

Phyton (Austria)	Vol. 29	Fasc. 3 Sonderband „Zillertal“	(133)–(145)	21. 11. 1989
------------------	---------	--------------------------------------	-------------	--------------

Anatomische Studien an geschädigten Fichtennadeln aus dem Höhenprofil „Zillertal“

Von

Gerhard DRAXLER und Walter RUPPERT*)

Mit 15 Abbildungen

Eingegangen am 20. Mai 1989

Key words: *Picea abies*, anatomy, histology, morphometry, altitude profile.

Summary

DRAXLER G. & RUPPERT W. 1989. Anatomical studies in damaged needles of spruce from the altitude profile „Ziller Valley/Tyrol“. – *Phyton (Austria)* 29 (3, Special issue „Zillertal“): (133)–(145), 15 figures. – German with English summary.

Structural changes in the tissue of one to three year old needles of spruce (*Picea abies* [L.] KARST.) from Schwendberg, Zillertal in three different altitudes (tree 1: 700 m, tree 2: 1000 m, tree 3: 1520 m a. s. l.) were studied by lightmicroscopy using anatomical and biometrical methods.

There were found some differences in the area of the cross-section of chlorenchyma, endodermis, vascular bundle and xylem to total area of the needle cross-section (tree 2 > tree 1 > tree 3). The area of the sclerenchymatic cells in the vascular bundle is in tree 1 and tree 3 equivalent, tree 3 shows the smallest area of the total area of the needle cross-section. There are some differences in the form of the needle cross-sections of the investigated trees. Also an accumulation of lipid-like material in chlorenchym cells of injured needles was found. The stomata cells of some needles (esp. older needles from tree 3) were filled with tannin.

Zusammenfassung

DRAXLER G. & RUPPERT W. 1989. Anatomische Studien an geschädigten Fichtennadeln aus dem Höhenprofil „Zillertal“. – *Phyton (Austria)* 29 (3, Sonderband „Zillertal“): (133–145), 15 Abbildungen. – Deutsch mit englischer Zusammenfassung.

*) Dr. G. DRAXLER, W. RUPPERT, Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien, Althanstraße 14, A-1091 Wien (Austria).

Ein- bis dreijährige Fichtennadeln (*Picea abies* [L.] KARST.) von drei Probestämmen aus drei verschiedenen Höhenstufen (Baum 1: 700 m, Baum 2: 1000 m und Baum 3: 1520 m ü. M.) mit unterschiedlichem Stressorenmuster vom Schwendberg im Zillertal wurden mit lichtmikroskopischen Methoden auf anatomische und histologische Unterschiede untersucht.

Es wurden Unterschiede an der Gesamtquerschnittsfläche der Nadeln im Chlorenchym, in der Endodermis, im Gefäßbündel und auch im Xylemanteil festgestellt (Baum 2 > Baum 1 > Baum 3). Der flächenmäßige Anteil von sklerenchymatischen Zellen im Gefäßbündel ist bei Baum 1 und 2 annähernd gleich, während in den Nadeln des Baumes 3 der geringste Anteil festgestellt wurde. Ebenso zeigten sich Unterschiede in der Form der Nadelquerschnitte. In geschädigten Nadeln wurden Häufungen von Fetttropfchen beobachtet. In den Schließzellen einiger Nadeln (besonders in den älteren Nadeljahrgängen des Baumes 3) wurden Tannineinlagerungen nachgewiesen.

1. Einleitung

Die anatomisch-morphologische und histologische Untersuchung von Nadeln der drei für dieses Projekt verwendeten Fichten (vgl. GLATTES & al. 1989) soll die Beurteilung von umweltbedingten Veränderungen im Nadelgewebe aufzeigen.

Die biometrischen Untersuchungen können dazu beitragen, Veränderungen im cytologischen und histologischen Bereich der Fichtennadeln aufzuzeigen, sowie natürliche und anthropogene Stressoren zu diagnostizieren.

2. Material und Methoden

An 9 Probenwerbungsterminen (Jänner–September) wurden Zweige im unteren Kronenbereich (ungefähr gleiche Asthöhe, ca. 5 m über dem Boden) geerntet. Diese wurden in einer handelsüblichen Kühltasche bei +4 bis +10°C transportiert. Ein Teil der Proben wurde in einer Klimakammer (Heraeus-Vötsch Type VEMZ 0/300 bei +4°C, $\pm 0,1^\circ\text{C}$) frischgehalten, der Rest sofort (vor allem für die Eigenfluoreszenzuntersuchungen) verarbeitet. Die in der Klimakammer gelagerten Proben wurden innerhalb einer Woche aufgearbeitet.

Die Nadellänge wurde in einem Binokular (Reichert Stereovar) mit einer Mikrometerskala vermessen. Für die Herstellung der Nadelquerschnitte wurden die Nadeln mit Hilfe eines Schlittenmikrotoms (Reichert OmE) in der Nadelmitte 45 μm dick geschnitten. Für die biometrische Vermessung der Nadeln mußten Glycerinpräparate hergestellt werden.

Für die Untersuchung des Harzkanalverlaufes war es notwendig, Serienquerschnitte anzufertigen. Die Nadeln wurden an der Spitze und der Basis alle 0,25 mm, in der Nadelmitte alle 0,5 mm quergeschnitten (je 5 Nadeln pro Meßbaum aus den Jahrgängen 1986, 1987 und ab Juni auch der Jahrgang 1988).

Die Konturen der Querschnitte wurden mit einem Zeichenmikroskop (Wild M 11 mit Zeichentubus) ermittelt und mit einem Photoplanimeter (Areameter Delta-T-devices, GB) sowie auf einem Digitalisiertablett (Summagraphics MM1201, USA)

vermessen und ausgewertet. Mit Hilfe eines eigens erstellten Digitizer-Programmes konnte auch der Umfang der Nadelquerschnitte bestimmt werden.

Photos der Nadelquerschnitt wurden mit dem Leitz Dialux 20 mit Fluoreszenzaufsatz und KamES (Reichert), sowie mit dem Reichert Diavar mit Photoaufsatz und KamES 2 angefertigt.

Die Beobachtung der Eigenfluoreszenz der Nadelquerschnitte erfolgte auf einem Fluoreszenzmikroskop (Leitz Dialux 20 mit Fluoreszenzaufsatz). Der Verholungsgrad wurde im Fluoreszenzmikroskop durch die Verwendung des Fluoreszenz-Verstärkerfarbstoffes Auramin bestimmt.

Pilzhypphen konnten mit dem Pianese-Farbgemisch, mit Lactophenolblau, mit Perjodsäure-Schiffchem Reagenz+Lactophenolblau nach NAIR 1976 und mit Fungiqua (Ciba Corning) angefärbt werden. Für letztere Methode wurden die Schnitte mit Fungiqua A auf dem Objektträger überschichtet, 30 min inkubiert, mit PBS (Phosphate-Buffered-Saline) mehrfach gewaschen, mit Fungiqua B (Evans-blau) 30 s gegengefärbt, mehrfach mit PBS gewaschen, in Glycerin eingeschlossen und im Fluoreszenzmikroskop unter UV-Anregung (Pilzhypphen und Zellulose leuchten blau) ausgewertet.

Die Anfärbung von Fetten und Cutin erfolgte mit Sudanrot 7B (Merck), mit Sudan III-Sudan-IV-Gemisch nach Pearse, bzw. mit Nilblausulfat.

3. Ergebnisse

3.1 Nadellänge

Obwohl die Nadellängen von Ast zu Ast starken Schwankungen unterworfen sind, folgen sie insgesamt jedoch recht einheitlich der entsprechenden Höhenstufe. Für alle Jahrgänge sind die Nadeln des Baumes 1 am längsten, die des Baumes 3 am kürzesten. Die Nadeln des Jahrganges 87 sind nur wenig länger als jene des Jahrganges 86, die des Jahrganges 85 (vor allem bei Baum 3) sind wesentlich kürzer (Abb. 1).

3.2 Gesamtquerschnittsfläche der Nadeln

Die größten Querschnittsflächen für alle Jahrgänge weisen die Nadeln des Baumes 2 auf. Sehr große Querschnittsflächen besitzt auch der Jahrgang 85 des Baumes 1 und der Jahrgang 86 des Baumes 3. Die übrigen Jahrgänge des Baumes 3 besitzen eine deutlich kleinere Querschnittsfläche (Abb. 2).

3.3 Umfang der Nadelquerschnitte, Formzahl

Den größten Umfang der Nadelquerschnitte haben die Nadeln des Baumes 2, die des Baumes 1 weisen einen etwas geringeren Umfang auf. Bei Baum 3 haben nur die Nadeln des Jahrganges 86 einen relativ großen Umfang. Der Unterschied zwischen den Nadelhöhen- und -breitenverhältnissen ist zwischen den einzelnen Bäumen nicht signifikant, es lassen sich jedoch Häufigkeiten in den Verteilungen erkennen. So besitzen die Nadeln des Baumes 1 bei allen Jahrgängen das größte Verhältnis der Höhe zur Breite (die Nadelquerschnitte sind länglich-oval), die Verhältniszahlen von

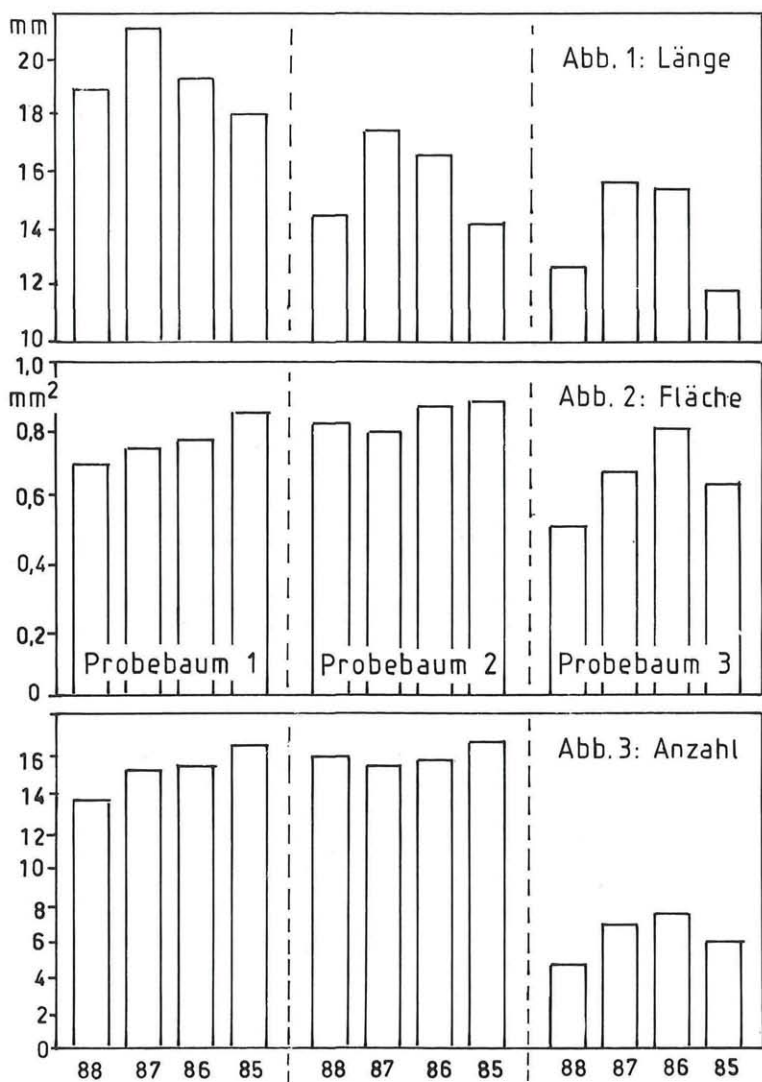


Abb. 1. Länge der Nadeln der Jahrgänge 85–88 der Bäume 1, 2 und 3.

Fig. 1. Length of needles from the year's classes 85–88 of the trees 1, 2 and 3.

Abb. 2. Querschnittsfläche der Nadeln der Bäume 1, 2 und 3.

Fig. 2. Cross-section area of the needles from the trees 1, 2 and 3.

Abb. 3. Zahl der Sklerenchymzellen im Gefäßbündel der Nadeln der Probebäume.

Fig. 3. Number of the sclerenchymatic cells in the vascular bundle of needles from the test trees.

Baum 2 und 3 sind etwa gleich. Etwa 2% der Nadeln aller drei Bäume fallen aus dem üblichen Querschnittsbild heraus, sie sind im Querschnitt breiter als höher (Abb. 9).

Die Formzahl, ein Maß für die Abweichung von der Kreisform, errechnet sich aus dem Verhältnis der Querschnittsfläche zum Umfang ($4 \cdot \pi \cdot \text{Fläche} / \text{Quadrat des Umfanges}$, HALBWACHS & al. 1986). Sie weicht bei Baum 2 am stärksten von der Kreisform ab (Formzahl < 1 , Abb. 8). Diese Nadelquerschnitte besitzen pilzförmiges Aussehen. Die Formzahl der Nadelquerschnitte des Baumes 3 kommt für alle untersuchten Jahrgänge dem Wert 1 am nächsten (Querschnitt annähernd kreisförmig, Abb. 7).

3.4 Absolute Querschnittsfläche der Gewebe

Die auffälligsten Unterschiede zwischen den drei untersuchten Bäumen zeigen sich bei den Querschnittsflächen des Chlorenchyms, der Endodermis und des Gefäßbündels (und hier besonders die Querschnittsflächen des Xylems und der Sklereiden im Gefäßbündel).

Die absolute Querschnittsfläche des Chlorenchyms ist bei Baum 2 am größten. Große Querschnittsflächen des Chlorenchyms weisen auch der Jahrgang 85 des Baumes 1 und der Jahrgang 86 des Baumes 3 auf. Sonst sind die Chlorenchymflächen (im Querschnitt der Nadel) bei Baum 3 am kleinsten (Tab. 1).

Tabelle 1 / Table 1

Querschnittsfläche des Chlorenchyms (mm^2) und dessen prozentualer Anteil an der Nadelquerschnittsfläche (Mittelwerte \pm Standardabweichungen)
Cross-section area of the chlorenchyma (mm^2) and its percentual share in the total cross-section area (means \pm standard deviations)

Probe- baum	Nadel- jahrgg.	Chlorenchym mm^2 $\bar{x} \pm s_x$	Chlorenchymfläche Nadelquerschnitt (%) $\bar{x} \pm s_x$
Nr. 1	88	0,520 \pm 0,055	74,26 \pm 1,30
	87	0,567 \pm 0,116	75,48 \pm 1,48
	86	0,569 \pm 0,087	75,13 \pm 1,69
	85	0,639 \pm 0,104	75,43 \pm 1,78
Nr. 2	88	0,598 \pm 0,085	73,25 \pm 1,60
	87	0,579 \pm 0,099	72,65 \pm 1,37
	86	0,642 \pm 0,111	73,34 \pm 1,21
	85	0,642 \pm 0,095	75,32 \pm 1,14
Nr. 3	88	0,393 \pm 0,052	74,41 \pm 1,73
	87	0,519 \pm 0,091	75,90 \pm 1,29
	86	0,624 \pm 0,092	77,23 \pm 1,13
	85	0,493 \pm 0,099	75,12 \pm 1,63

Tabelle 2 / Table 2

Querschnittsfläche der Endodermis (mm²) und deren prozentualer Anteil an der Nadelquerschnittsfläche (Mittelwerte ± Standardabweichungen)
 Cross-section area of the endodermis (mm²) and its percentual share in the total cross-section area (means ± standard deviations)

Probe- baum	Nadel- jahrgg.	Endodermis mm ² $\bar{x} \pm s_x$	$\frac{\text{Endodermisfläche}}{\text{Nadelquerschnitt}}$ (%) $\bar{x} \pm s_x$
Nr. 1	88	0,0143 ± 0,0019	2,04 ± 0,21
	87	0,0135 ± 0,0026	1,81 ± 0,21
	86	0,0140 ± 0,0021	1,86 ± 0,21
	85	0,0154 ± 0,0029	1,82 ± 0,21
Nr. 2	88	0,0202 ± 0,0027	2,48 ± 0,21
	87	0,0193 ± 0,0050	2,39 ± 0,26
	86	0,0206 ± 0,0042	2,35 ± 0,21
	85	0,0199 ± 0,0039	2,26 ± 0,27
Nr. 3	88	0,0089 ± 0,0015	1,69 ± 0,23
	87	0,0114 ± 0,0022	1,69 ± 0,29
	86	0,0121 ± 0,0024	1,50 ± 0,23
	85	0,0111 ± 0,0019	1,70 ± 0,20

Abb. 4. Gerbstoffeinlagerungen in den Schließzellen. Solche Einlagerungen sind sowohl in der Mitte als auch am Rand der Schließzellen zu finden. Nadel mit Auramin und Astrablau gefärbt.

Fig. 4. Tannin-deposition in stomata cells. These depositions were not only found in the middle but also at the margin of the stomata cells. Stained with auramine and astrablue.

Abb. 5. Braune, nekrotische Veränderung an einer Nadel, beginnende Pustelbildung.
 Fig. 5. Brown necrosis of a needle, commencing formation of a pustule.

Abb. 6. Pilzhyphen an der Außenseite einer Nadel mit mechanischem Schaden (Bruch). Die Chlorenchymzellen sind abgestorben und enthalten Gerbstoffe.

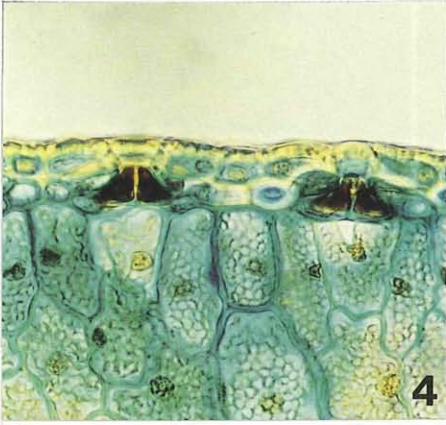
Fig. 6. Fungal hyphae on the surface of a needle with mechanical damage (breaking). The chlorenchym cells are mortified and contain tannin.

Abb. 7. Typisches Querschnittsbild einer Nadel des Baumes 3.
 Fig. 7. Typical picture of a cross-section of a needle from tree 3.

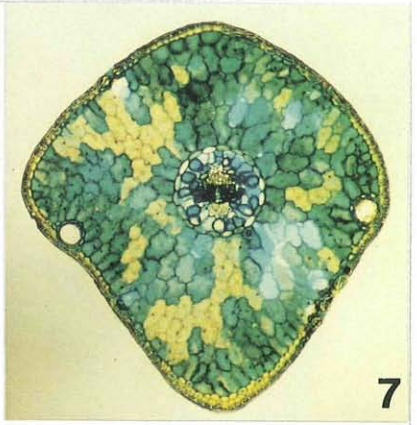
Abb. 8. Typisches Querschnittsbild einer Nadel des Baumes 2.
 Fig. 8. Typical picture of a cross-section of a needle from tree 2.

Abb. 9. Querschnittsbild einer Nadel, die deutlich breiter als hoch ist. Etwa 2% aller Nadeln der drei Bäume weisen diesen Bau auf.

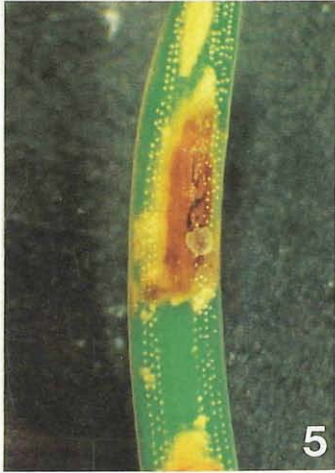
Fig. 9. Cross-section of a needle, evidently more flat than tall. Approximately 2% of all needles show this structure.



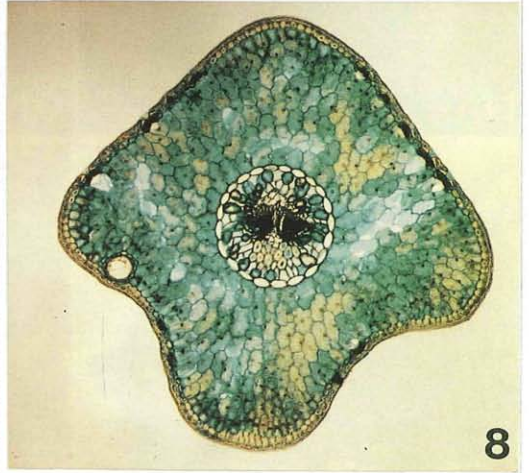
4



7



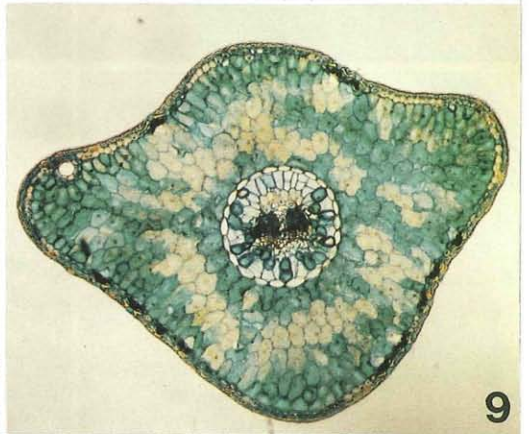
5



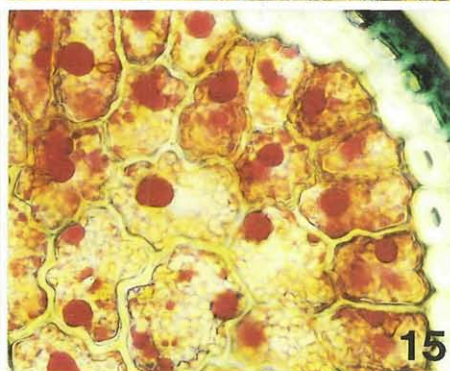
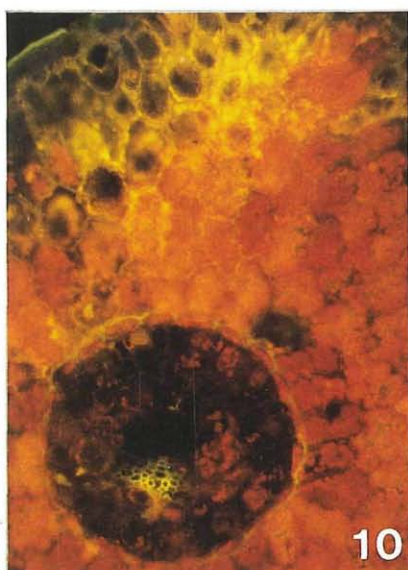
8



6



9



Auch die Querschnittsfläche der Endodermis weist bei den Nadeln des Baumes 2 die größten und bei den Nadeln des Baumes 3 die kleinsten Durchmesser auf (Tab. 2).

Die Querschnittsflächen des Gefäßbündels sind bei Baum 1 und 2 etwa gleich groß, bei Baum 3 sind sie wesentlich kleiner (Tab. 3).

Ähnlich verhalten sich die Querschnittsflächen des Xylems und der sklerenchymatischen Kappe des Phloems. Die Fläche der sklerenchymatischen Kappe ist bei Baum 1 und 2 etwa dreimal so groß wie bei Baum 3 (Tab. 4 und 5).

Abb. 10. Nadelquerschnitt im Fluoreszenzmikroskop (Blaulichtanregung). Die äußeren Chlorenchymzellen (am oberen Bildrand) sind abgestorben, die Zellwände der weiter innen gelegenen Chlorenchymzellen fluoreszieren gelb, besitzen aber noch lebende Chloroplasten.

Fig. 10. Cross-section of a needle in a fluorescent microscope (blue-light excitation). The outward chlorenchym cells (at the upper border of the picture) are mortified, the cellwalls of the inner chlorenchym cells are yellow fluoresceing, but they still have living chloroplasts.

Abb. 11. Gefäßbündel einer geschädigten Nadel (UV-Anregung). Auffallend sind die stark fluoreszierenden Chloroplasten in der Leitbündelscheide und im Transfusionsparenchym. In der rechten oberen Ecke sind einige geschädigte Zellen zu erkennen.

Fig. 11. A vascular bundle of an injured needle (ultraviolet excitation). The strong fluoresceing chloroplasts in the sheath of the vascular bundle and in the transfusion parenchyma are remarkable. In the upper right edge, some injured cells are recognized.

Abb. 12. Querschnittsbild durch das Gefäßbündel einer Nadel (Baum 3). Braunfärbung des Kambiums, die teilweise auf das Xylem übergreift.

Fig. 12. Cross-section of the vascular bundle of a needle from tree 3. Brown coloured cambium, xylem partially brown coloured.

Abb. 13. Eine große braune Pustel. Die Chlorenchymzellen der Nadel zeigen eine meristemähnliche Gewebeanordnung um die Schadstelle.

Fig. 13. A large, brown pustule. The chlorenchym cells of the needle show a meristem-like placement of tissue around the injured spot.

Abb. 14. Eine kleine Pustel mit Pilzhyphen und coccalen Algen. Gerbstoffeinlagerungen in einigen Mesophyllzellen.

Fig. 14. A small pustule with fungal hyphae and coccal algae. Tannin-depositions in some mesophyll cells.

Abb. 15. Fettablagerungen (Öltröpfchen) in Chlorenchymzellen. Färbung der Öltröpfchen mit Sudanrot; schwache Gegenfärbung mit Brillantgrün.

Abb. 15. Lipid-like depositions (lipid droplets) in chlorenchym cells. Stained with sudan red; weak contrast staining with brilliant green.

(140)

Tabelle 3 / Table 3

Querschnittsfläche des Gefäßbündels (mm^2) und dessen prozentualer Anteil an der Nadelquerschnittsfläche (Mittelwerte \pm Standardabweichungen)

Cross-section area of the vascular bundle (mm^2) and its per centual share in the total cross-section area (means \pm standard deviations)

Probe- baum	Nadel- jahrgg.	Gefäßbündel	Gefäßbündelfläche
		mm^2	Nadelquerschnitt (%)
		$\bar{x} \pm s_x$	$\bar{x} \pm s_x$
Nr. 1	88	0,0560 \pm 0,0130	7,91 \pm 1,16
	87	0,0532 \pm 0,0138	7,02 \pm 0,86
	86	0,0565 \pm 0,0126	7,48 \pm 1,27
	85	0,0607 \pm 0,0126	7,19 \pm 1,15
Nr. 2	88	0,0592 \pm 0,0097	7,26 \pm 0,84
	87	0,0597 \pm 0,0138	7,44 \pm 0,76
	86	0,0665 \pm 0,0152	7,55 \pm 0,73
	85	0,0652 \pm 0,0145	7,38 \pm 0,83
Nr. 3	88	0,0338 \pm 0,0088	6,36 \pm 1,19
	87	0,0415 \pm 0,0107	6,00 \pm 0,79
	86	0,0501 \pm 0,0098	6,18 \pm 0,58
	85	0,0418 \pm 0,0096	6,37 \pm 0,71

3.5. Querschnittsfläche der einzelnen Gewebe in Prozent der Gesamtquerschnittsfläche

In den Prozentwerten zeigen sich beim Chlorenchym Unterschiede zu den Absolutwerten. Die Prozentanteile des Chlorenchyms sind bei Baum 2 am geringsten ($\approx 73\%$) und bei Baum 3 am größten (Jg. 88, 87 und 85 $\approx 75\%$, Jg. 86 sogar $\approx 77,5\%$).

Im Gegensatz zum Chlorenchym verhalten sich die prozentuellen Anteile der Endodermis und des Leitgewebes wie die Absolutflächen. Der Anteil der Endodermisfläche an der Gesamtquerschnittsfläche der Nadel ist bei Baum 2 besonders hoch (Tab. 1 bis 5).

3.6. Zellzahlen der einzelnen Gewebe

Signifikante Unterschiede konnten bei der Zahl der Sklerenchymzellen im Gefäßbündel festgestellt werden. Bei den Bäumen 1 und 2 wurden etwa dreimal so viele sklerenchymatische Zellen nachgewiesen, als dies bei Baum 3 der Fall war (Abb. 3).

Die Zahl der wenig sklerenchymatischen Zellen der Hypodermis war bei Baum 3 ebenfalls geringer, jedoch nicht signifikant.

Tabelle 4 / Table 4

Querschnittsfläche des Xylems (μm^2) und dessen prozentualer Anteil an der Nadelquerschnittsfläche (Mittelwerte \pm Standardabweichungen)
 Cross-section area of the xylem (μm^2) and its percentual share in the total cross-section area (means \pm standard deviations)

Probe- baum	Nadel- jahrgg.	Xylem μm^2 $\bar{x} \pm s_x$	$\frac{\text{Xylemfläche}}{\text{Nadelquerschnitt}}$ (%) $\bar{x} \pm s_x$
Nr. 1	88	2760 \pm 761	0,40 \pm 0,12
	87	3050 \pm 800	0,41 \pm 0,07
	86	3190 \pm 615	0,43 \pm 0,08
	85	3140 \pm 978	0,37 \pm 0,08
Nr. 2	88	3520 \pm 1176	0,43 \pm 0,11
	87	3320 \pm 1112	0,41 \pm 0,07
	86	3680 \pm 1005	0,42 \pm 0,08
	85	3700 \pm 1138	0,42 \pm 0,09
Nr. 3	88	1930 \pm 424	0,37 \pm 0,08
	87	2360 \pm 790	0,34 \pm 0,08
	86	2470 \pm 609	0,31 \pm 0,06
	85	2100 \pm 435	0,33 \pm 0,07

3.7. Harzkanalverlauf

Bei allen untersuchten Nadeljahrgängen der drei Probenbäume wurden in den Querschnitten im ersten Drittel der Nadeln (Nadelspitze) meist beide Harzkanäle gefunden. In der Nadelmitte fehlten meist beide Harzkanäle. In den Querschnitten durch die Nadelbasis waren bei Baum 1 und 2 meist beide Harzkanäle vorhanden, im Nadeljahrgang 86 des Baumes 3 meist nur ein Harzgang, in den übrigen Nadeljahrgängen (85, 87 und 88) fehlten bei diesem Baum beide Harzgänge an der Nadelbasis.

3.8. Morphologische, histologische und anatomische Beobachtungen

3.8.1. Fetteinlagerungen: In den Querschnitten der Nadeln aller drei Bäume konnten wiederholt Fetttropfchen nachgewiesen werden. Folgende Zusammenhänge konnten festgestellt werden:

In älteren Nadeln (ohne sichtbaren Schaden) wurden solche Fetttropfen eher beobachtet als in jüngeren.

In nahezu allen Nadeln mit erkennbarem Schaden (Pilzbefall, Gerbstoffeinlagerungen, Chloroplastendefekte) wurden Fetttropfchen beobachtet. Diese lagen jedoch meist an der dem Schaden abgewandten Seite des Nadelblattes (Abb. 15). Solche Häufungen von Fetttropfchen wurden auch von SOIKKELI 1981 a, b beobachtet.

(142)

Tabelle 5 / Table 5

Querschnittsfläche des Sklerenchyms (μm^2) und dessen prozentualer Anteil an der Nadelquerschnittsfläche (Mittelwerte \pm Standardabweichungen)
 Cross-section area of the sclerenchyma (μm^2) and its percentual share in the total cross-section area (means \pm standard deviations)

Probe- baum	Nadel- jahrgg.	Sklerenchym μm^2 $\bar{x} \pm s_x$	Sklerenchymfläche Nadelquerschnitt (%) $\bar{x} \pm s_x$
Nr. 1	88	5870 \pm 2215	0,83 \pm 0,26
	87	5530 \pm 1581	0,74 \pm 0,15
	86	5680 \pm 1688	0,74 \pm 0,15
	85	5860 \pm 1526	0,70 \pm 0,18
Nr. 2	88	5200 \pm 1271	0,64 \pm 0,12
	87	5850 \pm 1739	0,72 \pm 0,13
	86	5820 \pm 1854	0,66 \pm 0,15
	85	6090 \pm 1737	0,69 \pm 0,16
Nr. 3	88	1530 \pm 667	0,28 \pm 0,11
	87	2070 \pm 883	0,31 \pm 0,14
	86	2630 \pm 928	0,32 \pm 0,09
	85	2150 \pm 835	0,32 \pm 0,10

3.8.2. Pilzbefall und nekrotische Veränderungen: An Nadeln aller drei Höhenstufen der Jahrgänge 85–87 – jedoch in unterschiedlicher Anzahl und in unterschiedlichem Ausmaß – konnte die Bildung brauner bis schwarzer Gewebsnekrosen beobachtet werden (Abb. 5 und 14). Derartige Pusteln waren beim Nadeljahrgang 85 des Baumes 3 besonders häufig. 87er Nadeln wiesen nur sehr wenige warzenartige Ausbildungen auf. Im Querschnitt dieser Nadeln zeigten sich Gerbstoffeinlagerungen (Abb. 13). Die fluoreszenzmikroskopische Untersuchung (Blaulichtanregung) zeigt eine gelbe Fluoreszenz der Zellwände geschädigter Zellen (Abb. 10). Auf diesen Pusteln konnten wiederholt Pilzhypen nachgewiesen werden. Vor allem in Nadeln mit solchem Schaden konnten im Fluoreszenzmikroskop stark fluoreszierende Chloroplasten in der Gefäßbündelscheide sowie in den parenchymatischen Zellen des Transfusionsgewebes (und hier besonders häufig in den Strasburger-Zellen) beobachtet werden (Abb. 11).

Nekrotische Veränderungen und Pilzbefall treten nicht immer gemeinsam auf. An geschädigten Nadeln (Bruch bzw. Epidermisrisse) konnten wiederholt Pilzhypen gefunden werden, ohne daß eine braune Verfärbung dieses Nadelteiles feststellbar war (Abb. 6).

3.8.3. Gerbstoffe in Schließzellen: Nadeln, die solche Braunfärbungen der Schließzelleninhalte aufweisen, sind schon mit der Lupe zu erkennen.

Es sind braune Ringe um die Wachspfropfen der Spaltöffnungen feststellbar.

Im Querschnitt zeigen sich spezifische Gerbstoffeinlagerungen in den Schließzellen (Abb. 4).

Eine Braunfärbung von Schließzellen konnte erst ab dem Probemonat Mai beobachtet werden. Solche Einlagerungen wurden vor allem bei den 85er und 86er Nadeln des Baumes 3 beobachtet; im Juni trat dieses Schadbild vereinzelt auch an den Bäumen 1 und 2 auf.

3.8.4. Gerbstoffeinlagerungen im Nadelkambium: Im Zusammenhang mit den vorher geschilderten Gerbstoffeinlagerungen in den Schließzellen konnte auch des öfteren eine solche im Nadelkambium und im -xylem bei Baum 3 beobachtet werden (Abb. 12). Ob diese beiden Schäden dieselbe Ursache haben, ist zumindest zweifelhaft, da diese Braunfärbung des Kambiums nur bei Baum 3 beobachtet wurde. Vielmehr liegt die Vermutung nahe, daß es sich bei der Braunfärbung des Kambiums um eine Auswirkung der Kernfäule des Baumes 3 handelt.

4. Diskussion

Es konnten zum Teil erhebliche Unterschiede zwischen den Nadeln der einzelnen Probebäume nachgewiesen werden. Auffällig sind vor allem die bei Baum 3 auftretenden Reduktionen aller, nicht unmittelbar für die Assimilation benötigten Gewebe. So weisen die Nadeln zylinderförmigen Bau auf (im Querschnitt daher Kreisform), um die Fläche des Sklerenchyms zu minimieren. Die wenig sklerenchymatischen Anteile der Hypodermis werden noch stärker reduziert. Diese Nadeln besitzen eine kleine Endodermisfläche sowie eine kleine Querschnittsfläche des Xylems. Außerdem weisen sie eine starke Reduktion der sklerenchymatischen Kappen des Phloems sowie eine Reduktion der Transfusionstracheiden zugunsten chloroplastenhaltiger Transfusionsparenchymzellen auf. Nach ALBERT 1989 sind diese Veränderungen ein Indiz dafür, daß Baum 3 Schwierigkeiten in seiner Nährstoffbilanz aufweist. Ein weiterer Stressor, nämlich der hohe Pilzbefall (ganz besonders ab September 1988), zeigt den schlechten Zustand von Baum 3 auf. Bestätigt werden diese Ergebnisse auch durch das Vorliegen von Kernfäule mit bereits beginnender Braunfärbung des Holzkernes (vgl. GLATTES & al. 1989). Auch die relativ schwache Mykorrhizierung von Baum 3 (GÖBL 1989) trägt zum schlechten Gesamtzustand von Baum 3 bei.

Anders liegen die Verhältnisse bei Baum 2, der besonders große Endodermis- und Gefäßbündelflächen aufweist. Nach den Untersuchungen von RUETZE & SCHMITT 1987 weisen Sonnennadeln einen größeren Leitbündeldurchmesser mit entsprechend größerer Anzahl aller Zellarten auf. Dies allein kann jedoch nicht der Grund für die großen Gefäßbündel- bzw. Endodermisflächen bei Baum 2 sein, da ja von allen drei Bäumen sonnenex-

ponierte Nadeln für die Untersuchung verwendet wurden. Der Grund für die abweichende Ausbildung der Nadeln bei Baum 2 dürfte im hier vorhandenen hohen Nährstoffeintrag durch die umgebende gemästete Wiese zu suchen sein. Obwohl die Nadeln des Baumes 2 besonders im Februar einen habituell schlechten Eindruck erweckten (glasig, teilweise olivgrünes Aussehen, leichtes Brechen der Nadeln), vermittelt der anatomische Querschnitt eher den Eindruck von optimal entwickelten Nadeln (prozentuell kleiner Anteil des Chlorenchyms an der Querschnittsfläche, großer Nadelumfang im Vergleich zur Fläche sowie große Querschnittsflächen der Nadeln). Die Nadeln eines Triebes dürften jedoch nicht so dicht angeordnet sein und auch höhere Nadelverluste aufweisen, als dies bei Baum 1 und 3 der Fall ist. Nach SCHÖN 1988 sind die Vergrößerungen einzelner Nadelgewebe als Kompensation der Nadelverluste anzusehen (die verbleibenden Blattoorgane werden besser versorgt und der Nadelverlust dadurch teilweise kompensiert). Im Gegensatz zu den Beobachtungen von SCHÖN stehen jedoch die hohen Triebblängen bei Baum 2 (im Vergleich zu den anderen Probestämmen). Baum 2 weist also – trotz des hohen Wassergehaltes des Bodens – anatomisch gesehen eher gesunde Nadelgewebe auf. Auch die gute Mykorrhizierung bei Baum 2 (GÖBL 1989) wirkt sich sicher positiv aus. Ebenso zeigen die Jahresringuntersuchungen (vgl. GLATTES & al. 1989) besonders hohe Zuwächse in manchen Jahren. Hingegen weisen die transmissionselektronenmikroskopischen Untersuchungen (ZELLNIG & GAILHOFER 1989) gerade bei den Chloroplasten des Baumes 2 eine hohe Lipidzunahme (Hinweis für eine frühzeitige Alterung, GRILL & al. 1986) auf. Schließlich kann auch eine genetisch bedingte Variabilität der einzelnen Nadelgewebsanteile nicht ausgeschlossen werden.

Baum 1 zeigt bei den biometrischen und anatomischen Untersuchungen keine besondere Charakteristik. Einige Werte sind etwa gleich groß wie bei Baum 2 (z. B. Gefäßbündelgröße), andere Meßgrößen liegen nahe jenen von Baum 3 (z. B. % Chlorenchymfläche). Die Querschnittsflächen und Prozentwerte liegen zwischen denen von Baum 2 und 3, lediglich die Nadellängen weisen größere Werte als die Nadeln der anderen Bäume auf.

Danksagung:

Die Forschungsarbeit wurde durch die finanzielle Unterstützung seitens des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung ermöglicht.

5. Literatur

- ALBERT R. 1989. Mineralstoff- und Ionenhaushalt von Fichten im Zillertal. – *Phyton (Austria)* 29 (3, Sonderband „Zillertal“): (111)–(131).
- GLATTES F., BOLHÄR-NORDENKAMPF H. R., GABLER K., LEITNER J., MAJER CH., PLATTNER J. & ZWARGER P. 1989. Die Biotope der Probestämme im Höhenprofil „Zillertal“. – *Phyton (Austria)* 29 (3, Sonderband „Zillertal“): (15)–(37).

- GÖBL F. 1989. Mykorrhiza- und Feinwurzelbildung von Probestämmen des Höhenprofils im Zillertal. – *Phyton (Austria)* 29 (3, Sonderband „Zillertal“): (97)–(101).
- GRILL D., PFEIFHOFER H. & TSCHULIK A. 1986. Untersuchungen über die jahreszeitlichen Schwankungen von Nadelinhaltsstoffen unter besonderer Berücksichtigung von Frosthärtefaktoren. – *Phyton (Austria)* 27: 221–240.
- HALBWACHS G., SCHÖN B. & WIMMER R. 1986. Endbericht zum Projekt „Diagnostische Untersuchungen zum Waldsterben: Anatomisch morphologische Untersuchungen unter Verwendung biometrischer und analytischer Verfahren“, 75 Seiten, Juli 1986. – Zentrum f. Umwelt- und Naturschutz, Univ. f. Bodenkultur, Wien.
- NAIR J. 1976. A method for staining infection hyphae in pine leaves. – *Stain Technol.* 51: 47–49.
- RUETZE M. & SCHMITT U. 1987. Histologie der Alterung von Fichtennadeln (*Picea abies* [L.] KARST.). – *Angew. Bot.* 62: Heft 1/2, Mai 88.
- SCHÖN B. 1987. Ast- und Nadelbiometrie der Fichte am Standort Rosalia. – Forschungsinitiative gegen das Waldsterben, Bericht 1987, pp. 225–233. – Wien.
- SCHÖN B., WIMMER R., WUGGENIG W. & HALBWACHS G. 1988. Nadel- und triebbiometrische Untersuchungen an Fichten aus österreichischen Waldschadensgebieten. – Bericht der Forschungsinitiative gegen das Waldsterben, Symposium 1988, 297–298.
- SOIKKELI S. 1981 a. Comparison of cytological injuries in conifer needles from several polluted environments in Finland. – *Ann. Bot. Fennici* 18, 47–61.
- 1981 b. The types of ultrastructural injuries in conifer needles of northern industrial environments. – *Silva Fennica* Vol. 15. 1981, 4: 399–404.
- ZELLNIG G. & GAILHOFER M. 1989. Feinstruktur der Chloroplasten von *Picea abies* (L.) KARST. verschiedener Standorte im Höhenprofil „Zillertal“. – *Phyton (Austria)* 29 (3, Sonderband „Zillertal“): (147–161).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn](#)

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: [29_3](#)

Autor(en)/Author(s): Draxler Gerhard, Ruppert Walter

Artikel/Article: [Anatomische Studien an geschädigten Fichtennadeln aus dem Höhenprofil "Zillertal". 133-145](#)