

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 138 (1987)
Heft: 4

Artikel: Zum Einfluss der Durchforstung auf die Waldschäden : 2. Teil : erste Ergebnisse von Waldschadenuntersuchungen in Plenterversuchsflächen der EAFV
Autor: Keller, Walter / Imhof, Paul
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-766034>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 15.01.2026

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

Zum Einfluss der Durchforstung auf die Waldschäden

2. Teil: Erste Ergebnisse von Waldschadenuntersuchungen in Plenterversuchsflächen der EAFV

Von *Walter Keller* und *Paul Imhof*

Oxf.: 48:221.41:53:561.2:412:(494)

(Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, CH-8903 Birmensdorf)

1. Einleitung

Flächenmässig spielt der Plenterwald im eigentlichen Sinne in der Schweiz — leider — eine unbedeutende Rolle; nach *Ott* (1) macht sein Anteil am Normalwald 4,3%, am Gesamtwald 3,7% aus. Nach den provisorischen Ergebnissen des Landesforstinventars (2) bedeckt der Plenterwald tieferer Lagen 3,3%, der Gebirgsplenterwald 2,0% der Gesamtwaldfläche. Als von vielen Bewirtschaftern angestrebtes Ideal hat der Plenterwald dagegen eine viel grössere Bedeutung, die es rechtfertigt, der Untersuchung der Waldschäden im Plenterwald eine separate Studie zu widmen.

Infolge der Struktur des Plenterwaldes sind einerseits die Wachstumsvorgänge schwieriger zu erfassen und zu erklären als im gleichaltrigen Hochwald; andererseits können im kleinflächig alle Altersstufen umfassenden Plenterwald auf relativ kleinem Raum Zusammenhänge ermittelt werden, für deren Darstellung im gleichaltrigen Hochwald eine grosse Zahl von Beobachtungsflächen nötig wäre. Dieser Umstand macht denn auch Waldschadenuntersuchungen im Plenterwald recht lehrreich.

2. Fragestellung

Über die Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Grade der Niederdurchforstung und der Hochdurchforstung auf die Waldschäden hat der erste Teil der Publikation (3) berichtet; eine der Fragen des zweiten Teiles betrifft die entsprechenden unterschiedlichen Auswirkungen von Hochdurchforstung und Plenterung. Die Untersuchung dieses Problems kann sich auf benachbarte un-

terschiedlich behandelte Versuchsflächen der EAFV stützen: Sie hat den Charakter eines Experimentes, von dem wir einen Beitrag zur Klärung bisher wenig untersuchter Aspekte der Waldschadenfrage erwarten. Wegen seines geringen Flächenanteils fällt der Plenterwald meist durch den Raster von Waldschadeninventuren: Sowohl die Sanasilva-Waldschadeninventur (4) als auch die Waldschadeninventur Baden-Württemberg (5) unterscheiden bei der Stratifizierung nach der Bestandesstruktur lediglich einschichtige und mehrschichtige, stufige Bestände. Nach *Schmid-Haas* (6) sind Fichten und Buchen in einschichtigen Beständen weniger stark geschädigt als in stufigen. In Baden-Württemberg (5) trifft das für Fichte und Tanne zu; allerdings weist hier die multivariate Analyse keinen statistisch nachweisbaren Einfluss der Bestandesstruktur auf die Waldkrankung nach.

Anhand der Erhebung von Waldschäden auch in Plenterversuchsflächen ohne Vergleichsbestände können aber noch weitere Zusammenhänge beleuchtet werden, wie jene zwischen Standort und Waldschäden, Waldschäden und Zuwachs oder die Altersabhängigkeit der Waldschäden.

Recht gut informiert sind wir über Wachstumsfragen: *Kenk et al.* (7) haben die Zusammenhänge zwischen Waldschäden und Zuwachs in einem Plenterwald im Schwarzwald dargestellt; in einer neueren Publikation von *Spiecker* (8) wird auch das Wachstum in Plenterversuchsflächen im Schwarzwald unter Berücksichtigung der Waldschäden untersucht. Leider wissen wir aber nur wenig über Verteilung und Abhängigkeiten – etwa vom Standort – der Waldschäden im eigentlichen Plenterwald.

3. Aufnahmemethode

Relativ sichere Ergebnisse der Ansprache des Nadelverlustes, dem auffälligsten Merkmal der Waldschäden, lassen sich mit ständiger Übung sehr wohl erzielen, wenn wir uns auch bewusst bleiben müssen, dass die Anspracheergebnisse Schätzungen sind. Nachdem in einigen Plenterversuchsflächen bereits im Sommer 1984 Waldschadenaufnahmen durchgeführt worden sind, erfolgte im Sommer 1985 die Schätzung der Nadelverluste in allen Plenterflächen der EAFV nach der Methode für die Sanasilva-Waldschadeninventur in 5%-Klassen. Wie in den Durchforstungsversuchen (3) wurde die Schadenansprache in den Versuchsflächen von nur einem Team (F. Pfäffli, P. Imhof, A. Nussbaumer) ausgeführt; damit werden Unterschiede zwischen Aufnahmegruppen hinfällig. Neben dem Nadelverlust wurden an jedem numerierten Baum auch die soziale Stellung, Mistelbefall, Klebäste, Vergilbung sowie mechanische oder biotische Ursachen für Zuwachseinbussen erfasst. Weitere Baumdaten können der letzten ertragskundlichen Aufnahme entnommen werden.

Richtet sich die Ansprache der sozialen Stellung im schlagweisen Hochwald nach den im ersten Teil (3) in Kapitel 4 dargestellten Kriterien, welche Herrschende, Mitherrschende, Beherrschte und Unterdrückte beschreiben, so ist

eine derartige Gliederung der sozialen Stellung im kleinflächig alle Altersstufen umfassenden Plenterwald weder sinnvoll noch praktikabel. Statt dessen werden die Bäume in den Plenterversuchsflächen der EAFV seit langer Zeit nach der IUFRO-Baumklassifikation taxiert, von deren Kategorien im folgenden die Kronenklassen (K) und die Höhenklassen (H) besonders interessieren.

Die Kronenklassen der IUFRO-Klassifikation umfassen:

- K 4 langkronige Bäume Kronenlänge über $\frac{1}{2}$ Baumlänge
- K 5 mittelhochkronige Bäume Kronenlänge $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Baumlänge
- K 6 kurzkronige Bäume Kronenlänge unter $\frac{1}{4}$ Baumlänge

Die drei Höhenklassen sind folgendermassen abgegrenzt:

- H 1 Oberschicht Bäume, die am oberen Kronenschirm teilnehmen und eine Höhe von über zwei Dritteln der Oberhöhe (= Mittelhöhe der 250 stärksten Stämme je ha) aufweisen.
- H 2 Mittelschicht am oberen Kronenschirm nicht teilnehmend mit einer Höhe von ein bis zwei Dritteln der Oberhöhe.
- H 3 Unterschicht Bäume mit einer Höhe von unter einem Drittel der Oberhöhe.

Aus Aufwandgründen wurden im Plenterwald aber lediglich die Bäume der Ober- und der Mittelschicht erfasst, nachdem die Aufnahme in vier Flächen gezeigt hatte, dass die Bestandesglieder der Unterschicht durchwegs keine oder nur sehr geringe Nadelverluste aufweisen: sie sind «gesund» (Tabelle 1).

Tabelle 1. Nadelverlustprozent nach Höhenklassen in den Plenterversuchsflächen Lauperswil (01–030–1 und 2), Landiswil (02–031) und Bowil (01–027–2). (n = Anzahl Bäume, \overline{NV} = mittlerer Nadelverlust in %).

Flächen- nummer	Fichte						Tanne					
	Oberschicht		Mittelschicht		Unterschicht		Oberschicht		Mittelschicht		Unterschicht	
	n	\overline{NV} (%)	n	\overline{NV} (%)	n	\overline{NV} (%)	n	\overline{NV} (%)	n	\overline{NV} (%)	n	\overline{NV} (%)
01–030–1	8	16,3	6	0,0	32	0,3	55	21,5	12	5,4	22	4,5
01–030–2	24	7,3	20	3,0	25	0,2	72	16,2	30	16,5	42	2,0
02–031	69	13,0	12	6,7	10	0,5	20	9,8	79	6,9	74	3,1
01–027–2	26	6,5	18	1,7	14	0,7	41	8,8	16	5,9	41	1,7

4. Vergleich Hochdurchforstung – Plenterung

Für den experimentellen Vergleich des Einflusses von Hochdurchforstung und Plenterung auf die Benadelung stehen fünf Objekte zur Verfügung, die mit benachbarten Plenter- und Hochdurchforstungsversuchsflächen ausgestattet sind.

4.1 Versuchsflächen

Reichten zur gesicherten Abklärung der Auswirkung von Hoch- und Niederdurchforstung auf die Waldschäden (3) sieben Objekte gerade aus, so müssen wir uns für den Vergleich von Hochdurchforstung und Plenterung mit den fünf Objekten begnügen, die in *Tabelle 2* aufgeführt sind: vier liegen im Berner Mittelland (Tannen-Fichten-Plenterwald), eines im Neuenburger Jura (Tannen-Fichten-Buchen-Plenterwald). Einer hochdurchforsteten Fläche des gleichaltrigen schlagweisen Hochwaldes von maximal 1 ha sind eine bis drei Plenterwald-Abteilungen von zusammen 1,3 bis 3 ha Grösse gegenübergestellt.

Die Angaben zum Standort beruhen auf Vegetationsaufnahmen vom Sommer 1985: die Nummern beziehen sich auf die Waldgesellschaften in *Ellenberg* und *Klötzli* (9). Die hochdurchforsteten Flächen der Versuchsgruppe 01 (Nadelmischbestände: Fichte und Tanne), 02 (Laub- und Nadelmischbestände: Fichte, Tanne und Buche) und 21 (Fichtenreinbestände) sind durch Alter und

Tabelle 2. Plenterversuchsflächen und Hochdurchforstungs-Vergleichsflächen.

Flächen- nummer	Abteilung	Durch- forstung	Höhe <i>m ü. M.</i>	Standort E & K	Anlage- jahr	Flächen- grösse <i>ha</i>	Alter (1985) <i>Jahre</i>	Oberhöhen- bonität F_i h_{dom50} <i>m</i>	Zuwachs I_{V7} $m^3/ha \cdot a$
Lauperswil									
Dürsrüti									
01—030	3	H	870	18/46	1914	0,63	135	24,8	} 12,9
01—030	1	P	910	18/46	1914	1,14			
01—030	2	P	890	18/46	1914	1,84			
Oppligen									
Hasliwald									
21—276		H	570	8/46	1908	0,27	132	25,7	} 12,5
01—019	1	P	570	8/46	1908	0,45			
01—019	2	P	570	8/46	1908	1,06			
01—019	3	P	570	8/46	1908	0,48			
Niederhünigen									
Toppwald									
01—021		H	1050	18/46	1912	0,40	141	19,6	} 9,5
01—015	1	P	960	18/46	1906	1,77			
01—015	2	P	950	18/46	1906	1,24			
Buttes									
Bois de Pays									
02—034		H	980	18	1913	1,00	207	17,8	} 12,0
02—035	1	P	980	18	1913	0,16			
02—035	2	P	980	18	1913	1,00			
02—035	3	P	980	18	1913	0,81			
Landiswil									
Biglenwald									
21—290		H	960	46	1919	0,50	113	16,9	} 9,5
01—031		P	920	18/46	1919	1,31			

Oberhöhenbonität (für Fichte) charakterisiert, während die Wuchsleistung der Plenterflächen durch den Durchschnittszuwachs seit dem Anlagejahr dargestellt wird. Eingehende Beschreibungen der Versuchsflächen wurden von Flury (10, 11) publiziert.

Die Bestände in den Hochdurchforstungsflächen zeichnen sich durch recht hohe Alter aus; die Auslesedurchforstung wurde vor längerer Zeit abgeschlossen und im Sinne *Schädelins* (12, S. 94) von einer Lichtwuchsdurchforstung abgelöst. In der Fläche 02–034 (Buttes) sind nur die Fichten gleichaltrig (207 Jahre); der Tannenanteil ist wesentlich jünger.

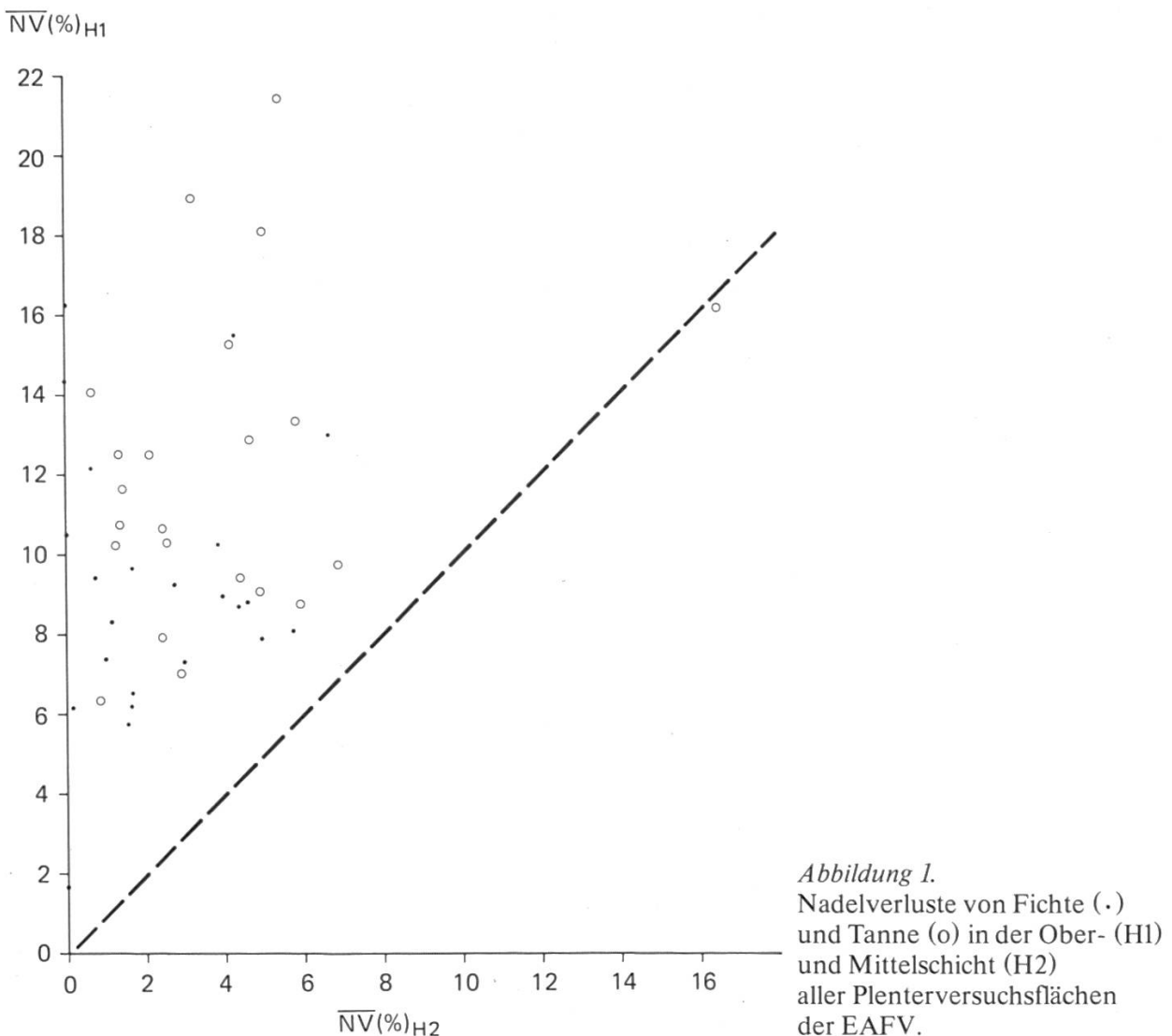
4.2 Vergleichbarkeit

In bezug auf die standörtliche Vergleichbarkeit der Hochdurchforstungs- und der Plenterflächen sind die Voraussetzungen über Erwarten günstig, wenn man berücksichtigt, dass bei Anlage der Versuche in den Jahren 1906 bis 1919 der Standort nicht eigens erfasst wurde. Wenn dennoch Versuchsflächen auf 3 ha standörtlich homogen sind, wie dies in Buttes der Fall ist — die Versuchsflächen gehören nach Ellenberg und Klötzli (9) dem *Abieti-Fagetum typicum* [18], nach *Moor* (13) dem *Abieti-Fagetum festucetosum* an —, so darf dies eher als Glücksfall gelten. Weniger erstaunlich ist denn auch die standörtliche Inhomogenität der ebenso grossen Versuchsflächen im Emmentaler Plenterwald: hier wechselt das *Bazzanio-Abietetum* [46] mit *Abieti-Fagetum typicum* [18] bzw. — im tiefgelegenen Hasliwald Oppligen — mit *Milio-Fagetum* [8] ab. Weil dieselben Waldgesellschaften aber auch in den hochdurchforsteten Vergleichsflächen vertreten sind, dürfen die — inhomogenen — Flächen als standörtlich vergleichbar gelten; dies gilt nicht für die Versuchsflächen im Biglenwald Landiswil: Die Plenterfläche liegt am Oberhang im *Abieti-Fagetum typicum* [18] und im *Bazzanio-Abietetum* [46], die Vergleichsfläche befindet sich in 80 m Entfernung auf dem Plateau mit nur *Bazzanio-Abietetum* [46]: die standörtliche Vergleichbarkeit ist hier nicht durchwegs gegeben.

Hinsichtlich Immissionsbelastung — die ja als chemischer Standortsfaktor ebenfalls zum Standort gehört — sind keine grossen Unterschiede zwischen Hochdurchforstungs- und Plenterflächen zu erwarten: sie liegen in gleicher Höhe und grenzen unmittelbar aneinander (Dürsrüti) oder liegen in geringer Entfernung voneinander. Einzig die Vergleichsfläche 01–021 liegt 1500 m von den Plenterflächen im Toppwald entfernt etwa 100 m höher: hier ist die Annahme gleicher Immissionsbelastung etwas fragwürdig, was bei der Beurteilung zu berücksichtigen ist.

Sind die Hochdurchforstungs- und Plenterflächen in standörtlicher Hinsicht — Einschränkungen betreffen die Flächen im Biglenwald und im Toppwald — recht gut vergleichbar, so weisen die Bestände definitionsgemäss sehr grosse strukturelle Unterschiede auf, was den Vergleich der Waldschäden erschwert.

Die Schwierigkeiten werden auch durch die Herkunft der Bestände bedingt. Wenn unterschiedlich durchforstete Bestände des schlagweisen Hochwaldes, wie sie dem Vergleich von Niederdurchforstung und Hochdurchforstung (3) zugrunde liegen, vor Beginn der Durchforstungen in jeder Hinsicht vergleichbar waren, die heute feststellbaren Unterschiede also allein behandlungsbedingt sind, so haben Plenterbestände und Vergleichsbestände im schlagweisen Hochwald eine ganz unterschiedliche Entstehung und Vorgeschichte: sie hatten zu keiner Zeit übereinstimmende Eigenschaften. Ein korrekter Vergleich müsste den Plenterwald mit einer normalen Betriebsklasse auf gleichem Standort in Beziehung setzen, was ja auch für ertragskundliche Vergleiche gilt: «Ferner ist jeder Plenter-Versuchsbestand gewissermassen der Vertreter einer ganzen Bonitätsklasse, wofür im gleichaltrigen Hochwald bei $n = 120$ für jede zehnjährige Altersklasse mehrere, also für eine ganze Bonität und Umtriebszeit etwa 20 bis 40 Ertragsprobeflächen nötig sind» (11, S. 151). Für diesen korrekten Vergleich fehlen der EAFV aber die Versuchsflächen, die ja in unmittelbarer Nachbarschaft der Plenterflächen liegen müssten, damit möglichst gleiche Immissionsbelastung vorausgesetzt werden kann. Gerade in den Plentergebieten des Em-



mentals und des Kantons Neuenburg sind aber gleichaltrige Hochwälder in der Umgebung der Plenterversuchsflächen in der erforderlichen Altersverteilung gar nicht vorhanden.

Statt alle Bestandesglieder des Plenterwaldes mit allen Bäumen einer normalen Betriebsklasse zu vergleichen, müssen wir uns darauf beschränken, jene Schicht des Plenterwaldes herauszugreifen, die den Bäumen der gleichaltrigen Hochwaldbestände am ehesten entspricht: die Oberschicht. Sie weist wesentlich stärkere Nadelverluste auf als die Mittelschicht, die nicht am oberen Kronenschirm teilnimmt (*Abbildung 1*). Wenn wir die Bäume vergleichen, die am oberen Kronenschirm teilnehmen, so vergleichen wir jene Bestandesglieder, die allfälligen Immissionen am meisten ausgesetzt sind und zugleich das tragende Bestandesgerüst bilden.

4.3 Ergebnisse der Schadenerhebung

Tabelle 3 führt die mittleren Nadelverluste der Herrschenden und Mitherrschenden in den Hochdurchforstungsflächen und der Bäume der Oberschicht in den Plenterflächen auf. Leider sind die Hochdurchforstungs-Vergleichsflächen etwas einseitig angelegt: In Fläche 01–030–3 bildet fast ausschliesslich die Tanne den Hauptbestand, während es sich bei den anderen Vergleichsflächen um reine oder fast reine Fichtenbestände handelt. In Buttes sind von den 64 Tannen nur 6 Herrschende: es sind jüngere Bäume, die eben erst in den Kronenschirm der wesentlich älteren Fichten hineingewachsen sind.

Im Toppwald und im Biglenwald sind die Nadelverluste im Plenterwald etwas grösser als im schlagweisen Hochwald; gerade bei diesen Flächen ist aber der Vergleich aus standörtlichen Gründen (Kapitel 4.2) fragwürdig. Einen mehr oder weniger einwandfreien Vergleich lässt sich bei den Tannen im Dürsrütwald sowie bei den Fichten im Hasliwald und im Bois de Pays ziehen (Kursivdruck in *Tabelle 3*). Hier weisen die Bäume in den Plenterflächen eindeutig geringere Nadelverluste auf als jene in den hochdurchforsteten Vergleichsflächen.

Besonders auffällig ist der grosse Unterschied der Nadelverluste bei den Fichten in den Flächen von Buttes: im ältesten gleichaltrigen Vergleichsbestand (207 Jahre) der Fläche 02–034 stellt man einen vergleichsweise grossen Nadelverlust fest. Möglicherweise ist dieses Zusammentreffen nicht zufälliger Natur. Zwar stellt Schmid-Haas (6) bei überalterten Beständen nur unbedeutend stärkere Schäden fest als in 80- bis 100jährigen, lässt die Frage aber einstweilen bis zum Vorliegen neuerer Aufnahmen noch offen. Da sich im Plenterwald in einigen Flächen eine Altersabhängigkeit der Nadelverluste abzeichnet (Kapitel 5.3), möchten wir auch hinsichtlich Alter vergleichbare Bäume in Beziehung setzen. Das ist im Plenterwald insofern schwierig, als das Alter der einzelnen Bäume nicht bekannt ist. Immerhin gibt der Durchmesser einen gewissen Hinweis auf das Alter.

Tabelle 3. Vergleich der mittleren Nadelverluste (\overline{NV}) von Herrschenden und Mitherrschenden in Hochdurchforstungsflächen und von Bäumen der Oberschicht im Plenterwald (vergleichbare Daten kursiv).

Flächennummer	<i>n</i>	<i>Fichte</i>		<i>n</i>	<i>Tanne</i>	
		\overline{NV} %	$\overline{NV} - \overline{NV}_H$ %		\overline{NV} %	$\overline{NV} - \overline{NV}_H$ %
Lauperswil, Dürsrüti						
01–030 3 H	8	10,6	–	73	21,5	–
01–030 1 P	8	16,3	+5,7	55	21,5	0,0
01–030 2 P	24	7,3	–3,3	72	16,2	–5,3
Oppligen, Hasliwald						
21–276 H	16	13,4	–	2	15,0	–
01–019 1 P	3	10,0	–3,4	47	12,9	–2,1
01–019 2 P	21	10,5	–2,9	72	18,1	+3,1
01–019 3 P	14	12,1	–1,3	23	18,9	+3,9
Niederhünigen, Toppwald						
01–021 H	77	5,4	–	9	10,0	–
01–015 1 P	60	6,2	+0,8	113	10,2	+0,2
01–015 2 P	54	6,2	+0,8	52	10,3	+0,3
Buttes, Bois de Pays						
02–034 H	71	30,2	–	64	3,3	–
02–035 1 P	4	8,8	–21,4	6	12,5	+9,2
02–035 2 P	39	14,4	–15,8	42	14,1	+10,8
02–035 3 P	61	9,7	–20,5	52	12,5	+9,2
Landiswil, Biglenwald						
21–290 H	145	10,1	–	0		
01–031 P	69	13,0	+2,9	20	9,8	

In *Tabelle 4* sind die Nadelverluste von Bäumen gleicher Durchmesser und damit mehr oder weniger gleichen – jedenfalls gleichen stadialen – Alters im Plenterwald und bei Hochdurchforstung gegenübergestellt. Dabei werden Bäume aus vergleichbarem Durchmesserbereich ($d_{1,3}$) mit möglichst gleichem mittlerem Durchmesser ($\bar{d}_{1,3}$) berücksichtigt. Bei der Fichte sind dies Bäume der Oberschicht (Plenterwald) bzw. Herrschende und Mitherrschende (Hochdurchforstungsflächen), ebenso bei der Tanne in Lauperswil. Zur Bildung hinsichtlich Durchmesser vergleichbarer Kollektive müssen in Oppligen, Niederhünigen und Buttes auch beherrschte Tannen bzw. Bäume aus der Mittelschicht berücksichtigt werden. Wegen des Unterdrückungszeitraums sind die Bäume im Plenterwald sicher nicht jünger als die verglichenen im schlagweisen Hochwald. Dennoch fällt auch dieser Vergleich der mittleren Nadelverluste durchwegs zugunsten des Plenterwaldes aus: Fichten und Tannen weisen bei gleichem Durchmesser im Plenterwald eine bessere Benadelung auf als im hochdurchforsteten schlagweisen Hochwald.

Tabelle 4. Vergleich der mittleren Nadelverluste (\overline{NV}) von Bäumen gleicher Durchmesser im Plenterwald und bei Hochdurchforstung.

Flächennummer		Fichte					Tanne				
	<i>n</i>	<i>d</i> _{1,3} cm	$\overline{d}_{1,3}$ cm	\overline{NV} %	$\overline{NV}-\overline{NV}_H$ %		<i>n</i>	<i>d</i> _{1,3} cm	$\overline{d}_{1,3}$ cm	\overline{NV} %	$\overline{NV}-\overline{NV}_H$ %
Lauperswil											
01—030 3 H	8	40—68	53,5	10,6	—		41	52—84	63,3	19,3	—
01—030 1 P	6	44—64	52,9	7,5	—3,1		24	44—80	66,9	17,5	—1,8
01—030 2 P	21	40—72	52,3	6,2	—4,4		46	48—84	65,6	16,1	—3,2
Oppligen											
21—276 H	16	48—76	62,8	13,4	—		42	16—32	24,0	4,5	—
01—019 1 P	3	36—84	59,6	10,0	—3,4		13	16—32	25,1	2,7	—1,8
01—019 2 P	17	48—88	63,3	11,5	—1,9		34	16—32	24,4	4,1	—0,4
01—019 3 P	11	40—76	60,8	12,3	—1,1		29	12—32	24,7	2,8	—1,7
Niederhünigen											
01—021 H	30	52—76	60,4	9,0	—		11	32—60	46,6	8,2	—
01—015 1 P	30	52—76	60,4	6,2	—2,8		63	32—60	45,5	7,4	—0,8
01—015 2 P	25	52—72	61,1	6,2	—2,8		40	32—60	45,6	7,4	—0,8
Buttes											
02—034 H	46	52—68	58,9	30,2	—		94	16—36	26,5	3,9	—
02—035 1 P	3	52—76	63,9	11,7	—18,5	}	49	16—36	26,4	2,0	—1,9
02—035 2 P	18	52—68	59,2	16,9	—13,3						
02—035 3 P	24	52—72	58,2	13,1	—17,1						
Landiswil											
21—290 H	36	40—52	44,4	11,7	—						
01—031 P	16	32—52	44,1	9,4	—2,3						

4.4 Diskussion

Zweifelloos lässt die Auswertung der Schadenerhebung in den Plenterflächen und in den vergleichbaren Hochdurchforstungsflächen keine grössere Schadenanfälligkeit im Plenterwald erkennen: Der Plenterwald ist sogar eher «gesünder». Dieses – wegen der geringen Zahl von Vergleichsflächen statistisch nicht zu sichernde – Ergebnis war aufgrund der Sanasilva-Waldschadeninventur nicht unbedingt zu erwarten, die zumindest für Fichten und Buchen in einschichtigen Beständen weniger starke Schädigungen ausweist als in stufigen, wogegen bei der Tanne die Unterschiede gering sind (6). Offensichtlich werden von der Sanasilva-Waldschadeninventur mit dem Strukturmerkmal «stufig» sehr viele Bestände miterfasst, die mit Plenterwald nur wenig zu tun haben und auch ganz anders behandelt werden. Die stufigen Bestände in der Waldschadeninventur sind für den Plenterwald nicht repräsentativ.

Auf der anderen Seite hat auch unser Vergleich seine Mängel: der Vergleichsflächen sind so wenige, dass das Ergebnis statistisch nicht zu sichern ist. Zudem sind diese Vergleichsbestände alle über 100 Jahre alt; für einen in jeder Hinsicht korrekten Vergleich (vgl. 4.2) verfügt die EAFV nicht über die notwendige Zahl von Versuchsflächen. Immerhin deutet die Auswertung keine grössere Schadenanfälligkeit im Plenterwald an.

Beim Vergleich der Waldschäden in nieder- und hochdurchforsteten Versuchsflächen (3) wurden die Auswirkungen unterschiedlicher Durchforstungen auf die vermuteten Mechanismen im Ablauf der Walderkrankung ausgehend von den im Vordergrund der Diskussionen stehenden Hypothesen zu den unmittelbaren Ursachen erörtert. Wenn wir annehmen, die neuartigen Waldschäden seien immissionsbedingt und würden durch direkte Einwirkung der Schadstoffe aus der Luft auf Blätter und Nadeln bewirkt, so müssten Plenterbestände wesentlich stärker geschädigt sein als hochdurchforstete gleichaltrige Hochwälder, weil ihre sehr viel stärkere vertikale Gliederung eine grössere Rauigkeit des Kronendaches und damit einen grösseren Schadstoffeintrag bewirkt. Nun sind aber geplenterte Bestände nicht stärker geschädigt als vergleichbare hochdurchforstete; daraus wäre zu schliessen, dass entweder die Immissionshypothese nicht zutrifft oder aber andere Eigenschaften des Plenterwaldes den verstärkten Schadstoffeintrag zu kompensieren vermögen.

Die erste Folgerung brauchen wir vorerst nicht weiter abzuhandeln: für eine derartige Annahme ist unsere Datenbasis im Plenterwald denn doch zu schmal.

Zu diskutieren wäre hingegen die Rolle des gegenseitigen Schutzes der Bäume, den Schöpfer und Hradetzky mit der Dichte der Bestände in Verbindung bringen: «Mit abnehmendem Schlussgrad der Kronen verringert sich der gegenseitige Schutz der Bäume der herrschenden Schicht» (5). Nun sind aber Plenterwälder nicht geschlossener oder dichter als hochdurchforstete Bestände, gewiss nicht in der Oberschicht, aber auch nicht im ganzen Kronenraum: nach *Burger* ist das «Gewicht der arbeitenden Blattmenge im Plenterwald nicht wesentlich verschieden von dem des gleichalterigen Hochwaldes. Die Blätter sind aber im Plenterwald auf einen grösseren Kronenraum verteilt» (14). An der Dichte allein kann die geringere Schädigung des Plenterwaldes also nicht liegen.

Im Plenterwald ist die Nadel- und Blattmasse nicht nur auf einen grösseren Kronenraum verteilt, die Kronen sind auch wesentlich länger; nach *Leibundgut* ist «die relative Kronenlänge in den schönsten und im Vertikalaufbau am besten ausgeschichteten Plenterwäldern am grössten» (15). Die Kronenlänge allein kann aber die geringeren Nadelverluste im Plenterwald nicht erklären, denn auch die begünstigten Elitebäume bei Hochdurchforstung haben wohl eine längere Krone als die Herrschenden bei Niederdurchforstung und weisen doch grössere Blatt- und Nadelverluste auf (3).

Hingegen können die Entwicklung der Konkurrenzverhältnisse und damit des gegenseitigen Schutzes und deren Beeinflussung durch die Behandlung die unterschiedlichen Nadel- und Blattverluste bei Plenterung, Nieder- und Hochdurchforstung erklären. Bei den verschiedenen Graden der Niederdurchforstung (ausser D-Grad) stehen die herrschenden und die mitherrschenden Bäume dauernd im Horizontalschluss; die Durchforstung nimmt keinen Einfluss auf die Kronenkonkurrenz im geschlossenen Kronenschirm. Der gegenseitige Schutz der Bäume wird dauernd aufrechterhalten. Die Hochdurchforstung fördert eine herrschende Elite durch Eliminierung der schärfsten Konkurren-

ten. Sie isoliert die Elitebäume und unterbricht durch den relativ groben Eingriff den Horizontalschluss; die Konkurrenz wird einseitig zugunsten der Elite vermindert, damit aber auch deren Schutz durch die übrigen Bestandesglieder. Die Plenterung kennt gar keine Elite, wenn Elite als «die endgültige Auslese aus einer geschlossenen herrschenden Schicht von Anwärtern» (12) definiert ist. Sie begünstigt mit dem Hieb möglichst alle Alters- und Durchmesserklassen. Weil nicht einseitig, gezielt eine Elite begünstigt und damit isoliert wird, besteht die Konkurrenz in allen Stufen: der Plenterwald steht dauernd im Stufenschluss – deshalb ist auch der dauernde gegenseitige Schutz im Stufenschluss gewährleistet, sofern er nicht «durch plötzliche und starke Eingriffe gefährdet wird» (16).

Über die Rolle des gegenseitigen Schutzes und dessen Bedingungen war sich Schädelin bei der Konzeption der Auslesedurchforstung durchaus im klaren, wenn er ihn als Kehrseite und Ergänzung der Konkurrenz, des Darwinischen Struggle of life folgendermassen einführt: «Dieses Bild des natürlichen Lebens wäre jedoch einseitig, wenn in ihm nur der *Kampf* als der Vater aller Entwicklung dargestellt würde. Mit Recht hat Peter Kropotkin, Darwins Auffassung ergänzend, hingewiesen auf die *gegenseitige Hilfe* als Naturgesetz und Entwicklungsfaktor. Kropotkin hat freilich seine Untersuchungen auf die Tier- und Menschenwelt beschränkt. Doch zeigt auch die Pflanzenwelt ähnliche Erscheinungen, so wenn die Pflanzengesellschaft Wald durch sich selber nicht nur ein vom allgemeinen Aussenklima abweichendes, für das Aufkommen und Gedeihen der Verjüngung weit günstigeres Binnenklima, sondern auch die Grundlage eines Zusammenlebens ganz verschiedenartiger Lebewesen schafft, die in ihrer Gesamtheit eine gegenseitig auf das feinste abgestimmte Lebensgemeinschaft bilden können, sofern sie darin nicht Störungen erleidet, deren ergiebigste Quelle in der Regel der verständnislos wirtschaftende Mensch ist» (12). Dass die Förderung einer herrschenden Elite, wie sie von der Hochdurchforstung angestrebt wird, auch eine derartige Störung sein kann, dürfte Schädelin nicht entgangen sein, gerade weil er sich ausdrücklich auf die «Gegenseitige Hilfe in der Tier- und Menschenwelt» (17) des russischen Anarchisten *Peter Kropotkin* beruft, für den ein unaufhebbarer Widerspruch zwischen hierarchischer Gliederung, Zentralisation, Autorität auf der einen und Solidarität, gegenseitiger Hilfe auf der anderen Seite besteht. Neben anderen Gedankengängen und Traditionen, die andernorts dargestellt sind (18), dürfte für Schädelin bei der Konzeption der Auslesedurchforstung vor allem auch die zu seiner Zeit weniger starke Gefährdung des Waldes bestimmend gewesen sein: der gegenseitige Schutz der Bäume hatte unter den damaligen Umweltbedingungen wohl einen etwas geringeren Stellenwert.

4.5 Folgerungen aus dem Vergleich Hochdurchforstung — Plenterung

Für die forstliche Praxis ist die wichtigste Folgerung aus dem Vergleich der Waldschäden im Plenterwald und im hochdurchforsteten gleichaltrigen Hochwald wohl die Empfehlung, auch unter den veränderten Umweltbedingungen im Plenterwald weiterhin zu plentern. Bei den Eingriffen hat die Erhaltung und Förderung des Stufenschlusses Priorität vor der Auslese. Was die Umlaufzeit betrifft, so sind schwache, aber häufiger wiederkehrende Eingriffe vorzuziehen.

5. Waldschadenuntersuchungen im Plenterwald

In Kapitel 4.5 sind die Folgerungen für die Bewirtschaftung der Plenterwälder unter veränderten Umweltbedingungen dargestellt, die aus dem Vergleich Plenterwald — hochdurchforsteter gleichaltriger Hochwald zu ziehen sind. Das

Tabelle 5. Übersicht über die Plenter-Versuchsflächen der EAFV.

Flächen- nummer	Höhe m ü. M. °	Neigung	Expo- sition	Standort E & K	Anlage- jahr	Flächen- grösse ha	Standorts- bonität m	Vorrat V7 m³	Fi %	Ta %	Zuwachs IV7 m³/ha·a
Oppligen											
01—019	570	0	—	8/46	1908	1,99	23,7	465	18	80	12,5
Lauperswil											
01—030	900	16	N	18/46	1914	2,98	21,5	663	14	82	12,9
Bowil											
01—027	900	27	NW	18	1912	2,00	21,5	321	30	65	10,6
01—028	920	13	N	18	1912	1,19	21,5	374	24	66	10,6
Landiswil											
01—031	920	14	W	18/46	1919	1,31	19,5	421	62	37	9,5
Oberlangenegg											
01—046	930	6	W	46	1932	2,00	19,0	541	28	71	10,7
Niederhünigen											
01—015 2	950	4	NW	18/46	1906	1,24	21,5	421	44	53	9,5
01—015 1	960	15	WNW	18/46	1906	1,77	21,5	436	28	70	9,5
Buttes											
02—035	980	28	NW	18	1913	1,97	22,0	471	35	55	12,0
Röthenbach											
02—047	1060	27	SSW	19/18	1931	2,50	19,0	486	7	78	12,4
Rougemont											
01—042	1185	11	N	17/50	1928	2,00	18,0	422	64	36	11,1
01—041	1294	16	NE	21/48	1928	1,50	18,0	404	58	42	9,7
Le Chenit											
21—294	1340	12	WSW	23→48	1926	2,00	12,0	277	100		4,1
Sigriswil											
21—293	1370	15	W	57	1926	2,00	13,0	352	100		5,3
St. Moritz											
01—033	1820	20	N	59	1922	1,00	8,5	359	60		3,3
01—034	1820	25	N	59	1922	1,00	8,5	376	53		4,4

soll nicht bedeuten, dass nicht auch andere Anpassungen der Bewirtschaftung nützlich wären; sie können aus den Ergebnissen weiterer Untersuchungen im Plenterwald abgeleitet werden.

5.1 Versuchsflächen

Stellen die weiteren Untersuchungen allein auf Plenterflächen ab, so können auch jene Plenterversuchsflächen der EAFV einbezogen werden, denen keine Vergleichsflächen beigegeben sind. Es handelt sich um zehn zusätzliche Objekte, die in *Tabelle 5* zusammen mit den bereits für den Vergleich mit dem gleichaltrigen Hochwald verwendeten Versuchsflächen charakterisiert werden.

Die Flächen sind nach ihrer Höhenlage tabelliert. Flächen unter 1300 m ü. M. tragen Tannen-Fichten- und Tannen-Fichten-Buchen-Plenterwald; die Gebirgs-Plenterwälder (über 1300 m ü. M.) sind reine Fichten- oder Fichten-Arven-Lärchen-Plenterwälder.

Der Standortsbestimmung liegen Vegetationsaufnahmen auf je 100 m² Fläche vom Sommer 1985 zugrunde; die Nummern beziehen sich auf die Waldgesellschaften nach Ellenberg und Klötzli (9). Nicht alle der – verhältnismässig grossen – Plenterflächen sind standörtlich einheitlich; die in den Flächen dominierenden Waldgesellschaften sind in *Tabelle 5* hervorgehoben (Kursivdruck). Bei der Versuchsfläche in Le Chenit (21–294) haben wir es nicht mit zwei räumlich getrennten Waldgesellschaften (23: Sorbo-Aceretum, 48: Dryopterido-Abietetum = Asplenio-Piceetum *Richard*, 19) zu tun, die durch Kartierung auseinanderzuhalten wären, sondern mit nur einem Standortstyp, dessen Kennzeichen in der Mikroheterogenität besteht: es handelt sich um einen Fichtenwald auf einem Karrenfeld. Mit Wald-Vegetationsaufnahmen von 100 m² werden dabei Differentialarten sowohl des Mehlbeeren-Ahornwaldes als auch des Block-Fichtenwaldes erfasst, wie der Auszug aus einer Vegetationsaufnahme (Nr. 62) im Vergleich mit den Stetigkeiten der Differentialarten aus den Tabellen von Moor (13), *Richard* (19) und *Kuoch* (20) dartut (*Tabelle 6*). Im Karrenfeld wechseln sehr kleinräumig Standortbedingungen des Fichtenwaldes und des Ahornwaldes; für den Baum, der in beiden Mikrostandorten wurzelt, sind diese Unterschiede aber irrelevant: es handelt sich um nur einen forstlichen Standort, dessen umfassende Beschreibung noch aussteht.

Die Bonitierung ist im Plenterwald für Planungszwecke, weil ja keine Ertragstafeln verwendet werden, nicht erforderlich und zudem, weil das Alter im Plenterwald nicht dieselbe Rolle spielt wie im gleichaltrigen Hochwald, mit methodischen Schwierigkeiten verbunden (vgl. Flury, 10). Zu Vergleichszwecken wird in *Tabelle 5* die Standortsbonität für Fichte aufgrund des Bonitätschlüssels (21) angegeben als Mittel der Werte aus dem ausgeglichenen und dem unausgeglichenen Schlüssel, womit sowohl der Standortstyp als auch die

Tabelle 6. Auszug aus einer Vegetationsaufnahme (Nr. 62/1985) aus der Versuchsfläche 21–294 (Le Chenit).

	<i>Sorbo-Aceretum</i>		<i>Aufn. 62</i>	<i>Asplenio-Piceetum</i>	
	<i>Moor</i>	<i>Richard</i>		<i>Richard</i>	<i>Kuoch</i>
	<i>Stetigkeit</i>		<i>Abundanz</i>	<i>Stetigkeit</i>	
	%	%		%	%
<i>Differentialarten des Sorbo-Aceretums</i>					
<i>Astrantia major</i>	33	73	1	0	0
<i>Campanula rhomboidalis</i>	0	73	1	0	0
<i>Hieracium prenanthoides</i>	0	20	1	0	0
<i>Cirsium erisithales</i>	0	40	1	0	0
<i>Valeriana officinalis</i>	0	47	+	0	0
<i>Silene cucubalus</i>	44	40	r	0	0
<i>Differentialarten des Asplenio-Piceetums</i>					
<i>Dicranum scoparium</i>	0	0	2	100	91
<i>Rhytidiadelphus triqueter</i>	0	0	2	78	100
<i>Vaccinium myrtillus</i>	0	0	2	78	100
<i>Melampyrum silvaticum</i>	0	0	1	57	27
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	0	0	+	52	64
<i>Homogyne alpina</i>	0	0	+	4	55

Höhenlage berücksichtigt werden. Der Vorrat entspricht dem Zustand bei der letzten Aufnahme; angegeben sind die prozentualen Vorratsanteile von Fichte und Tanne — der Rest entfällt auf Buche, ausser in den Versuchsflächen von St. Moritz: dort sind Arve mit 24% (01–033) bzw. 25% (01–034) und Lärche mit 16% bzw. 22% am Vorrat beteiligt. Als Zuwachs ist der Durchschnittszuwachs an Derbholz seit dem Anlagejahr eingetragen.

Zur Immissionsbelastung der Plenterversuchsflächen liegen keine Untersuchungen vor; wir müssen davon ausgehen, dass die Flächen hinsichtlich Schadstoffeintrag nicht vergleichbar sind. Dieser Umstand verbietet einen direkten Vergleich etwa der mittleren Nadelverluste. Aussichtsreicher ist die Untersuchung der Schadenverhältnisse innerhalb der Plenterflächen.

5.2 Altersabhängigkeit der Waldschäden

Charakteristisch für den Plenterwald ist die Vertretung aller Altersklassen bzw. aller Durchmesserstufen auf kleiner Fläche. Die Altersabhängigkeit der Waldschäden kann also in einer einzigen Plenterfläche untersucht werden, wozu im gleichaltrigen Hochwald eine grosse Zahl von Untersuchungsobjekten notwendig wäre. Aus *Abbildung 1* geht hervor, dass die jüngeren Bäume der Mittelschicht geringere Nadelverluste aufweisen als die älteren der Oberschicht; dieser Umstand braucht aber nicht altersbedingt zu sein, sondern kann mit der Schadstoffexposition erklärt werden. Wenn wir hingegen die Abhängigkeit der

Abbildung 2.
Abhängigkeit des
Nadelverlustes der Tanne
vom Durchmesser
(Hasliwald Oppligen,
Abteilung 2).

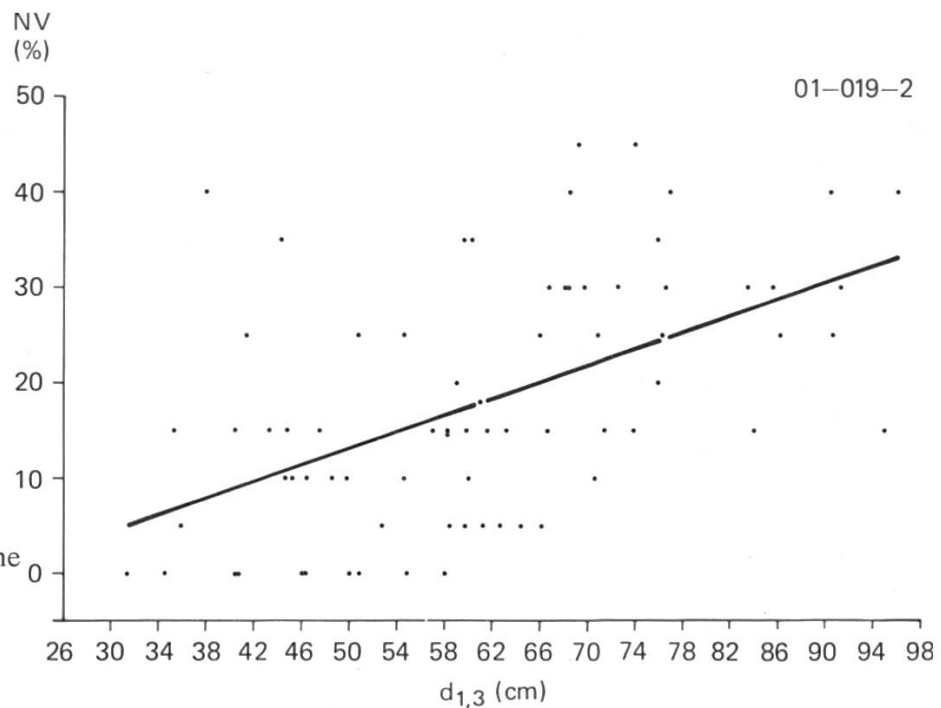
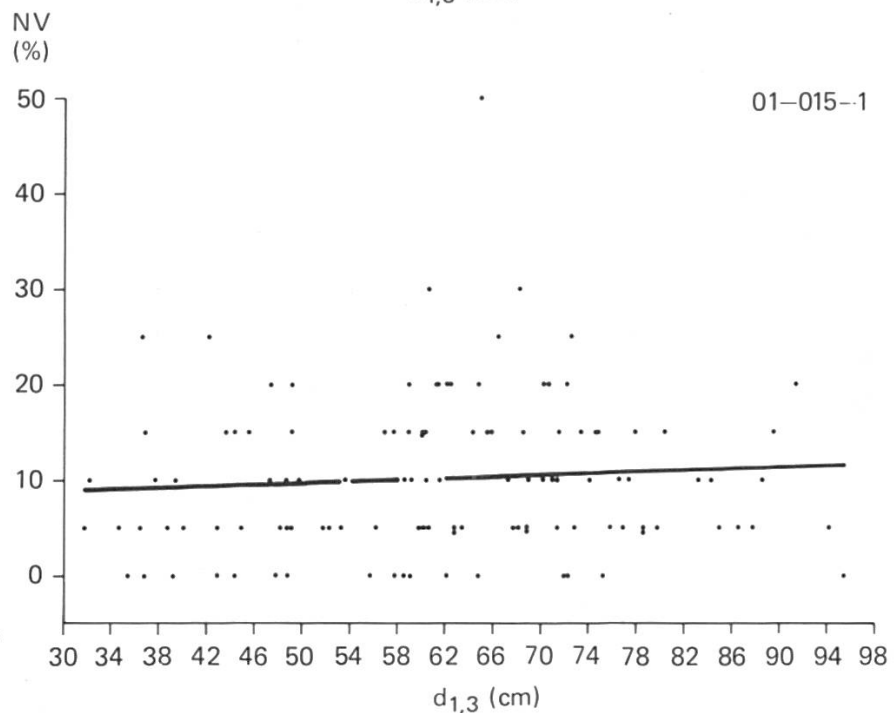


Abbildung 3.
Abhängigkeit des
Nadelverlustes der Tanne
vom Durchmesser
(Toppwald Niederhünigen,
Abteilung 1).



Nadelverluste vom Durchmesser nur für die Bestandesglieder der Oberschicht ermitteln, können wir die Altersabhängigkeit der Waldschäden ziemlich rein darstellen. Dabei stellt sich heraus, dass die Nadelverluste nicht in allen Plenterwäldern mit dem Durchmesser zunehmen. In Abteilung 2 der Plenterversuchsfläche 01-019 im Hasliwald Oppligen ist bei der Tanne eine stark gesicherte Abhängigkeit der Nadelverluste vom Durchmesser festzustellen (Abbildung 2): die dickeren, älteren Bäume sind schlechter benadelt als jüngere, aber ebenfalls der Oberschicht angehörende. Bei den Tannen im Toppwald Niederhünigen (Versuchsfläche 01-015-1) ist dagegen keine gesicherte Altersabhängigkeit zu erkennen (Abbildung 3). Zur Abklärung der Ursache solch unterschiedlichen

Tabelle 7. Regressionsgeraden der Nadelverlustprozente über dem Bruthöhendurchmesser der Tannen und Fichten in der Oberschicht des Plenterwaldes (Schadenaufnahme 1985).

Flächen- nummer	Standort		Tanne				F	n	Fichte				F
	E & K	n	\overline{BHD} cm	\overline{NV} %	b %/cm	\overline{BHD} cm			\overline{NV} %	b %/cm			
01-019-1	8/46	47	56,3	12,9	0,19	6,65*							
01-019-2	8/46	72	61,0	18,1	0,44	27,24**	21	63,0	10,5	0,16	1,20 ⁻		
01-019-3	8/46	23	57,1	18,9	0,49	31,22**	14	54,1	12,1	0,26	1,82 ⁻		
01-030-1	18/46	55	90,4	21,5	-0,09	1,98 ⁻							
01-030-2	18/46	71	86,0	16,3	0,01	0,05 ⁻	24	67,3	7,3	-0,01	0,02 ⁻		
01-027-1	18	40	45,9	11,6	0,06	0,14 ⁻	41	44,3	8,3	0,27	6,34*		
01-027-2	18	41	54,6	8,8	0,02	0,05 ⁻	26	51,3	6,5	0,10	1,02 ⁻		
01-027-3	18	27	49,5	10,7	-0,02	0,02 ⁻	34	49,1	9,3	0,14	4,05 ⁻		
01-028	18	42	56,4	9,4	0,11	2,56 ⁻	36	44,9	5,8	0,10	0,96 ⁻		
01-031	18/46	20	52,9	9,8	0,12	1,18 ⁻	69	64,7	13,0	0,17	6,32*		
01-046	46	124	60,9	15,3	0,21	15,43**	52	59,1	9,4	0,15	2,12 ⁻		
01-015-2	18/46	52	63,8	10,3	0,03	0,12 ⁻	54	55,7	6,2	0,03	0,35 ⁻		
01-015-1	18/46	113	61,4	10,2	0,04	0,55 ⁻	60	53,5	6,2	0,04	0,24 ⁻		
02-035-2	18	42	59,6	14,1	0,07	0,42 ⁻	39	53,4	14,4	0,17	0,95 ⁻		
02-035-3	18	52	52,2	12,5	0,10	1,00 ⁻	61	48,0	9,7	0,15	3,08 ⁻		
02-047-1	19/18	47	55,9	7,0	0,23	23,80**							
02-047-2	18/19	53	51,7	9,1	0,06	0,72 ⁻							
02-047-3	19/18	89	52,6	7,9	0,20	23,72**	21	50,9	7,4	0,23	6,51*		
01-042	17/50	63	46,9	6,4	0,19	5,17*	131	52,6	10,3	-0,02	0,06 ⁻		
01-041	21/48	47	49,6	10,6	0,38	16,80**	82	53,5	15,5	0,08	0,89 ⁻		
21-294	23→48						329	37,4	8,1	0,15	12,87**		
21-293-1	57						193	45,2	7,9	0,21	12,31**		
21-293-2	57						74	42,7	9,0	0,25	4,50*		
01-033	59						147	33,0	8,9	0,33	30,87**		
01-034	59						134	33,3	8,4	0,48	77,83**		

Verhaltens der Tanne sind in *Tabelle 7* die Daten der linearen Regression von Nadelverlustprozent und Bruthöhendurchmesser für die Tannen in der Oberschicht aller Plenterversuchsflächen zusammengestellt. Sie weist für jede Versuchsteilfläche Anzahl Bäume, mittleren BHD, mittleres Nadelverlustprozent, Steigung b der Regressionsgeraden und F-Wert aus. Gesicherte und stark gesicherte Abhängigkeiten finden wir in Oppligen (01-019), Oberlangenegg (01-046), Rougemont (0-042 und 01-041) sowie in den Abteilungen 1 und 3 im Rauchgratwald Röthenbach (02-047). Hier sind dickere und damit ältere Bäume gesichert stärker «geschädigt» als jüngere. Ein Zusammenhang dieses Sachverhaltes ist weder mit ertragskundlichen Kenngrössen (Vorrat, Zuwachs, siehe *Tabelle 5*, oder mittlerem BHD) noch mit dem mittleren Nadelverlust erkennbar. Hingegen ist die Altersabhängigkeit offensichtlich standortsbedingt: auf dem Standort des typischen Tannen-Buchenwaldes (E & K Nr. 18) sind ältere Tannen nicht stärker «geschädigt» als jüngere, während in allen Plenterflächen, die nicht im typischen Tannen-Buchenwald liegen, ältere Tannen gesichert stärker «geschädigt» sind. Besonders deutlich ist dieser Unterschied im Rauchgratwald (02-047): In den Abteilungen 1 und 3, in denen eine stark ge-

sicherte Altersabhängigkeit festzustellen ist, dominieren konvexe Hanglagen mit Standorten des Tannen-Buchenwaldes mit Waldsimse (E & K Nr. 19), der sich durch Säurezeiger wie *Blechnum spicant* und viel *Luzula silvatica* vom typischen Tannen-Buchenwald unterscheidet, welcher in der hauptsächlich Muldenlagen einnehmenden Abteilung 2 überwiegt.

Es stellt sich nun die Frage, wie die Altersabhängigkeit zu interpretieren ist. Entweder sind bei gesicherter Altersabhängigkeit die älteren Bäume anfälliger und stärker geschädigt oder bei Unabhängigkeit des Nadelverlustes vom Alter bereits die jüngeren. Aus den Daten allein kann die Frage nicht entschieden werden, weil wir die Mittelwerte nicht direkt vergleichen können. Keine gesicherte Altersabhängigkeit stellen wir bei der Tanne auf dem Standort des typischen Tannen-Buchenwaldes fest. Im typischen Tannen-Buchenwald ist die Weisstanne in ihrem Optimum. Dass gerade hier die jüngeren Bäume bereits so stark geschädigt wären wie die älteren, leuchtet nicht recht ein. Plausibler ist der Schluss, dass die Tanne im typischen Tannen-Buchenwald auch in hohem Alter vital und schädigenden Einflüssen gegenüber widerstandsfähiger ist als auf allen anderen Standorten. Jedenfalls ist dies der Schluss, der sich aus den Schadenaufnahmen von 1985 und auch von 1984 (in einem Teil der Versuchsflächen, mit sehr ähnlichem Ergebnis) ziehen lässt, möglicherweise ändert sich aber die Altersabhängigkeit mit der Zeit, worüber künftige Schadenaufnahmen Auskunft geben können.

Bei der Fichte, die überwiegend, aber doch nicht in allen Flächen (vgl. 01–031, 01–042, 01–041), besser benadelt ist als die Tanne, finden wir eine andere Verteilung der Altersabhängigkeiten (*Tabelle 7*). Auffällig ist die hohe Signifikanz im Gebirgsplenterwald (Versuchsflächen über 1300 m ü. M.), also im natürlichen Verbreitungsgebiet der Fichte. Nur in drei Flächen (01–027–1, 01–031 und 02–047–3) in tieferen Lagen ist die Altersabhängigkeit des Nadelverlustes schwach gesichert ($P = 0,05$). Natürliches Verbreitungsgebiet und Optimum klaffen bei der Fichte – im Unterschied zur Weisstanne – weit auseinander. Die Fichte herrscht natürlich dort, wo die Konkurrenz vieler anderer Baumarten fehlt; optimale Wuchsbedingungen findet sie in tieferen Lagen, wo sie sich durch länger anhaltende Widerstandsfähigkeit gegen Schädigungen auszeichnet. Der Fichtenanbau im Laubwaldgebiet hat offenbar auch andere als nur wirtschaftliche Meriten. Besonders auffällig sind Steilheit und grosser

Tabelle 8. Regressionsgeraden der Nadelverlustprozente über dem Brusthöhendurchmesser der Lärchen und Arven in der Oberschicht des Gebirgsplenterwaldes (Schadenaufnahme 1985).

Flächennummer	Lärche					Arve				
	<i>n</i>	\overline{BHD} cm	\overline{NV} %	<i>b</i> %/cm	<i>F</i>	<i>n</i>	\overline{BHD} cm	\overline{NV} %	<i>b</i> %/cm	<i>F</i>
01–033	44	38,7	11,9	–0,22	3,65 [–]	53	39,4	7,3	–0,05	0,27 [–]
01–034	59	40,5	12,4	0,09	0,82 [–]	57	38,6	7,2	–0,02	0,04 [–]

F-Wert für die Regressionsgerade in den Plenterflächen von St. Moritz (01–033, 01–034). Im Lärchen-Arvenwald ist die Fichte der Ungunst des Standortes kaum gewachsen, im Gegensatz zu Lärche und Arve, bei denen sich denn auch keine gesicherte Zunahme der Nadelverluste mit dem Durchmesser zeigt (Tabelle 8).

5.3 Benadelung und Zuwachs

Hinter der Frage nach dem Zusammenhang zwischen Benadelung und Zuwachs steckt selbstverständlich nicht nur der Erkenntnisdrang, sondern auch handfestes materielles Interesse, das sich insbesondere auf die Zuwachsprognose bezieht. Über die Zuwachsverhältnisse in den Plenterversuchsflächen gibt ein in periodischen Bestandesaufnahmen erhobenes umfangreiches Datenmaterial Auskunft; zur eigentlichen Prognose trägt es aber wenig bei, weil wir über die Waldschadendaten nur von 1985 verfügen. Zur Prognose des Zuwachses in Abhängigkeit von den Nadel- und Blattverlusten benötigen wir aber Daten zur Schadensituation zu Beginn einer Aufnahmeperiode. Die retrospektive Auswertung des Zuwachses heute unterschiedlich benadelter Bäume kann aber doch einige Einsichten vermitteln.

Der Durchmesserzuwachs im Plenterwald verläuft nach eigener Gesetzmässigkeit; wie aus den Untersuchungen von Flury (11, S. 110–117) hervorgeht, ist der Zuwachs während der Unterdrückungszeit, also solange die Bäume in der Unterschicht stehen, gering; er nimmt in der Mittelschicht zu und bleibt, sobald die Bäume in die Oberschicht vorgestossen sind, auf hohem Niveau sehr lange konstant erhalten – im Gegensatz zum gleichaltrigen Hochwald, wo der Zuwachs am Einzelbaum in höherem Alter sukzessive abnimmt. Wenn wir nur Bäume der Oberschicht berücksichtigen, ist der Durchmesserzuwachs also weitgehend unabhängig vom Durchmesser (vgl. auch *Abbildung 4*). Einen wesentlichen Einfluss auf den Durchmesserzuwachs hat dagegen die produzierende Nadelmasse: langkronige Bäume weisen einen grösseren Durchmesserzuwachs auf als mittelmässige (kurzkronige sind im Plenterwald selten). Spiecker (8) weist den Zusammenhang zwischen Kronenlänge und Zuwachs im Detail nach. Nur wenn man Kronenparameter nicht vernachlässigt, können die Zusammenhänge zwischen Waldschäden und Zuwachs abgeklärt werden (22). Berücksichtigt man die Kronenlänge, lässt sich in einigen Plenterflächen ein Zusammenhang zwischen dem Nadelverlust im Jahr 1985 und dem Zuwachs in den letzten Aufnahmeperioden feststellen. *Abbildung 4* veranschaulicht den Durchmesserzuwachs $I_{d1,3}$ in der Periode 1973 bis 1982 der langkronigen Fichten der Oberschicht in der Plenterfläche 21–294 in Abhängigkeit von Durchmesser und Nadelverlustprozent. Eine gesicherte Abhängigkeit des Zuwachses vom Durchmesser ist nicht festzustellen. Dagegen haben die 1985 schwächer benadelten Bäume bereits 1973 bis 1982 deutlich geringeren Zuwachs geleistet: die ge-

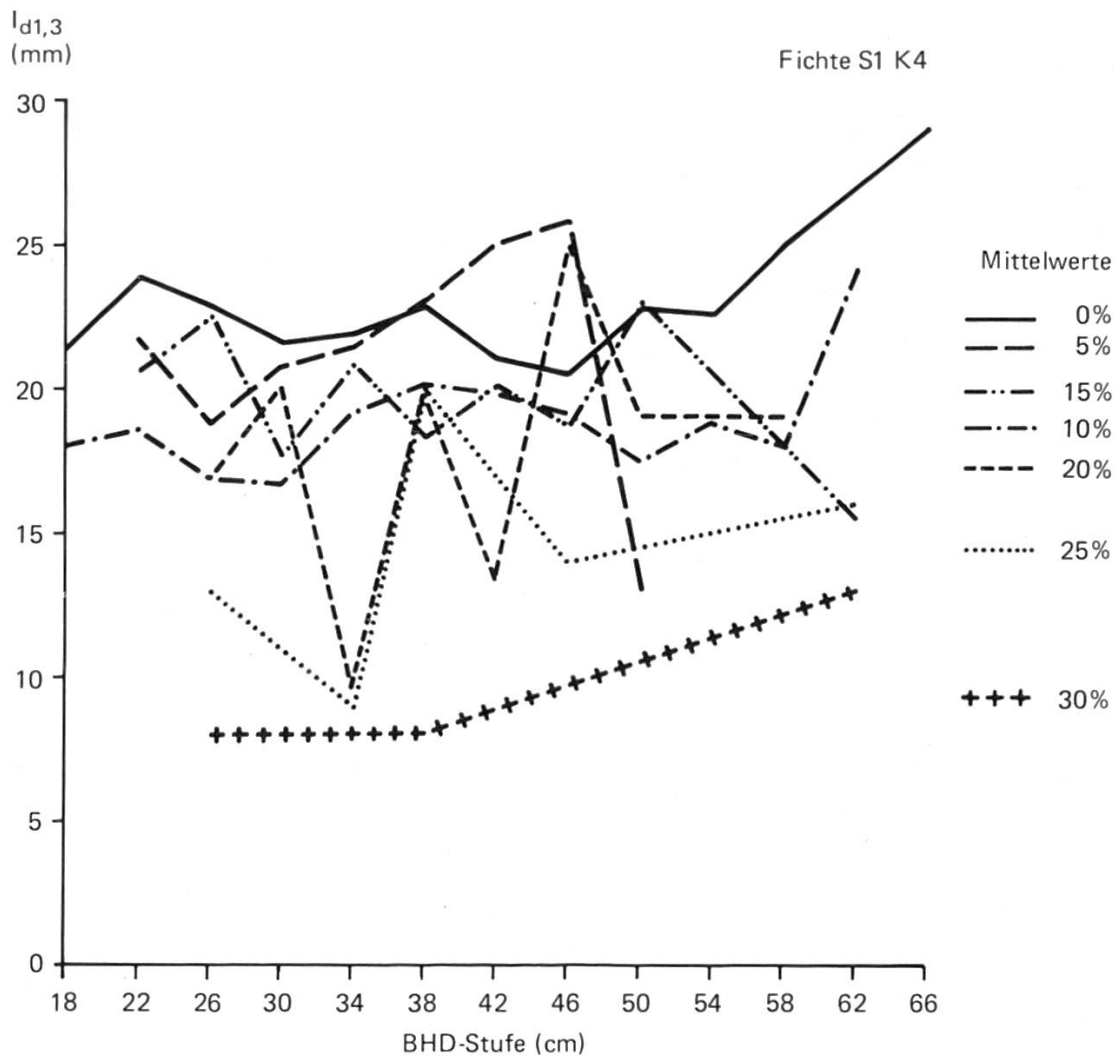


Abbildung 4. Durchmesserzuwachs ($I_{d1,3}$) 1973 bis 1982 in Abhängigkeit von Durchmesser und Nadelverlust (Versuchsfläche 21–294, Le Chenit).

geschätzten Nadelverluste haben einen Zusammenhang mit dem Durchmesserzuwachs, einem messbaren Merkmal der Gesundheit der Bäume.

Die 1985 «geschädigten» Bäume wiesen bereits 1973 bis 1982 ein schlechteres Wachstum auf; sie waren also bereits vor 1982 weniger vital. Ob sich diese verminderte Vitalität bereits damals als Nadelverlust manifestiert hat, können wir heute nicht mehr feststellen. Da wir aber nur Bäume der Oberschicht getrennt nach der Kronenlänge vergleichen, liegt der Schluss auf einen bereits seit längerer Zeit reduzierten Assimilationsapparat nahe. *Franz et al.* (23) messen denn auch den Vitalitätszustand am Nadelverlust.

Nun liegt die Frage nahe, bis zu welchem Zeitpunkt sich Zuwachsunterschiede zwischen «gesunden» und «geschädigten» Bäumen zurückverfolgen lassen, was Hinweise zur Schädigungsursache geben könnte. *Tabelle 9* verzeichnet die mittleren Durchmesserzuwächse zurückliegender Aufnahmeperioden für Bäume der Oberschicht in den Plenterversuchsflächen der EAFV getrennt nach Baumarten, Kronenklassen und Nadelverlusten von 1985. Dabei werden

Tabelle 9. Durchmesserzuwachs von im Jahre 1985 gesunden bzw. geschädigten Bäumen der Ober-
schicht von Plenterversuchsflächen (in % des $I_{d1,3}$ gesunder langkroniger Bäume).

Flächen- nummer	Aufnahme- periode	Signi- fikanz	Langkronige (K4)						Mittelkronige (K5)					
			Gesunde			Geschädigte			Gesunde			Geschädigte		
			(NV 0–10%)			(NV > 10%)			(NV 0–10%)			(NV > 10%)		
			n	\overline{NV}_{85} %	$I_{d1,3}$ mm	n	\overline{NV}_{85} %	$I_{d1,3}$ %	n	\overline{NV}_{85} %	$I_{d1,3}$ %	n	\overline{NV}_{85} %	$I_{d1,3}$ %
Tanne														
01–019	1975–83	*	31	5,2	7,40	43	24,5	79,6	23	5,4	70,1	44	22,6	66,9
	1967–75	*	31	5,2	8,44	43	24,5	79,6	23	5,4	66,1	44	22,6	63,8
	1962–67	—	31	5,2	7,88	43	24,5	81,1	23	5,4	68,5	44	22,6	69,7
01–030	1974–83	**	28	6,8	4,86	60	23,3	74,4	11	8,2	101,8	28	23,8	51,8
	1964–74	**	28	6,8	5,30	60	23,3	77,2	11	8,2	86,5	28	23,8	61,4
	1953–64	**	28	6,8	5,87	60	23,3	86,3	11	8,2	85,2	28	23,8	56,6
	1947–53	—	28	6,8	4,85	60	23,3	91,3	11	8,2	96,2	28	23,8	73,6
01–027	1974–81	**	49	4,8	6,29	19	20,3	80,0	24	4,6	78,2	16	23,8	56,5
	1966–74	—	49	4,8	6,39	19	20,3	91,8	24	4,6	73,9	16	23,8	66,7
01–028	1974–81	*	23	5,9	6,86	6	20,8	77,2	10	6,0	88,0	3	25,0	37,5
	1966–74	**	23	5,9	6,56	6	20,8	66,0	10	6,0	93,5	3	25,0	43,8
	1960–66	—	23	5,9	7,13	6	20,8	89,1	10	6,0	95,3	3	25,0	73,2
01–046	1973–80	—	21	7,1	7,26	19	25,0	79,1	38	6,5	79,9	43	22,4	87,3
01–015	1977–85	**	66	5,2	6,74	26	20,8	81,4	46	6,1	92,7	27	19,4	51,3
	1969–77	**	66	5,2	5,88	26	20,8	84,9	46	6,1	81,9	27	19,4	52,2
	1964–69	*	66	5,2	6,32	26	20,8	98,9	46	6,1	83,2	27	19,4	64,4
	1959–64	—	66	5,2	4,72	26	20,8	104,0	46	6,1	82,4	27	19,4	63,9
01–042	1969–78	**	38	3,2	5,32	8	20,6	76,0	11	2,3	74,4	6	15,0	51,5
	1963–69	*	38	3,2	5,67	8	20,6	80,9	11	2,3	73,3	6	15,0	57,4
	1957–63	—	38	3,2	5,75	8	20,6	93,2	11	2,3	76,0	6	15,0	86,1
Fichte														
01–027	1974–81	—	41	5,5	5,64	18	17,8	97,4	35	5,0	78,3	7	15,0	92,3
01–031	1973–81	—	25	6,4	5,35	27	18,2	103,8	8	7,5	73,4	8	18,1	81,6
01–046	1973–80	—	21	4,3	4,93	7	17,1	101,8	16	6,6	73,0	6	11,5	81,1
01–015	1977–85	—	68	3,8	5,63	10	20,0	94,0	30	4,8	87,0	6	16,7	77,4
02–035	1974–82	*	40	5,8	4,16	25	18,2	80,4	24	5,2	76,0	15	25,0	62,3
	1966–74	—	40	5,8	5,18	25	18,2	99,7	24	5,2	71,7	15	25,0	80,1
01–042	1969–78	—	51	4,5	3,91	30	20,2	91,7	32	5,5	93,1	18	20,0	91,7
21–294	1973–82	**	228	4,3	2,40	96	17,1	86,8	3	6,7	81,7	2	15,0	76,3
	1963–73	**	228	4,3	2,33	96	17,1	84,7	3	6,7	73,1	2	15,0	51,6
	1952–63	—	228	4,3	2,17	96	17,1	91,5	3	6,7	83,8	2	15,0	77,5
21–293	1967–77	—	190	4,3	3,09	65	19,9	91,1	10	5,5	63,5	1	30,0	90,7
01–033	1969–79	**	97	5,2	1,56	39	17,1	71,2	5	7,0	66,7	6	17,5	48,1
	1956–69	**	97	5,2	1,85	39	17,1	78,0	5	7,0	69,6	6	17,5	56,6
	1948–56	*	97	5,2	2,43	39	17,1	85,1	5	7,0	71,2	6	17,5	68,8
	1940–48	**	97	5,2	1,85	39	17,1	74,8	5	7,0	64,8	6	17,5	51,8
	1932–40	*	96	5,2	1,66	39	17,1	81,2	5	7,0	79,9	6	17,5	61,6
	1927–32	*	95	5,3	1,70	39	17,1	81,7	5	7,0	42,2	6	17,5	70,3
	1921–27	*	95	5,3	1,55	39	17,1	84,3	5	7,0	103,5	6	17,5	64,7
	1969–79	**	90	4,7	1,70	38	16,6	77,4	3	8,3	48,9	3	15,0	48,9
01–034	1956–69	**	90	4,7	2,15	38	16,6	83,0	3	8,3	69,3	3	15,0	47,8
	1948–56	—	90	4,7	2,74	38	16,6	92,1	3	8,3	56,4	3	15,0	44,2

«gesunde» Bäume ohne Schadensmerkmale (Nadelverluste 0 bis 10%) mit «geschädigten» (Nadelverluste über 10%) verglichen; die Signifikanz bezieht sich auf den Unterschied zwischen Gesunden und Geschädigten aufgrund einer doppelten Streuungszerlegung. Die Unterschiede zwischen langkronigen und mittelkronigen Bäumen sind, wenn mittelkronige überhaupt in genügender Anzahl vorhanden sind, in der Regel hoch signifikant (Ausnahmen: Tanne 01–046 und Fichte 01–042). Neben der Anzahl Bäume und deren mittlerem Nadelverlustprozent führt *Tabelle 9* den mittleren jährlichen Durchmesserzuwachs während der Aufnahmeperioden für die gesunden langkronigen Bäume in mm, für die übrigen in Prozenten davon an.

Die Gesunden weisen einen mittleren Nadelverlust von 5,5% auf, die Geschädigten einen von 22% (Tanne) bzw. 18% (Fichte). Gesunde Mittelkronige leisteten etwa drei Viertel des Durchmesserzuwachses von gesunden Langkronigen (Tanne: 82%, Fichte: 72%). Geschädigte Langkronige mit im Mittel 20% Nadelverlust leisteten etwa gleichviel, nämlich 80% des Zuwachses gesunder Langkroniger. Geschädigte Mittelkronige fallen weitere 20% hinter die Leistung der gesunden Mittelkronigen zurück (im Mittel 57%).

Bei der Tanne sind die Zusammenhänge zwischen dem 1985 ermittelten Nadelverlustprozent und dem Zuwachs bis in die sechziger Jahre zurück gesichert; dies stimmt mit den Ergebnissen von Kenk *et al.* (7) aus dem Schwarzwald überein. Ausnahmen sind der Dürsrütiwald (01–030), wo der Zusammenhang bis in die fünfziger Jahre zurückreicht, und die Fläche 01–046 in Oberlangenegg, wo sich auch aufgrund der letzten Aufnahmen noch kein Zusammenhang mit der heutigen Waldschadenssituation zeigt. Wir haben es bei der Tanne also offensichtlich mit einem schon längere Zeit andauernden Phänomen zu tun, das als Tannensterben bekannt ist (24).

Ganz anders ist die Situation bei der Fichte. Im Mittelland und in den Voralpen (Versuchsflächen 01–027, 01–031, 01–046, 01–015, 01–042 und 21–293) ist der 1985 erhobene Nadelverlust ohne Zusammenhang mit dem Zuwachs in der letzten Aufnahmeperiode mit Abschluss in den Jahren 1977 bis 1985. Wenn wir annehmen, dass Nadelverluste sich auf den Zuwachs auswirken, handelt es sich beim Nadelverlust der Fichte im Mittelland und in den Voralpen also um eine relativ junge Erscheinung, eben um die neuartigen Waldschäden. Dasselbe trifft nach Kenk *et al.* (7) für den Schwarzwald zu.

Etwas weiter zurück lässt sich der Zusammenhang bei den Plenterversuchsflächen im Jura verfolgen: in der Fläche 02–035 in Buttes haben die Zuwachseleistungen in der letzten Aufnahmeperiode von 1974–1982 einen freilich nur schwach gesicherten Zusammenhang mit den Nadelverlusten von 1985. Im Fichten-Plenterwald 21–294 im Waadtländer Hochjura dagegen ist die Beziehung zwischen Nadelverlust von 1985 und Durchmesserzuwachs wesentlich straffer: sie reicht bis in die sechziger Jahre zurück. Hier kann es sich gewiss nicht allein um neuartige Waldschäden handeln. Tatsächlich hat Robert (25) in den sechziger Jahren auf Waldschäden im Hochjura aufmerksam gemacht, die

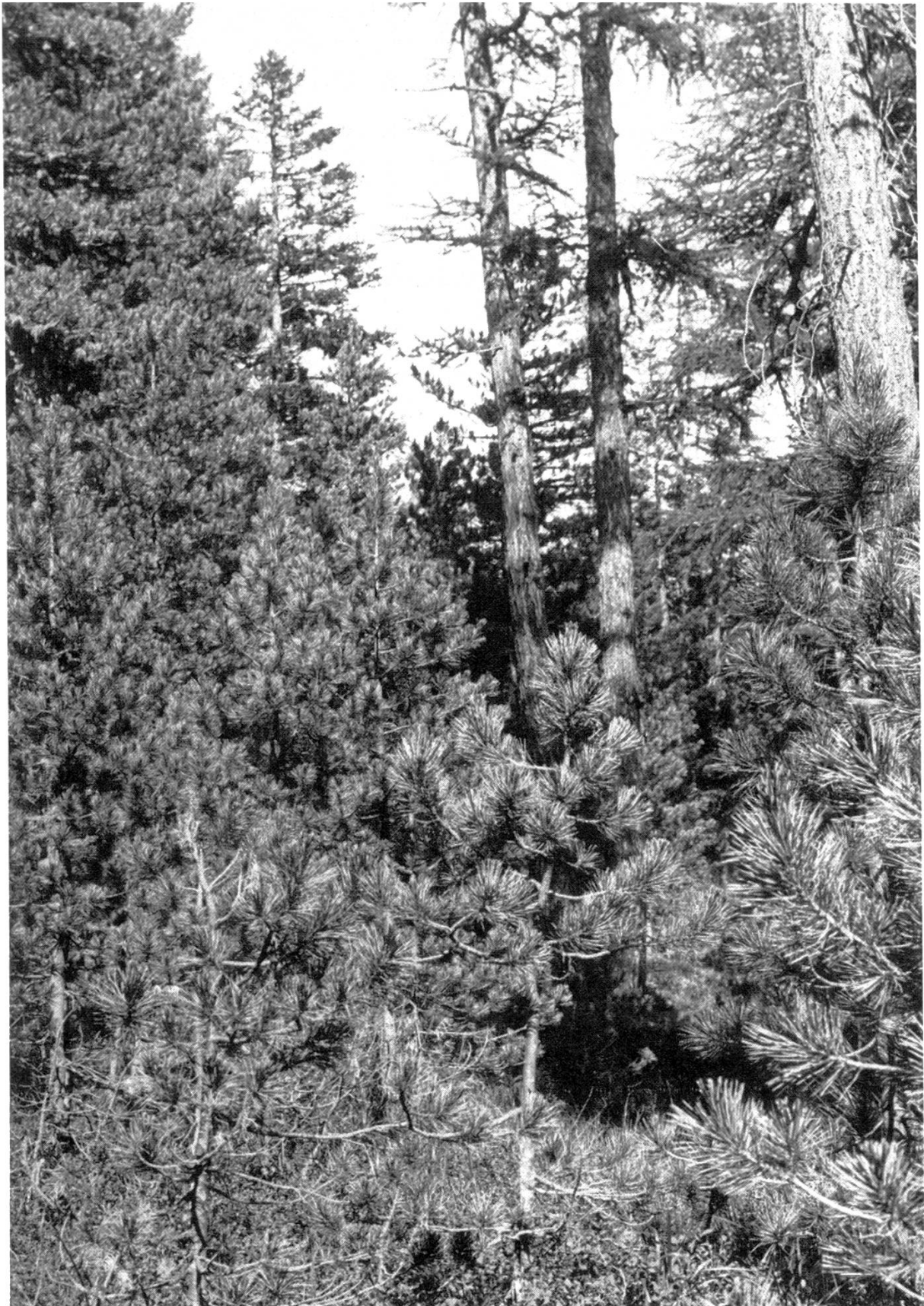


Abbildung 5. Plenterversuchsfläche 01–033 (Giand’Alva, St. Moritz), Ausschnitt aus einer Photographie vom Juli 1922 (Prof. H. Burger).

er auf die hier herrschenden, insbesondere in klimatischer Hinsicht extremen Standortsbedingungen zurückführt: «Il s'agit de la région la plus élevée, fort peu connue et décrite jusqu'ici, et où le boisement est à la limite de ses forces de résistance.» Robert vermutete eine wesentliche Ursache der Waldschäden in den Frösten vom Februar 1956.

Im inneralpinen Gebirgspflenterwald Giand'Alva bei St. Moritz reicht der gesicherte Zusammenhang zwischen Nadelverlust von 1985 und Durchmesserzuwachs aber noch wesentlich weiter zurück; in der Versuchsfläche 01–034 ist er bis in die fünfziger Jahre zurückzuverfolgen. In der Versuchsfläche 01–033 besteht der Zusammenhang sogar bereits seit der Anlage des Versuches im Frühjahr 1922. 1985 als geschädigt angesprochene Fichten mit im Mittel 17% Nadelverlust haben seit den frühen zwanziger Jahren gesichert weniger Zuwachs geleistet als die heute gesunden Fichten. Es ist zu vermuten, dass die heute «geschädigten» Bäume schon seit über 60 Jahren schlechter benadelt sind. Tatsächlich zeigt eine Photographie, die von Burger bei der Anlage der Versuchsfläche 01–033 im Juli 1922 aufgenommen wurde (*Abbildung 5*), eine Fichte, die nach heutiger Taxation einen Nadelverlust von etwa 45% aufweist.

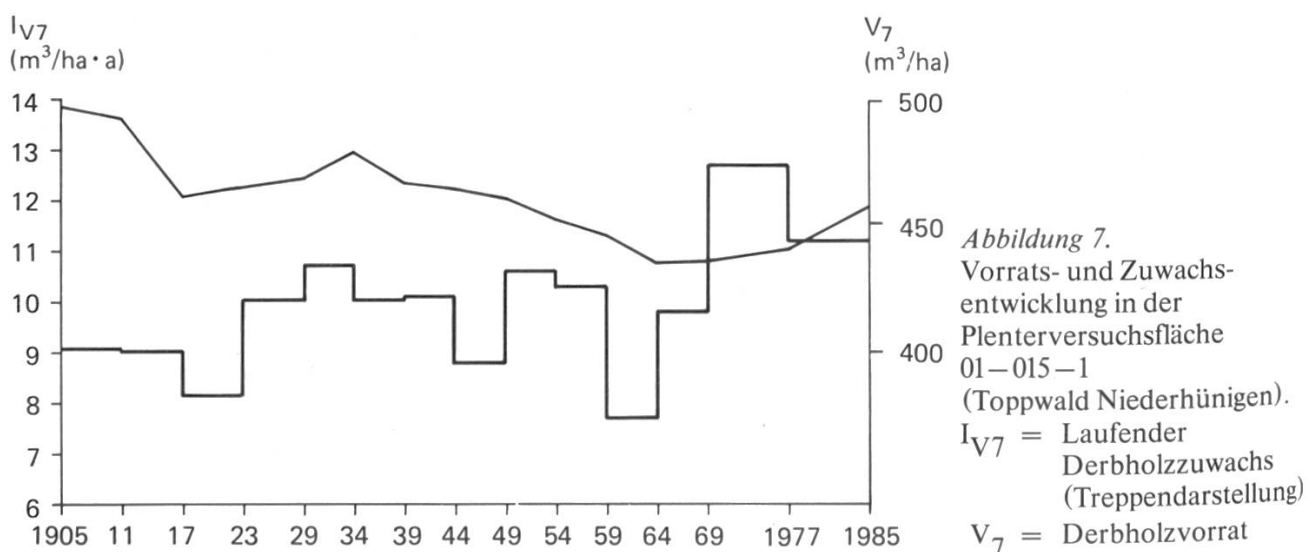
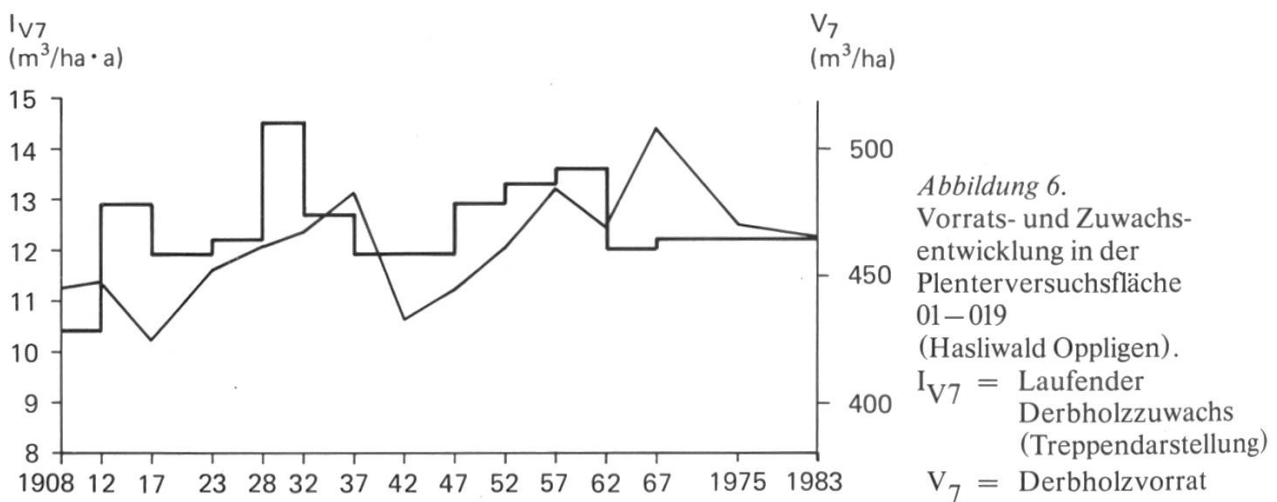
Wenn die Sanasilva-Waldschadeninventur 1985 für die zentralalpinen Gebiete (Wallis, Graubünden) die zweithöchsten Schadenprozente in der Schweiz ausweist (4), so ist zu berücksichtigen, dass zumindest ein Teil der Nadelverluste dort – im Unterschied zu Mittelland und Voralpen – schon längere Zeit vorhanden gewesen sein dürfte. Wie im Hochjura ist auch in den Hochalpen die Benadelung nicht unabhängig von den extremen Standortsbedingungen; wegen der unterschiedlichen Anpassung der verschiedenen Baumarten an den Standort ist sie auch baumartenspezifisch: in der gleichen Plenterversuchsfläche 01–033, in welcher der Zusammenhang von Nadelverlust 1985 und Zuwachs bei der Fichte bis in die zwanziger Jahre zurückreicht, ist bei Lärche und Arve nicht einmal ein gesicherter Zusammenhang mit dem Zuwachs der letzten Aufnahmeperiode (1969–1979) festzustellen. Bei Lärche und Arve, den natürlich herrschenden Baumarten im Larici-Pinetum cembrae, sind die 1985 erhobenen Nadelverluste also offenbar eine neuartige Erscheinung. Das Nebeneinander von alten und neuen Schäden macht Mutmassungen über die Ursachen und zu ergreifende Massnahmen zu einer Lotterie. Die offenbar seit den zwanziger Jahren vorhandenen Nadelverluste der Fichte in Versuchsfläche 01–033 kann man als für den Standort «normale» Erscheinung interpretieren; dann sind die Ursachen vermutlich wesentlich klimatischer Natur. Dabei können auch die im Gebirge seit je hohen Ozonkonzentrationen (26) mit ins Gewicht fallen, wenn wir auch nicht so weit gehen möchten, die nahe obere Waldgrenze mit der Ozonkonzentration statt mit dem Klima zu erklären. Andererseits kann man die Nadelverluste aus den zwanziger Jahren als Frühwarnung durch die auf dem extremen Standort auf Immissionen sehr empfindlich reagierenden Bäume auffassen und die Reduktion der Immissionsbelastung auf den Stand um die Jahrhundertwende fordern; dabei wäre immerhin das Detail zu beachten, dass der

Zusammenhang zwischen Nadelverlust und Zuwachs in St. Moritz in eine Zeit zurückreicht, in der im Kanton Graubünden das Autofahren generell verboten war.

Aus den Zuwachsdaten geht aber doch hervor, dass es nicht nur im Mittelland und in den Voralpen, sondern auch im Gebirge neuartige Waldschäden gibt. Alarmierend kann aber nicht der im Vergleich zu tieferen Lagen grosse Nadelverlust, sondern nur dessen Entwicklung über eine länger Zeitperiode sein.

5.4 Flächenbezogener Zuwachs

Ein Zuwachsrückgang an Einzelbäumen lässt sich nicht einfach auf den flächenbezogenen Zuwachs des Bestandes übertragen: Die Frage bleibt offen, wie der Zuwachs des Bestandes auf Nadelverluste reagiert. Anders als im gleichaltrigen Hochwald ist im Plenterwald kein Alterstrend zu berücksichtigen. Schwankungen des Zuwachses sind lediglich von der Bewirtschaftung und von der Witterung bedingt. In den Plenterflächen 01–019 und 01–015–1 ist ein Zusammen-



hang zwischen dem Nadelverlust von 1985 und dem Zuwachs an der einzelnen Tanne seit der Aufnahmeperiode 1967 bis 1975 bzw. 1964 bis 1969 signifikant. In beiden Versuchsflächen ist die Tanne mit 80% bzw. 70% des Vorrates Hauptbaumart. Die seit den späten sechziger Jahren manifesten Zuwachseinbussen heute geschädigter Tannen haben sich im Zuwachs auf der Gesamtfläche nicht niedergeschlagen (*Abbildungen 6 und 7*), wenn man die nicht extreme Witterung dieser Jahre berücksichtigt. Im Hasliwald ist der Zuwachs seit 1962 praktisch unverändert: die Aufnahmeperioden 1967 bis 1975 und 1975 bis 1983 weisen mit $12,2 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{a}$ einen Zuwachs aus, der fast dem langjährigen Mittel ($12,5 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{a}$) entspricht; im Toppwald liegt der Zuwachs in der letzten Aufnahmeperiode mit $11,2 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{a}$ sogar deutlich über dem langjährigen Mittel ($9,5 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{a}$). Die am Einzelbaum festgestellten Zuwachseinbussen infolge des Tannensterbens haben sich auf den Zuwachs des Bestandes nicht ausgewirkt. In Konkurrenz stehende gesunde Bäume können den Zuwachsverlust der geschädigten kompensieren, weil ihnen mehr Licht, Wasser und Nährstoffe zur Verfügung stehen; wie nach der Durchforstung wird der Zuwachs auf andere Bestandesglieder, in diesem Falle eben auf die noch gesunden verteilt. Insbesondere im — stufig aufgebauten — Plenterwald sind gesunde Kandidaten immer noch vorhanden.

6. Zusammenfassung und Folgerungen

Relativ gering ist leider die Zahl der hochdurchforsteten Vergleichsflächen im gleichaltrigen Hochwald, die der EAFV für einen Vergleich mit dem Plenterwald zur Verfügung stehen: In fünf Untersuchungsobjekten wurden 1985 Waldschadenerhebungen nach der Sanasilva-Aufnahmemethode durchgeführt. Bei allen Schwierigkeiten des Vergleiches von so unterschiedlich strukturierten Wäldern zeigt sich doch an den wenigen Objekten, dass auf vergleichbaren Standorten Fichten und Tannen im Plenterwald geringere, jedenfalls offensichtlich keine grösseren Nadelverluste aufweisen als im hochdurchforsteten gleichaltrigen Hochwald (*Tabellen 3 und 4*). Dieses Phänomen ist auf den gegenseitigen Schutz der Bäume im Stufenschluss des Plenterwaldes zurückzuführen. Für den Plenterwald werden sanfte, aber häufige Eingriffe empfohlen, welche auf die dauernde Erhaltung des Stufenschlusses abzielen.

Die Altersabhängigkeit der Nadelverluste im Plenterwald ist ein gutes Kriterium für die Widerstandsfähigkeit der Baumarten gegen Schädigungen; sie ist standortsbedingt (*Tabelle 7*). Wenn sich dieses Ergebnis der Schadenaufnahme von 1985 längerfristig bestätigt, sollten daraus Konsequenzen für die Baumartenwahl gezogen werden. Ältere Tannen der Oberschicht sind im typischen Tannen-Buchenwald, wo die Weisstanne ihr Optimum hat, nicht signifikant stärker geschädigt als jüngere: auf diesem Standort hat die Tanne eine länger an-

dauernde Widerstandskraft gegen Schädigungen als auf anderen. Weil die Tanne als Schattenbaumart im Plenterwald von eminenter Bedeutung ist, spielt ihr standortsbedingtes Verhalten eine für die Erhaltung des Plenterwaldes wichtige Rolle. Das würde bedeuten, dass die Feststellung Leibundguts (15), «dass die *ideale* Plenterwaldform mit ihren tatsächlichen Vorteilen weitgehend an das Areal des weisstannenreichen Buchenwaldes und eigentlichen Weisstannenwaldes der Vorberge und des Juras gebunden ist», auf den typischen Tannen-Buchenwald einzuschränken wäre.

Die Fichte im Plenterwald dagegen ist ausserhalb ihres natürlichen Standortes, im Laubwaldgebiet, länger widerstandsfähig als im Gebirgsplenterwald, wo eine deutliche Altersabhängigkeit der Nadelverluste festzustellen ist. Dies unterstreicht die grosse Bedeutung einer standortsbezogenen Baumartenwahl.

Der Zusammenhang der 1985 erhobenen Nadelverluste mit den früher vom Einzelbaum geleisteten Zuwächse (*Tabelle 9*) lässt erkennen, dass sich bei Tannen seit den sechziger Jahren das Tannensterben ausgewirkt hat. Bei der Fichte haben wir es im Mittelland und in den Voralpen mit neuartigen Waldschäden zu tun, im Hochjura und in den Hochalpen spielen dagegen offensichtlich seit Jahrzehnten bestehende Vitalitätsverminderungen eine Rolle.

Aus dem je nach Baumart und Region unterschiedlich weit in die Vergangenheit zurückreichenden gesicherten Zusammenhang zwischen heutigen Nadelverlusten und Zuwachs liegen die für die Praxis zu ziehenden Folgerungen weniger im Bereich der Bewirtschaftung als im forstpolitischen Bereich, insbesondere hinsichtlich Interpretation von und Schlüssen aus Waldschadenerhebungen. Das Erscheinungsbild der neuartigen Waldschäden lässt sich von jenen der bereits seit Jahrzehnten bestehenden nicht unterscheiden; dazu bedarf es Untersuchungen, welche den Zeitfaktor erfassen, wie langfristiger Zuwachsmessungen oder Jahrringuntersuchungen. Auf alle Fälle sind bei Vergleichen zwischen verschiedenen Regionen und Baumarten die unvergleichbaren Ausgangslagen in bezug auf die Bedeutung dessen, was wir mit dem Blatt- und Nadelverlust als Waldschaden aufnehmen, zu beachten.

Dank

Rasch und zuverlässig wie immer haben die Herren F. Pfäffli und A. Nussbaumer die Schadenaufnahmen in den Versuchsflächen ausgeführt. An den Auswertarbeiten waren die Herren B. Ramp und H. Müller beteiligt. Mit einer kritischen Durchsicht des Manuskriptes halfen uns die Herren Dr. J. Bucher und Dr. P. Schmid-Haas. Allen Beteiligten danken wir herzlich für ihre Unterstützung.

Résumé

De l'influence de l'éclaircie sur les dégâts aux forêts

2e partie: Premiers résultats des recherches sur les dégâts dans les placettes de forêt jardinée de l'IFRF

Dans les placettes d'essai de forêt jardinée de l'IFRF, on a relevé en 1985 les dégâts d'après les méthodes de l'inventaire Sanasilva. On peut comparer les effets de l'éclaircie par le haut et du jardinage sur les dégâts à l'aide de cinq objets contenant une placette de forêt équienne. Sur des stations semblables, les épicéas et les sapins comparables sont en meilleure santé dans les forêts jardinées que dans les peuplements éclaircis par le haut. Ce phénomène repose sur la protection mutuelle des arbres en fermeture étagée de la forêt jardinée. On recommande des interventions faibles, mais d'une courte rotation dans le but de maintenir cette fermeture étagée.

La dépendance des dégâts de l'âge des arbres varie avec la station: dans la hêtraie à Sapin typique, où cette essence se trouve dans son optimum, les vieux sapins sont aussi sains que les jeunes. Sur cette station, le sapin résiste en effet plus longtemps aux immisions que dans les autres sites. Par contre, l'épicéa des forêts jardinées est plus résistant en dehors de son aire naturelle. Dans les forêts jardinées de montagne, on trouve une relation claire entre les dégâts et l'âge des épicéas. L'importance du choix des essences en tenant compte de la station est à souligner.

Les sapins endommagés montrent une diminution de l'accroissement à partir des années soixante. Cet effet du dépérissement du sapin est bien connu. Pour l'épicéa du Plateau et des Préalpes, il s'agit certainement d'un nouveau dommage, tandis que dans le haut Jura et dans les Alpes on trouve aussi d'anciens dégâts persistant depuis des décennies. Un jugement raisonnable sur les dégâts doit se baser, surtout dans la forêt de montagne, sur la connaissance de leur développement, les dommages pouvant être déjà anciens ou nouveaux.

Traduction: O. Lenz

Literatur

- (1) Ott, E.: Erhebungen über den gegenwärtigen Zustand des Schweizer Waldes als Grundlage waldbaulicher Zielsetzungen. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Mitt., 48 (1972), 1: 1–193.
- (2) Schweizerisches Landesforstinventar 1983–1985. Provisorische Auswertung (Manuskript 1986).
- (3) Keller, W., Imhof, P.: Zum Einfluss der Durchforstung auf die Waldschäden. 1. Teil: Erste Ergebnisse von Waldschadenuntersuchungen in Buchen-Durchforstungsflächen der EAFV. Schweiz. Z. Forstwes., 138 (1987), 1: 39–54.
- (4) Ergebnisse der Sanasilva-Waldschadeninventur 1985. Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz und Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen. Bern und Birmensdorf, 1985, 47 S.
- (5) Schöpfer, W., Hradetzky, J.: Analyse der Bestockungs- und Standortmerkmale der terrestrischen Waldschadensinventur Baden-Württemberg 1983. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, 110 (1984), 148 S.

- (6) *Schmid-Haas, P.*: Der Gesundheitszustand des Schweizer Waldes 1984. Schweiz. Z. Forstwes. 136 (1985), 4: 251–273.
- (7) *Kenk, G., Kremer, W., Brandl, H., Burgbacher, H.*: Die Auswirkungen der Walderkrankung auf Zuwachs und Reinertrag in einem Plenterwaldbetrieb des Mittleren Schwarzwaldes. Allgemeine Forstzeitschrift, 39 (1984), 27: 692–695.
- (8) *Spiecker, H.*: Das Wachstum der Tannen und Fichten auf Plenterwald-Versuchsflächen des Schwarzwaldes in der Zeit von 1950 bis 1984. Allg. Forst- und Jagdzeitung, 157 (1986), 8: 152–164.
- (9) *Ellenberg, H., Klötzli, F.*: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Mitt., 48 (1972), 4: 587–930.
- (10) *Flury, Ph.*: Über den Aufbau des Plenterwaldes. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Mitt., 15 (1929), 2: 305–357.
- (11) *Flury, Ph.*: Über die Wachstumsverhältnisse des Plenterwaldes. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Mitt., 18 (1933), 1: 55–152.
- (12) *Schädelin, W.*: Die Auslesedurchforstung als Erziehungsbetrieb höchster Wertleistung. 3. Aufl. Bern und Leipzig, Haupt, 1942, 147 S.
- (13) *Moor, M.*: Die Fagion-Gesellschaften im Schweizer Jura. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz, 31. Bern, Huber, 1952, 201 S.
- (14) *Burger, H.*: Holz, Blattmenge und Zuwachs. VI. Mitteilung. Ein Plenterwald mittlerer Standortsgüte. Der bernische Staatswald Toppwald im Emmental. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Mitt., 22 (1942), 2: 377–445.
- (15) *Leibundgut, H.*: Waldbauliche Untersuchungen über den Aufbau von Plenterwäldern. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Mitt., 24 (1945), 1: 219–296.
- (16) *Balsiger, R.*: Der Plenterwald und seine Bedeutung für die Forstwirtschaft der Gegenwart. 2. Auflage. Beiheft zu den Zeitschr. des Schweiz. Forstvereins 1 (1925), 107 S.
- (17) *Kropotkin, P.*: Gegenseitige Hilfe in der Tier- und Menschenwelt. Berlin, Kramer, 1977, 294 S. Reprint von 1908, Leipzig, Thomas.
- (18) *Keller, W.*: Anmerkungen zu den Gedichten von Walter Schädelin. Spekulativer Beitrag zur Genealogie der Auslesedurchforstung. Schweiz. Z. Forstwes., 121 (1970), 3: 189–201.
- (19) *Richard, J.-L.*: Les forêts acidophiles du Jura. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz, 38. Bern, Huber, 1961, 164 S.
- (20) *Kuoch, R.*: Wälder der Schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weisstanne. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Mitt., 30 (1954), : 133–260.
- (21) *Keller, W.*: Einfacher ertragskundlicher Bonitätsschlüssel für Waldbestände in der Schweiz. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Mitt., 54 (1978), 1: 3–98.
- (22) *Nagel, J., Saborowski, J., Kramer, H.*: Beziehungen zwischen unterschiedlichen Schadklassen und dem Holzzuwachs bei Fichte. Allgemeine Forstzeitschrift, 40 (1985), 51/52: 1399–1401.
- (23) *Franz, F., Preuhsler, T., Röhle, H.*: Vitalitätsmerkmale und Zuwachsreaktionen erkrankter Bergwaldbestände im bayerischen Alpenraum. Allgemeine Forstzeitschrift, 41 (1986), 39: 962–964.
- (24) *Leibundgut, H.*: Zum Problem des Tannensterbens. Schweiz. Z. Forstwes., 125 (1974), 7: 476–484.
- (25) *Robert, J.*: Problèmes d'actualité dans une région forestière du haut Jura. Schweiz. Z. Forstwes., 116 (1965), 6: 468–474.
- (26) *Bucher, J. B., Landolt, W., Bleuler, P.*: Ozonmessungen auf dem Rötiboden ob Göschenen UR. Schweiz. Z. Forstwes., 137 (1986), 7: 607–621.