

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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 105 (1954)

Heft: 12

Artikel: Die Entwicklung des Tannenjungwuchses in den Plenterwäldern Kroatiens

Autor: Šafar, Josip

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-766687>

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: 14.01.2026

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

Die Entwicklung des Tannenjungwuchses in den Plenterwäldern Kroatiens

Von Josip Šafar, Zagreb

Fortsetzung und Schluß

(22.14)

VIII. Der Einfluß des Bodens auf die Entwicklung des Tannenjungwuchses

Die Untersuchungen an den Tannenjungwüchsen wurden gesondert auf Kalk- und Silikatböden ausgeführt. Nur für den Schichtschluß war eine genügende Baumzahl von Tannen bestimmter Höhe nicht zu finden, da diese Bestandesform sich auf Silikatböden meist nicht voll entwickeln kann, indem die Buche hier weniger wuchskräftig als die Tanne ist.

Das Zahlenmaterial läßt keine charakteristischen Unterschiede in der Baumentwicklung auf den beiden Böden erkennen. Eine bemerkenswerte Ausnahme bildet nur das Baumzahlenverhältnis. Aus Tabelle 5 geht hervor, daß auf Kalkböden im allgemeinen eine viel größere

Tabelle 5

Prozentuales Baumzahlenverhältnis der Tannenjungwüchse für Kalk- und Silikatböden

Jungwuchs in	Alter Jahre									
	20-40		41-60		61-80		81-100		101-140	
	Kalk	Silikat	Kalk	Silikat	Kalk	Silikat	Kalk	Silikat	Kalk	Silikat
	Baumzahl in %									
Gruppenstand	9	37	10	25	10	5	1	3	—	—
Einzelstand	8	20	25	12	12	11	4	4	4	—
Vertikalschluß	11	1	18	7	27	20	11	1	4	—

Zahl älterer Bäume vorhanden ist. Es ist als ganz sicher anzunehmen, daß dieses Ergebnis mehr durch wirtschaftliche als natürliche Faktoren verursacht ist, weil die Tannenwälder auf Kalkböden meist in wirtschaftlich und ökologisch ungünstigeren Gebieten liegen, während diejenigen auf Silikatböden sich meist in der Nähe von Ortschaften und wichtigeren Verkehrslinien befinden. In die günstig gelegenen Wälder auf Silikatböden wurde öfter und häufiger eingegriffen, deshalb ist die Unterdrückung des Tannenjungwuchses schwächer und kürzerfristig als in den abgelegenen Wäldern auf Kalkböden, wo zudem die Standortsgüte meistens geringer ist. Außerdem ist es merkwürdig, daß eine verhältnismäßig geringe Zahl der Gruppenstände (30 %) auf Kalkböden vorhanden ist. Auf Grund sowohl dieser Angaben, wie auch der

unmittelbaren Beurteilung, ist festzustellen, daß sich der Tannenjungwuchs in Gruppen leichter auf Silikatböden und auf den tiefgründigeren Kalkböden fördern läßt als auf andern Kalkböden.

Die festgestellte Tatsache, daß die Werte der einzelnen Baumelemente auf den verschiedenen Böden keine ausgeprägten Unterschiede aufweisen, ist nicht ohne Bedeutung. Sie beweist, daß die petrographische Unterlage, auf der sich diese Böden entwickelten, keine bedeutende Rolle in der Entwicklung des älteren Tannenjungwuchses spielt. Der Einfluß der Standortsgüte auf die überschirmten Tannenjungwüchse wird beinahe ganz durch den Bestandesschluß überdeckt (ungenügende Erziehung). Darauf hat schon früher Flury (1933) hingewiesen. Aus neuen Untersuchungen über den Aufbau der Plenterwälder (Leibundgut, 1945) geht hervor, daß die Mittelhöhen der untern Stärkeklassen wenig voneinander abweichen und die standörtlichen Unterschiede durch die Einflüsse des Bestandesaufbaus vollständig verwischt werden; zu ähnlichen Folgerungen ist derselbe Autor bei den Fragen nach Schlankheitsgrad und Astreinheit gelangt, was unsere ergänzenden Untersuchungen ebenfalls erwiesen haben.

IX. Die Entwicklung des Wurzelsystems beim Tannenjungwuchs

Die bisherigen Untersuchungen zeigten, daß die Tanne im Lauf der jahrzehntelangen Unterdrückung die Schirmfläche bedeutend vergrößert. Durch den so ausgebildeten Assimilationsapparat wird eine bessere Ausnutzung des spärlichen diffusen Lichtes ermöglicht. Es stellt sich deshalb auch die Frage, wie sich das *Wurzelsystem* vom normalen Zustand bis zum Ende des latenten Lebens entwickelt.

1. Historischer Abriß der bisherigen Untersuchungen

Die Untersuchungen über die Entwicklung des Wurzelsystems sind meistens an jungen Pflanzen ausgeführt worden, und zwar zum Teil schon im vorigen Jahrhundert, so von Duhamel du Monceau 1758, Mohl 1862, Resa 1877, Engler 1903 u. a. In unserem Jahrhundert wurde der Einfluß gegenseitiger Wurzelkonkurrenz, insbesondere der Wettbewerb um Feuchtigkeit, vielfach untersucht, so von Friecke 1904, Aaltonen 1926, Fabricius 1929, Toumey 1947, Stevens 1931, Korstian-Coile 1938, Reed 1939 u. v. a.

Das Wurzelsystem an älteren Bäumen ist relativ selten untersucht worden. Der Hauptgrund dürfte darin liegen, daß viel Feldarbeit und bedeutende finanzielle Mittel erforderlich sind und daß das Ergebnis gewöhnlich in keinem Verhältnis zur aufgewendeten Arbeit steht. Deshalb wurde das Zahlenmaterial meistens aus einer kleinen Zahl von Probebäumen gewonnen. Eingehende Untersuchungen des Wurzel-

systems älterer Bäume wurden hauptsächlich in Mittel- und Nordeuropa ausgeführt, so von B ü s g e n 1901, V a t e r 1927 und H i l f 1927 an Fichte, Kiefer und Buche, von L a i t a k a r i 1927 an Kiefer und 1935 an Birke, von D a v i d o v 1940 an Fichte im Zusammenhang mit der Durchforstung, von R a h t e e n k o 1949 in reinen und gemischten Kiefernkulturen, von K a l e l a 1949 an Kiefer und Fichte, von Š u m a k o v 1949 an Eiche, von Z e n t g r a f 1950 an Tanne, von Š a f a r 1951 orientierende Untersuchungen an Stieleiche und Tanne usw. Die Untersuchungen sind meist Zustandsuntersuchungen, weniger Untersuchungen des Entwicklungsverlaufes mit dem Alter.

Welchen Entwicklungsweg der unterirdische Baumteil einschlägt, wenn die Unterdrückungszeit sehr lange dauert, wie dies im Plenterwald vorkommt, ist eine Frage, die wenig untersucht, aber öfters gestellt wird. Aus M o r o s o v s Betrachtungen (1930) über die Entwicklung des Nachwuchses geht hervor, daß zwischen der Entwicklung der oberirdischen Organe und des Wurzelsystems ein Zusammenhang besteht. B a l s i g e r (1952) dagegen hebt hervor, daß die Unterdrückung nicht so sehr das Wurzelsystem als die Kronenentwicklung beeinflusse. Bei der Untersuchung der Tanne wird von M i t s c h e r l i c h - W e i h e (1925) hervorgehoben: «die Unterschiede in der Länge der Pfahlwurzeln waren nicht beträchtlich . . . , doch scheinen die Pfahlwurzeln im Druckstand im allgemeinen kräftiger entwickelt zu sein als im Freiland.»

2. *Eigene Untersuchungen des Wurzelsystems des Tannenjungwuchses*

Im Lauf der orientierenden Untersuchungen, die der methodischen Aufnahme vorausgingen, wurde festgestellt, daß die Entwicklung der Wurzelform sehr stark durch die mechanische Struktur der petrographischen Unterlage beeinflusst wird. Insbesondere auf den sehr zerrissenen und zerklüfteten skeletten und skelettoiden Kalkböden bildet sich die Wurzelform der Tannenjungwüchse außerordentlich deformiert aus. Am häufigsten ist die Pfahlwurzel anormal entwickelt. Sie verzweigt sich in Kalkböden sehr oft gabelförmig und hosenförmig, oft entstehen Seitenabzweigungen, fast immer wird die Zentralachse mehr oder weniger seitwärts abgebogen (Abb. 6). Doch, wie auch immer die Pfahlwurzel deformiert wird, besteht die Tendenz, daß sie sich positiv geotropisch verhält und knieförmig wird. Aber auch auf den Silikatböden, die eine viel homogenere Struktur aufweisen, ist die Pfahlwurzel manchmal hosenförmig, selten gabelförmig, öfters knieförmig deformiert. Nach diesen vorgängigen Untersuchungen ist die Ausbildung des Wurzelsystems mehr von den petrographischen Bedingungen abhängig als von der soziologischen Stellung der Bäume.

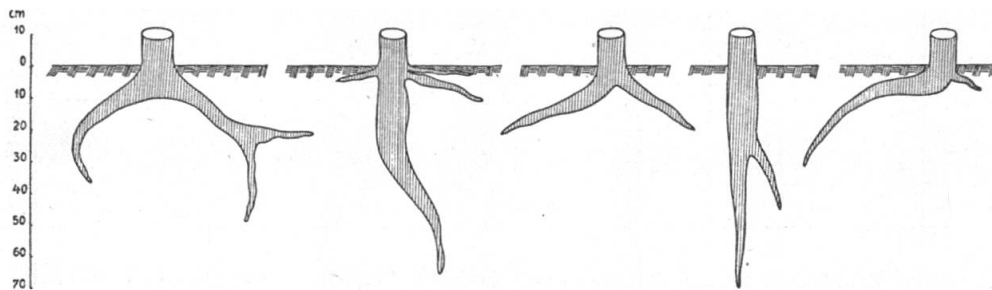


Abbildung 6

Die Wurzelform des Tannenjungwuchses in Karstböden

Ein solches Material ist sehr uneinheitlich und für unsere Untersuchungen zu wenig vergleichbar. Deshalb wurden die weiteren Feldarbeiten nur auf das Gebiet der *Silikatböden* beschränkt, wo die Einflüsse der Bodenunterlage zurücktreten. Da man nach der Geradschaflichkeit des Stammes fast immer auch auf die der Pfahlwurzel schließen konnte, geschah es sehr selten, daß sich die ausgegrabene Wurzel zur Aufnahme als ungeeignet erwies. Das Zahlenmaterial wurde nur an einzelstehenden Bäumen in Übergangsformen der Plenterbestände aufgenommen. Die auf diese Weise erreichten Ergebnisse geben keinen vollständigen Einblick in die Entwicklung des Wurzelsystems für alle Bestandesformen mit Tannenjungwuchs. Dafür läßt sich aber wenigstens eine gute Vorstellung von den Entwicklungsstadien des Wurzelsystems im Freiland und Druckstand gewinnen (Tabelle 6).

Tabelle 6

Grundangaben über das Wurzelsystem des Tannenjungwuchses

Alter	Jahre	Stockhöhe- durchmesser	Durchmesser der Pfahlwurzel in Tiefe			Länge der Wurzeln in cm		Seiten- wurzeln		Gesamtlänge des Wurzelsystems cm
			15 cm	30 cm	45 cm	Pfahl- wurzel	Seitenwurzeln	Zahl	Gesamt- länge	
27		70	70	51	1	45	26, 27, 12, 38	4	103	148
33		60	63	51	32	50	59, 91, 14	3	164	214
33		75	90	70	39	55	19, 44, 17, 14, 61, 11	6	166	221
35		77	84	72	55	58	11, 98, 59, 32	4	200	258
37		63	70	54	32	64	32, 30	2	62	126
38		84	88	75	48	56	14, 60, 41, 70	4	185	241
39		67	72	63	47	52	15, 52	2	67	119
40		68	82	68	30	67	37, 21, 104	3	162	229
40		70	81	60	28	63	14, 23, 20, 11	4	68	131

Jahre Alter	Stockhöhe- durchmesser	Durchmesser der Pfahlwurzel in Tiefe			Länge der Wurzeln in cm		Seiten- wurzeln		Gesamtlänge des Wurzelsystems
		15 cm	30 cm	45 cm	Pfahl- wurzel	Seitenwurzeln	Zahl	Gesamt- länge	
		mm							
43	83	90	65	41	72	27, 20, 87, 64, 30, 11, 38	7	277	349
43	89	99	70	45	90	32, 49, 36, 12, 25, 36, 22, 30	8	242	332
44	64	70	57	28	57	40, 15, 110, 61, 69	5	295	352
47	75	83	70	67	69	25, 29, 13, 10	4	77	146
48	62	78	57	51	63	20, 34, 19, 11	4	84	147
49	76	88	70	31	53	29, 43, 28, 30	4	130	183
50	78	84	75	66	97	11, 65, 23, 57	4	156	253
50	92	100	80	72	100	56, 34, 17, 37	4	144	244
55	87	108	86	58	78	102, 63, 54, 21, 72	5	312	390
57	76	84	55	15	58	53, 13, 34, 70, 13	5	183	241
57	72	82	69	55	75	152, 54, 33, 12, 24	5	275	350
60	80	90	76	63	92	38, 65, 50, 37, 20	5	210	302
60	95	108	80	71	94	85, 11, 84, 63	4	243	337
62	82	100	77	71	90	22, 27, 36, 12, 85	5	182	272
63	70	87	70	52	70	11, 58, 23, 86	4	178	248
63	94	111	107	94	98	27, 80, 113, 24, 14, 33, 68, 81	8	440	538
64	79	90	84	65	76	21, 87, 152, 19, 89, 40, 50, 11 ¹	8	469	545
65	91	97	93	88	97	35, 104, 37, 11, 136, 69, 24	7	416	513
66	83	91	84	70	85	35, 30, 19, 70, 50	5	204	289
66	95	100	85	60	90	48, 19, 27, 70, 110, 21	6	295	385
68	76	93	81	66	65	101, 30, 55, 37, 70, 80, 42	7	415	516
68	82	102	90	71	91	51, 21, 14, 11, 13, 20, 12, 29, 47	9	218	309
73	94	120	102	79	102	125, 49, 97, 13, 122	5	406	508
74	101	116	111	95	108	25, 30, 56, 33, 65	5	209	317
75	110	110	96	92	98	34, 23, 54, 30, 41, 39, 43, 122, 37, 50	10	473	571
77	101	108	102	84	83	42, 13, 18, 106, 14, 39, 32, 121, 23	9	408	491
79	107	122	104	83	102	11, 70, 71, 84, 25	5	261	363
81	93	123	111	86	105	40, 11, 72, 84, 12, 57, 22	7	298	403
83	89	130	102	87	92	11, 63, 92, 24, 120, 154 ¹	6	464	556
84	105	127	109	107	103	12, 58, 23, 51, 64, 13, 46	7	267	370
85	103	110	102	98	102	11, 110, 15, 62, 100, 21	6	319	421
86	91	118	121	98	86	68, 12, 61, 36, 28, 42, 47, 89, 31, 103	10	517	603
87	97	121	99	82	104	12, 16, 29, 90, 130, 180, 29, 85, 48 ¹	9	619	723
90	110	133	115	97	105	42, 135, 73, 87, 20, 13, 89, 25, 23, 33	10	540	645
92	107	130	113	89	97	105, 17, 42, 38, 90, 22, 33, 12, 17	9	376	473
93	92	113	96	78	90	13, 11, 32, 115, 80	5	251	341
95	106	118	109	80	114	18, 33, 30, 42, 27, 13, 29, 90, 32	9	314	428
100	103	90	84	70	95	130, 160, 47, 28, 23, 170	6	558	653
¹ Wurzelverwachsungen									

a) Die Pfahlwurzel

Im Vergleichsmaterial kommen die Unterschiede in der Pfahlwurzelentwicklung sehr deutlich zum Ausdruck. Die Stärke der Pfahlwurzel, auch im Verhältnis zur Stockhöhe bei 1 dm über Boden, vergrößert sich mit dem Alter bedeutend (Tabelle 6/1 und Abb. 7), und

Tabelle 6/1

Arithmetisches Mittel der Länge und Dicke der Pfahlwurzel nach Alterklassen an Tannenjungwüchsen

Alter	Stockdurchmesser bei 1 dm	Durchmesser der Pfahlwurzel in der Tiefe von			Länge der Pfahlwurzel
		15 cm	30 cm	45 cm	
Jahre	mm	mm			cm
20– 40	71	78	61	34	57
41– 60	79	90	70	52	77
61– 80	90	103	92	76	90
81–100	99	111	105	88	99

zwar in der Tiefe von 15 cm verhältnismäßig viel, bei 30 cm Tiefe weniger. In der Tiefe von 45 cm ist der Durchmesser der Pfahlwurzel in keinem Alter größer als der Stockhöhendurchmesser. Der Baumdurchmesser ist also durchschnittlich am größten am *unterirdischen* Teil.

Auch die Länge der Pfahlwurzel nimmt mit dem Alter zu. In der letzten Altersklasse ist sie um zwei Fünftel größer als in der ersten. Die kürzeste ausgemessene Länge der Pfahlwurzel war 45 cm und die größte 114 cm. Das Verhältnis der Pfahlwurzellänge zur Stammlänge ist durchschnittlich 1 : 8 in der ersten Altersklasse und 1 : 5 in der letzten. Die unmittelbare Beobachtung ergibt, daß die Pfahlwurzel oft rasch und stumpf endet, wie ein starker Bohrer; sie ist am Ende mit einem Schopf meist vertikal angewachsener, kurzer Faserwurzeln versehen.

b) Das Seitenwurzelsystem

Die Seitenwurzeln verbreiten sich hauptsächlich in der Nähe der Bodenoberfläche, wo sie sehr viel Ernährungswurzeln enthalten. Die durchschnittliche Zahl der Wurzelabzweigungen bis zur Dicke von 1 cm ist klein, jedoch ist sie in der letzten Altersklasse zweimal so groß wie in der ersten (Tabelle 6/2).

Aufschlußreicher ist die Länge der Seitenwurzeln. Die Gesamtlänge der Wurzelabzweigungen variiert von 60 cm bis über 6 m. Im Laufe der Untersuchungen hat sich sogar gezeigt, daß die Länge nur einer Wurzelabzweigung eine Größe von 3,5 m erreichen kann. Die durchschnitt-

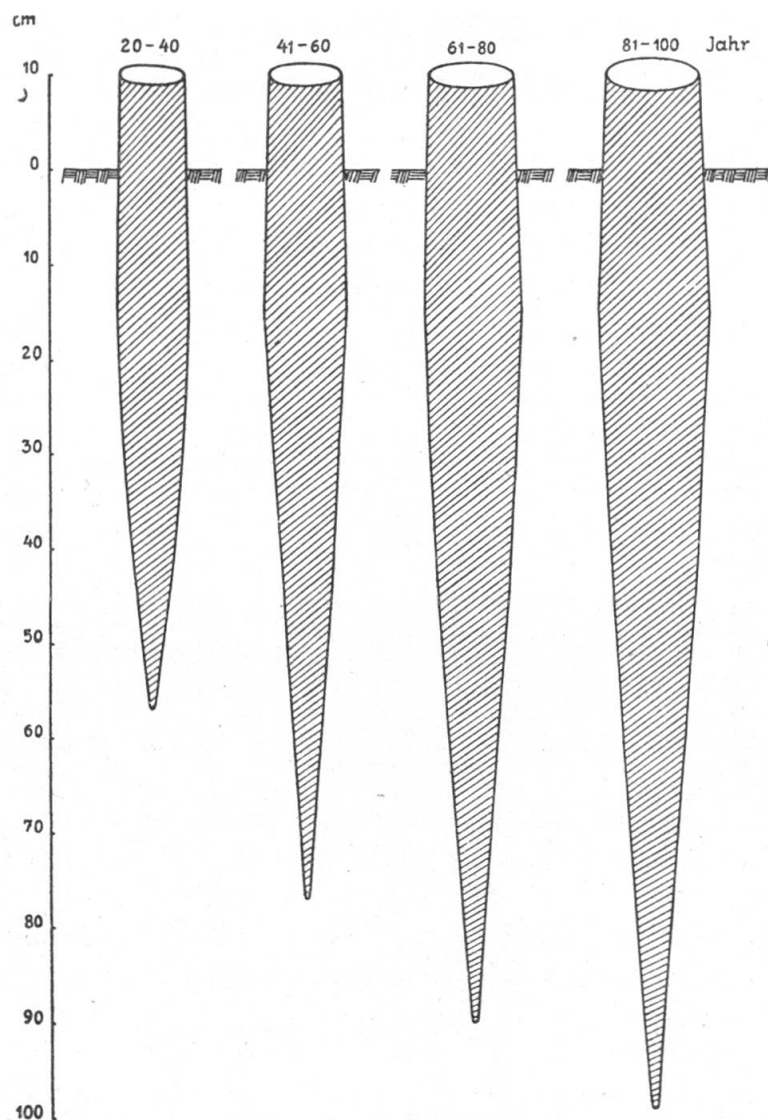


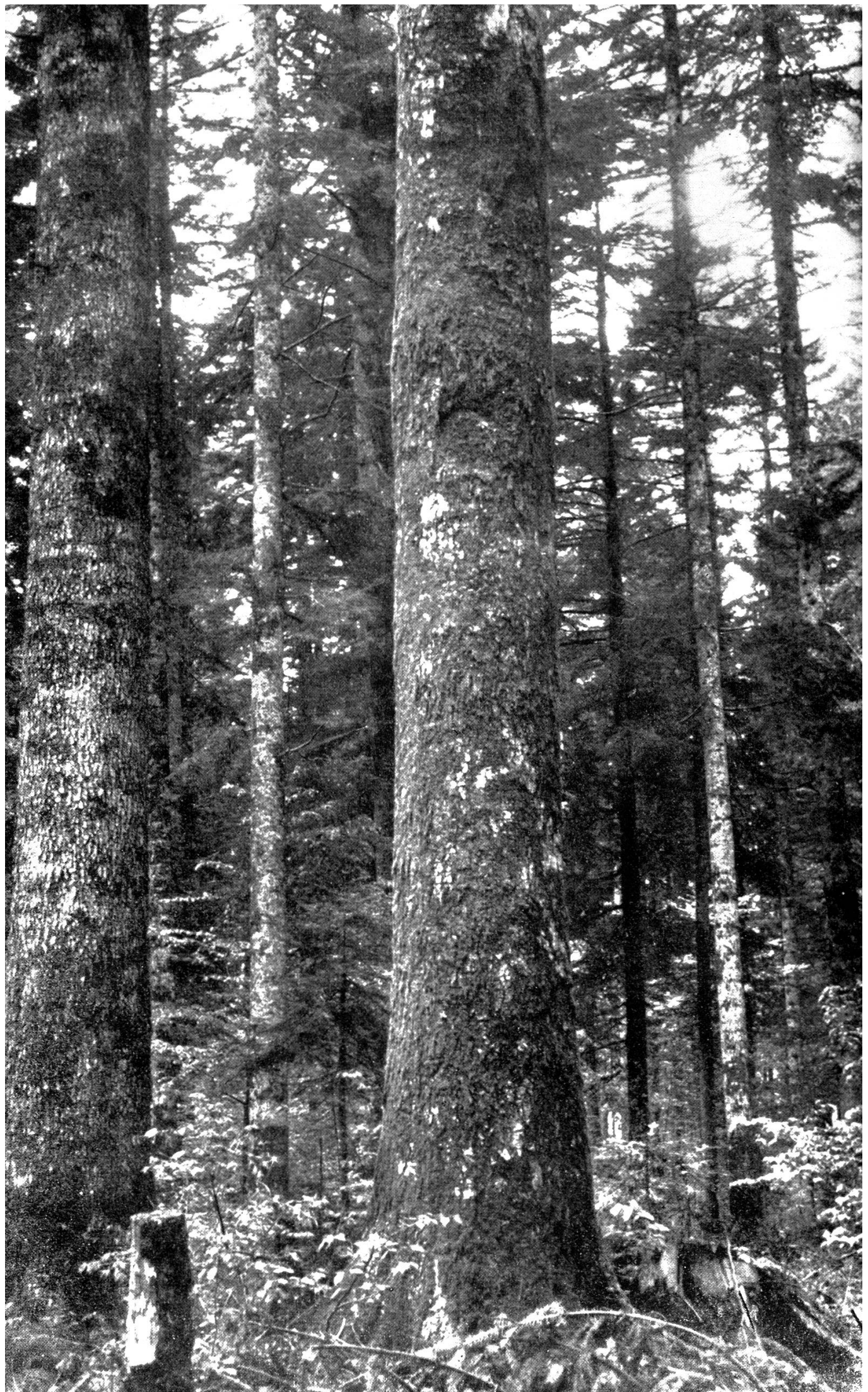
Abbildung 7

Form, Länge und Dicke der Pfahlwurzel bei den Tannenjungwüchsen

Tabelle 6/2

Arithmetisches Mittel von Zahl und Länge der Seitenwurzeln des Tannenjungwuchses

Alter	Stockdurch- messer bei 1 dm	Abzweigungen des Seitenwurzelsystems	
		Zahl	Länge
Jahre	mm	Stück	cm
20- 40	71	4	131
41- 60	79	5	202
61- 80	90	7	327
81-100	99	8	411





liche Länge der Seitenwurzeln der ältesten Bäume ist dreimal so groß wie die der jüngsten. Die längeren Abzweigungen sind meistens dicker, doch steht die Dicke manchmal in keinem Verhältnis zur Länge. Der Längenunterschied an Wurzelabzweigungen von gleicher Stärke kann relativ sehr groß sein, man trifft oft kurze, dicke und lange, dünne Seitenwurzeln. Mit dem Alter erweitert sich das Wurzelsystem nach Zahl und Länge bis zum siebenten Jahrzehnt erheblich, nachher langsamer (Abb. 8).

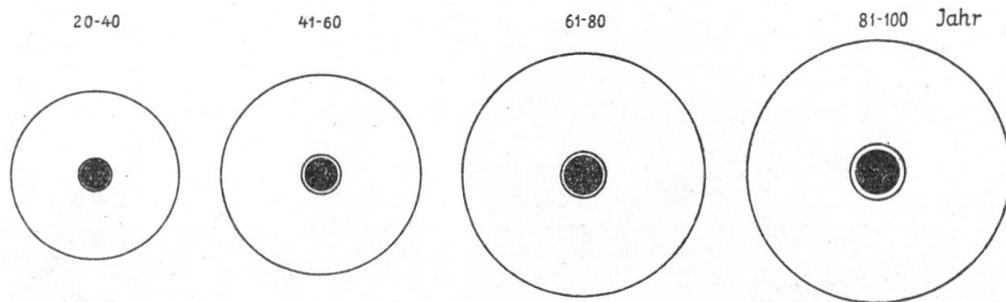


Abbildung 8

Ungefährer durchschnittlicher Umfang des Seitenwurzelsystems von Tannenjungwüchsen und Stärke der Pfahlwurzel (in der Mitte)

c) Wurzelverwachsungen

Im Laufe der Bodendurchwurzelung (Verlängerung, Verdickung und wachsende Verzweigung des Wurzelsystems) stoßen die Seitenwurzeln von Nachbarbäumen aufeinander. Die Seitenwurzeln der jüngeren Bäume umgehen diese Hindernisse, mit dem Alter aber werden sie dicker und weniger beweglich, was häufig zu Wurzelverwachsungen führt. Von den Bäumen der untersuchten Tannenjungwüchse zeigten 6 % Wurzelverwachsungen mit Nachbarbäumen. Das Alter dieser untersuchten Bäume auf Stockhöhe beträgt 63, 83 und 87 Jahre (Tabelle 6), der Durchmesser der mit ihnen durch die Wurzeln verwachsenen Nachbarbäume 62, 57 und 54 cm in Brusthöhe. Dieser Prozentsatz scheint verhältnismäßig gering, nachdem wir im gleichen Untersuchungsgebiet festgestellt haben, daß in den nahezu reinen Tannenbeständen durchschnittlich 40—60 % von allen Stöcken Überwallungen aufweisen (Abb. 9), was nur mit gegenseitigen Verwachsungen zu erklären ist (Šafar, 1950, s. auch Flury, 1919, und Tanner, 1930). Die erwähnte Tatsache können wir nicht für zufällig halten, da die Gesamtzahl der untersuchten Wurzeln des Tannenjungwuchses nicht gering war. Die Verwachsung muß demnach erst später erfolgen, wenn die jungen Bäume stärker und deren Wurzeln länger und vor allem dicker werden.

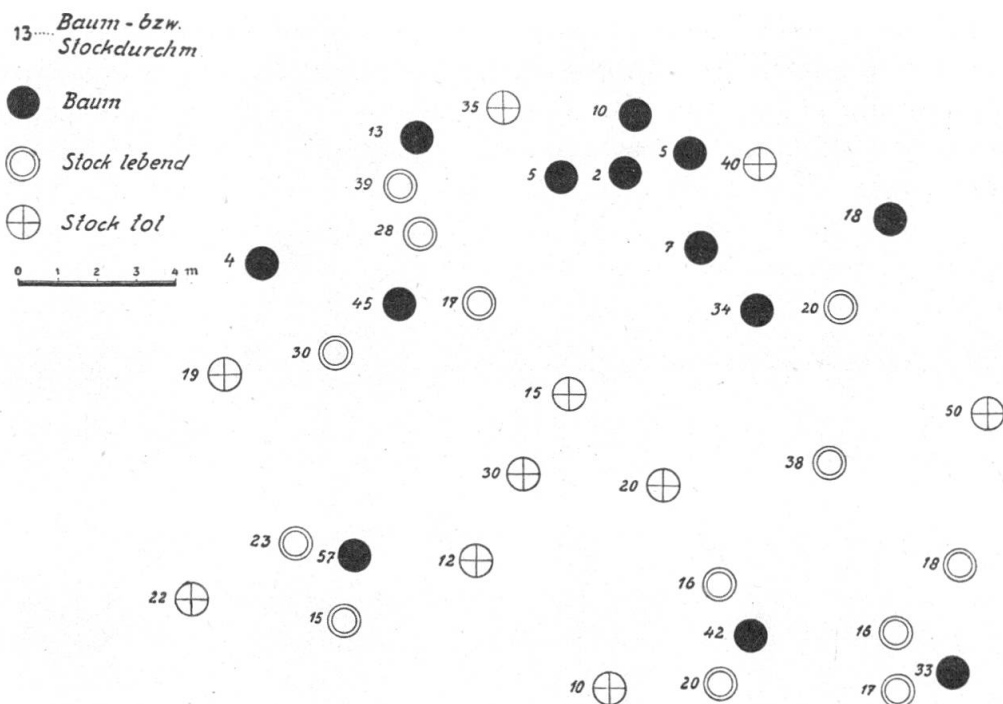


Abbildung 9

Lebende Tannenstöcke im fast reinen Tannenplenterwald auf Silikatboden
(letzter Plenterhieb vor sechs Jahren)

Danach ist anzunehmen, daß in den vorwiegend reinen Tannenplenterwäldern mit zahlreichen lebenden Stöcken, besonders auf geringeren Kalkböden mit ungenügender Feuchtigkeit, die Tannenverjüngung sich spärlich verbreitet (die Tanne im Jungwuchsalter ist eine ziemlich hygrophile Baumart!). In der Rhizosphäre miteinander verwachsene Bäume sind aber weniger sturmgefährdet. Im allgemeinen dürfte jedoch feststehen, daß in den Tannenbeständen mit zahlreichen Stocküberwaltungen oder überhaupt mit Wurzelverwachsungen der Wurzelraum durch die lebenden Wurzeln sehr stark ausgefüllt ist. Diese Erscheinung dürfte von bemerkenswerter biologischer und waldbaulicher Bedeutung sein.

3. Synthese

Aus den vergleichenden Ergebnissen und Ausführungen zur Entwicklung des Wurzelsystems der Tanne läßt sich zusammenfassend folgendes hervorheben:

1. Die Pfahlwurzel des Tannenjungwuchses entwickelt sich extensiv, das übrige Wurzelsystem intensiv. Wenn man aber die Jungwüchse und starken Altbäume gesamthaft vergleicht, ergibt sich, daß das Wurzelsystem des Tannenjungwuchses mehr extensiv und dasjenige der alten Tannen relativ intensiv ist.

2. Trotz des spärlichen Raumes in der Rhizosphäre nimmt das ganze Wurzelsystem des Tannenjungwuchses mit dem Alter in der Tiefe und in der Breite zu, wie das auch bei der Baumkrone an Größe der Schirmfläche der Fall ist. Diese Tatsache erscheint noch merkwürdiger, wenn man berücksichtigt, daß der Freiraum im Boden um so geringer wird, je älter der unterdrückte Baum ist, da mit der Unterdrückung der verfügbare Raum sich nicht nur in der Atmosphäre, sondern vielleicht noch mehr in der Rhizosphäre, besonders bei geringen Standortsbonitäten, verkleinert.
3. Die innere Anlage ermöglicht, daß die junge Tanne unter dichtem Kronen- und Wurzelschluß Jahrzehnte und auch über ein Jahrhundert lang ein starkes Wurzel- und weniger starkes Kronenwachstum unterhält, welches geeignet ist, sie nicht nur am Leben zu erhalten, sondern ihr nach der Abdeckung auch eine normale Weiterentwicklung zu sichern.

X. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

1. Zusammenfassung

Bei der vergleichenden Untersuchung von Tannenjungwüchsen in Plenterwäldern Nordwestkroatiens (Gorski Kotar) auf Standorten des *Fagetum abietetosum* und des *Abieto Blechnetum* zeigten sich gewisse Regelmäßigkeiten, die sich auf Bäume gleicher Höhe (4—5 m), aber ungleichen Alters, verschiedener gesellschaftlicher Stellung und verschiedener Bestandesüberschirmung beziehen.

Das Wuchsalter der Bäume

1. Die Grenzen des Wuchsalters bewegen sich im allgemeinen zwischen 20 und 140 Jahren, aufgenommen bei 1 dm Stockhöhe. Durchschnittlich sind die Bäume 60 Jahre alt.
2. Die meisten Bäume im Einzelstand sind 40 bis 80 Jahre alt, in Gruppenstand dagegen nur 20 bis 60 Jahre. Über sieben Jahrzehnte erreichen im Einzelstand zwei Fünftel der Bäume, im Gruppenstand dagegen nur etwa ein Zehntel.
3. Der größte Teil der einzelwachsenden Bäume befindet sich bei Vertikalschluß des Bestandes im Alter von 40 bis 80 Jahren, bei Schichtschluß im Alter von 60 bis 100 Jahren und bei Übergangsformen (vom unvollständigen Stufenschluß bis fast zum Horizontalschluß) im Alter von 20 bis 60 Jahren. Über sieben Jahrzehnte alt sind im Schichtschluß die Hälfte, im Vertikalschluß zwei Fünftel der Bäume, in Übergangsformen dagegen nur ein Fünftel.
4. Eine verhältnismäßig sehr große Zahl älterer Bäume und eine sehr geringe Zahl Bäume im Gruppenstand wurden auf Kalkböden gefunden.

Der Stamm

1. Die Astreinheit der Stämme nimmt mit dem Alter im allgemeinen zu. Die Länge der astreinen Stammabschnitte ist bis zum siebenten Jahrzehnt kleiner und nachher größer als die Abschnitte mit Trockenästen. Der Stammdurchmesser vergrößert sich mit dem Alter, weshalb der erreichte Schlankheitsgrad sich verringert.

2. Die Länge der Stammabschnitte ohne lebende Äste ist bei den einzeln aufgewachsenen Bäumen in allen Altersklassen größer als bei denjenigen im Gruppenstand. Diese Tatsachen scheinen mit der oft verallgemeinerten Annahme in Widerspruch zu stehen, wonach die Astreinheit in Gruppenstellung stets besser sei als in Einzelstellung. Der Schlankheitsgrad ist bei Bäumen im Gruppenstand größer. Astreinheit und Schlankheitsgrad erwiesen sich deutlich als Funktionen des Alters und der soziologischen Stellung der Bäume.

3. Die durchschnittliche Länge der Stammabschnitte ohne lebende Äste ist bei einzelstehenden Bäumen im Vertikalschluß und im Schichtschluß allgemein wesentlich größer als in den Übergangsformen der Bestände. Das gilt für alle Altersklassen. Den verhältnismäßig größten Schlankheitsgrad erreichen die Stämme im Vertikalschluß, den kleinsten in Übergangsbestandesformen. Sowohl die Gruppenstände wie auch die Einzelstände in Übergangsformen sind unter dem gelichteten Bestandesschluß aufgewachsen und daher vergleichbar. Es darf somit festgestellt werden, daß Bäume im Gruppenstand im allgemeinen astreiner sind als solche im Einzelstand.

4. Wesentliche Einflüsse der petrographischen Unterlage und des Bodens auf die Entwicklung des Stammes wurden nicht festgestellt. Für die Entwicklung des Tannenjungwuchses im Plenterwald ist daher die Bestandesstruktur und das Alter, d. h. die Waldpflege, entscheidender als der Boden.

Der Kronenaufbau

1. Die Kronenlänge verkleinert sich mit dem Alter erheblich. Die Kronenbreite und damit die Schirmfläche nehmen jedoch mit dem Alter zu, so daß die Beschirmungsfläche bei den ältesten Bäumen annähernd doppelt so groß ist wie bei den jüngsten. Trotzdem verkleinert sich der Kronenraum mit dem Alter. Die Alterszunahme des Baumes bewirkt eine langsamere Zunahme des Kronenalters. Vom siebenten Jahrzehnt an nehmen die Länge und der Raum der Krone rasch ab, das Kronenalter dagegen zu. Im Lauf des Alters ändert sich auch die Kronenform erheblich, ebenso die Aststellung in allen Teilen der Krone, so daß man nach den Dimensionen (Länge und Breite) und der Form der Krone das Baumalter abschätzen kann.

2. Bei Bäumen im Einzelstand verkleinert sich mit zunehmendem Alter die Kronenlänge mehr als bei Gruppenständen. Dagegen ist der

Kronendurchmesser und damit auch die Schirmfläche bei Einzelständern in allen Altersklassen größer. Ebenso sind bei ihnen der Kronenraum, das Kronenalter und die Astwinkel größer.

3. Die Kronenlänge, die Beschirmungsfläche und der Kronenraum bei Einzelständern sind in den Übergangsformen der Bestände in allen Altersklassen bedeutend größer als im Vertikal- oder Schichtschluß.

4. Wesentliche Unterschiede in den Kronendimensionen wurden, unter sonst gleichen Bedingungen, bei den auf verschiedenen Böden gewachsenen Bäumen nicht festgestellt.

Das Wurzelsystem

1. Das Wurzelsystem junger Tannen ist auf Kalkböden sehr uneinheitlich und meistens stark deformiert, auf Silikatböden dagegen stellten wir viel einheitlichere und, was den Entwicklungsverlauf betrifft, auch besser vergleichbare Wurzelbildungen fest. Die Form des Wurzelsystems ist mehr von den petrographischen Verhältnissen und vom Boden als von der soziologischen Stellung der Bäume abhängig.

2. Die Dicke der Pfahlwurzel nimmt mit dem Alter zu. Im Verhältnis zur Stockstärke vergrößert sich die Pfahlwurzel bedeutend, so daß der größte Baumdurchmesser nicht im oberirdischen Teil, sondern im Boden zu finden ist. Die Länge der Pfahlwurzel bei fast gleicher Baumhöhe vergrößert sich mit dem Alter bedeutend. Ebenso erweitert sich das Seitenwurzelsystem nach Zahl und Länge bis zum siebenten Jahrzehnt erheblich, dann langsamer. Demzufolge vergrößert der unterdrückte Tannenjungwuchs mit zunehmendem Alter nicht nur die Schirmfläche, sondern noch mehr das ganze Wurzelsystem.

3. Mit der Verlängerung und Verdickung stoßen die Seitenwurzeln der Nachbarbäume aufeinander, was häufig zu Wurzelverwachsungen führt. Die Verwachsung der Wurzeln an Tannenjungwüchsen erfolgt, wenn die Bäume stärker und deren Wurzeln länger und vor allem dicker werden.

4. Das Wurzelsystem des Tannenjungwuchses entwickelt sich mit dem Alter in die Tiefe extensiv, in die Breite intensiv. Ein so eigenartig starkes Wurzelvermögen ermöglicht, daß die junge Tanne beim Übergang vom Druckstand zum Freiland eine verhältnismäßig sehr starke und rasche Umstellung zum normalen Leben vornehmen kann.

Allen angeführten Angaben kann man ein endgültiges Ergebnis hinzufügen:

- a) Die Gruppenstellung der Tannenverjüngung verdient gegenüber dem Einzelstand im allgemeinen den Vorzug, welcher Schluß sich schon früher aus den Untersuchungen von Leibundgut (1945) über das ganze Plenterwaldgefüge ziehen ließ.
- b) Die 4 bis 5 m hohen Tannen dürften im Durchschnitt nicht älter als etwa sieben Jahrzehnte alt sein; dieses Alter ist ungefähr

erreicht, wenn der Kronenansatz etwa die Länge einer halben Stammhöhe hat. In dieser Wuchsperiode dürfte sich eine Wende aus ungenügendem Freistand zu stärkerem Druckstand vollziehen.

2. *Schlußfolgerungen*

Auf Grund des Zahlenmaterials und der Ausführungen über die Entwicklung des Tannenjungwuchses in Plenterwäldern, insbesondere im Hinblick auf die Qualität der Stämme, die Nachhaltigkeit des Plentergefüges und die Vorgänge der Alterung kommen wir zu folgenden Schlüssen:

1. Wenn auch der große Anteil stark unterdrückter Bäume den Gesamtzuwachs des Bestandes nicht vermindert, so ist doch unter solchen waldsoziologischen und wirtschaftlichen Bedingungen eine günstige Plenterstruktur fast allgemein, ganz besonders in nicht intensiv genug bewirtschafteten Wäldern, schwer zu schaffen und zu erhalten. Eine derartig gealterte Tannenverjüngung ist an der laufenden Erneuerung der untern und mittlern Stärkeklassen zu schwach beteiligt, und dadurch kann in fernerer Zukunft die wirtschaftliche Nachhaltigkeit in gewissem Maß gefährdet werden. Außerdem gehen aus diesem Material später verhältnismäßig viele Bäume mit technischen Fehlern im wertvollsten untersten Abschnitt des Stammes hervor.
2. Zwar bestehen in den älteren Tannenjungwüchsen durch die breite Beschirmungsfläche und vor allem auch durch das starke Wurzelsystem ansehnliche Wuchskräfte, aber den Alterungsprozeß dürfte man dennoch nicht allzu lange andauern lassen. Reiches Wurzelsystem an sich kann zwar eine längere Unterdrückungszeit des Baumes ertragen, die Krone dagegen wird oft infolge eines immer stärker werdenden Lichtmangels unfähig, sowohl sich selbst, als auch das Wurzelsystem am Leben zu erhalten.
3. Die festgestellte Tatsache, daß der Tannenjungwuchs in Gruppenstand durchschnittlich jünger ist als im Einzelstand, mahnt dazu, die Gruppenstände zu fördern. Da auf geringeren Standorten, insbesondere auf zu wenig feuchten Kalkböden, Tannenjungwüchse überhaupt spärlich ausgedehnt und in Gruppenstellung noch weniger vorhanden sind, muß man bei solchen standörtlichen Verhältnissen der Jungwuchspflege in Gruppen besondere Beachtung schenken.
4. Da in Tannenmischbeständen mit unterständiger Buchenschicht eine verhältnismäßig sehr große Zahl stark überalterter Bäume auftritt, müssen die Folgen einer zu langen Unterdrückungszeit oft als ungünstig bezeichnet werden und als eine der schlechtesten Eigenschaften der Plenterbestände mit Schichtschluß angesehen

werden. Man sollte daher die Erziehung, besonders die Abdeckung des vorhandenen Tannenjungwuchses, in solchen Beständen und Bestandesteilen keinesfalls vernachlässigen.

5. Die Gruppenstände bilden die allerbeste Wuchsform im Plenterwald, nicht nur wegen der durch die gesellschaftliche Stellung besseren Qualitätsherzeugung und wegen einer günstigeren Erhaltung der Nachhaltigkeit, sondern viel mehr noch durch die Möglichkeit, eine vollständigere Auslese nach den deutlicher zum Vorschein kommenden individuellen Erbanlagen zu treffen.
6. Das Untersuchungsergebnis, nach dem die Durchschnittswerte im Plenterwald den wirklichen Zustand nicht immer widerspiegeln können, weist darauf hin, wie außerordentlich kompliziert die sozialen Bedingungen im Plenterwald, namentlich in der Übergangs-Entwicklungsstufe vom Jungwuchs zu den mittleren Stärkekassen sowohl in biologischer, als auch in waldbaulicher Hinsicht sind. Diese schon lange vorgeahnte Erkenntnis verlangt eine immer achtsamere Berücksichtigung der werdenden wie der schon aufgewachsenen jüngsten Mitglieder des Plentergefüges.

Anhang: Statistische Unterlagen

für die prozentualen Anteile astreiner Abschnitte an den Tannenjungwüchsen gleicher Höhe (4—5 m) und ungleichen Alters.

- I. $l_1, l_2, l_3 \dots l_n$ die Länge der astreinen Stammabschnitte, $p_1, p_2, p_3 \dots p_n$ die angehörigen Prozente

$$\bar{l} = \frac{1}{n} \sum l = \frac{1}{n} \sum p \frac{L}{100} = \frac{L}{100} \cdot \sum \bar{p}$$

Standarddeviation:

$$\sigma_l = \sqrt{\frac{\sum (l - \bar{l})^2}{n - 1}} = \frac{L}{100} \sqrt{\frac{\sum (p - \bar{p})^2}{n - 1}} = \frac{L}{100} \sigma_p$$

- II. Für jede Gruppe der Angaben: Gruppenstände (G); Einzelstände unter dem Vertikalschluß (V), Schichtschluß (S) und unter Übergangsformen (Ü) der Bestände, hat man Test für verschiedene Alter (y) berechnet:

$$t = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{s} \sqrt{\frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2}} \quad s^2 = \frac{1}{N_1 + N_2 - 2} \left[\sum_1^{N_1} (x_1 - \bar{x}_1)^2 + \sum_1^{N_2} (x_2 - \bar{x}_2)^2 \right]$$

Nach den folgenden Tabellen 1—5 sind die Unterschiede überall signifikant außer bei den Gruppenständen (G) zwischen 50 und 70 Jahren, und zwischen 70 und 90 Jahren.

- III. Für jede Gruppe der Angaben wurde die Regressionsgerade gerechnet:

$$y = a + b(x - \bar{x})$$

Die Ergebnisse befinden sich in Tabelle 6. Die Astreinheit der Stämme nimmt signifikant mit dem Alter zu. Da die Zahl der Bäume in allen Angabegruppen (G , V , S , \bar{U}) annähernd gleich ist, hat man gerechnet, ob die Zunahme der Astreinheit in allen Angabegruppen ähnlich ist, und zwar nach der Formel (Nullhypothese):

$$\Delta = b_1 - b_2 \quad \sigma_{\Delta} = \sqrt{\sigma^2_{b_1} + \sigma^2_{b_2}}$$

Die Ergebnisse befinden sich in Tabelle 7. Die Stammastreinheit nimmt bei allen Angabegruppen mit dem Alter ziemlich gleich zu. Bei Gruppenständer (G) und bei dem Durchschnitt aller Stämme ($\bar{\Sigma}$) nimmt sie langsamer zu; bei Einzelständer (S und \bar{U}) im Schichtschluß (S) etwas rascher als in Übergangsformen der Bestände (\bar{U}).

Tabelle 1

Gruppenständer (G)

Jahr	20-40	41-60	61-80
41-60	$t = 6,977 \quad \mu = 77$ $> 1,990 (P = 0,05)$ $> 2,638 (P = 0,01)$		
61-80	$t = 10,095 \quad \mu = 58$ $> 2,000 (P = 0,05)$ $> 2,660 (P = 0,01)$	$t = 1,772 \quad \mu = 47$ $< 2,014 (P = 0,05)$ $< 2,689 (P = 0,01)$	
81-100	$t = 9,280 \quad \mu = 47$ $> 2,014 (P = 0,05)$ $> 2,689 (P = 0,01)$	$t = 6,937 \quad \mu = 36$ $> 2,030 (P = 0,05)$ $> 2,724 (P = 0,01)$	$t = 2,254 \quad \mu = 17$ $> 2,110 (P = 0,05)$ $< 2,898 (P = 0,01)$

Tabelle 2

Einzelständer in Übergangsbestandesformen (\bar{U})

Jahr	20-40	41-60	61-80
41-60	$t = 5,876 \quad \mu = 69$ $> 1,994 (P = 0,05)$ $> 2,648 (P = 0,01)$		
61-80	$t = 13,869 \quad \mu = 53$ $> 2,008 (P = 0,05)$ $> 2,678 (P = 0,01)$	$t = 8,359 \quad \mu = 64$ $> 2,000 (P = 0,05)$ $> 2,660 (P = 0,01)$	
81-100	$t = 20,319 \quad \mu = 37$ $> 2,030 (P = 0,05)$ $> 2,724 (P = 0,01)$	$t = 11,822 \quad \mu = 48$ $> 2,008 (P = 0,05)$ $> 2,678 (P = 0,01)$	$t = 4,564 \quad \mu = 32$ $> 2,042 (P = 0,05)$ $> 2,750 (P = 0,01)$

Tabelle 3

Einzelständer im Schichtschluß (S)

Jahr	20-40	41-60	61-80
41-60	$t = 5,162 \quad \mu = 27$ $> 2,052 (P = 0,05)$ $> 2,771 (P = 0,01)$		
61-80	$t = 11,958 \quad \mu = 40$ $> 2,021 (P = 0,05)$ $> 2,704 (P = 0,01)$	$t = 6,507 \quad \mu = 47$ $> 2,014 (P = 0,05)$ $> 2,689 (P = 0,01)$	
81-100	$t = 21,711 \quad \mu = 36$ $> 2,030 (P = 0,05)$ $> 2,724 (P = 0,01)$	$t = 14,377 \quad \mu = 41$ $> 2,021 (P = 0,05)$ $> 2,704 (P = 0,01)$	$t = 8,927 \quad \mu = 54$ $> 2,008 (P = 0,05)$ $> 2,678 (P = 0,01)$

Tabelle 4

Einzelständer im Vertikalschluß (V)

Jahr	20-40	41-60	61-80
41-60	$t = 9,595 \quad \mu = 36$ $> 2,030 (P = 0,05)$ $> 2,724 (P = 0,01)$		
61-80	$t = 11,618$ $> 2,000 (P = 0,05)$ $> 2,660 (P = 0,01)$	$t = 4,553 \quad \mu = 73$ $> 1,994 (P = 0,05)$ $> 2,648 (P = 0,01)$	
81-100	$t = 29,820 \quad \mu = 22$ $> 2,074 (P = 0,05)$ $> 2,819 (P = 0,01)$	$t = 12,607 \quad \mu = 36$ $> 2,030 (P = 0,05)$ $> 2,724 (P = 0,01)$	$t = 6,933 \quad \mu = 59$ $> 2,000 (P = 0,05)$ $> 2,660 (P = 0,01)$

Tabelle 5

alle Stämme (Σ)

Jahr	20-40	41-60	61-80
41-60	$t = 8,747 \quad \mu = 215$ $> 1,972 (P = 0,05)$ $> 2,601 (P = 0,01)$		
61-80	$t = 21,485 \quad \mu = 216$ $> 1,972 (P = 0,05)$ $> 2,601 (P = 0,01)$	$t = 11,645 \quad \mu = 237$ $> 1,972 (P = 0,05)$ $> 2,601 (P = 0,01)$	
81-100	$t = 30,060 \quad \mu = 146$ $> 1,977 (P = 0,05)$ $> 2,611 (P = 0,01)$	$t = 18,812 \quad \mu = 167$ $> 1,975 (P = 0,05)$ $> 2,607 (P = 0,01)$	$t = 10,038 \quad \mu = 169$ $> 1,975 (P = 0,05)$ $> 2,607 (P = 0,01)$

Tabelle 6

$$y = a + b (x - \bar{x})$$

Regressionsgerade

Gruppe	μ	a	σ_a	b	σ_b	\bar{x}
<i>G</i>	98	34,306	1,060	0,494	0,038	45,510
\ddot{U}	105	26,067	1,358	0,649	0,037	52,476
<i>S</i>	85	53,482	1,953	0,819	0,040	66,470
<i>V</i>	99	49,192	1,585	0,782	0,050	62,323
Σ	387	40,090	0,932	0,764	0,084	56,305

Tabelle 7

Gruppe	<i>G</i>	\ddot{U}	<i>S</i>	<i>V</i>
\ddot{U}	$\Delta = 0,155$ $\sigma_{\Delta} = 0,053$ $0,155 > \frac{2,580 \sigma_{\Delta}}{= 0,137}$			
<i>S</i>	$\Delta = 0,325$ $\sigma_{\Delta} = 0,055$ $0,325 > \frac{2,58 \sigma_{\Delta}}{= 0,142}$	$\Delta = 0,170$ $\sigma_{\Delta} = 0,054$ $0,170 > \frac{2,54 \sigma_{\Delta}}{= 0,139}$		
<i>V</i>	$\Delta = 0,288$ $\sigma_{\Delta} = 0,063$ $0,288 > \frac{2,58 \sigma_{\Delta}}{= 0,163}$	$\Delta = 0,133$ $\sigma_{\Delta} = 0,062$ $0,133 > 1,96 \sigma_{\Delta}$ $< 2,58 \sigma_{\Delta}$	$\Delta = 0,037$ $\sigma_{\Delta} = 0,064$ $0,037 < 1,96 \sigma_{\Delta}$	
Σ	$\Delta = 0,270$ $\sigma_{\Delta} = 0,092$ $0,270 > \frac{2,58 \sigma_{\Delta}}{= 0,237}$	$\Delta = 0,115$ $\sigma_{\Delta} = 0,092$ $0,115 < 1,96 \sigma_{\Delta}$	$\Delta = 0,055$ $\sigma_{\Delta} = 0,093$ $0,055 < 1,96 \sigma_{\Delta}$	$\Delta = 0,018$ $\sigma_{\Delta} = 0,098$ $0,018 < 1,96 \sigma_{\Delta}$

Literaturverzeichnis

1. Aaltonen, V. T.: On the space arrangement of trees and root competition. Journal forestier, 1926.
2. Ammon, W.: Das Plenterprinzip in der Waldwirtschaft. Bern 1952.
3. Badoux, E.: L'allure de l'accroissement dans la forêt jardinée. Annales de l'Institut fédéral de recherches forestières, 1949.
4. Balsiger, R.: Der Plenterwald und seine Bedeutung für die Forstwirtschaft der Gegenwart. Bern 1925.

5. *Biolley, H.*: L'âge des bois et le traitement des forêts. Extrait du Journal forestier suisse, 1915.
6. *Burger, H.*: Holz, Blattmenge und Zuwachs. Ein Plenterwald mittlerer Standorts-güte (Toppwald). Mitteil. Schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen, 1942.
7. *Büsgen, M.*: Einiges über Gestalt und Wachstumsweise der Baumwurzeln. Allg. Forst- u. Jagdzeitung, 1901.
8. *Davidov, A. N.*: Der Einfluß der Durchforstung im Fichtenbestand auf den Wurzelzuwachs. Sbornik trudov, Leningrad 1940 (russ.).
9. *Duhamel du Monceau*: La physique des arbres. Paris 1758.
10. *Engler, A.*: Untersuchungen über das Wurzelwachstum der Holzarten. Mitteil. d. Schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen, 1903.
11. *Fabricius, L.*: Neuere Versuchsergebnisse zur Frage des Wettbewerbs und der Schattenfestigkeit der Holzarten. Verhandlungen des intern. Kongresses forstl. Versuchsanstalten. Stockholm 1929.
12. *Flury, Ph.*: Über Wurzelverwachsungen. Schweiz. Ztschr. f. Forstwesen, 1919.
13. Derselbe: Über den Aufbau des Plenterwaldes. Mitteil. Schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen, 1929.
14. Derselbe: Über die Wachstumsverhältnisse des Plenterwaldes. Mitteil. Schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen, 1933.
15. *Frančičković, S.*: Contribution à la connaissance des éléments taxationnels dans les forêts jardinatoires. Šum. list, 1938 (jugosl.).
16. *Friecke, K.*: Licht- und Schattholzarten, ein wissenschaftlich nicht begründetes Dogma. Centralblatt f. d. g. Forstwesen, 1904.
17. *Grasovsky, A.*: Some aspects of light in the forest. Yale University, 1929.
18. *Hilf, H.*: Wurzelstudien an Waldbäumen. Hannover 1927.
19. *Horvat, .*: Les associations forestières en Yougoslavie. Zagreb 1950 (jugosl.).
20. *Hufnagl, L.*: Des Plenterwaldes Wirtschaftsziel, Normalbild und Einrichtung. Centralblatt f. d. g. Forstwesen, 1939.
21. *Kalela, E. K.*: On the horizontal roots in pines and spruce stand. Acta forestalia fenica, 1949.
22. *Korstian, C. F.* — *Coile S. T.*: Plant competition in forests stands. Durham 1938.
23. *Laitakari, E.*: The root system of Pine. A morphological investigation. Acta forestalia fenica, 1927.
24. Derselbe: The root system of birch. Acta forestalia fenica, 1935.
25. *Leibundgut, H.*: Waldbauliche Untersuchungen über den Aufbau von Plenterwäldern. Mitteil. Schweiz. Anstalt f. forstl. Versuchswesen, 1945.
26. *Miletić, J.*: Die Grundlagen der Einrichtung des Plenterwaldes I. Beograd 1950 (jugosl.).
27. *Mitscherlich, G.*: Der Tannen-Fichten-(Buchen-)Plenterwald. Badische Forstl. Versuchsanstalt, 1952.
28. *Mitscherlich-Weihe*: Untersuchungen an Tannenjungwüchsen. Allg. Forst- und Jagdzeitung, 1952.
29. *Morozov, F.*: Die Lehre vom Walde. Moskva 1930 (russ.).
30. *Nägeli, W.*: Aufastungsversuche in gleichaltrigen Nadelholzbeständen des schweizerischen Mittellandes. Mitteil. d. Schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen, 1952.
31. *Prodan, M.*: Normalisierung des Plenterwaldes? Schriftreihe d. Badischen Forstl. Versuchsanstalt, 1949.
32. *Rahteenko, I. M.*: Die Untersuchungen des Wurzelsystems in den reinen und gemischten Kiefernkulturen. Lesnoje hozjajstvo, 1949, Nr. 13 (russ.).
33. *Reed, J. F.*: Root and shoot growth of shortleaf and loblolly pines in relation to certain environmental conditions. Durham 1939.
34. *Resa, F.*: Über die Periode der Wurzelbildung. Inauguraldiss. Bonn 1877.

35. Schädelin, W.: Die Durchforstung als Auslese und Veredelungsbetrieb höchster Wertleistung. Berlin-Leipzig 1939.
36. Schaeffer, A.: Acroissement du sapin. Bull. de la société forestière, 1891.
37. Schaeffer, L.: Le jardinage appliqué aux essences feuillues. Extrait du IX^e Congrès de l'Union internat. des instituts de recherches forestières. Hongrie 1936.
38. Stalfelt, M. G.: Die physiologisch-ökologischen Bedingungen der Kronenreinigung, Schaftreinigung und der natürlichen Bestandesreinigung der Fichte. Svenska skogsvadsväringens tidskrift, 1931.
39. Stevens, C. L.: Root growth of white pine. Yale Univ. School of forestry. New Haven 1931.
40. Susmel, L.: Struttura, rinnovazione e trattamento delle abetine del Conelice. L'Italia forestale e montana, 1951.
41. Šafar, J.: Die Durchforstungen in Plenterwäldern. Šum. list, 1949 (jugosl.).
42. Derselbe: Über wirtschaftliche Bedeutung der unterirdischen Organe an Pflanzen und Bäumen. Šum. list, 1951 (jugosl.).
43. Derselbe: Die lebenden Stöcke in Plenterwäldern und ihre wirtschaftliche Bedeutung, 1950 (jugosl. Manuskript).
44. Derselbe: Die Plenterwälder in Kroatien. Schweiz. Ztschr. f. Forstw., 1953.
45. Derselbe: Der Verjüngungsprozeß der Tanne und Buche in den kroatischen Urwäldern. Šum. list, 1953 (jugosl.).
46. Šumakov, V. S.: Die Form des Wurzelsystems der Eiche im Zusammenhang mit den Wuchsbedingungen. Losnoje hozjajstvo, 1949 (russ.).
47. Tanner, H.: Verwachsungen. Schweiz. Ztschr. f. Forstwesen, 1930.
48. Toumey, J. M. — Korstian, C. F.: Foundation of silviculture upon an ecological basis. New York-London 1947.
49. Tregubov, S.: Les forêts vierges montagnardes des Alpes dinariques. Massif de Klekovatscha-Guermetsch. Montpellier 1941.
50. Tschermak, L.: Waldbau. Wien 1950.
51. Vajda, Z.: L'étendue naturelle et la croissance de l'épicéa dans le Gorski Kotar. Šum. list, 1933 (jugosl.).
52. Vater, H.: Die Bewurzelung der Kiefer, Fichte und Buche. Tharand. forstl. Jahrbuch, 1927.
53. Zentgraf, E.: Die Wurzeltracht der Edeltanne. Allg. Forst- und Jagdzeitung, 1950.
54. Zimmerle, H.: Die Plenterwaldversuchsflächen in Württemberg. Mitteil. d. Württ. Forstl. Versuchsanstalt, 1937.

Résumé

Le développement du recrû de sapin dans les forêts jardinées de Croatie

Lors des recherches comparatives réalisées dans des recrûs de sapin de forêts jardinées situées dans le nord-ouest de la Croatie (Gorski Kotar), sur des stations du *Fagetum abietetosum* et de l'*Abieto-Blechnetum*, il s'est avéré que certaines règles régissent le comportement des tiges de même hauteur (4 à 5 m), mais d'âges divers, occupant des étages différents et sises sous un couvert variable. En voici les essentielles:

L'âge des arbres

1. Pour ces sapins de 4 à 5 m, l'âge — déterminé sur le fût à une hauteur de 10 cm — va de 20 à 140 ans; le chiffre moyen est de 60 ans.

2. La plupart des arbres répartis par pieds isolés sont âgés de 40 à 80 ans, ceux qui sont réunis en groupes par contre seulement de 20 à 60 ans. Deux cin-

quièmes des isolés atteignent un âge supérieur à 70 ans, en revanche un dixième seulement des tiges croissant en groupes y arrive.

3. Dans un massif plein (Vertikalschluss), la majorité des isolés a un âge allant de 40 à 80 ans, sous un couvert complet (Schichtschluss) de 60 à 100 ans et dans les peuplements de forme intermédiaire de 20 à 60 ans. Sous un couvert complet, la moitié des tiges atteint 70 ans, dans un massif plein, deux cinquièmes des tiges y arrivent, alors que cela ne réussit qu'à un cinquième dans les peuplements de forme intermédiaire.

4. Sur les sols calcaires, la proportion des vieux arbres de 4 à 5 m est relativement élevée, faible en revanche pour ce qui concerne les tiges réunies par groupes.

Le fût

1. La propreté des fûts augmente en général avec l'âge. La longueur de la partie libérée de ses branches est jusqu'à 70 ans plus faible que celle qui en est encore munie; la proportion change dès ce moment.

2. La longueur de la partie privée de branches vertes est plus grande chez les tiges isolées de tous âges que chez celles qui vivent en groupes. Cette constatation semble être en nette contradiction avec l'avis généralement répandu selon lequel l'élagage se réalise mieux dans les groupes que chez les isolés. Propreté des fûts et cylindricité se sont avérées être nettement fonction de l'âge et de la situation sociale des arbres.

3. La longueur moyenne de la partie privée de branches vertes est, chez les tiges isolées, en général sensiblement plus grande dans le massif plein et sous un couvert complet que dans les peuplements de forme intermédiaire; cette constatation vaut pour tous les âges. Le degré de cylindricité le plus élevé est atteint dans le massif plein, le plus faible dans les forêts de forme intermédiaire.

4. On n'a pas pu constater une sensible influence du substratum pétrographique et du sol sur le développement des fûts. Il semble donc que, pour la prospérité du recrû de sapin dans la forêt jardinée, la structure du peuplement et l'âge, c'est-à-dire le traitement, sont plus déterminants que le sol.

La structure de la couronne

1. Toujours chez les sapins de 4 à 5 m de hauteur, la longueur des couronnes diminue considérablement avec l'âge. Toutefois sa largeur et par là le couvert augmentent avec le temps, si bien que chez les vieux arbres le couvert atteint une surface égale au double de celui qui est projeté par les plus jeunes. Au cours des temps, la forme de la couronne se modifie sensiblement, de même que la position des branches; il devient ainsi possible d'estimer l'âge de la tige d'après les dimensions et la forme de la couronne.

2. Chez les arbres isolés, la longueur de la couronne diminue avec l'âge plus que dans les groupes. En revanche, son diamètre et son couvert sont plus grands chez les isolés de toutes classes d'âge.

3. Dans les peuplements de forme intermédiaire, la longueur, le volume et le couvert sont, pour tous les âges, plus grands que dans le massif plein et sous le couvert complet.

4. On n'a pas constaté de différences essentielles dans les dimensions des couronnes, toutes autres conditions restant égales, entre les arbres croissant sur des sols différents.

Le système racinaire

1. Chez les jeunes sapins sis sur des sols calcaires, le système racinaire est très irrégulier et presque toujours déformé; sur les sols siliceux, par contre, il est plus uniforme. La forme du système racinaire dépend plus des conditions pétrographiques et du sol que de la situation sociale des tiges.

2. Le diamètre du pivot augmente avec l'âge. Le pivot grossit plus rapidement que le fût, si bien que le diamètre le plus élevé se trouve en terre. Avec une hauteur constante du fût, la longueur du pivot augmente avec l'âge dans une sensible mesure. De même, les racines traçantes se développent rapidement en nombre et en longueur jusqu'à l'âge de 70 ans. Il en résulte qu'avec le temps le recrû de sapin surcimé augmente non seulement le couvert, mais dans une mesure encore plus forte tout le système racinaire.

3. Avec leur allongement et leur grossissement, les racines traçantes d'arbres voisins se croisent et se soudent fréquemment.

4. Avec l'âge, le système racinaire du recrû de sapin se développe extensivement en profondeur et intensivement en largeur. Une telle propriété permet au jeune arbre de s'adapter rapidement et complètement aux conditions nouvelles créées par son dégagement.

Il ressort des données précédentes les faits suivants:

a) La répartition du rajeunissement de sapin par groupes doit être préférée à la position isolée des tiges, ce qui résulte d'ailleurs déjà des recherches entreprises par Leibundgut (1945) sur la structure de la forêt jardinée.

b) En moyenne, les sapins de 4 à 5 m de hauteur n'ont pas un âge supérieur à 70 ans; celui-ci est atteint en général lorsque l'attache de la couronne est à peu près égale à la moitié de la longueur du fût.

Conclusions

Sur la base du matériel statistique et des recherches entreprises dans les recrûs de sapin des forêts jardinées, spécialement en ce qui concerne la qualité des fûts, la pérennité de la structure jardinée et le processus de vieillissement, l'auteur arrive aux conclusions suivantes:

1. Si la forte proportion des arbres dominés ne réduit pas l'accroissement total du peuplement, il n'en reste pas moins que, dans ces conditions, une structure jardinée n'est pas facile à créer et à maintenir, en particulier dans les boisés traités de façon extensive. Une telle régénération vieillie ne participe que dans une trop faible mesure au renouvellement des classes de grosseurs inférieures et moyennes, et peut avec le temps compromettre le rendement économique soutenu. En outre, de tels recrûs livrent plus tard de nombreuses tiges présentant des défauts techniques justement dans la partie la plus précieuse du fût.

2. Il est vrai que ces recrûs, grâce à leur large couvert et à leur système racinaire très développé, représentent un grand potentiel d'accroissement, mais il ne convient pas de laisser durer trop le processus de vieillissement. Si le système racinaire peut supporter un couvert prolongé, la couronne en re-

vanche, par suite du manque de lumière, n'arrive plus à nourrir l'arbre et à le maintenir en vie.

3. La constatation que le recrû de sapin réparti par groupes est en moyenne plus jeune que les tiges isolées de même hauteur doit nous inciter à favoriser la régénération selon le premier procédé. Vu le fait que sur les stations médiocres, en particulier sur les sols calcaires trop secs, le rajeunissement de sapin est en général peu abondant et fort dispersé, il convient d'accorder d'autant plus d'attention à la régénération par groupes.

4. Les peuplements mélangés comprenant un sous-étage de hêtre contiennent souvent un grand nombre d'arbres surannés; c'est pourquoi une période de domination trop longue présente des conséquences défavorables sur l'évolution du peuplement et constitue l'un des désavantages les plus évidents des forêts jardinées à couvert plein. Il importe donc de ne pas négliger l'éducation et particulièrement le dégagement du rajeunissement dans de tels peuplements.

5. La répartition par groupes constitue dans la forêt jardinée le meilleur moyen d'obtenir, par la situation sociale des tiges, la production de bois de qualité, d'assurer le rendement soutenu et surtout de permettre une meilleure sélection d'après les qualités héréditaires individuelles.

6. Les recherches ont révélé que, dans la forêt jardinée, les valeurs moyennes ne peuvent refléter qu'imparfaitement la situation réelle; ce fait est un indice des conditions sociales fort compliquées qui y règnent — en particulier dans le stade de développement du recrû aux classes moyennes — aussi bien du point de vue biologique que cultural. Cette constatation pressentie il y a longtemps déjà, doit nous inciter à tenir toujours mieux compte des éléments en devenir et appelés à participer à la constitution de la forêt jardinée.

(tr. Ed. Rieben)

Über die Festigkeits- und Verformungseigenschaften des braunen Kernholzes der Esche

Von H. Kühne, Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt (EMPA), Zürich

Einleitung

Die im Holzgewerbe häufig anzutreffende Meinung, daß das Holz des braunen Kernes der Esche hinsichtlich seiner Festigkeitseigenschaften dem hellen Eschenholz nicht ebenbürtig sei und daher geringer bewertet werden müsse, hat schon früher zu kritischen Untersuchungen geführt (2). Die bekannt gewordenen Ergebnisse lassen sich dahin zusammenfassen, daß ein namhafter, eindeutiger Einfluß der Braunkernbildung, insbesondere auf die Schlagbrucharbeit, bisher wissenschaftlich nicht belegt werden konnte. Kollmann kommt bei seinen Untersuchungen zum Schluß, es sei nicht gerechtfertigt, daß Eschenholz mit braunem Kern erheblich unterbewertet werde.