Zeitschrift: Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Entomologique Suisse = Journal of the Swiss Entomological Society

Herausgeber: Schweizerische Entomologische Gesellschaft

Band: 53 (1980)

Heft: 4

Artikel: Aspekte zum wechselweisen Beziehungsgefüge Lärchenwickler (Zeriaphera diniana Gn.) und Lärche (Larix decidua Mill.)

Autor: Omlin, François X.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-401973

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: 13.12.2025

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

MITTEILUNGEN DER SCHWEIZERISCHEN ENTOMOLOGISCHEN GESELLSCHAFT
BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ ENTOMOLOGIQUE SUISSE
53, 379-399, 1980

Aspekte zum wechselweisen Beziehungsgefüge Lärchenwickler (Zeiraphera diniana GN.) und Lärche (Larix decidua MILL.)[1]. 1. Teil: Einflussnahme des Lärchenwicklers auf die Lärche

FRANÇOIS X. OMLIN
Entomologisches Institut, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich[2]

Some aspects of the relationship between larch budmoth, Zeiraphera GN., *and larch, Larix decidua* MILL. *Part 1: Influence of the larch budmoth on the larch* - In the alpine larch forests, populations of the grey larch budmoth undergo cyclic numeric fluctuations with a duration of 8 to 10 years per cycle. The present study was carried out in the upper Engadine valley (Switzerland) during the last outbreak of the moth from 1972 to 1975. During this period the larvae defoliated the larch trees. Compared with unaffected control trees, defoliated trees exhibited some alterations in their needles such as reduced length, higher content of raw fiber and lower content of raw protein in the following vegetation periods. The intensity of these alterations depends on the time, duration and the degree of defoliation. There are correlations between certain types of alteration. A relationship between the lack of annual growth of the tree and the reduced quality of the needles could also be demonstrated.

Die subalpinen Lärchenwälder bieten dem Lärchenwickler (LW), einem univoltinen Kleinschmetterling, optimale Lebensbedingungen, (BOVEY, 1958). Letztere sind eine wichtige Voraussetzung für die alle 8-9 Jahre auftretenden, zyklischen Massenvermehrungen, welche zur Bräunung der Lärchen mancher Talschaften führen (AUER, 1961; BALTENSWEILER, 1962). Diese Gradationen stellen eine ganze Palette von sichtbaren und unsichtbaren Problemen dar, die für die verschiedensten Kreise der Forstwirtschaft, der Entomologie, der ökologischen Grundlagenforschung und des Tourismus von grossem Interesse sind.

Die Einflussnahme grosser LW-Populationen auf die Lärche hatte vorerst das Forstwesen interessiert, da bereits um das Jahr 1890 verschiedentlich Altlärchen nach wiederholtem Kahlfrass abgestorben sind (COAZ, 1894). Ferner müssen die Beeinträchtigung der natürlichen Verjüngung durch Verringerung der ordentlichen Samenjahre (CAMPELL, 1955) sowie der radiale Jahreszuwachsverlust an Holz (GEER, 1977) dazugezählt werden.

BENZ (1974) beobachtete in den Jahren 1962-65 und wiederholt 1972 und 1973, dass Lärchen, welche vom Kahlfrass betroffen waren, in der dem Schaden folgenden Vegetationsperiode eine Reaktion zeigten: der Austrieb der Nadeln war verspätet oder er blieb gar aus; zusätzlich ergaben chemische Analysen solcher Nadeln einen erhöhten Rohfaser(RF)- und einen niedrigeren Rohprotein(RP)-Gehalt gegenüber den Nadeln von Lärchen ohne Schaden im Vorjahr. Dieses Phänomen der Verschlechterung und der Verminderung der Nahrungsbasis rückte den LW ins Licht eines bis anhin wenig berücksichtigten, zusätzlichen, dichtegekoppelten Widerstandsfaktors mit populationsdynamischer Wirksamkeit.

[1] Auszugsweise Zusammenstellung von Befunden der Dissertation Nr. 6054. Für die Überlassung des interessanten Themas sowie für die konstruktive Kritik danke ich Herrn Prof. Dr. G. BENZ, ETH Zürich.

[2] Gegenwärtige Adresse: Neurologische Universitätsklinik, Inselspital, CH-3010 Bern.

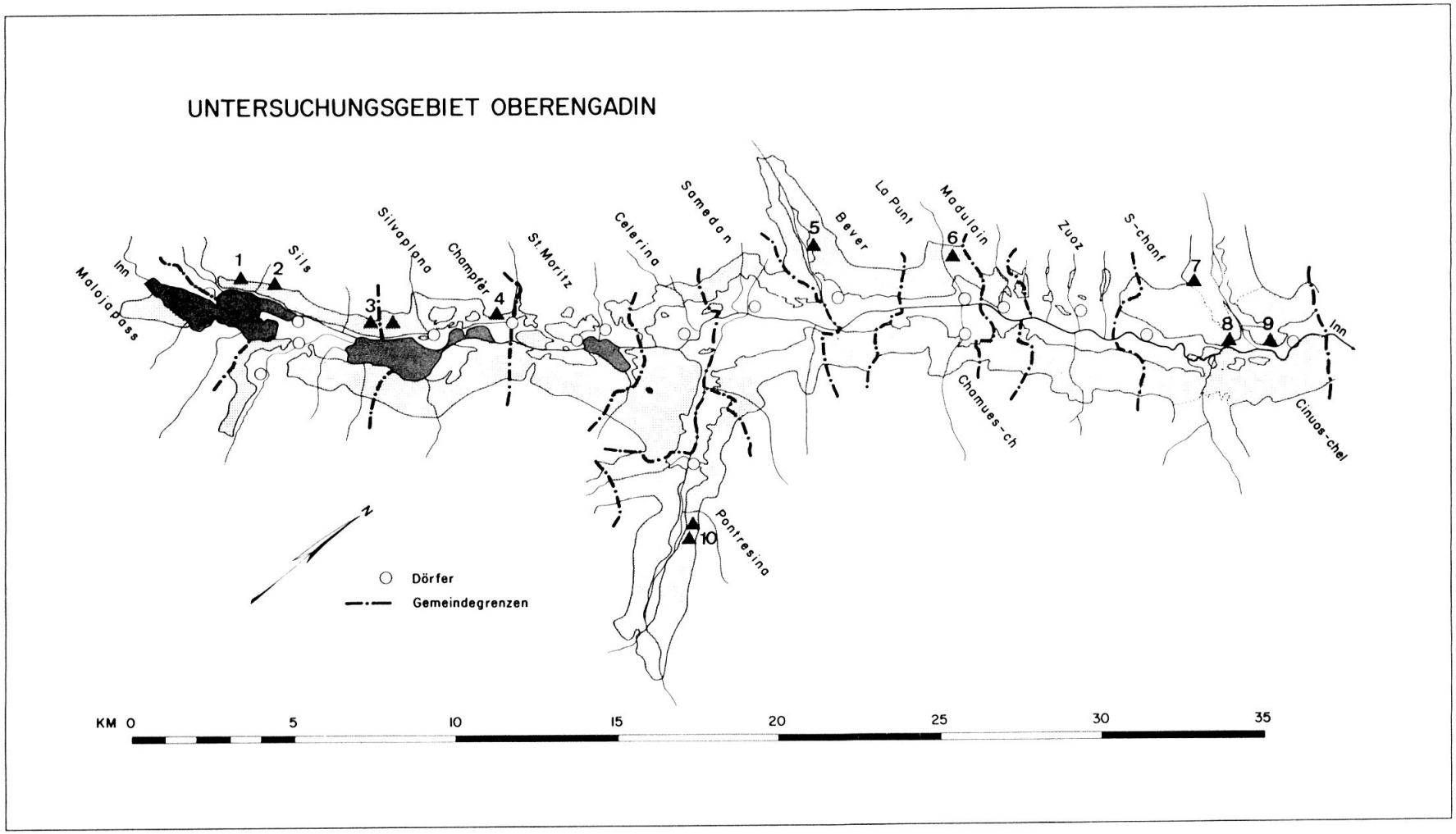

Abb. 1: Übersicht der Biotope im Oberengadin und ihre geographische Lage. Die Untersuchungsgebiete mit den Versuchslärchen sind entsprechend durch die im Text verwendeten Abkürzungsbuchstaben bzw. Nummern versehen. ▲ = Standorte. Von links nach rechts: 1 = Sils-Plaundalei (SP), 2 = Sils-Schadenherd (SS), 3 = Sils-Ost (SE), 4 = Sils-Champhér (SC), 5 = Val Bever (VB), 6 = Albula (A), 7 = God god, 8 = Chapella (CH), 9 = Cinuos-chel (CC), 10 = Pontresina (PO).

Die in drei Teile gegliederte Arbeit befasst sich mit Untersuchungen im Kulminationspunkt der dritten Gradation während der Jahre 1973–75, also zu einer Zeit der grössten Populationsdichten. Das grundsätzliche Ziel war, die von BENZ (1974) ermittelten Werte und Angaben mit ausgedehnten Freilanduntersuchungen zu erweitern. Ferner sollten nicht geprüfte Lärchenschadenklassen (vgl. Material und Methode) und deren Bedeutung für den LW miteinbezogen werden.

Im vorliegenden 1. Teil wird die durch den Raupenfrass veränderte Nadelqualität charakterisiert. Bei der als Nachschadenreaktion bezeichneten längerfristigen Erscheinung wurde der Schadendauer auch bezüglich der Intensität des Raupenfrasses Rechnung getragen.

MATERIAL UND METHODE

Schadenvorgeschichte und Lage sämtlicher Versuchslärchen

Da die Nachschadenreaktion bei dieser Fragestellung von zentraler Bedeutung war, wurden Klassen mit Lärchen verschiedener Schadenintensität sowie mit ein- und mehrjährlich eintretendem Kahlfrass gebildet. Das Schadenausmass von Einzellärchen wurde jeweils im Jahr vor den eigentlichen Untersuchungen, erstmals 1972, geschätzt.

Diese Schadenschätzung erfolgte, indem die gebräunten Kronenpartien in Prozent des Kronenraumes ausgedrückt wurden: bei totaler Schädigung war die ganze Lärchenkrone vom Kahlfrass betroffen, bei mosaikartiger oder partieller Schädigung waren nur gewisse Bereiche bzw. Äste braun, während jene Lärchen, welche keinen sichtbaren Schaden aufwiesen, als Normal- oder Kontrollbäume bezeichnet wurden. Dementsprechend sind folgende Lärchenklassen gebildet worden: Kontrollen, 1 Jahr Ganzschaden 1 Jahr zurückliegend, 2 Jahre nacheinander Ganzschaden, 1 Jahr Ganzschaden 2 Jahre zurückliegend und mosaikartiger Schaden 1 Jahr zurückliegend.

In Abb. 1 sind jene Gebiete des Oberengadins markiert, wo sich die jeweiligen Stichprobenbäume befinden. Schadenvorgeschichte und Art der Untersuchungen dieser Lärchen sind entsprechend in Tab. 1 zusammengefasst.

Entnahme und Vorbehandlung der Nadelproben

Von Einzellärchen wurden wiederholt Nadelproben entnommen, um so die Qualität als Parameter der Nachschadenreaktion zu eruieren. Auf diese Art konnte gleichzeitig jene Nahrungsqualität, die sich dem entsprechenden Raupenstadium im Freiland anbot, charakterisiert werden.

Die Kurztriebe (KT) einer Probe (20–50 g) streifte man alle 7–10 Tage von den Zweigen in eine gut verschliessbare Blechbüchse von bekanntem und konstantem Gewicht ab. Die genaue Einwaage des Frischgewichtes (FG) der Nadeln erfolgte unmittelbar anschliessend im Laboratorium, wo die Proben bei 105 °C während 48 h getrocknet und nachher, zur Bestimmung des Trockengewichtes (TG), wiederum gewogen wurden. Vor dem Pulverisieren der Nadeln mit einer hochtourigen Schlagmühle wurden die verholzten, basalen Teile der Kurztriebe von den Nadeln entfernt.

Tab. 1: Einzellärchen mit Angaben über ihre Schadengeschichte und über die Art der Untersuchung in den Jahren 1973–1975.

Gebiet und Baum Nr.	Bräunung der Lärchenkrone: keine (1), mosaikartige (2), mittlere (3), totale (4)				Dichte-Schätzungen mit Photoelektoren (1)			Leimtafeln (2) und KT-Besatz (3)			Raupen-(1) und Puppenmortalität (2) im Freiland			Laborzuchten auf entsprechendem Futter			Nadeluntersuchungen: Nadellänge (1) Rohfaser-(2) und Rohproteingehalt (3)			Düngung: Blattdüngung (1)	direkte Wurzeldüngung (2)	indirekte Wurzeldüngung (3)
	1972	1973	1974	1975	1973	1974	1975	1973	1974	1975	1973	1974	1975	1973	1974	1975	1973	1974	1975	1973	1974	1975
Albula																						
A 4	3	2	1	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1-3	-	-	-	-
A 6	3	2	1	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1-3	-	-	-	-
A 7	3	2	1	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1-3	-	-	-	-
A 8	3	2	1	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1-3	-	-	-	-
Cinuos-chel																						
CC 8	1	4	3	1	1+2	1	-	1+2	-	-	+	+	-	1-3	1-3	-	-	2	-			
CC 9	1	4	3	1	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	1-3	-	-	2	-			
CC 12	1	4	4	1	1+2	-	-	1+2	-	-	-	-	-	1-3	-	-	-	-	-			
CC 13	1	4	4	1	1+2	-	-	1+2	-	-	-	-	-	1-3	-	-	-	-	-			
Chapella																						
CH 3	1	4	2	1	1+2	-	-	1+2	-	-	-	-	-	1-3	-	-	-	2	-			
CH 4	4	4	1	1	1+2	-	-	1+2	-	-	-	-	-	1-3	-	-	-	-	-			
CH 5	4	4	1	1	1+2	-	-	1+2	-	-	-	-	-	1-3	-	-	-	-	-			
CH 11	1	4	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1+3	1+3	-	1	-	-			
CH 14	1	4	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1+3	1+3	-	1	-	-			
CH 17	1	4	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1+3	1+3	-	1	-	-			
Sils-Champfér																						
SC 5	1	1	1	1	-	1+2	-	-	1+2	-	-	+	-	-	1-3	1-3	-	-	-			
SC 14	1	1	1	1	-	1+2	-	-	1+2	-	-	+	-	-	1-3	1-3	-	2	-			
SC 25	1	1	3	1	-	1+2	-	-	1+2	-	-	+	-	-	1-3	1-3	-	2	-			
SC 26	1	1	3	1	-	1+2	-	-	1+2	-	-	+	-	-	1-3	1-3	-	-	-			
SC 27	1	1	3	1	-	1+2	-	-	1+2	-	-	-	-	-	1-3	1-3	-	2	-			
Sils-Ost																						
SE 1	1	4	4	1	1+2	1+2	-	1+2	1+2	-	-	-	-	1-3	1-3	-	-	-	-			
SE 2	1	4	4	1	1+2	1+2	-	1+2	1+2	-	-	-	-	1-3	1-3	-	-	-	-			
SE 3+4	1	4	4	1	1	1+2	-	-	1+2	-	-	-	-	-	1-3	-	-	-	-			
SE 6	4	4	4	1	1+2	-	-	1+2	-	-	-	-	-	1-3	1-3	-	-	-	-			
SE 7	4	4	4	1	1+2	-	-	1+2	-	-	-	-	-	1-3	1-3	-	-	-	-			
Sils-P.dalei																						
SP 1	4	1	1	1	1	1+2	-	-	1+2	-	-	-	-	-	1-3	-	-	-	-			
SP 10	4	1	1	1	1	1+2	-	-	1+2	-	-	-	-	-	1-3	-	-	-	-			
SP 12	4	1	1	1	1	1+2	-	-	1+2	-	-	-	-	-	1-3	-	-	-	-			
Sils-Schadenherd																						
SS 1	4	4	1	1	1+2	1+2	-	1+2	1+2	-	-	-	-	1-3	1-3	-	-	-	-			
SS 2+3	4	4	1	1	1+2	1+2	-	1+2	1+2	-	-	-	-	1-3	1-3	-	-	-	-			
SS 4	4	4	1	1	-	1+2	-	-	1+2	-	-	-	-	-	1-3	-	-	-	-			
SS 5	4	4	1	1	-	1+2	-	-	1+2	-	-	+	-	-	1-3	-	-	-	-			
SS 6	4	4	1	1	-	1+2	-	-	1+2	-	-	-	-	-	1-3	-	-	-	-			
SS 10	4	1	1	1	-	1+2	-	-	1+2	-	-	-	-	-	1-3	-	-	-	-			
Val Bever*																						
VB 1	4	∓	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
VB 2	4	∓	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 a	-			
VB 3	4	∓	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 a	-			
VB 7	4	(∓)	∓	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 a	-			
VB 8	4	(∓)	∓	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Pontresina																						
PO 13	?	4	4	1	-	-	1+3	-	-	1+2	-	-	+	-	-	1-3	-	-	-			
PO 18	?	4	4	1	-	-	1+3	-	-	1+2	-	-	+	-	-	1-3	-	-	3			
PO 24	?	4	4	1	-	-	1+3	-	-	1+2	-	-	+	-	-	1-3	-	-	3			
PO 40	?	4	4	1	-	-	1+3	-	-	1+2	-	-	+	-	-	1-3	-	-	3			
PO 42	?	4	4	1	-	-	1+3	-	-	1+2	-	-	+	-	-	1-3	-	-	-			
PO 44	?	4	4	1	-	-	1+3	-	-	1+2	-	-	+	-	-	1-3	-	-	3			

* Im Jahre 1973 abgestorbene oder nur ganz vereinzelt ausgetriebene Lärchen.
a Durch Düngegaben vor dem Austrieb wurde eine Förderung desselben erhofft, was jedoch ausblieb.

Rohfaser(RF)- und Rohprotein(RP)-Gehaltsbestimmungen

Methodisch wurde weitgehend das von Benz (1974) leicht modifizierte gravimetrische Verfahren von Van Soest (1963) übernommen.

Der chemische Aufschluss der zu 2 g eingewogenen Proben erfolgte während 1h in einer Schwefelsäure CTAB-Lösung (CTAB = Cetyl-trimetyl-ammoniumbromid) mit Butanolzusatz auf infrarotgeheizten Kalotten. Nach dem Absaugen durch einen mit Säure vorgewaschenen und mit Cellite versehenen, vorgewogenen G 2 Filtertiegel, blieben in diesem von der Probe fast nur noch die Lignin-, Cellulose- und Hemicellulose-Bestandteile zurück. In mehreren Acetonbädern wurden schliesslich alle darin löslichen organischen Komponenten entfernt. Nach 3stündiger Trocknungsdauer bei 105°C konnte der Tiegel gewogen werden.

Der so erhaltene Anteil der Nadeln an unverdaubaren Ballaststoffen, welche die Raupen mit der Nahrung in der Regel zu sich nahmen, der RF-Gehalt, wurde primär in Prozent des TGs berechnet. Da sich die Insekten in der Natur von frischen Nadeln ernährten, wurde der RF-Wert jeweils auf das FG umgerechnet und entsprechend in den Tabellen aufgeführt. Der RF-Gehalt gilt gleichzeitig auch als Mass für die Härte und Zähigkeit (Konsistenz) der Nadeln.

Bei der Stickstoff- bzw. RP-Bestimmung von 200 mg Nadelpulver handelte es sich um das bekannte Kjeldahl-Verfahren. Der erhaltene Stickstoffwert wurde mit dem Faktor 6,25 (biochemischer Erfahrungswert) multipliziert. Dieser errechnete RP-Wert bezieht sich ebenfalls auf das FG.

Austrieb und Wachstum der Nadeln

Um zu prüfen, wie sehr der Austrieb der Lärchennadeln von im Vorjahr geschädigten Lärchen mit dem LW-Schlupf koinzidierte, wurden speziell in der Krone angebrachte Leimtafeln sowie die KT der betreffenden Lärchen frühzeitig kontrolliert und gemessen. Der Austrieb wurde als verspätet bezeichnet, wenn er nach dem LW-Schlupf erfolgte bzw. als verfrüht, wenn er lange vor dem Schlüpfen der Eiräupchen eintrat; beides ist Inkoinzidenz.

Bei jeder Nadelprobenentnahme wurden die Längen der längsten Nadeln von 10 zufällig gewählten KT verschiedener Zweigstücke je Baum und Datum gemessen. Der gebildete Mittelwert ist wahrscheinlich nicht repräsentativ für die Länge der KT der ganzen Krone, aber er charakterisiert die Längen der für die chemischen Analysen genommenen Nadelproben am besten.

RESULTATE

Lärchenreaktion als Folge des totalen Raupenfrasses

Austrieb und Nadelwachstum in den Nachschadenjahren

8 Lärchen der Gebiete Sils und Chapella mit 1jährigem Schaden zeigten in der folgenden Vegetationsperiode einen gegenüber den Kontrollbäumen verzögerten Nadelaustrieb. Dieser hatte sich jedoch nur geringfügig auf die Mortalität der LW-Population ausgewirkt. Im Gegensatz dazu hatten die Lärchen im Silser Schadenherd, welcher in den Jahren 1972 und 1973 vollständig kahlgefressen wurde, 1974 einen den Kontrollen ähnlichen bis besseren Austrieb. In einem nahe Pontresina gelegenen Lärchenbestand, der in den Jahren 1973 und 1974 vom Kahlfrass betroffen war, stellte sich dagegen 1975 ein extrem verzögerter Nadel-

Tab. 2: Austrieb der Nadeln, Nadellänge (NL), Rohfaser (RF)- und Rohprotein-Gehalt (RP) von Lärchen verschiedener Schadenvorgeschichte zur Zeit der einzelnen Larvenstadien (L_1-L_5).

Schadenvorgeschichte		Erste L_1 NL in mm	Beginnendes L_2 NL in mm	RF in % FG	RP in % FG	Mittleres L_3 NL in mm	RF in % FG	RP in % FG	Mittleres L_5 NL in mm	RF in % FG	RP in % FG	Anzahl Lärchen
Kontrollen ohne Vorjahresschaden	$\bar{x}$	5,7	11,3	8,84	3,98	30,1	11,74	3,89	30,5	13,42	3,71	8
	$s_{\bar{x}}$	0,4	1,6	0,31	0,29	1,2	0,68	0,37	1,1	1,59	0,31	
Schaden im Vorjahr	$\bar{x}$	4,7	9,1	8,35	3,97	21,9	11,87	3,75	24,7	15,74	3,29	8
	$s_{\bar{x}}$	0,6	1,3	0,42	0,29	1,5	0,70	0,32	1,9	1,37	0,59	
Schaden in den 2 vorangehenden Jahren	$\bar{x}$	6,5	16,4	12,68	6,12	26,4	12,64	4,23	27,4	14,05	4,26	5
	$s_{\bar{x}}$	0,3	0,7	0,57	0,54	2,2	0,59	0,36	2,7	1,05	0,26	

austrieb ein. Dieser führte zu Inkoinzidenz mit dem LW-Schlupf, so dass bis zu 12% der Gesamtpopulation des LWs in jenem Bestand mangels Nahrung starben.

Die Nadelwachstumskurven von 3 Lärchenklassen mit verschiedener Schadenvorgeschichte sind in Abb. 2 aufgezeichnet. Als zeitliche Bezugseinheit der Messung wählten wir das Auftreten der Raupenstadien. Damit können die einzelnen Klassen direkt miteinander verglichen werden und dem Beziehungsgefüge Lärche/LW sowie möglichen standortsbedingten Unterschieden Rechnung getragen werden.

Die Nadeln der Kontroll-Lärchen zeigten in der Zeitspanne vom beginnenden L_2- bis zum mittleren L_3-Stadium die grösste Längenzunahme, während sie für die Lärchen mit Vorjahresschaden mehr oder weniger kontinuierlich, jedoch langsamer zunahm. Ferner war in der Stichprobenklasse ohne Vorjahresschaden mit 30,5 mm die grösste mittlere Nadelendlänge bei geringster Streuung zu messen gegenüber den beiden Schadenklassen mit 24,7 bzw. 27,4 mm, für welche zudem wesentlich grössere Streuungen errechnet wurden (Tab. 2). Von der Schadenvorgeschichte unabhängig, galt für alle Lärchen, dass sie bereits zur Zeit des mittleren L_3-Raupenstadiums das Nadelwachstum nahezu abgeschlossen hatten.

Der Rohfaser(RF)- und Rohprotein(RP)-Gehalt der Nadeln

Schon zu Beginn des L_2-Stadiums erreichten die Nadeln von Lärchen mit 2jähriger Schädigung den extrem hohen RF-Gehalt von 12,7% (Tab. 2, Abb. 3). Bis zur Endlänge der Nadeln stieg er nur noch geringfügig an. Lärchen, welche

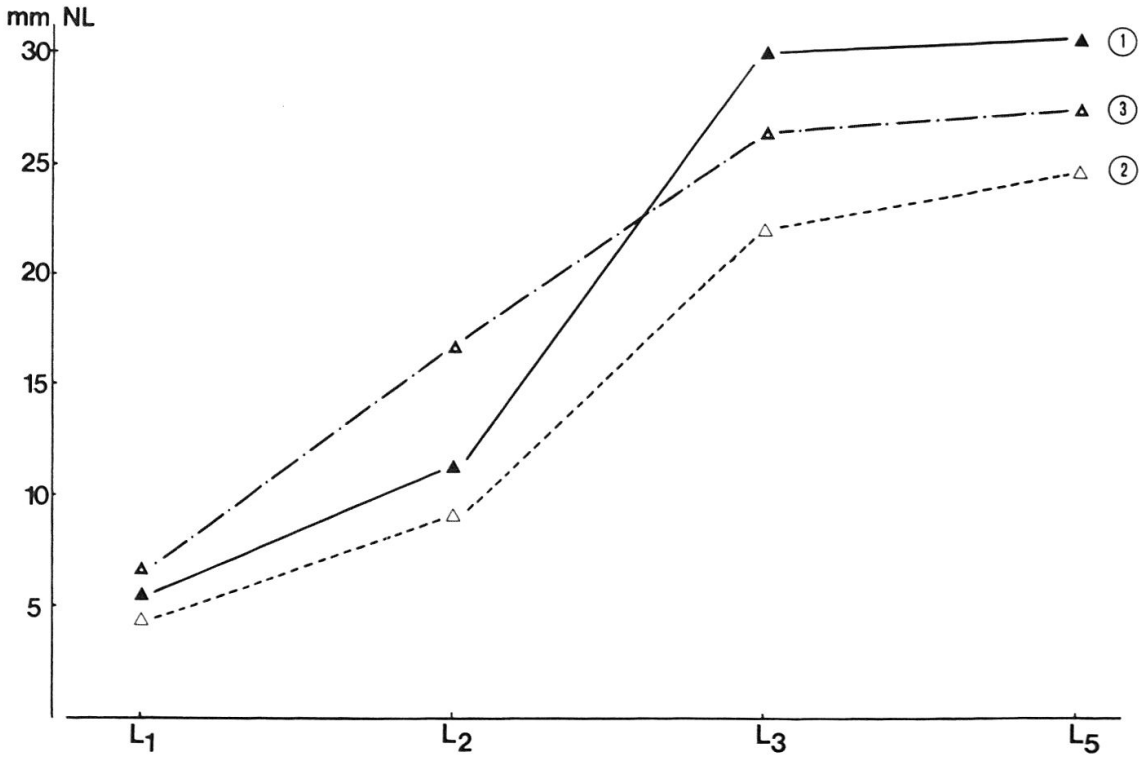

Abb. 2: Nadellängen (NL in mm) zur Zeit der frühen L_1 und L_2, der mittleren L_3 und L_5 von 3 Lärchenklassen mit verschiedener Schadenvorgeschichte; 1 = Kontrollen, 2 = 2 Jahre Schaden, 3 = 1 Jahr Schaden 1 Jahr zurückliegend.

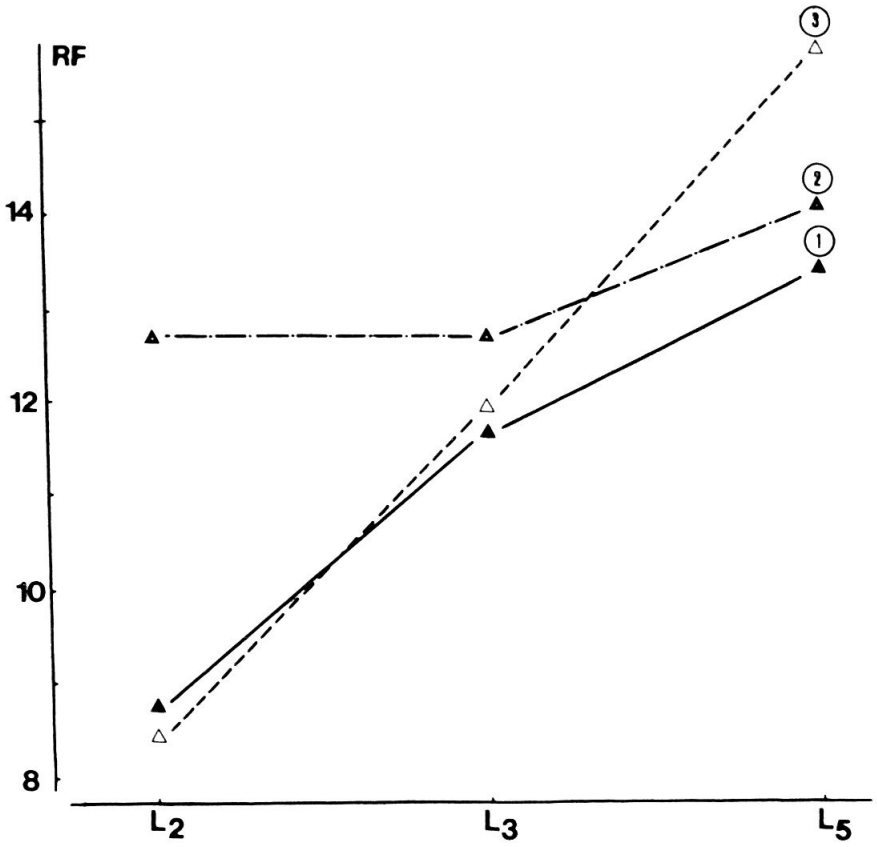

Abb. 3: Rohfasergehalt (RF) in % des Frischgewichtes von Nadeln zu verschiedenen Zeiten der Hauptlarvenstadien L_2, L_3 und L_5 (1, 2, 3 siehe Abb. 2).

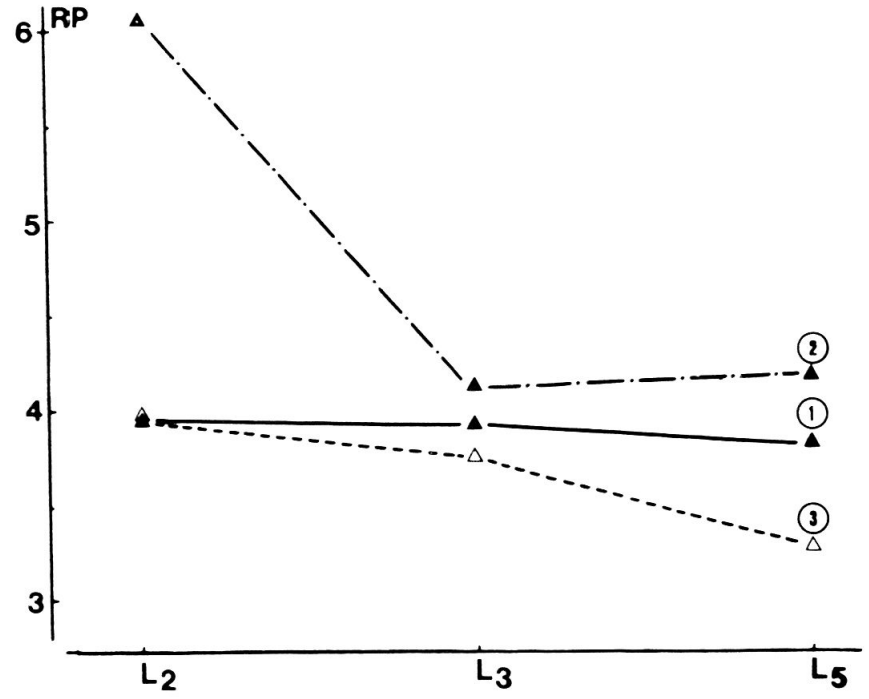

Abb. 4: Rohproteingehalt (RP) in % des Frischgewichtes von Nadeln zu verschiedenen Zeiten der Hauptlarvenstadien L_2, L_3 und L_5 (1, 2, 3 siehe Abb. 2).

nur in einem Jahr vom Kahlfrass betroffen waren, reagierten im folgenden Nachschadenjahr mit einem stetig ansteigenden RF-Gehalt, der im Mittel den maximalen Wert von 15,7% erreichte. Vom mittleren L_3 an nahm der Faserwert dieser Schadenklasse gegenüber dem der Kontrolle deutlich zu, so dass zur Zeit des mittleren L_5 2% mehr Faserkomponenten nachgewiesen werden konnten.

Nadeln von im Vorjahr ungeschädigten Lärchen enthielten im Mittel einen anfänglichen RP-Wert von 4%, der jedoch bis zur Zeit der L_5 leicht abnahm (Tab. 2, Abb. 4). Der RP-Wert der Lärchen mit 1-Jahres-Schaden war beim beginnenden L_2 mit rund 4% ebenso hoch wie der der Kontrollen, nahm dann aber mit 3,3% gegenüber 3,7% Endgehalt etwas stärker ab. Einen unerwarteten Verlauf zeigte jedoch die RP-Kurve der Proben der während 2 Jahren geschädigten Lärchen von Sils: Hoher Anfangswert mit 6,1% und steiler Abfall bis zur Phase der L_3 charakterisierten im Jahre 1974 die Veränderung des Stickstoffgehaltes während des Nadelwachstums bzw. der Raupenentwicklung. Das Vorkommen dieses abnorm hohen RP-Gehaltes kann mit unseren heutigen Kenntnissen nicht erklärt werden, dürfte aber umgekehrt eine Begründung für das Phänomen liefern, dass sich auf diesen Bäumen trotz hohem RF-Gehalt noch ein zweites Mal eine grosse LW-Population entwickeln konnte.

Beziehung zwischen den untersuchten Lärchenparametern

Der Rohfaser(RF)-Wert und die Nadellänge (NL)

Insgesamt 40 Lärchen lieferten im Laufe der 3 Vegetationsperioden je 137 Daten mit Nadelmessungen bzw. Analysenangaben von 4 Lärchenklassen mit verschiedener Schadenvorgeschichte (Tab. 3).

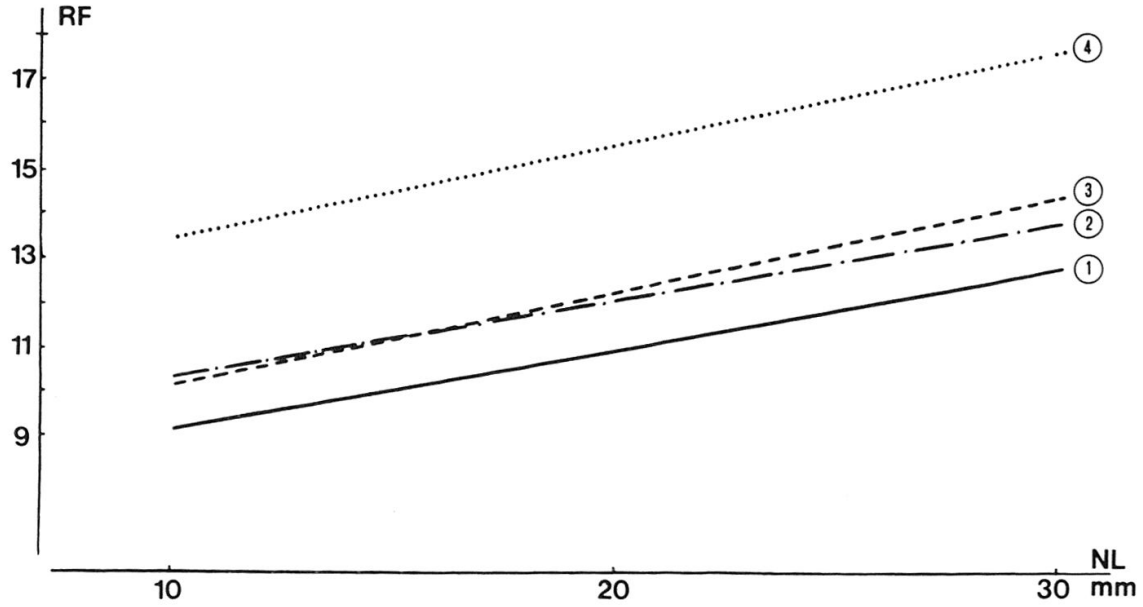

Abb. 5: Korrelation zwischen der Nadellänge (NL in mm) während der Wachstumsphase und dem Rohfasergehalt (RF) in % des Frischgewichtes für 4 Lärchenklassen verschiedener Schadenvorgeschichte (1, 2, 3 siehe Abb. 2; 4 = 1 Jahr Schaden 2 Jahre zurückliegend. Die dazu gehörenden Geradengleichungen sind in Tab. 3 aufgeführt).

Tab. 3: Errechnete Beziehungen zwischen verschiedenen Parametern der Lärchennadeln (NL = Nadellänge; TG = Trockengewicht; RF = Rohfasergehalt in % des FG; *RF_T = Rohfasergehalt in % des TG; N_2 = Stickstoffgehalt in % des TG; RP = Rohproteingehalt in % des FG).

Klassen mit Schadenvorgeschichte	Ordinaten x	Ordinaten y	N Lärchen/ N Wertepaare	Regressions-Koeffizienten mit Standardfehler A_o	Regressions-Koeffizienten mit Standardfehler A_1	Geradengleichung $y = A_o \pm A_1 x$	Bestimmtheitsmass r^2	Bestimmtheitsmass r	Korr. Prüfung (t)	Stat. Sicherung
Kontrollen: Kein Vorjahresschaden	NL	RF	10/32	7,33 ± 1,14	0,18 ± 0,06	y = 7,33 + 0,18 x	0,25	0,50	3,16	***
	TG	*RF_T	10/34	37,50 ± 2,11	0,10 ± 0,08	y = 37,50 + 0,10 x	0,05	0,22	1,28	0,2
	TG	N_2	10/34	4,34 ± 0,46	-0,06 ± 0,02	y = 4,34 - 0,06 x	0,28	0,53	3,54	***
	RF	RP	10/26	6,01 ± 0,47	-0,19 ± 0,05	y = 6,01 - 0,19 x	0,42	0,66	4,30	***
Schaden während 2 vorhergehenden Jahren	NL	RF	5/30	9,04 ± 0,93	0,14 ± 0,04	y = 9,04 + 0,14 x	0,30	0,55	3,48	***
	TG	*RF_T	5/27	24,41 ± 5,09	0,59 ± 0,17	y = 24,41 + 0,59 x	0,32	0,57	3,47	***
	TG	N_2	5/27	4,99 ± 0,42	-0,08 ± 0,02	y = 4,99 - 0,08 x	0,21	0,46	2,59	*
	RF	RP	5/25	6,55 ± 1,48	-0,14 ± 0,11	y = 6,55 - 0,14 x	0,06	0,24	-	-
Schaden im Vorjahr	NL	RF	19/59	8,47 ± 1,01	0,20 ± 0,04	y = 8,47 + 0,20 x	0,25	0,50	4,36	***
	TG	*RF_T	19/55	27,66 ± 2,61	0,53 ± 0,09	y = 27,66 + 0,53 x	0,40	0,63	5,91	***
	TG	N_2	19/32	4,79 ± 0,39	-0,08 ± 0,01	y = 4,79 - 0,08 x	0,54	0,73	5,85	***
	RF	RP	19/43	4,77 ± 2,41	-0,12 ± 0,11	y = 4,77 - 0,12 x	0,03	0,17	-	-
Schaden 2 Jahre zurückliegend	NL	RF	6/16	11,37 ± 1,87	0,21 ± 0,10	y = 11,37 + 0,21 x	0,25	0,50	2,16	**
	TG	*RF_T	6/16	34,72 ± 8,34	0,30 ± 0,14	y = 34,72 + 0,30 x	0,09	0,30	-	-
	TG	N_2	6/16	3,43 ± 1,05	-0,04 ± 0,03	y = 3,43 - 0,04 x	0,08	0,28	-	-
	RF	RP	6/16	2,83 ± 1,47	-0,12 ± 0,10	y = 2,83 - 0,12 x	0,11	0,33	-	-

Sämtliche Stichprobenklassen wiesen für die Zeit des Nadelwachstums eine positive lineare Abhängigkeit des RF-Gehaltes von der NL auf (Abb. 5). Es ist ersichtlich, dass je nach Schadenvorgeschichte der FG bei gleicher NL unterschiedlich hoch ist. Bei einer NL von 10 mm kann der RF-Wert zwischen 9 und 13 Gehaltsprozenten schwanken, bei 30 mm beträgt die Differenz gar 5%. Unter Berücksichtigung der Freiheitsgrade ist die statistische Sicherung der errechneten Regressionsgeraden mit $P < 0{,}001$ bzw. $< 0{,}01$ sehr gut resp. gut.

Trockensubstanz und ihr Rohfasergehalt (RF_T)

Die Beziehung zwischen RF-Gehalt der Trockensubstanz und TG der Nadeln wurde mit insgesamt 116 Wertepaaren von total 34 Lärchen verschiedener Schadenvorgeschichte gebildet (Tab. 3, Abb. 6). Die Kontrollen ergaben eine sehr flache Regressionsgerade ohne gesicherte Steigung. Auch das Bestimmtheitsmass r^2 für die Anpassung der Geraden an die Punkte ist mit 0,22 zu nieder für die Erwartung einer statistischen Sicherung. Im Gegensatz dazu liegen für die Lärchen mit 2-Jahres- bzw. 1-Jahres-Schaden gut gesicherte, positiv lineare Regressionen vor. Dies bedeutet, dass der RF-Gehalt des TGs mit zunehmender Trockensubstanz ansteigt und damit auch als Mass und als Ausdruck der Nachschadenreaktion der Lärche angesehen werden darf. Da keine gesicherten Ergebnisse für die Klasse von Lärchen, welche einen 2 Jahre zurückliegenden Schaden hatten, nachgewiesen werden konnten, wurden die Bäume dieser Schadenklasse in dieser und den folgenden Betrachtungen nicht mehr berücksichtigt.

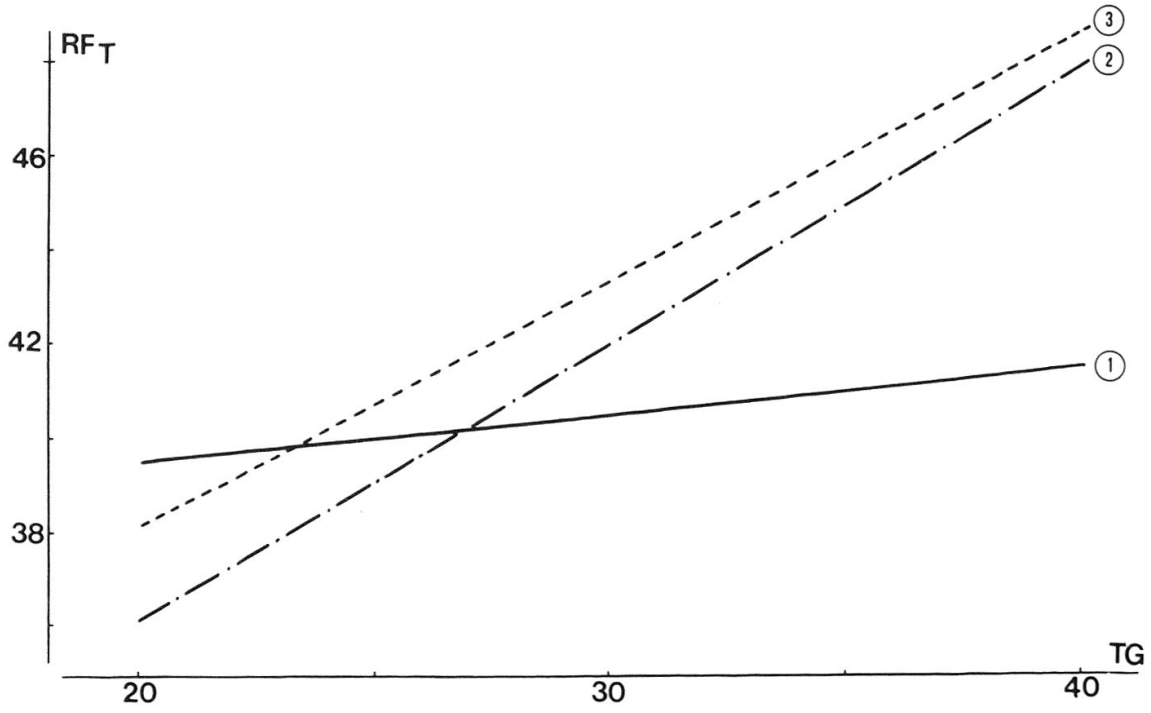

Abb. 6: Die Beziehung des Trockengewichtes (TG) in % des Frischgewichtes der Nadeln, zum Rohfasergehalt in % des TG (RF_T) für 3 Lärchenklassen verschiedener Schadenvorgeschichte (1, 2, 3 siehe Abb. 2; die dazu gehörenden Geradengleichungen sind in Tab. 3 aufgeführt).

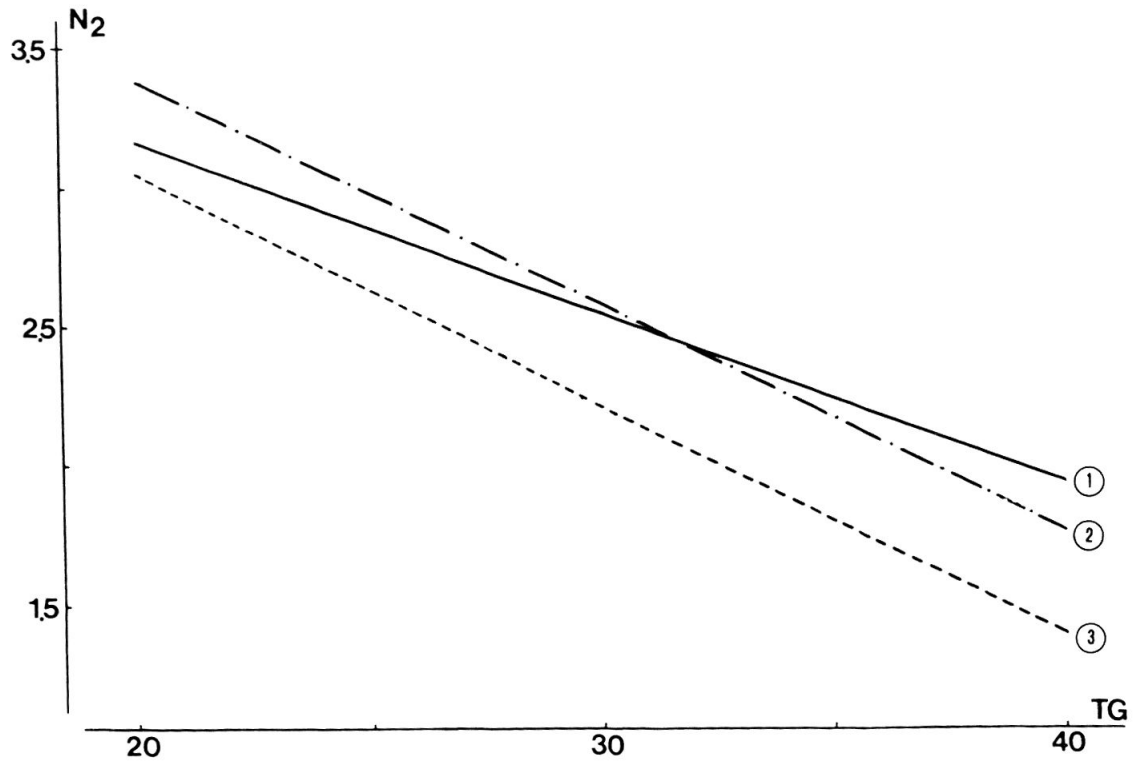

Abb. 7: Korrelation zwischen dem Trockengewicht (TG) der Nadeln während des Wachstums und dem Stickstoffgehalt (N_2) in % des TG. (1, 2, 3 siehe Abb. 2; die dazu gehörenden Geradengleichungen sind in Tab. 3 aufgeführt.)

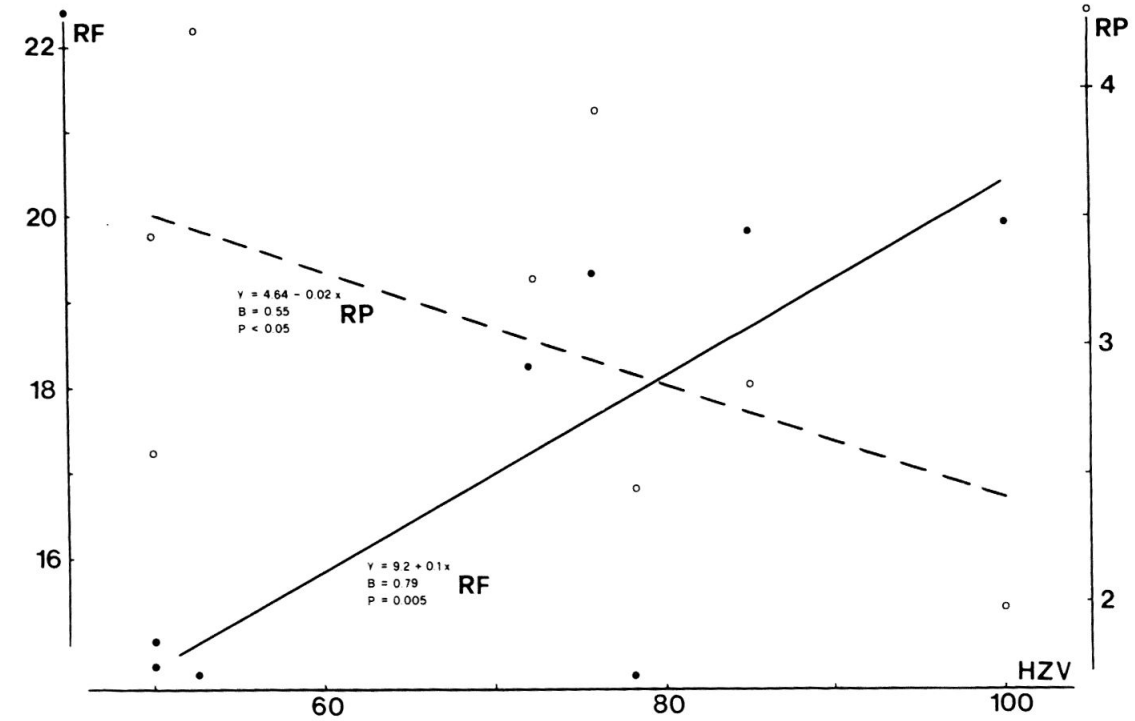

Abb. 8: Rohfaser(RF)- und Rohprotein(RP)-Gehalt der Nadeln in Beziehung zum Holzzuwachsverlu (HZV).

Trockensubstanz und ihr Stickstoffgehalt

Wie Tab. 3 und Abb. 7 zeigen, finden wir bei allen Lärchenklassen eine Abnahme des N_2-Gehaltes bei einer Zunahme des TGs bzw. im Laufe des Nadelwachstums. Diese ist für die Kontrollbäume sowie für die Lärchen mit Schaden im Vorjahr statistisch sehr gut gesichert. Eine allfällige Nachschadenreaktion lässt sich bei den Schadenbäumen in der Regel am relativ niederen N_2-Gehalt der Nadeln erkennen.

Rohfaser(RF)- und Rohprotein(RP)-Wert

Lediglich die 10 Lärchen der Kontrollklasse zeigen bei einem Bestimmtheitsmass von 0,66, dass eine gut gesicherte negative Korrelation zwischen dem RF- und dem RP-Gehalt besteht (Tab. 3). Während des Nadelwachstums nimmt der RF-Gehalt bei sinkendem RP-Wert zu. Für die anderen 3 Klassen verlaufen die Regressionsgeraden tendenzmässig gleich; sie sind jedoch statistisch nicht gesichert.

Holzzuwachsverlust und Nadelqualität

An einem trockenen Standort des Silser Schadenherdes untersuchte GEER (1975) von 8 im Jahre 1972 kahlgefressenen Lärchen den Holzzuwachsverlust. Diese Bäume zeigten im Nachschadenjahr 1972 die erstmals von BENZ (1974) beschriebene, typische Nachschadenreaktion: kurze, in den einzelnen Trieben gespreizte, harte Nadeln.

In der Absicht, eine mögliche Beziehung zwischen dem Holzzuwachsverlust und der verminderten Nadelqualität zu finden, die ja beide als Folge der durch den LW-Schaden auftretenden physiologischen Veränderungen aufgefasst werden dürfen, wurden von diesen 8 Lärchen im Jahre 1973 Proben ausgewachsener Nadeln genommen. Die davon analysierten RF- und RP-Gehalte (Tab. 4) liessen sich nachträglich dem Holzzuwachsverlust des vergangenen Schadenjahres vergleichend gegenüberstellen.

Die Grösse des an Bohrspänen gemessenen Holzzuwachsverlustes ist von der Intensität des Lärchenschadens im Kronenraum abhängig (GEER, 1975). Abb. 8 zeigt, dass auch RF-Gehalt positiv und statistisch gut gesichert ($P < 0{,}005$) mit dem Holzzuwachsverlust korreliert, während sich für den RP-Gehalt eine negative Korrelation abzeichnet, die jedoch statistisch weniger signifikant ist ($P < 0{,}05$).

Zweiter Austrieb im selben Jahr

Vom LW kahlgefressene Lärchenkronen können noch im Schadenjahr wieder austreiben. Dieser Wiederaustrieb ist von klimatischen Faktoren, abgesehen von 2 weiteren Gegebenheiten, abhängig: vom Zeitpunkt und von der Art der Schädigung durch den Raupenfrass.

Bei früher Schädigung, wie sie stets an Lärchen mit extrem grossen LW-Dichten beobachtet werden konnte, beginnt der Wiederaustrieb entsprechend früher als bei später Schädigung. Ferner können Frass-Schäden an Einzellärchen

Tab. 4: Beziehung zwischen Holzzuwachsverlust (1972) und Rohfaser- bzw. Rohprotein-Gehalt (1973 von 8 Lärchen aus den trockenen Standorten des Silser Schadenherdes. Lärche 39* ist ein Randbaum und zeigt überdurchschnittlich breite Spätholzzonen.

Baum Nr.	44	45	33	41	63	39*	47	51
x-Werte = Zuwachsverlust (nach Geer, 1975)	50	50	53	72	76	78	85	100
y_1-Werte = RF-Gehalt in % des FG	15,13	14,91	14,35	18,35	19,43	14,65	19,98	20,05
y_2-Werte = RP-Gehalt in % des FG	3,40	2,60	4,15	3,21	3,92	2,46	2,79	1,99
Nadelendlänge	28,8	29,2	32,2	12,3	-	20,4	-	14,9

Tab. 5: Zweiter Austrieb (= Wiederaustrieb) kahlgefressener Lärchen im Jahre 1973. 5 Lärchen ohne Schaden im Jahre 1972 (oben), 4 Lärchen mit Schaden 1972 (unten). Nadellänge (NL) sowie Trockengewichts- (TG), Rohfaser- (RF) und Rohproteinanteil (RP), bezogen auf das Frischgewicht (FG) der Nadeln.

Baum Nr.	Datum		NL in mm	TG%	RF%	RP%
CC 8	20.8.		28,8	27,90	10,79	3,90
CC 9	20.8.		42,0	28,26	9,78	4,29
CC 13	20.8.		32,3	29,56	9,80	4,36
SE 1	28.8.		30,7	26,01	12,20	4,34
SE 2	27.8.		20,6	24,24	10,07	2,58
		$\bar{x}$	30,9	27,19	10,53	3,93
		$s_{\bar{x}}$	6,9	1,86	0,91	0,71
SS 1	27.8.		28,2	18,73	8,30	2,65
SS 2	27.8.		16,9	27,29	12,67	4,15
SE 6	27.8.		18,7	27,20	12,02	3,42
SE 7	28.8.		17,9	32,35	20,77	5,47
		$\bar{x}$	20,4	26,39	13,44	3,92
		$s_{\bar{x}}$	2,6	2,82	2,63	0,60

ein recht heterogenes Erscheinungsbild haben. Neben den bereits erwähnten verschiedenartigen Bräunungen der Kronen bzw. Kronenpartien werden auch einzelne Zweige mosaikartig gebräunt, nachdem ihre KT vom Raupenfrass nur teilweise betroffen wurden. Es kommt auch vor, dass von einem KT nicht sämtliche Nadeln an- bzw. abgebissen werden. Bei vollständigem und regelmässigem Frass-Schaden erfolgte jedoch der Wiederaustrieb früher als auf Zweigen, an denen noch grüne Nadeln des ersten Austriebes zu finden waren.

Der Wiederaustrieb unterscheidet sich vom ersten Austrieb durch unregelmässige NL sowohl innerhalb des KT wie zwischen verschiedenen KT desselben Zweiges bzw. Astes. Dabei können einzelne Nadeln oder ganze KT häufig auch ein hypertrophes Längenwachstum aufweisen (bis 46 mm Nachtrieb bei CC 8 im Sommer 1973). Diese Nadeln sind auch immer schlaff und riechen nicht nach Terpenen, wie jene des ersten Austriebes. Ferner spreizen sie sich schon zu Beginn des Wachstums auseinander, wogegen die Nadeln des ersten Austriebes im Frühjahr anfänglich eng aneinanderliegen und die KT erst im Laufe der Zeit eine büschelartige Form annehmen.

Vorausgesetzt, dass der Wiederaustrieb früh erfolgt, kann er für die Biologie des LW von zweifacher Bedeutung sein. Einerseits haben grüne Lärchen auf die Falter eine grössere Lockwirkung als braune (Vačlena, 1975) und andererseits

Tab. 6: Mittlere Werte von Nadeluntersuchungen der 4 im Jahre 1973 mosaikartig geschädigten Lärchen.

Normaläste

Datum 1974	Nadellänge $\bar{x}$	Nadellänge $s_{\bar{x}}$	Rohfaser-Gehalt $\bar{x}$	Rohfaser-Gehalt $s_{\bar{x}}$	Rohprotein-Gehalt $\bar{x}$	Rohprotein-Gehalt $s_{\bar{x}}$
6.6.	17,4	2,7	12,19	0,47	6,71	0,47
13.6.	18,0	3,4	12,16	0,63	5,44	0,26
20.6.	25,0	3,6	11,91	0,32	4,20	0,33
28.6.	27,6	3,7	13,71	0,61	3,95	0,13
4.7.	28,6	3,5	15,38	0,66	4,17	0,18

Schadenäste

Datum 1974	Nadellänge $\bar{x}$	Nadellänge $s_{\bar{x}}$	Rohfaser-Gehalt $\bar{x}$	Rohfaser-Gehalt $s_{\bar{x}}$	Rohprotein-Gehalt $\bar{x}$	Rohprotein-Gehalt $s_{\bar{x}}$
6.6.	11,4	2,6	11,81	0,25	5,56	0,22
13.6.	13,8	2,1	12,06	0,60	4,56	0,62
20.6.	18,6	2,5	12,58	0,32	4,44	0,50
28.6.	21,2	2,9	14,73	0,17	3,98	0,32
4.7.	23,0	3,4	17,70	0,58	3,97	0,41

kann der Wiederaustrieb den letzten L_5 noch als Nahrung dienen, wie dies im Jahre 1973 an den sehr früh geschädigten Lärchen in Cinuos-chel zu beobachten war.

Von insgesamt 9 Lärchen, die im Jahre 1973 vollständig kahlgefressen wurden und von denen 5 im Jahre 1972 ungeschädigt waren, während die verbleibenden 4 schon dann zu Schaden kamen, sind die Nadelwerte des Wiederaustriebs 1973 in Tab. 5 angegeben. Es fällt auf, dass der Nachtrieb der Lärchen mit Vorjahresschaden einen höheren RF-Wert aufwies als der von Bäumen ohne Vorjahresschaden. Offenbar machte sich die Nachschadenreaktion der Wirtspflanze mit zweimaligem Kahlfrass bereits im Wiederaustrieb bemerkbar.

Lärchenreaktion als Folge des mosaikartigen Raupenfrasses

Nadelwachstum und -längen der Schaden- und Normaläste

Von 4 (A 4, 6, 7, 8) nahe der Albulapass-Strasse gelegenen, mosaikartig kahlgefressenen Lärchen wurden einzelne Äste, deren Schaden zuvor geschätzt wurde, markiert. Abgesehen von den Kontrollästen waren die Schadenäste zu 15–100% vom Raupenfrass in Mitleidenschaft gezogen worden.

Im folgenden Jahre zeigte sich, dass die Nadeln der Zweige ohne Vorjahresschaden während der ganzen Wachstumsphase länger waren als die mit Vorjahresschaden (Tab. 6, Abb. 9). Die Differenz der NL zwischen Schaden- und Normalästen waren während aller Messdaten gleich gross, was für ein regelmässiges, jedoch verspätet eintretendes Nadelwachstum auf Schadenästen dieser Mosaikbäume spricht und nicht für ein verlangsamtes Wachstum.

Rohfaser(RF)- und Rohprotein(RP)-Gehalt

Die mittleren RF-Werte der Nadeln von Kontroll- und Schadenästen lagen bis zum 13. Juni, d.h. bis zum mittleren L_2 mit rund 12% des Frischgewichtes auf derselben Höhe (Tab. 6, Abb. 10). Nach dem 20. Juni, zur Zeit des beginnenden L_3 zeichnete sich eine grössere Zunahme des RF-Gehaltes bei den Schadenästen im Vergleich zu den Kontrollästen ab. Die Differenz betrug bis zum 28. Juni 1 Gehaltsprozent und bis zum 4. Juli mehr als 2%. Bei einem Vergleich der in Abb. 3 eingetragenen RF-Werte für Lärchen mit 1jährigem Schaden zeigt sich, dass vom mittleren L_3 an eine analoge Zunahme an RF in den Nadeln der Schadenbäume gegenüber jenen der Normalbäume erfolgt war.

Mit dem RP-Gehalt der Nadeln (Abb. 11) verhält es sich wie folgt: die im Vorjahr geschädigten Äste zeigten vom 6. Juni bis 4. Juli 1974 eine mehr oder weniger gleichmässig grosse Abnahme des RPs. Der anfänglich grössere Proteingehalt der Nadeln von ungeschädigten Ästen nahm gegenüber jenem mit Vorjahresschaden schneller ab, erreichte am 20. Juni die gleiche Konzentration wie in Schadennadeln, um dann im Juli den mittleren RP-Wert der Schadenäste wieder zu übersteigen.

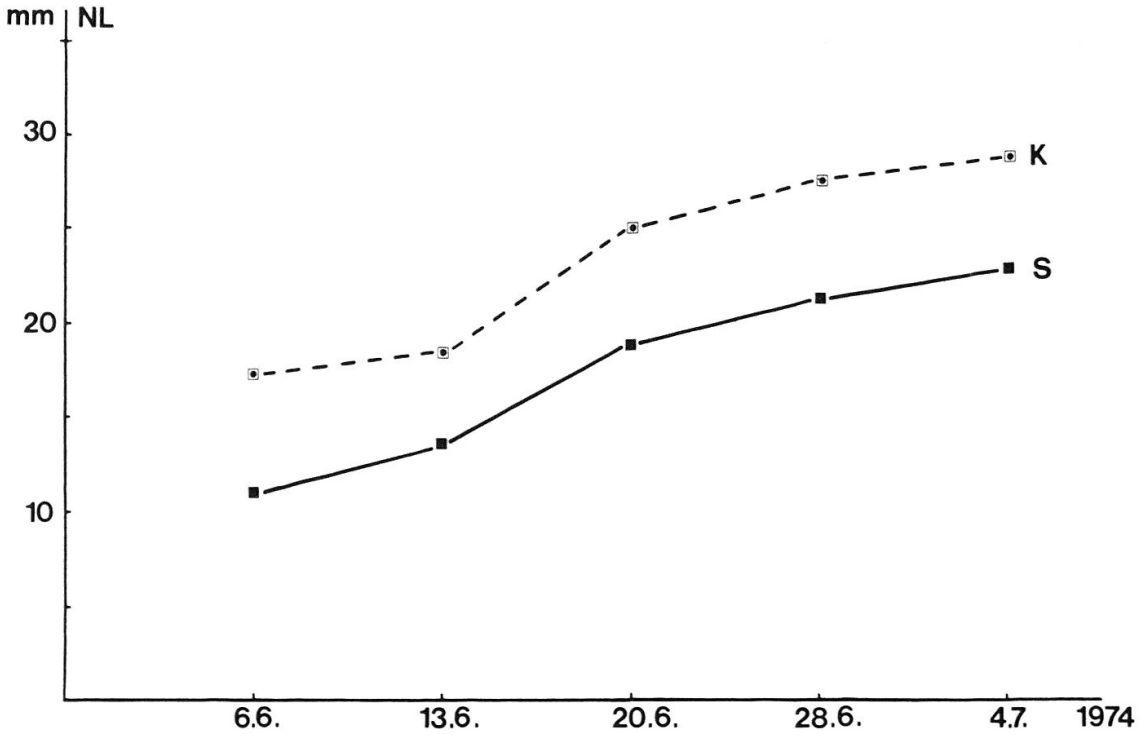

Abb. 9: Nadelwachstumskurven von 4 mosaikartig geschädigten Lärchen am Albula (A); K = Kontrolläste, S = Schadenäste.

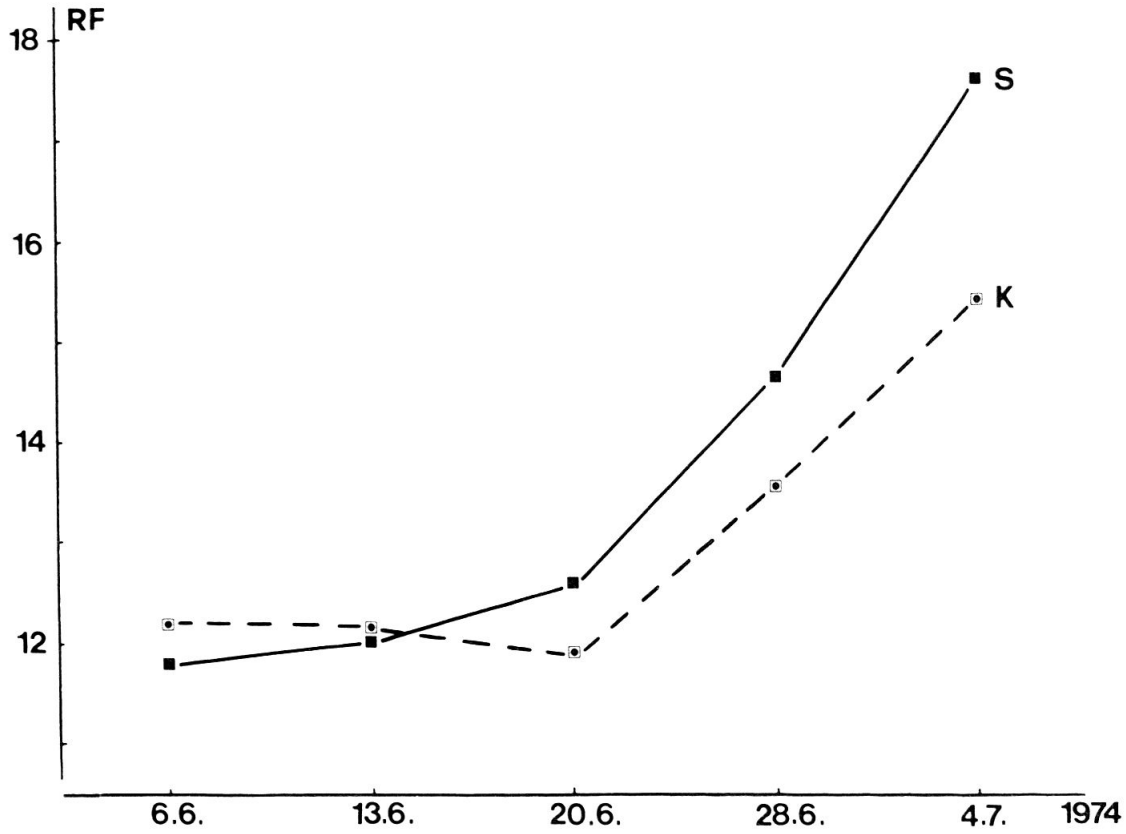

Abb. 10: Der Rohfasergehalt (RF) der Nadeln von 4 mosaikartig geschädigten Lärchen am Albula (A) während des Nadelwachstums; K = Kontrolläste, S = Schadenäste.

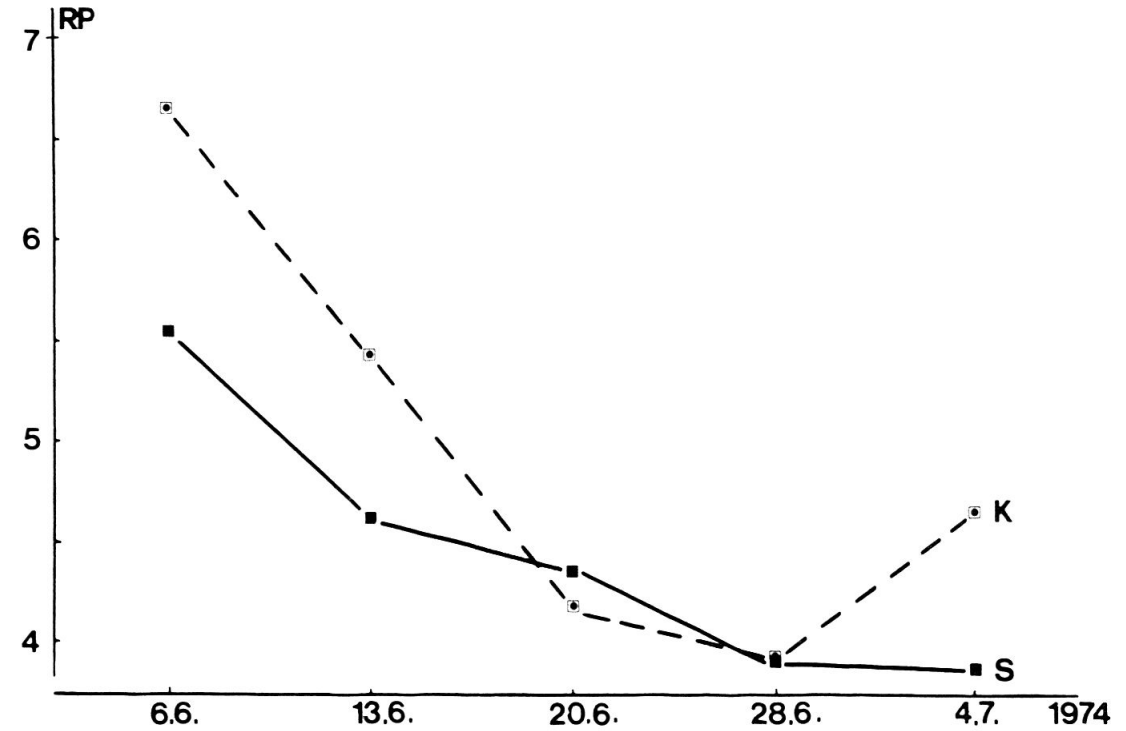

Abb. 11: Der Rohproteingehalt (RP) der Nadeln von 4 mosaikartig geschädigten Lärchen am Albula (A) während des Nadelwachstums; K = Kontrolläste, S = Schadenäste.

Die vorliegenden, an Einzellärchen erhobenen Befunde verdeutlichen, dass die LW-Raupen durch ihre mehr oder minder grossen und wiederholten Frass-Schäden im Kronenraum eine recht heterogene Reaktion in der betroffenen Lärche auslösen. Dieses von BENZ (1974) als Nachschadenreaktion bezeichnete Phänomen hat sich grundsätzlich auch in der folgenden Gradation wieder bestätigt: verzögerter Nadelaustrieb, kürzere NL, erhöhter RF- und verminderter RP-Gehalt gelten für die meisten von uns untersuchten Lärchen in der Vegetationsperiode nach dem Raupenfrass.

Ferner konnte gezeigt werden, dass Intensität und zeitliche Manifestation dieser Nadelveränderungen im Nachschadenjahr von der Schadengeschichte sowie von der räumlichen Schadenausdehnung in der Krone und von standortsbedingten bzw. klimatischen Faktoren abhängig gemacht werden muss. Andererseits reagierten Mosaiklärchen ohne oder mit nur geringem Kahlfrass überproportional heftig. Einige der untersuchten Lärchenparameter sind miteinander korreliert, was für die Schätzung von Nadelfaktoren einerseits zur Zeit der laufenden Freilanduntersuchungen und andererseits von vergangenen Vegetationsperioden dienlich ist.

Nadelaustrieb und Schadengeschichte

Der Zeitpunkt des Nadeltreibens kann nicht bei sämtlichen Lärchen alleine vom vorjährigen Schaden abhängig gemacht werden. Die Probenbäume in Sils sowie jene in Pontresina, welche beiderorts während 2 aufeinanderfolgender Jahre ganzen Kahlfrass zeigten, trieben bezüglich des LW-Schlupfs trotz gleicher Schadengeschichte unterschiedlich früh bzw. spät aus. Inkoinzidenz war jedoch meistens bei den Lärchen mit 1-Jahres-Schaden zu beobachten.

Diese Erscheinungen lassen sich möglicherweise wie folgt erklären: Das Ausmass des Raupenfrasses vermag den 2. Austrieb im Schadenjahr derart zu steuern, dass sich dieser sekundär auf das Nadeltreiben der dem Schadenjahr folgenden Vegetationsperiode auswirkt. Oder es sind eventuell lärchen- bzw. standortsspezifische Einflüsse, die eine Nachschadenreaktion mehr oder minder begünstigen.

Ausmass und Zeitpunkt des Frass-Schadens sind auch von der Raupendichte abhängig. Sichtbarer Schaden tritt gemäss AUER (1973) bei einer Dichte von 100 LW/kg Zweig ein. So konnte im Jahre 1973 festgestellt werden, dass jene Lärchen mit extrem grossen Raupendichten (maximal 56 Eiraupen/m Ast und Zweig bzw. 2252 Eiraupen/kg Zweigmaterial) bereits zur Zeit der L_3 total geschädigt waren. Dies veranlasste die Lärche in derselben Vegetationsperiode sehr früh, d.h. Ende Juni, wieder auszutreiben. Solche Nadeln, sofern sie den letzten hungernden L_5 nicht noch als Nahrung dienten, erreichten Endlängen von 4–5 cm. Es ist deshalb vorstellbar, dass die neugebildeten Nadeln wieder voll in den Dienst der Assimilation treten. Somit würde die Zeit der Nadellosigkeit auf eine minimale Dauer beschränkt sein, was die Physiologie solcher Bäume und entsprechend auch den Austrieb in der folgenden Vegetationsperiode nicht allzu sehr gestört bzw. verzögert haben dürfte. Bei später Schädigung, bedingt durch kleinere (aber dennoch grosse) Populationsdichten, tritt der Wiederaustrieb gar nicht oder sehr spät ein. Nadeln dieses Nachtriebes sind dann auch kürzer. Solche

Lärchen könnten einschneidende physiologische Veränderungen erfahren haben, die möglicherweise im nächsten Jahre auch den Zeitpunkt des Austriebes massgebend bestimmen.

Das Nadelwachstum in Abhängigkeit der Schadengeschichte

Nadeln von Kontroll-Lärchen zeigten die grösste Längenzunahme in der Zeit zwischen dem beginnenden L_2 und dem mittleren L_3. Ein solch deutlicher Wachstumsschub blieb bei Lärchen mit Vorjahresschaden aus. NL können dann populationsdynamische Bedeutung erlangen, wenn die einzelnen Raupenstadien nicht die für ihre Entwicklung idealen Grössenverhältnisse der zu beherbergenden KT vorfinden. Somit sollten bei Nadelmessungen an Einzellärchen in der Kulminationsphase einerseits die Zeitpunkte der Messungen sowie der Vorjahresschaden berücksichtigt werden.

Bei Mosaikbäumen war die Differenz der NL von Ästen mit bzw. ohne Vorjahresschaden über sämtliche LW-Stadien hinweg gleich gross. Ein Wachstumsschub der Nadeln, wie er sich bei Kontrollbäumen einstellte, konnte bei den Normal- und Schadenästen nicht nachgewiesen werden, was für ein kontinuierliches, jedoch langsameres Wachstum spricht. Markant ist die Differenz der NL zwischen Proben von Zweigen mit und ohne Vorjahresschaden, die mit rund 6 mm gleich gross und grösser ist als die zwischen Kontroll- und Totalschadenbäumen.

Dies dürfte ein Hinweis dafür sein, dass bei sehr geringem partiellem Schaden die Lärchen überproportional heftig reagierten. Geringer bzw. partieller Schaden kann auf relativ kleine LW-Populationen zurückgeführt werden, so dass möglicherweise die Nachschadenreaktion der Lärche bereits vor dem eigentlichen Schaden und damit auch vor dem Höhepunkt der Gradation populationsdynamisch wirksam wird.

Im Jahre 1975 wurden periodische Nadelmessungen an 10 Lärchen im Ahrntal (Südtirol) durchgeführt (Omlin & Herren, 1976). Obwohl der letztmalige durch Raupenfrass bedingte, sichtbare Schaden dieser Bäume 1964 verzeichnet wurde, waren deren Nadeln mit den sehr kurzen Endlängen Träger eines typischen Nachschadensymptoms; ferner konnte gezeigt werden, dass klimatische Ursachen dafür als eher unwahrscheinlich erachtet werden mussten. Analog den Befunden von Mosaiklärchen bestätigen diese, dass die Lärchenreaktion auf den Frass von relativ niederen LW-Populationsdichten, welche keinen sichtbaren Schaden verursachten, intensiver sein kann, als bei vollständigem Kahlfrass.

Rohfaser(RF)- und Rohprotein(RP)-Gehalt in Abhängigkeit der Schadenvorgeschichte

Der RF-Gehalt der einzelnen Lärchenklassen war weder mit der Schadenintensität noch mit der Schadengeschichte korreliert. Einerseits äusserte sich dies in der heftigen Reaktion der Mosaiklärchen, welche für Schaden- sowie für Normaläste die grössten RF-Werte über die ganze Zeit des Nadelwachstums aufwiesen. Andererseits hatten Nadeln von Lärchen mit 2 Jahre anhaltendem Ganzschaden um 3,5 Gehaltsprozente weniger Fasern als die der Teilschadenäste von Mosaiklärchen.

Übereinstimmend mit dem Nadelwachstum hatte sich auch hier die Nachschadenreaktion der Lärche schon bei geringer bzw. ausbleibender Bräunung mit niederen Raupendichten stärker bemerkbar gemacht, als dies für sehr grosse Populationen der Fall war. BENZ (1974) stellte bei einer grün gebliebenen Lärche ohne sichtbare Bräunung in Zuoz fest, dass deren Nadeln einen unerwartet hohen RF-Gehalt hatten. Er vermutet, dass für die Reaktion dieser Lärche entweder der Standort oder der nur geringe Raupenfrass verantwortlich gemacht werden müsste.

Die während des Wachstums unterschiedlich grossen Zunahmen an Faserstoffen in den Nadeln der einzelnen Lärchenklassen zeigen, dass eine einmalig genommene Nadelprobe als nur wenig zuverlässige Aussage für die Charakterisierung der Nachschadenreaktion betrachtet werden muss. Bereits zur Zeit des beginnenden L_2-Stadiums machte sich die Nachschadenreaktion von Lärchen mit 2 Jahre dauerndem Schaden am deutlichsten bemerkbar. Verglichen mit den Kontrollen, zeigten dem gegenüber die Lärchen mit 1-Jahres-Schaden zu dieser Zeit noch keine Anzeichen einer Nachschadenreaktion. Welche dieser Lärchenklassen die populationsdynamisch wirkungsvollste Reaktion auf den LW hatte, soll im 2. Teil diskutiert werden.

Der RP-Gehalt der Nadeln von Lärchen kann nicht mit deren Schadenvorgeschichte und Intensität korreliert werden. Eine Sonderstellung nehmen wiederum die mosaikartig gebräunten Lärchen ein. Sie zeigten von Beginn des Nadelwachstums an mit 5,5–6,7% die höchsten Werte. Letztere stellen sich für die Lärchen der anderen Schadenklassen sowie für die Kontrollen zur Zeit der mobilen Raupenstadien beim Gehalt von 4% ein.

Zur Korrelation der Lärchenparameter

Unter Berücksichtigung des Vorjahresschadens sind verschiedentlich lineare Beziehungen der Nadel- bzw. Lärchenfaktoren als Nachschadenreaktion aufgezeigt worden. Diese könnten künftig für die Schätzung der RF- und RP-Werte noch während der Freilandbeobachtungen nützlich sein.

Die wohl nützlichste Korrelation ist die zwischen dem Holzzuwachsverlust und der verminderten Nadelqualität, welche sich beide als Folge der Schadenintensität äussern. Diese Beziehung ermöglicht, den Verlauf der Nahrungsveränderung über alle Jahre hinweg zu rekonstruieren, ohne auf das Vorhandensein von Nadelproben angewiesen zu sein. Populationsdynamisch dürfte dies von Interesse sein, denn bei den vor 16 Jahren zum letzten Mal geschädigten Lärchen des Valle Aurina zeigte sich deutlich, dass von 1965 an die Jahrringbreiten extrem schmal waren und der RF-Gehalt der Nadeln in der Vegetationsperiode 1975 sehr gross war (OMLIN & HERREN, 1976). Auch könnten die von FISCHLIN & BALTENSWEILER (1979) errechneten RF-Werte für die Engadiner Lärchen von 1959–1967 mit jenen aus der Regressionsgeraden gewonnenen verglichen werden.

LITERATUR

Die Bibliographie wird am Ende des 3. Teils der Arbeit angefügt.

(15. Juli 1980 erhalten)