zunehmenden Konkurrenz und der fortschreitender Klimaerwärmung eher beschleunigen.

Entwicklungen auf langfristigen waldwachstumskundlichen Beobachtungsflächen

Ergänzend zu den LFI-Flächen und dendroökologischen Untersuchungen erlauben die waldwachstumskundlichen Wiederholungsaufnahmen die Analyse von zusätzlichen Bestandesmerkmalen (Tabelle 1) und eine differenziertere Betrachtung der Entwicklung nach verschiedenen Eingriffen. Ein Vergleich mit der Fichten-Plenterwaldfläche in Sigriswil zeigt, dass die Bestände in Tujetsch und Obersaxen schon nahe an eine Gleichgewichtsstruktur herankommen (Abbildung 8). Die Durchmesserverteilungen der aus Aufforstungen entstandenen Bestände Plasselb, Elm und Siat unterscheiden sich mit ihren glockenförmigen Verteilungen deutlich von ungleichaltrigen Flächen (Abbildung 8). Die relativ jungen Bestände Plasselb und Elm haben sehr hohe Stammzahlen in den kleineren Durchmesserklassen. Der Bestand in Siat ist wohl gut 100 Jahre älter, zeigt aber immer noch eine ähnliche Durchmesserverteilung. Der Vergleich der nicht behandelten Bestände mit den behandelten ermöglicht es auch, das Ausmass der Eingriffe abzuschätzen.

Die Grundflächenentwicklung zeigt die Unterschiede der wiederholt gemessenen Bestände deutlich (Abbildung 9). Der in Plasselb durchgeführte Ersteingriff war stärker als jener in Elm. Bei den unbehandelten Varianten ist die Mortalität in der sehr dichten Fläche in Plasselb etwas grösser als in Elm. In Plasselb geht etwas mehr als die Hälfte der ausscheidenden Grundfläche der unbehandelten Fläche auf die Fällung einiger Bäume zugunsten einer Seillinie im Randbereich zurück. Mit dem zweiten Eingriff (welcher in Elm sehr stark war) erreichen beide ähnlich alten Bestände dieselbe Grundfläche. Diese liegt nur noch wenig über jener der viel älteren Fläche in Siat. Die Mortalität in Elm lag in der ersten Periode bei 3.3 (durchforstet) bzw. 6.8% (unbehandelt) der Grundfläche, in der zweiten Periode für beide Varianten bei etwas über 3%. In Siat war sie in der durchforsteten Fläche mit 10% der Grundfläche deutlich höher als in der nicht durchforsteten. Der Grundflächenzuwachs sowohl der behandelten als auch der unbehandelten Variante liegt

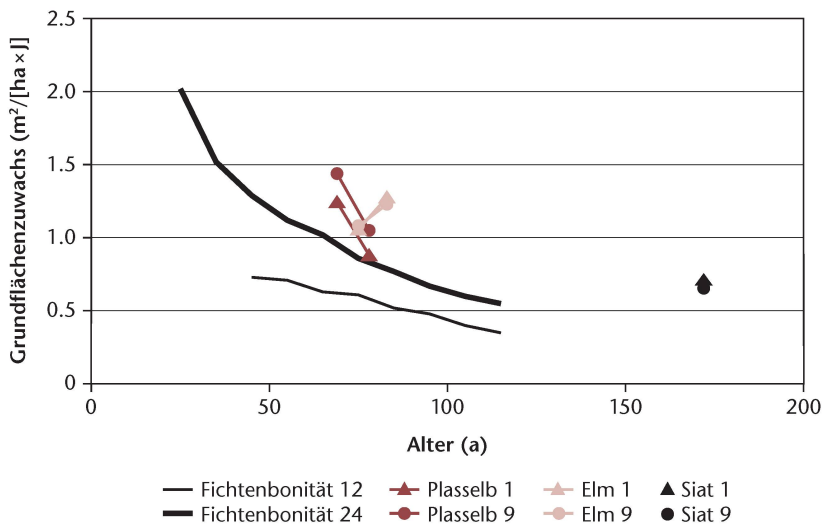


Abb 10 Grundflächenzuwachs an den Standorten Plasselb, Elm und Siat mit (1) und ohne Behandlung (9) im Vergleich zu Werten der Ertragstafel (Bonitäten 12 und 24).

	Flächengrösse (ha)	Höhe der Fichten	Verjüngung (Anzahl Bäume)		Mortalität pro Jahr (%)
			Jahr 2000	Jahr 2005	
Siat 1 (behandelt)	0.5804	<20 cm	119	146	6
		≥20 cm	3	56	<1
Siat 9 (unbehandelt)	0.5002	<20 cm	198	182	11

Tab 2 Verjüngung und Mortalität in der Versuchsfläche Siat (Verjüngung in absoluten Zahlen, nicht auf die Fläche hochgerechnet).

an allen drei Standorten wesentlich über den nach der Ertragstafel zu erwartenden Werten (Abbildung 10). Die Oberhöhen haben Werte, die zu den Bonitäten 18 bis 22 gehören. Für letzteren Kennwert liegt einzig Siat im Bereich zu erwartender Werte.

Die Bestände Plasselb, Elm und Siat zeigen ein Wuchsverhalten, das in Bezug auf den Standort bemerkenswert ist. Als Ursachen für das unerwartet hohe Wachstum können verschiedene Faktoren infrage kommen: Einerseits kann sich das Wachstumsmuster als Folge von Standortveränderungen geändert haben (Zingg 1996, Keller 1992), andererseits ist es möglich, dass bei den Aufforstungen Provenienzen tieferer Lagen verwendet wurden – Beispiele dafür gibt es auf den ertragskundlichen Versuchsflächen Hospental und Morissen.

Für die Fläche Siat liegen auch Daten von Verjüngungsaufnahmen vor (Tabelle 2). Die Anzahl der kleinen Fichten ($h < 20$ cm) hat in der durchforsteten Fläche deutlich zugenommen und in der nicht behandelten Fläche abgenommen. Bei den grösseren Fichten ($h \geq 20$ cm) ist in beiden Flächen eine markante Zunahme festzustellen, wobei die Zunahme in der behandelten Fläche absolut zwar tiefer, aber relativ um Faktor 10 höher liegt. In diesen Zahlen sind sowohl die Einwüchse als auch die Auswüchse und die Mortalität enthalten. Die Mortalität war in der unbehandelten Fläche bei den kleinen

Fichten etwa doppelt so hoch wie in der behandelten, bei den grösseren Fichten war sie in beiden Flächen auf sehr tiefem Niveau gleich. Insgesamt kann ein Erfolg der Durchforstung in Bezug auf die Verjüngung diagnostiziert werden, wenn auch der Beobachtungszeitraum von nur fünf Jahren für die Höhenlage als kurz und der Eingriff als eher schwach zu bezeichnen sind.

Folgerungen

Ergebnisse von LFI-Auswertungen sowie von dendroökologischen und waldwachstumkundlichen Untersuchungen weisen insgesamt darauf hin, dass sich ein grosser Teil der unbewirtschafteten respektive der seit langer Zeit nicht mehr bewirtschafteten Gebirgsfichtenwälder im schweizerischen Alpenraum noch in einem relativ frühen Stadium der Selbstdifferenzierung befinden. Folglich wird der Vorrat eher noch weiter zunehmen, und die konkurrenzbedingten Mortalitätsprozesse – oft verstärkt durch Schneebruch oder andere Störungen – werden sich in den nächsten Jahren intensivieren. Die Selbstdifferenzierung in Gebirgsfichtenwäldern verläuft gemäss bisherigen Untersuchungen meistens über lange Zeiträume (mehrere Jahrzehnte) und relativ kleinflächig. Deswegen sowie dank der günstigen Wirkung des allmählich anfallenden Totholzes und der erhöhten Oberflächenrauigkeit der Bestände führen die Selbstdifferenzierungsprozesse nicht zwangsläufig zu einer raschen Schwächung der Schutzwirksamkeit gegenüber Lawinen und Steinschlag. Zu berücksichtigen sind allerdings die häufig grössere Gefährdung durch Folgestörungen, welche insbesondere im Bereich von Bachgerinnen und an Steilhängen ($>30^\circ$) am offensichtlichsten sind.

Eingriffe mit dem Ziel der Förderung der Vorverjüngung (Erhöhung der Resilienz) haben sich in der Vergangenheit meistens bewährt. Sie werden in Zukunft noch wichtiger, da mit einer weiteren Zunahme von dichten Beständen und – auch als Folge der Klimaerwärmung – mit einer zunehmenden Gefährdung durch Borkenkäfer und Windwurf gerechnet werden muss. Waldbauliche Eingriffe mit dem Ziel einer verbesserten Bestandesstabilität (Erhöhung der Resistenz) sind vor allem in einem frühen Stadium sinnvoll, bevor die Konkurrenz zwischen den Bäumen so gross wird, dass sich die Kronen zu stark zu verkürzen beginnen. Der richtige Eingriffzeitpunkt ergibt sich vor allem aus dem noch vorhandenen Höhenzuwachspotenzial, mit welchem die grüne Krone des Baumes sich verlängern kann. Dabei muss die Verkürzung der Kronen im Zuge einer zu grossen seitlichen Konkurrenz verhindert werden. Lange Kronen sind auch für die Einzelbaumstabilität wichtig, wobei die Kronen von Kollektiven, zum Beispiel Rotten, als eine Krone betrachtet wer-

den können. Entsprechend hängt die sinnvolle Eingriffsstärke abgesehen von der Ausdehnung dichter Waldstrukturen und der standörtlichen Heterogenität vor allem vom Eingriffszeitpunkt ab. Während zum Beispiel die Rottenpflege vor Kronenschluss meist noch grosszügig durchgeführt werden kann (Zeller 1993), müssen sich Eingriffe in späteren Stadien in erster Linie an der Erhaltung und Förderung von bestehenden Baumkollektiven orientieren, wobei insbesondere nach stärkeren Eingriffen noch mit einer beträchtlichen Dynamik zu rechnen ist. Nach verpasstem frühen Eingriffszeitpunkt werden Stabilitätsdurchforstungen im Sinne einer nachhaltigen Aufrechterhaltung der Schutzwirksamkeit dann weniger vordringlich und weniger effizient. Mit zunehmender Kronenverkürzung und Dauer der Selbstdifferenzierung steigt die Gefahr von Folgeschäden, und die Bedingungen für natürliche Verjüngung (mehr Licht und Moderholz, verjüngungsgünstigere Bodenbedingungen) werden dann allmählich wieder besser. Eine aktive Schutzwaldbewirtschaftung bereits kurzchroniger Bestände in der Selbstdifferenzierungsphase kann sich somit auf diejenigen Bestände fokussieren, in welchen die Risiken aufgrund des vorhandenen Gefahren- und Schadenpotenzials als zu gross eingestuft werden oder wo zusammenhängende, dichte Flächenabschnitte (>1 ha) die Gefährdung durch nachfolgende Flächenschäden erhöhen. Dies entspricht dem Grundsatz der Methode «Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald» (Nais; Frehner et al 2005), wonach Schutzwaldpflege prioritär dort erfolgen soll, wo die Wirksamkeit der Eingriffe im Kontext der natürlichen Waldentwicklung gegeben ist. In dieser Methode wird der Handlungsbedarf hergeleitet, indem die Entwicklung in 10 und 50 Jahren beurteilt wird. Die Erkenntnisse aus vorliegendem Artikel können mit-helfen, die Entwicklung in Gebirgsfichtenwäldern noch besser abzuschätzen. ■

Eingereicht: 15. September 2012, akzeptiert (mit Review): 2. Januar 2013

Dank

Wir danken allen, die an den hier zusammengefassten Forschungsarbeiten mitgewirkt haben. Speziell erwähnen möchten wir H. Bachofen und M. Panayotov, die massgeblich zur Aufarbeitung der dendroökologischen und waldwachstumskundlichen Daten beigetragen haben. Ein grosser Teil der hier vorgestellten Resultate wurde dank der Finanzierung durch die Velux-Stiftung ermöglicht.

Literatur

BACHOFEN H (2009) Nachhaltige Verjüngung in ungleichförmigen Beständen. *Schweiz Z Forstwes* 160: 2–10. doi: 10.3188/szf.2009.0002

- BACHOFEN H, ZINGG A (2005)** Auf dem Weg zum Gebirgsplenterwald: Kurzzeiteffekte von Durchforstungen auf die Struktur subalpiner Fichtenwälder. *Schweiz Z Forstwes* 156: 456–466. doi: 10.3188/szf.2005.0456
- BEBI P (1999)** Erfassung von Strukturen im Gebirgswald als Beurteilungsgrundlage ausgewählter Waldwirkungen. Zürich: ETH Zürich, PhD Thesis. 125 p.
- BIGLER C (2003)** Growth-dependent tree mortality: ecological processes and modeling approaches based on tree-ring data. Zürich: Swiss Federal Institute of Technology Zurich, PhD Thesis. 131 p.
- FREHNER M, WASSER B, SCHWITTER R (2005)** Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bern: Bundesamt Umwelt, Vollzug Umwelt. 564 p.
- FRITTS C (1971)** Dendroclimatology and dendroecology. *Quat Res* 1:419–449.
- HEIRI C, HALLENBARTER D (2011)** Der Urwald von Scatlé. In: Brang P, Heiri C, Bugmann H, editors. *Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz*. Bern: Haupt. pp. 208–219.
- KELLER M, EDITOR (2005)** Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Feldaufnahmen der Erhebung 2004–2006. Birmensdorf: Eidgenöss. Forsch.anstalt WSL. 393 p.
- KELLER W (1992)** Bonität in Fichten-Folgebeständen ehemaliger Fichten-Versuchsflächen der WSL. In: *Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten – Sektion Ertragskunde. Jahrestagung vom 1.–3. Juni 1992, Grillenburg/Sachsen*. Freiburg i.Br.: Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. pp. 123–129.
- KORPEL S (1995)** Die Urwälder der Westkarpaten. Stuttgart: Gustav Fischer. 310 p.
- KRUMM F, KULAKOWSKI D, SPIECKER H, DUC P, BEBI P (2011)** Stand development of subalpine forests of the Swiss Alps. *For Ecol Manage* 262: 620–628.
- KRUMM F ET AL (2012)** Stem exclusion and mortality in unmanaged subalpine forests of the Swiss Alps. *Eur J For Res* 131: 1571–1583.
- LANDOLT E (1860)** Bericht an den hohen Schweizerischen Bundesrath über die Untersuchung der Hochgebirgswaldungen in den Kantonen Tessin, Graubünden, St. Gallen und Appenzell. Zürich: Orell Füssli. 367 p.
- LEIBUNDGUT H (1966)** Die Waldpflege. Bern: Haupt. 192 p.
- MCCARTHY JW, WEETMAN G (2006)** Self-thinning dynamics in a balsam fir insect mediated boreal forest chronosequence. *For Ecol Manage* 241: 295–309.
- MICHAILOFF I (1943)** Zahlenmässiges Verfahren für die Ausführung der Bestandeshöhenkurven. *Forstwiss Cent.bl* 6: 273–279.
- OLIVER CD, LARSON BC (1996)** *Forest stand dynamics*. New York: Wiley. 520 p.
- OTT E, FREHNER M, FREY HU, LÜSCHER P (1997)** Gebirgsnadelwälder. Bern: Haupt. 287 p.
- ROTTMANN M (1985)** Waldbauliche Konsequenzen aus Schneebruchkatastrophen. *Schweiz Z Forstwes* 136: 167–184.
- SANIGA M ET AL (2008)** Structure, production, coarse woody debris and regeneration processes of Norway spruce natural forest in National Nature Reserves Babia hora and Pilsko. Zvolen: Tech Univ. 96 p.
- SCHULER A (1996)** Zur Geschichte der Bedeutung der Bergwälder für die Abwehr von Naturgefahren und für die Holzversorgung. In: Cavaciocchi S, editor. *L'uomo e la foresta, secc. XIII–XVIII: atti della «Ventisettesima settimana di studi»*, 8–13 Maggio 1995. Firenze: Le Monnier. pp. 327–337.
- ZELLER E (1993)** Rottenpflege. Ausformung und Benutzung von Baumkollektiven als stabile Bestandeselemente. Maienfeld: Projekt Gebirgswaldpflege, Bericht 3A. 49 p.

ZELLER E (1994) Stabilitätspflege im Gebirgswald. Beurteilungs- und Entscheidungshilfen für die waldbauliche Praxis. Maienfeld: Projekt Gebirgswaldpflege, Bericht 4A. 63 p.

ZINGG A (1996) Diameter and basal area increment in permanent growth and yield plots in Switzerland. In: Spiecker H,

Mielikäinen K, Köhl M, Skovsgaard JP, editors. Growth trends in European forests. Heidelberg: Springer. pp. 239–265.

ZINGG A, BACHOFEN H (1988) Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Erstaufnahmen 1983–1985. Birmensdorf: Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. 134 p.

Dynamik dichter, gleichförmiger Gebirgsfichtenwälder

Gleichförmige, dichte Gebirgsfichtenwälder nahmen im letzten Jahrhundert zu und können Ursache für waldbauliche Probleme sein. An der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL sind in den letzten Jahren verschiedene Forschungsarbeiten der Frage nachgegangen, wie sich solche Bestände über die Zeit verändern. Dazu wurden Daten des Schweizerischen Landesforstinventars (LFI) zwischen 1983/85 und 2004/06 analysiert und dendroökologische Aufnahmen sowie Wiederholungsaufnahmen von langfristigen waldwachstumskundlichen Beobachtungsflächen der WSL ausgewertet. LFI-Flächen in Gebirgsfichtenwäldern, welche bei der Erstinventur geschlossene Bestandesstrukturen (Schlussgrad locker bis gedrängt) aufwiesen, zeigen seither meist zunehmende Grundflächen, gleichbleibende Stammzahlen, stark steigende Totholzvolumen und eher zunehmende Verjüngungsdeckungsgrade. Die dendroökologischen Untersuchungen bestätigen, dass die Bäume in den heute meist 80- bis 150-jährigen, dichten Beständen meistens schon nach wenigen Jahrzehnten von konkurrenzbedingten Wachstumseinschränkungen und Selbstdifferenzierungsprozessen geprägt waren, welche noch andauernde und bisher meistens relativ kleinflächige Mortalitätsprozesse auslösten. Wiederholungsaufnahmen in waldwachstumskundlichen Beobachtungsflächen bestätigen insgesamt diese Dominanz von relativ kleinflächigen Prozessen und zeigen auch Potenziale zur waldbaulichen Strukturverbesserung auf, vor allem in noch jungen Stadien der Selbstdifferenzierung. Eine aktive Schutzwaldbewirtschaftung in späteren Stadien mit bereits kurzkrönigen Bäumen und zunehmender Mortalität sollte im Sinn der Wegleitung «Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald» (Nais) auf diejenigen Bestände fokussieren, in welchen die Risiken aufgrund des vorhandenen Gefahren- und Schadenpotenzials und aufgrund der Grossflächigkeit gleichförmiger Bestände als zu gross eingestuft werden.

Dynamique des pessières de montagnes régulières et denses

Au cours du dernier siècle, dans les régions montagneuses, la surface occupée par des pessières régulières et denses a constamment augmenté et pourrait à l'avenir devenir un problème sylvicole. A l'Institut fédéral de recherche WSL, plusieurs travaux de recherches concernant l'évolution de ces peuplements ont été entamés ces dernières années. A cette fin, les données des inventaires forestiers nationaux (IFN) entre 1983/85 et 2004/06 ont été analysées, ainsi que celles des relevés dendroécologiques et des relevés répétés de placettes d'observation dendrométriques à long terme de l'IFN dans des pessières de montagnes. Les placettes IFN, qui présentaient un degré de couverture lâche à comprimé lors du premier relevé, ont, par la suite, la plupart du temps, une surface terrière en augmentation, un nombre de tiges constant, des volumes de bois mort en forte augmentation et un degré de recouvrement du rajeunissement tendanciellement croissant. Les analyses dendroécologiques confirment que les arbres de ces pessières denses, âgées aujourd'hui de 80 à 150 ans, sont caractérisés, après quelques décennies déjà, par une croissance restreinte en raison de la concurrence et par des processus de différenciation. Ces derniers ont déclenché des processus de mortalité, encore en cours, sur des surfaces jusqu'à présent relativement restreintes. Les relevés des placettes dendrométriques attestent la dominance de ces processus confinés à de petites surfaces et démontrent aussi le potentiel d'améliorations sylvicoles de la structure, essentiellement dans les premières phases de la différenciation. Des interventions en forêt protectrice dans des stades ultérieurs de différenciation, avec des couronnes plus courtes et une mortalité plus prononcée, devraient être réduites, dans l'esprit de la «Gestion durable des forêts de protection» (Nais), aux peuplements dont le risque a été estimé trop élevé en raison des potentiels de danger et de dégât, ainsi que de l'étendue du peuplement équin.