

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA. — FINSKA FORSTSAMFUNDET.

ACTA
FORESTALIA FENNICA

14.

ARBEITEN
DER
FORSTWISSENSCHAFTLICHEN GESELLSCHAFT
IN
FINNLAND.

HELSINGFORSIAE 1920.

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA. — FINSKA FORSTSAMFUNDET.

ACTA
FORESTALIA FENNICA

14.

ARBEITEN
DER
FORSTWISSENSCHAFTLICHEN GESELLSCHAFT
IN
FINNLAND.

HELSINGFORSIAE 1920.

Acta forestalia fennica 14.

Aaltonen, V. T. , Über die Ausbreitung und den Reichtum der Baumwurzeln in den Heidewäldern Lapplands	1— 55
—,— Wasserverbrauch der Bäume und Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens	1— 24
Lassila, I. , Tutkimuksia mäntymetsien synnystä ja kehityksestä pohjoisen napapiirin pohjoispuolella	1— 95
Referat (Untersuchungen über die Entstehung und Entwicklung der Kiefernwälder nördlich vom nördlichen Polarkreise)	1— 3
Lakari, O. J. , Tutkimuksia Pohjois-Suomen metsätyypeistä	1— 85
Referat (Untersuchungen über die Waldtypen in Nordfinland)	1— 8
—,— Suomen Metsätieteellisen Seuran toiminta v. 1917—1920 ..	1—196
Referat (Die Tätigkeit der Forstwissenschaftlichen Gesellschaft in Finnland während der Jahre 1917—1920)	1— 6

ÜBER
DIE AUSBREITUNG UND DEN
REICHTUM DER BAUMWURZELN
IN DEN
HEIDEWÄLDERN LAPPLANDS .

V. T. AALTONEN

HELSINKI 1920

Inhalt

	Seite
Einleitung	5
I. Das Wurzelsystem einzelner Bäume	7
1. Kiefer	"
Gesamtuntersuchungen	"
Ausbreitung des Wurzelsystems in vertikaler Richtung	"
<i>Flechten-Typus</i>	"
<i>Heidekraut-Typus</i>	"
<i>Preisselbeer-Typus</i>	"
Form des Wurzelsystems	10
<i>Flechten-Typus</i>	"
<i>Heidekraut-Typus</i>	"
<i>Preisselbeer-Typus</i>	"
Spezielle Beschreibungen des Wurzelsystems einiger Bäume	12
<i>Flechten-Typus</i>	"
<i>Preisselbeer-Typus</i>	"
2. Fichte	22
Gesamtuntersuchungen	"
Spezielle Beschreibungen des Wurzelsystems einiger Bäume	23
3. Birke	25
Gesamtuntersuchungen	"
<i>Flechten-Typus</i>	"
<i>Preisselbeer-Typus</i>	"
Spezielle Beschreibungen des Wurzelsystems einiger Bäume	26
4. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse	27
II. Menge und Ausbreitung der Wurzeln in Beständen	31
1. Untersuchungsmethode und -material	"
2. Menge der Wurzeln und Kronenschluss	37
Im Allgemeinen	"
In verschiedenen Waldtypen	44
<i>Flechten-Typus</i>	"

	<i>Heidekraut-Typus</i>	
	<i>Preisselbeer-Typus</i>	
3.	Tiefe und Dicke der Wurzeln	47
4.	Einige ergänzende Beobachtungen	48
III.	Untersuchungsergebnisse und Wurzelkonkurrenz	53

Einleitung

Die Wurzeln der Bäume, so wie die der Pflanzen überhaupt, sind im Laufe der Zeiten zum Gegenstand zahlreicher und vielseitiger Untersuchungen geworden. Ausser verschiedenartigen anatomischen und physiologischen Untersuchungen wurden schon seit Mitte des 18:ten Jahrhunderts Beobachtungen über die Ausbreitung des Wurzelsystems, Wurzellänge, deren Gewicht u. s. w. angestellt. Zumeist galten diese Untersuchungen jedoch Kräutern, Gräsern u. dergl. und unter diesen vorwiegend den Kulturpflanzen. Insofern sie Bäume, speziell die gewöhnlichsten Waldbäume betrafen, wurde wiederum die Aufmerksamkeit beinahe ausschliesslich nur auf sich in dem Pflanzenstadium befindenden Individuen gerichtet.

Die von NOBBE¹ gemachten Untersuchungen legten dar, dass das Wurzelsystem der Kiefernpflanzen viel weiter verzweigt und ausgebreitet ist, als das der Fichte und Tanne. Ausser Untersuchungen, die die Entwicklung der Baumpflanzenwurzeln im Humus und in verschiedenartigen Mineralböden, sowie die an diesen angetroffenen Mykorrhizabildungen² behandelten, ist auch in gewissem Masse die Ausbreitung und Lage im Boden von dem Wurzelsystem älterer Bäume erforscht worden. Unter diesen Untersuchungen nehmen die von TOLSKIJ³

¹ FRIEDRICH NOBBE, Beobachtungen und Versuche über die Wurzelbildung der Nadelhölzer. Thar. Forstl. Jahrb. 25 (1875). 201—18.

² A. MÖLLER, Ueber die Wurzelbildung der ein- und zweijährigen Kiefern im märkischen Sandboden. Zeitschr. f. F. u. J. 34 (1902). 197—215.

Untersuchungen über ein- und zweijährige Kiefern im märkischen Sandboden. Ibidem 35 (1903). 257—72 und 321—38.

³ А. П. Толскій, Матеріалы по изученію состоянія и развитія корней у одѣльныххъ сосенъ и въ насажденіяхъ Бузулукскаго бора. Труды по лѣсн. обыт. дѣлу въ Россіи 32 (1911).

und MELDER¹ in den Kiefernbeständen der Heiden Livlands die bemerkenswerteste Stelle ein.

ENGLER² hat u. a. speziell das Wachstum der Baumwurzeln behandelt. In letzter Zeit wurden bei uns von HEIKINHEIMO³ interessante Beobachtungen über die Adventivwurzeln der Fichte angestellt.

Der Zweck vorliegender Untersuchung ist, die Menge und Ausbreitung der Baumwurzeln, speziell der Kiefernwurzeln in gewissen Heidewaldtypen zu beschreiben. Derartige Untersuchungen schienen erforderlich besonders da aus früher gemachten, die Verjüngung des Waldes betreffenden Untersuchungen hervorzugehen schien, dass der sogen. Wurzelkonkurrenz im Leben der Bäume grosse Bedeutung zukommt.⁴

Die folgenden Untersuchungen weichen von den älteren, oben erwähnten Wurzeluntersuchungen hauptsächlich darin ab, dass die Darstellung der einzelnen Bäumen und Pflanzen hier mehr eine Nebenrolle spielt und die Hauptaufmerksamkeit auf den Reichtum der Wurzeln in den Beständen gerichtet wurde.

Die Untersuchungen wurden im Revier *Sodankylä*, zum grossen Teil in denselben Gegenden und auf denselben Probestellen, wie die früheren, die natürliche Verjüngung der Heidewälder betreffenden Untersuchungen, vorgenommen.⁴

¹ Хр. Мелдеръ, Вліянія корневої системи на розподіленіє подроста около сосновихъ сѣмєнниковъ въ сухомъ бору. Изв. Импер. лѣсн. инстит. 21 (1911). 215—46.

² ARNOLD ENGLER, Untersuchungen über das Wurzelwachstum der Holzarten. Mitteil. d. Schweizer. Centralanst. f. d. forstl. Versuchsw. 7 (1903). 247—317.

³ OLLI HEIKINHEIMO, Vortrag in der Forstwissenschaftlichen Gesellschaft in Finnland 3/2 1920.

⁴ Vergl.: V. T. AALTONEN, Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im finnischen Lappland. I. Helsinki 1919.

I. Das Wurzelsystem einzelner Bäume

Der Untersuchung wurden die Ausbreitung des Wurzelsystems in vertikaler Richtung und die allgemeine Form desselben unterworfen. Da derartige Untersuchungen sich an alten Bäumen nur mit grosser Mühe anstellen lassen, sind im Material überwiegend junge Pflanzen und Bäume vertreten. Die Mehrzahl der Bäume, an deren Wurzelsystem Beobachtungen angestellt wurden, wuchs auf steinfreiem Sandboden.

Bei der Bestimmung der Ausbreitung des Wurzelsystems in vertikaler Richtung wurde der Abstand der obersten Grenze der Humusschicht, senkrecht nach unten bis zu der Stelle gemessen, bis wohin das Wurzelsystem sich im Allgemeinen erstreckt. Demnach bezeichnet das Messungsergebnis z. B. wenn die Rede von Pfahlwurzel ist, nicht die Länge einer solchen Wurzel, sondern gibt die Tiefe an, bis zu welcher die Wurzel hinabdringt. Aus der Untersuchungsmethode folgt, dass die erhaltenen Ziffern nicht ganz genau sein können; die feineren Wurzeln brechen leicht bei ihrer Loslösung aus der Erde ab, und hat dies zur Folge, dass die Tiefe des Wurzelsystems nicht ganz so hoch angegeben wird, wie sie es in der Tat sein dürfte.

Bei der Bestimmung der Art oder Form des Wurzelsystems kamen drei Klassen, welche mit I, II und III bezeichnet wurden zur Anwendung. Zu Klasse I gehören Bäume mit dominierender Hauptwurzel, zu Klasse III flachwurzelige Bäume und zu Klasse II Bäume, deren Wurzeln Zwischenformen von der ersten und dritten vertreten.

1. Kiefer

Gesamtuntersuchungen

Ausbreitung des Wurzelsystems in vertikaler Richtung

Flechten-Typus

In folgender Tabelle sind die Ergebnisse von an 340 dem *Flechten-Typus* angehörenden Kiefern vorgenommenen Messungen dargestellt.

Untersuchungsort: *Räkkiluoston kangas* (Revier Sodankylä).
Boden: sehr steinige Moräne.

Stammlänge in m	Tiefe des Wurzelsystems in cm				Anzahl der Bäume
	0—10	10—20	20—30	30—40	
	Quadrat %				
0—0.5	57.1	42.9	—	—	7
0.5—1.0	27.5	62.5	7.5	2.5	40
1.0—1.5	33.3	66.7	—	—	3
Summe	32.0	60.0	6.0	2.0	50

Form des Wurzelsystems

Flechten-Typus

Untersuchungsort: *Kaunisvaara* (Revier Sodankylä).

Stammlänge in m	Formklasse des Wurzel- systems			Anzahl der Bäume
	I	II	III	
	%			
0—0.5	58.6	13.0	28.4	239
0.5—1.0	60.3	12.1	27.6	58
1.0—1.5	72.7	4.6	22.7	22
1.5—2.0	69.2	15.4	15.4	13
2.0—2.5	100	—	—	5
2.5—3.0	100	—	—	6
3.0—3.5	83.3	16.7	—	6
3.5—4.0	100	—	—	2
4.0—4.5	—	—	—	—
4.5—5.0	100	—	—	2
Summe	62.3	11.9	25.8	353

Heidekraut-Typus

Untersuchungsort: *Peuraselkä* (Revier Sodankylä).

Stammlänge in cm	Formklasse des Wurzel- systems			Anzahl der Bäume
	I	II	III	
	%			
0—25	53.0	36.9	10.1	119
25—50	47.2	38.7	14.1	142
50—75	55.6	22.2	22.2	9
75—100	50.0	—	50.0	2
Summe	50.0	37.1	12.9	272

Preisselbeer-Typus

Untersuchungsort: *Pitkän palot* (Revier Sodankylä).

Stammlänge in m	Formklasse des Wurzel- systems			Anzahl der Bäume
	I	II	III	
	%			
0—0.5	28.6	57.1	14.3	7
0.5—1.0	55.0	32.5	12.5	40
1.0—1.5	33.3	66.7	—	3
Summe	50.0	38.0	12.0	50

Untersuchungsort: *Räkkiluoston kangas* (Revier Sodankylä).

Stammlänge in m	Formklasse des Wurzel- systems			Anzahl der Bäume
	I	II	III	
	%			
0—0.5	41.2	29.4	29.4	17
0.5—1.0	40.0	25.0	35.0	20
1.0—1.5	54.9	16.1	29.0	31
1.5—2.0	45.5	39.4	15.1	33
2.0—2.5	55.6	22.2	22.2	9
2.5—3.0	50.0	50.0	—	2
3.0—3.5	50.0	50.0	—	2
Summe	47.4	28.1	24.5	114

Spezielle Beschreibungen des Wurzelsystems einiger Bäume

Flechten-Typus

Untersuchungsort: *Kaunisvaaran kangas* (Revier Sodankylä).

Kiefer N:o 1

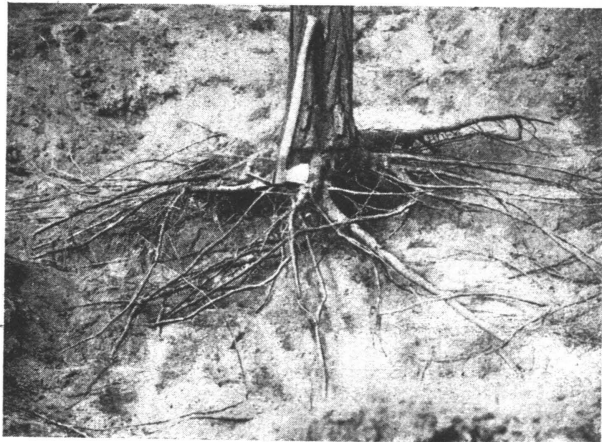


Abb. 2.

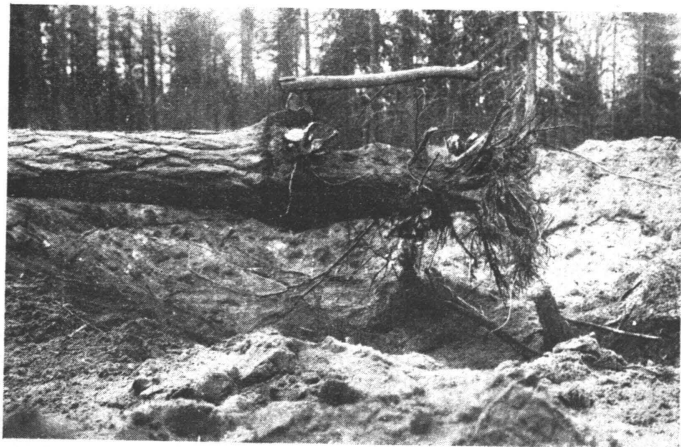


Abb. 3.

Abb. 2—3. C. 200-jährige Kiefer auf *Flechtenheide*. Auf Abb. 3 sind die der Oberfläche zunächst liegenden Wurzeln entfernt.

Brusthöhendurchmesser 24 cm. — Länge 15,5 m. — Regelmässige, 8 m hohe Krone. — Alter c. 200 J.

Wurzelsystem. — Das Wurzelsystem ist dicht an der Erdoberfläche — 0-20 cm vom Wurzelhalse ab — reich verzweigt; die feineren Wurzeln verlaufen im Allgemeinen horizontal, einzelne gröbere Wurzeln gehen schräg nach unten. Dann folgt eine etwa 30 cm lange, kräftige, unverzweigte Pfahlwurzel, und in der Tiefe von 50—60 cm beginnen sich wieder feine Seitenwurzeln im Überfluss zu finden. Der unterste Teil des Wurzelsystems wird von einer eigentümlichen, ziemlich ebenen, regelförmigen Gruppe gebildet, deren Boden im Durchmesser c. 1 m (in 100 cm Tiefe) misst. Vergl. Abb. 3.

Kiefer N:o 2

Brusthöhendurchmesser 14 cm. — Länge 12,5 m. — Undichte und schwächliche Krone. — Alter c. 200 J.

Wurzelsystem. — Vom Wurzelhalse gehen zahlreiche Seitenwurzeln nach allen Richtungen aus. Drei von diesen Wurzeln sind ganz besonders dick; die eine geht c. 60 cm in die Tiefe, und verästelt sich hier in unzählige feine Würzelchen, die sämtlich etwa 75 cm vom Wurzelhalse ungefähr in ein und demselben Plane enden. Vergl. Abb. 4—5.

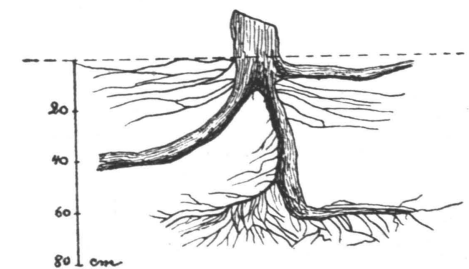


Abb. 4.

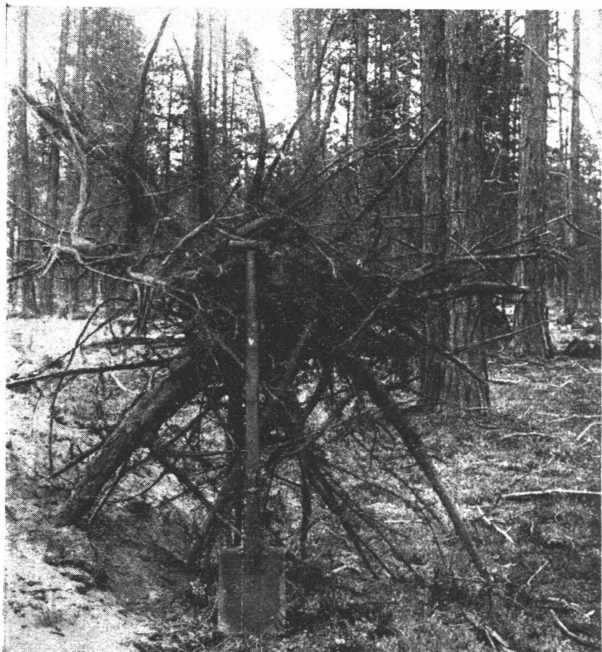


Abb. 5.

Abb. 4—5. Kiefer auf *Flechtenheide*. Abb. 4 stellt das Wurzelsystem seitwärts, Abb. 5 von unten gesehen dar.

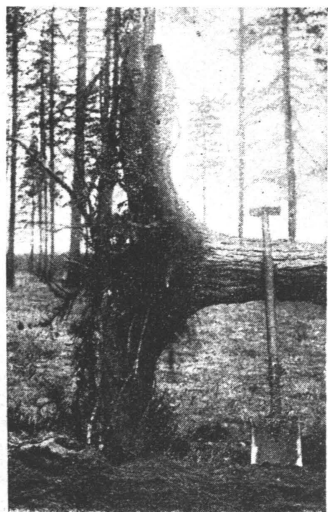


Abb. 6. Kiefer N:o 3. Das Wurzelsystem von der Seite aus gesehen.

Kiefer N:o 3

Brusthöhendurchmesser 16 cm. — Länge 14 m. — Kleine, c. 6 m hohe Krone. — Alter c. 200 J.

Wurzelsystem. — Typische Flachwurzel. Vom Wurzelhalse aus verlaufen der Oberfläche entlang 7 grobe und zahlreiche feinere Seitenwurzeln. Das Wurzelsystem dringt kaum 35 cm tief.

Kiefer N:o 4

Brusthöhendurchmesser 26 cm. — Länge 18 m. — Höhe der Krone etwa 10 m. — Alter c. 200 J.

Wurzelsystem: Am Wurzelhalse zeigt sich eine sehr reichliche Verästelung. Als Fortsetzung des Stammes bemerkt man ein etwa 50 cm langes, dickes, pfahlwurzelähnliches Gebilde, an dem hauptsächlich nur am unteren Teile Seitenwurzeln vorkommen; die feinsten Wurzeln reichen bis etwa 120 cm in die Tiefe. Von zwei längs der Oberfläche laufenden kräftigen Wurzeln gehen nahe am Wurzelhalse zwei Seitenwurzeln, von denen die eine 130 cm, die zweite 120 cm tief geht, direkt nach unten aus. Vergl. Abb. 7.

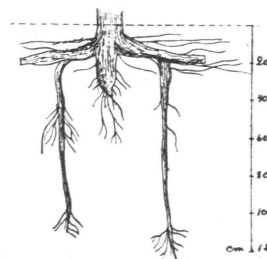


Abb. 7. Kiefer N:o 4. Das Wurzelsystem von der Seite aus gesehen.

Kiefer N:o 5

Brusthöhendurchmesser 8 cm. — Länge 6.5 m. — Höhe der Krone c. 5 m. — Alter c. 60 J.

Wurzelsystem. — Die Hauptwurzel wendet sich nach 20—30 cm seitwärts, schickt jedoch eine schwächere Seitenwurzel ungefähr 50 cm in die Tiefe, wo sie sich sehr reichlich verzweigt.

Kiefer N:o 6

Brusthöhendurchmesser 6 cm. — Länge 6.0 m. — Höhe der Krone 3 m. — Alter c. 60 J.

Wurzelsystem. — Die Wurzeln gehen etwa 50—60 cm tief. Etwa 40 cm tief geht von der Hauptwurzel eine dicke Seitenwurzel aus, die sich späterhin nach oben wendet und dann etwa 8—9 m vom Stamme entfernt längs der Oberfläche verläuft.

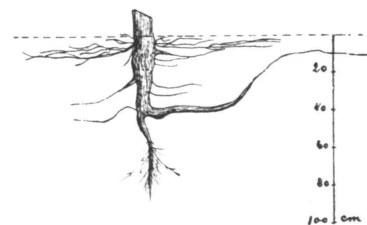


Abb. 8. Kiefer N:o 6. Das Wurzelsystem von der Seite aus gesehen.

Kiefer N:o 7

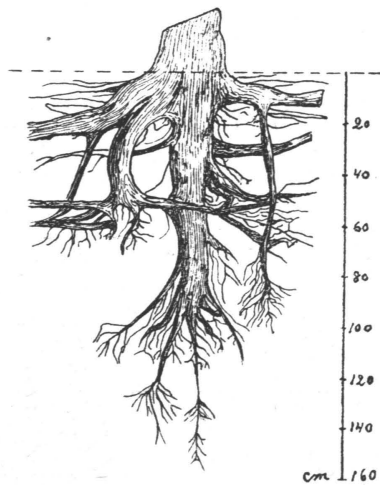
Brusthöhendurchmesser 10 cm. — Länge 7.0 m. — Höhe der Krone 5.5 m. — Alter 60 J.

Wurzelsystem. — Eine Zwischenform von Haupt- und Seitenwurzel. Das Wurzelsystem befindet sich hauptsächlich in 0—25 cm Tiefe. Eine Seitenwurzel reicht c. 50 cm in die Tiefe.

Kiefer N:o 9

Brusthöhendurchmesser 4 cm. — Länge 5.8 m. — 3.5 m hohe Krone. — Alter c. 60 J.

Wurzelsystem. — Ausgeprägte Pfahlwurzel, die etwa 60 cm tief geht.



Kiefer N:o 13

Brusthöhendurchmesser 20 cm. — Länge 14.5 m. — Höhe der Krone 8.5 m. — Alter c. 200 J.

Wurzelsystem. — Pfahlwurzel, deren schwächere Seitenwurzeln etwa 150 cm tief gehen. Stellenweise hat sich das Wurzelsystem ganz besonders stark verzweigt und baut sich eigentümlich stockwerkartig auf (4 Stockwerke). Vergl. Abb. 9.

Abb. 9. Kiefer N:o 13. Das Wurzelsystem von der Seite aus gesehen. Der stockwerkartige Aufbau des Wurzelsystems deutlich hervortretend.

Kiefer N:o 15

Brusthöhendurchmesser 38 cm. — Länge 16.5 m. — Üppige, 11 m hohe Krone. — Alter c. 250 J.

Wurzelsystem. — Die Wurzeln befinden sich hauptsächlich in einer Tiefe von 0—80 cm. In der Gegend des 0—20- und 40-ten

cm ist die Verzweigung besonders reich und verleiht dem Wurzelsystem gewissermassen ein zweistöckriges Aussehen. Von den der Bodenoberfläche zunächst liegenden horizontalen Wurzeln sind zwei, recht dicke, kräftige Seitenwurzeln gerade nach unten gerichtet, und geht die längere von ihnen bis 240 cm tief (vergl. Abb. 10). 1 m vom Stamme ab, um den Baum in 10 cm hohen Zonen vorgenommene Zählung der Wurzelenden ergab folgende Resultate:

Tiefe in cm	Wurzeln mit einem Durchmesser von mm			Anzahl der Wurzeln schichtenweise
	2—5	5—10	10 +	
0—10	34	10	7	51
10—20	24	9	11	44
20—30	19	5	17	41
30—40	30	6	7	43
40—50	54	12	15	81

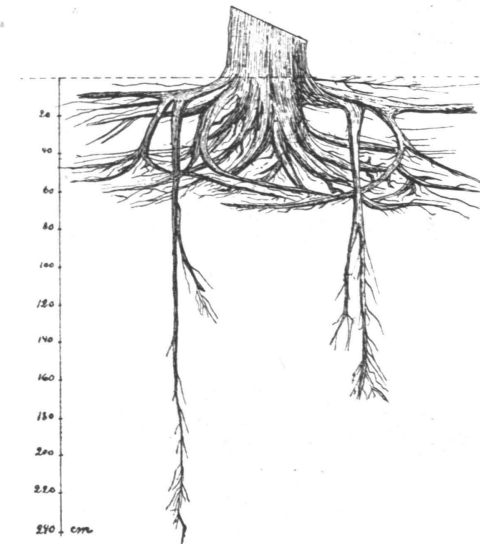


Abb. 10. Kiefer N:o 15. Das Wurzelsystem von der Seite aus gesehen. Das Wurzelsystem ist zweistöckrig.

Kiefer N:o 16

Brusthöhendurchmesser 18 cm. — Länge 11.5 m. — Regelmässige, 6 m hohe Krone. — Alter c. 200 J.

Wurzelsystem. — Die Wurzeln bilden 4, wenn gleich etwas undeutliche Stockwerke und erstrecken sich etwa 90 cm tief.

Kiefer N:o 19

Brusthöhendurchmesser 28 cm. — Länge 15.5 m. — Etwa 5 m hohe Krone. — Alter c. 200 J.

Wurzelsystem. — Das Wurzelsystem ist unregelmässig, ziemlich reich verzweigt und geht etwa 100 cm tief.

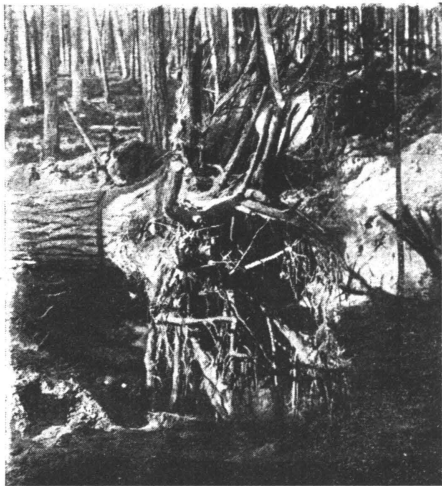


Abb. 11. Kiefer N:o 19. Das Wurzelsystem von unten aus gesehen.

Preisselbeer-Typus

Untersuchungsort: *Pitkän palot* (Revier Sodankylä).

Kiefer N:o 284

Brusthöhendurchmesser 22 cm. — Länge 170 cm. — Höhe der Krone 8 m. — Alter c. 180 J.

Wurzelsystem. — Das Wurzelsystem befindet sich hauptsächlich in einer Tiefe von 0—60 cm und ist überaus reich verzweigt. Zwei dickere, senkrechte Seitenwurzeln gehen etwa 120 cm tief. Um den Baum herum in der Entfernung von 1 m gab es folgende Anzahl von Wurzelenden:

Tiefe in cm	Wurzeln mit einem Durchmesser von mm			Anzahl der Bäume schichtenweise
	2—5	5—10	10 +	
	Stück			
0—10	10	6	1	17
10—20	28	12	3	43
20—30	20	2	—	22
30—40	9	2	—	11
40—50	4	1	—	5

Kiefer N:o 299

Brusthöhendurchmesser 32 cm. — Länge 20 m. — Höhe der Krone 12 m. — Alter c. 180 J.

Wurzelsystem. — Die Wurzeln befinden sich beinahe ganz und gar in der 80 cm dicken Bodenoberflächenschicht. Das Wurzelsystem ist überaus stark verzweigt. Vergl. Abb. 12.

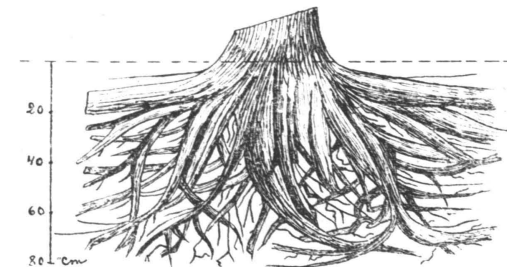


Abb. 12. Kiefer N:o 299. Das Wurzelsystem von der Seite aus gesehen.

Die Anzahl der Wurzelenden 1 m vom Baumstamme ab war wie folgt:

Tiefe in cm	Wurzeln mit einem Durchmesser von mm			Anzahl der Wurzeln schichtenweise
	2—5	5—10	10 +	
	Stück			
0—10	44	12	11	67
10—20	47	9	5	61
20—30	44	11	3	58
30—40	22	10	11	43
40—50	12	4	6	22
50—60	43	9	—	52

Kiefer N:o 248

Brusthöhendurchmesser 26 cm. — Länge 20.5 m. — Alter c. 180 J.

Wurzelsystem. — Das Wurzelsystem ist überaus stark verzweigt, und liegt hauptsächlich in einer Tiefe von 0—100 cm. — Wurzelenden waren, 1 m vom Stamme ab, in folgenden Mengen vorhanden:

Tiefe in cm	Wurzeln mit einem Durchmesser von mm			Anzahl der Wurzeln schichtenweise
	0—5	5—10	10 +	
	Stück			
0—10	46	10	6	62
10—20	27	9	6	42
20—30	19	6	1	26
30—40	17	7	2	26
40—50	3	11	4	18
50—60	10	3	—	13

Kiefern N:ris 1 a, 1 b, 1 c.

Brusthöhendurchmesser 8 cm; — Länge 6.0 m; Alter 80 J.;
Wurzel: Pfahlw.; Tiefe 60 cm.
" 6 cm; — Länge 6.0 m; Alter 80 J.;
Wurzel: Pfahlw.; Tiefe 75 cm.
" 4 cm; — Länge 3.5 m; Alter 80 J.;
Wurzel: Pfahlw., Tiefe 60 cm.

Untersuchungsort: *Räkkiluoston kangas* (Revier Sodankylä).

Kiefer N:o 1

Brusthöhendurchmesser 28 cm. — Länge 18.5 m. — Dichte, 10 m hohe Krone. — Alter c. 200 J.

Wurzelsystem. — Ausserordentlich reiche Verzweigung. Der Hauptteil des Wurzelsystems erreicht eine Tiefe von c. 1 m, einzelne Seitenwurzeln gehen sogar bis 180 cm tief.

Folgende Abbildung stellt die Wurzelsysteme einiger 20-jährigen, 130—200 cm hohen Kiefern auf derselben Heide dar.

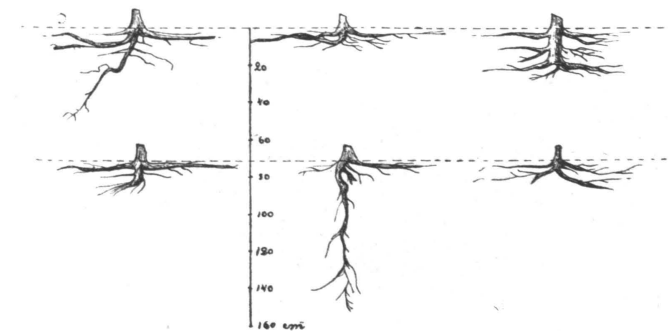


Abb. 13. Wurzeltypen aus einem Kiefernbestand vom *Preisselbeer-Typus*.

2. Fichte

Gesamtuntersuchungen

Die Fichte kommt im *Flechten-Typus* nur ausnahmsweise vor, und wurden in diesem Typus keinerlei das Wurzelsystem dieser Baumart betreffende Untersuchungen angestellt. Desgleichen fehlen Untersuchungen aus dem *Heidekraut-Typus*. Folgende aus *Räkkiluoston kangas* (vergl. oben) stammende, im *Preisselbeer-Typus* gemachte Beobachtungen seien hier angeführt.

Baum-		Wurzel-		Baum-		Wurzel-	
N:o	Länge in cm	Tiefe in cm	Form	N:o	Länge in cm	Tiefe in cm	Form
1	80	14	III	21	100	6	III
2	70	8	III	22	120	20	II
3	50	10	I	23	30	3	III
4	60	5	III	24	30	5	II
5	40	6	III	25	40	8	III
6	70	4	III	26	70	8	II
7	110	4	III	27	60	6	II
8	120	20	III	28	70	5	III
9	120	30	II	29	50	5	III
10	60	8	III	30	70	5	III
11	50	15	II	31	110	25	II
12	60	10	III	32	75	5	III
13	50	6	III	33	60	25	II
14	40	6	III	34	100	6	III
15	30	4	II	35	75	20	II
16	120	8	III	36	60	5	III
17	30	5	III	37	90	16	III
18	30	5	III	38	70	8	III
19	80	24	I	39	70	10	III
20	70	20	II	40	70	20	I

Spezielle Beschreibungen des Wurzelsystems einiger Bäume

Dickmoosiger Typus

Untersuchungsort: *Ojalahden lehto* (Revier Sodankylä). Abb. 15.

Fichte N:o 314

Brusthöhendurchmesser 22 cm. — Länge 15 m. — Alter c. 250 J.

Wurzelsystem. — Vom Wurzelhalse gehen einige dicke Seitenwurzeln aus, deren Unterend etwa 40 cm tief liegt. Diese senden dann zahlreiche feinere Wurzeln senkrecht abwärts bis zu einer Tiefe von etwa 90 cm. (Vergl. Abb. 14.)

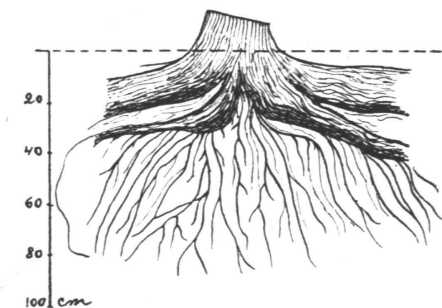


Abb. 14. Fichte N:o 314. — Das Wurzelsystem von der Seite aus gesehen.



Abb. 15. Fichtenbestand vom *dickmoosigen Typus*. — *Ojalahden lehto* (Revier Sodankylä).

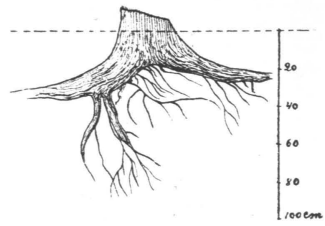


Abb. 16. Fichte N:o 380. Das Wurzelsystem von der Seite aus gesehen.

Fichte N:o 380

Brusthöhendurchmesser 18 cm. — Länge 12.5 m. — Alter c. 250 J.

Wurzelsystem. — Das Wurzelsystem ist im Übrigen dem vorigen gleich, nur gehen auch einige etwas dickere Wurzeln in senkrechter Richtung etwa 90 cm tief. Vergl. Abb. 16.

Das Wurzelsystem, von noch zwei anderen untersuchten Bäumen, von denen der eine 11.5 m und der andere 18.5 m hoch war, reichte im ersteren Falle 90 cm, im letzteren 100 cm tief.

Untersuchungsort: *Karhakistovaara* (Revier Sodankylä).

Fichte N:o 109

Brusthöhendurchmesser 26 cm. — Länge 15.0 m. — Alter c. 200 J.

Wurzelsystem. — Der Unterrand der dicksten, horizontal verlaufenden Wurzeln, deren mehrere vom Wurzelhalse ausgehen, liegt etwa 40 cm tief. Diese schicken dicke und zahlreiche feine Wurzeln senkrecht nach unten, die sämtlich eine Tiefe von c. 80 cm erreichen.

Fichte N:o 123

Brusthöhendurchmesser 24 cm. — Länge 17.7 m. — Alter c. 250 J.

Wurzelsystem. — Von den horizontalen, dicken, c. 50 cm tief reichenden Wurzeln gehen zahlreiche, feine, in einer Tiefe von c. 100 cm endende Wurzeln senkrecht nach unten. (Vergl. Abb. 17.)

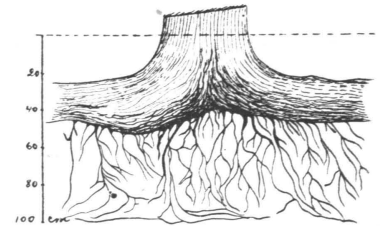


Abb. 17. Fichte N:o 123. — Das Wurzelsystem von der Seite aus gesehen.

3. Birke

Gesamtuntersuchungen

Über die Birke besitzen wir nur wenig Untersuchungen. Im Folgenden seien jedoch einige im Vorübergehen gemachte Aufzeichnungen angeführt. Dieselben beziehen sich auf die Tiefe und Art des Wurzelsystems im *Flechten-Typus* (*Kaunisvaaran kangas*, vergl. vorsteh.) und im *Preisselbeer-Typus* (*Räkkiluoston kangas*, vergl. vorsteh.)

Flechten-Typus

Baum-		Wurzel-		Baum-		Wurzel-	
N:o	Länge in cm	Tiefe in cm	Form	N:o	Länge in cm	Tiefe in cm	Form
1	40	15	I	13	75	25	III
2	55	13	II	14	45	20	III
3	55	11	II	15	45	15	III
4	70	8	II	16	30	15	III
5	60	13	II	17	22	16	III
6	50	15	II	18	40	18	III
7	18	8	II	19	30	18	III
8	30	11	III	20	32	22	III
9	32	15	III	21	45	15	I
10	60	15	III	22	30	10	I
11	52	18	III	23	60	28	I
12	45	22	III	—	—	—	—

Preisselbeer-Typus

Baum-		Wurzel-		Baum-		Wurzel-	
N:o	Länge in cm	Tiefe in cm	Form	N:o	Länge in cm	Tiefe in cm	Form
1	150	15	III	12	220	60	I
2	160	20	III	13	70	15	II
3	100	12	II	14	90	5	III
4	70	15	III	15	120	8	II
5	90	15	II	16	250	20	III
6	150	25	II	17	90	15	II
7	200	25	III	18	130	20	II
8	170	20	II	19	160	20	II
9	70	15	II	20	100	15	II
10	120	15	II	21	150	20	II
11	110	8	III	—	—	—	—

Spezielle Beschreibungen des Wurzelsystems einiger Bäume

Preisselbeer-Typus

Untersuchungsort: *Pitkän palot* (Revier Sodankylä).

Birke N:o 9

Brusthöhendurchmesser 20 cm. — Länge 13.5 m.

Wurzelsystem. — Der Hauptteil des Wurzelsystems geht bis zur Tiefe von 0—50 cm. Dasselbe ist im Grossen und Ganzen nur unbedeutend verzweigt. Einzelne Seitenwurzeln gehen bis 90 cm tief. — Eine, 1 m vom Stamme ab, um den Baum herum vorgenommene Zählung der Wurzeln ergab folgendes Resultat:

Tiefe in cm	Wurzeln mit einem Durchmesser von			Anzahl der Wurzeln schichtenweise
	2—5	5—10	10+	
	Stück			
0—10	53	21	16	90
10—20	52	13	12	77
20—30	24	1	—	25
30—40	7	—	—	7

Birke N:o 35

Brusthöhendurchmesser 16.0 cm. — Länge 12.0 m.

Wurzelsystem. — Das Wurzelsystem ist schwach verzweigt. Nahe am Stamme sind die Wurzeln recht dick, verschmälern sich jedoch rasch. Sie erreichen eine Tiefe von c. 80 cm. (Vergl. Abb. 18.)

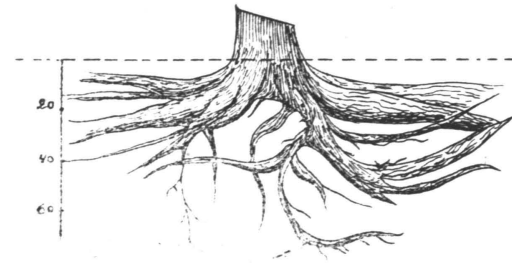


Abb. 18. Birke N:o 35. — Das Wurzelsystem von der Seite aus gesehen.

1 m vom Stamme entfernt gab es folgende Anzahl Wurzeln:

Tiefe in cm	Wurzeln mit einem Durchmesser von mm			Anzahl der Wurzeln schichtenweise
	2—5	5—10	10+	
	Stück			
0—10	17	11	9	37
10—20	22	11	7	40
20—30	13	2	1	16
30—40	5	—	—	5

4. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Auf Grund des Untersuchungsmaterials lassen sich hauptsächlich nur in Bezug auf das Wurzelsystem der Kiefer Schlussfolgerungen ziehen.

Hinsichtlich der Tiefe und Form des Wurzelsystems ist in der Litteratur des Öfteren darauf aufmerksam gemacht worden, dass das

Wurzelsystem in unserem Lande, wie denn wohl überhaupt überall in nördlichen Gegenden vorzugsweise nahe der Bodenoberfläche und derselben parallel verläuft.¹

Der Grund hierzu ist vorläufig noch nicht klargelegt worden. Da bemerkt wurde, dass das Wurzelsystem der Kiefern speziell auf trockenen Heiden diese Eigentümlichkeit besitzt, ist die Vermutung ausgesprochen worden, dass die verhältnissmässig grosse Menge der trockenen Heiden im Norden die Erklärung dazu lieferte, warum sich das Wurzelsystem dort am häufigsten gerade in dieser Richtung entwickelt.²

Die vorliegenden Untersuchungen führten zu etwas abweichenden Ergebnissen.

Es ist selbstverständlich, dass das Wurzelsystem eines Baumes um so tiefer reicht, je grösser der Baum ist. — Die grösste Tiefe des Wurzelsystems der untersuchten Bäume betrug etwa 2.5 m; die Höhe des grössten Baumes war 20.5 m.

Auf trockenen Heiden gehen die Wurzeln tiefer als auf frischen Heiden.

Die Wurzeln von jungen und kleinen Bäumen liegen relativ flach. Im *Flechten-Typus* erstreckt sich das Wurzelsystem von 2—3 m hohen und kleineren Bäumen höchstens bis zu einer Tiefe von 0.5 m, im *Heidekraut-* und *Preisselbeer-Typus* um einiges weniger. Während das Wurzelsystem von 15—20 m hohen Bäumen im *Flechten-Typus* eine Tiefe von 1.5—2.0 m erreicht, beträgt die entsprechende Tiefe im *Preisselbeer-Typus* nur 1.0 m. (Es verdient der Erwähnung, dass der Boden in den Beständen der hier mit einander verglichenen *Flechten-* und *Preisselbeer-Typen* aus feinem, steinfreiem Sand bestand und im ersteren Typus etwas grobkörniger als im letzteren war.)

Betreffend die Form des Wurzelsystems, so hat etwa die Hälfte der unter 1—1.5 m grossen Bäume eine ausgeprägte Pfahlwurzel. Im *Flechten-Typus* ist diese Form um einiges reichlicher als im *Heidekraut-* und *Preisselbeer-Typus* vertreten. Die grösseren, besonders über 5—6 m

¹ Vergl. z. B.: HENRIK HESSELMAN, Studier öfver de norrländska tallhedarnas föringningsvillkor I. Meddel. f. stat. skogsförsöksanst. 7 (1910). 45—7.

² A. K. CAJANDER, Metsänhoidon perusteet I. Porvoo 1917. 291—4.

hohen Bäume haben etwas seltener eine Pfahlwurzel und dieser nahe-stehende Wurzelformen, doch kommen auch diese im *Flechten-Typus* häufiger als im *Preisselbeer-Typus* vor.

Als eine Eigentümlichkeit des Wurzelsystems der Kiefer ist hervorzuheben, dass die Haupt- oder eine der dickeren Seitenwurzeln, die zuerst eine mehr oder weniger senkrechte Richtung nach unten hatten, zuweilen eine Strecke von der Bodenoberfläche entfernt plötzlich eine wagerechte Richtung seitwärts annehmen (vergl. Abb. 4, 6). Dies scheint speziell im *Flechten-Typus* häufig der Fall zu sein. Diese Erscheinung ist schon früher beachtet und dann und wann auch in der Litteratur erwähnt worden. Der Ursache derselben ist man nicht auf die Spur gekommen, doch ist u. a. die Vermutung ausgesprochen worden, dass eine derartige Wendung der Wurzeln auf in dem Boden vorkommenden harten Schichten, speziell Ortsteinschichten beruhen dürfte. Auf den Heiden, an denen die hier in Frage stehenden Untersuchungen vorgenommen wurden, gab es jedoch nur an ganz vereinzelt Stellen Ortstein, und fielen diese auch nicht ein einziges Mal mit den Stellen, an denen die Wurzel die erwähnte Form aufwies, zusammen. Die Vermutung, dass das Phänomen auf die wechselnden Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens zurückzuführen sei, liegt daher näher. So ist z. B. auf Sandheiden, von denen hier zunächst die Rede ist, der Boden mehr oder weniger geschichtet; es wechseln hier feine und grobkörnige Schichten, und mit diesen selbstverständlich der Feuchtigkeitsgrad. Diese Vermutung wird vielleicht durch eine zweite Eigentümlichkeit bestätigt, durch ein Phänomen, welches in gewisser Beziehung dem vorigen gleichgestellt werden kann. An dem Wurzelwerk grosser Bäume bemerkt man häufig in bestimmten Höheabständen von einander, in recht bedeutender Menge Seitenwurzeln, und wird das Wurzelsystem hierdurch sozusagen stockwerkartig. Oft findet man 2 derartige Stockwerke, zuweilen auch 3—4 (vergl. Abb. 9—10). Die Vermutung liegt sehr nahe, dass diese stellenweise Verzweigung der Wurzeln in einigem Zusammenhang mit etwaigen Eigenschaften des Bodens, und zunächst vielleicht mit dem Feuchtigkeitsgrad desselben steht. Die Wurzeln verlaufen und verästeln sich vorwiegend an solchen

Stellen, wo ihnen mehr Wasser geboten wird. (Möglicherweise dürften die die Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens behandelnden Untersuchungen, welche im Anschluss an vorliegende Wurzeluntersuchungen gemacht wurden, einiges zur Aufklärung dieser Frage beitragen, doch befindet sich die Behandlung dieses Materials vorläufig noch im Anfangsstadium). Ausserdem ist es eine bekannte und durch Versuche bewiesene Tatsache, dass der Zugang zu besserer Nahrung an einer Stelle eine reichere Verzweigung der Wurzeln zur Folge hat.¹

Die sich auf die Fichte beziehenden Untersuchungen sind vorläufig noch ganz unzureichend und betreffen beinahe ausschliesslich Bäume im *dickmoosigen Typus*. Die Pfahlwurzel kommt an Fichten nur ausnahmsweise vor. Das Wurzelsystem der untersuchten grösseren, 15—18 m hohen Bäumen im *dickmoosigen Typus* ging 80—100 cm tief. Die der Bodenoberfläche parallel verlaufenden groben Wurzeln erstrecken sich kaum tiefer als 40—50 cm, doch schicken sie zahlreiche, feine, vertikale Wurzeln aus, die bis in eine Tiefe von etwa 1 m dringen. (Vergl. Abb. 14, 17.)

¹ Vergl. z. B.: M. BÜSGEN, Bau und Leben unserer Waldbäume. Jena 1897. S. 154.

II. Menge und Ausbreitung der Wurzeln in Beständen

1. Untersuchungsmethode und -material

Bei einer Darstellung der Menge und Ausbreitung der Wurzeln in einem Bestande kann selbstverständlich nicht die Rede von einer Messung, Wägung oder sonstigen Bewertung der gesamten Wurzelsysteme sein, sondern müssen sich die Untersuchungen auf hier und da in dem Bestande entnommene kleine Bodenprofile von bestimmter Grösse beschränken. Die Hauptschwierigkeit besteht hierbei darin, die Grösse, Anzahl und Lage oder Ort dieser Profile derart zu bestimmen, dass das aus ihnen erhaltene Material tatsächlich einen richtigen Begriff von dem Wurzelschluss des gesamten Bestandes gibt. Bei Beachtung der mühsamen Arbeit, welche derartige Untersuchungen stets erfordern, muss man natürlich darauf bedacht sein, in so hohem Grade wie möglich die Anzahl und Grösse der Profile einzuschränken.

Folgende Untersuchungen wurden teilweise auf den schon früher behufs Erforschung der Verjüngungsverhältnisse des Waldes ausgewählten Probestellen in verschiedenen Teilen des Reviers Sodankylä, teilweise auf im Anschluss an diese Untersuchungen abgesteckten gleichartigen Probestellen ausgeführt.¹ In der Mitte oder möglichst nahe derselben wurde in jedem Quadrat von der Grösse eines Ars, eine Grube von 2 m Länge, 20 cm Bodenbreite, 60 cm Oberbreite und 30 cm Tiefe gegraben. Die eine Längsseite der Grube wurde senkrecht,

¹ Vergl.: V. T. AALTONEN, Über die natürl. Verj. u. s. w. I. op. cit. S. 102—7.

die andere schräg gegraben. Der senkrechten Seite wurde ein Rahmen angelegt, dessen innere Breite $30 \times 200 \text{ cm}^2$ betrug und der seiner Länge nach in drei $10 \times 200 \text{ cm}^2$ grosse Teile eingeteilt war. In einem jedem der $10 \times 200 \text{ cm}^2$ grossen Teile wurden dann die in ihnen befindlichen Wurzelenden besonders geschätzt. Ihrer Dicke nach wurden diese in vier Gruppen eingeteilt: Die Menge der höchstens 2 mm dicken Wurzeln wurde durch Augenmass bei Benutzung der Skala 0, 1, 2, 3, 4 (und deren Zwischenstufen) abgeschätzt, die dickeren Wurzeln wurden direkt gezählt, wobei die 2—5, 5—10 und $10+$ mm dicken Wurzeln von einander geschieden wurden.

Eine derartige Bewerkstellung der Untersuchung ist in mehr oder weniger steinfreiem Sandboden nicht mit nennenswerten Schwierigkeiten verbunden, je steiniger jedoch der Boden wird, desto schwieriger gestaltet eine solche Untersuchung sich natürlich und schon in einigermassen steinreichem Boden lässt sie sich nur mit grosser Mühe ausführen. Eine hargrosse Probefläche oder das Graben von 100 Gruben bedeutet eine Arbeit von 5—10 Tagen, das Zählen der Wurzeln nimmt 1—2 Tage in Anspruch.

Den bisher erhaltenen Erfahrungen zufolge, hätte die Profillänge etwas grösser, etwa 3 m sein können. Allerdings würde ja wohl auch durch eine grössere Anzahl von Profilen die Zuverlässigkeit des Materials zunehmen, doch dürfte man bessere Resultate eher durch eine Vergrösserung derselben erzielen. Wenn nun aber auch das Material hätte umfangreicher sein können, so scheint es doch auch in seinem gegenwärtigen Umfang schon einen einigermassen richtigen Begriff von dem Wurzelschluss in den Beständen zu geben und verdient als solches veröffentlicht zu werden.

Die Untersuchungen beziehen sich auf 12 Bestände, von denen 8 Kiefern-, 2 Fichten- und 2 Birkenbestände waren. Von den Kiefernbeständen gehören 3 dem *Flechten-Typus*, 2 dem *Heidekraut-Typus*, 1 dem *Krähenbeer-Typus* und 2 dem *Preisselbeer-Typus* av. Die Fichten- und Birkenbestände stammen teilweise aus dem *Blaubeer-Krähenbeer* teilweise aus dem *dickmoosigen Typus*.

Die untersuchten Probeflächen sind folgende:

N:o XIII	<i>Kaunisvaara</i>	} 1
„ XXXI	<i>Peuraselkä</i>	
„ XXXII	„	
„ XXXV	<i>Ulinkaanrova</i>	
„ XXXVII	<i>Tuulusvaara</i>	
„ XLIII	<i>Kaunisvaara</i>	

N:o LV. *Pitkänpalot*. — *Preisselbeer-Typus*. Der Wald ist ungewöhnlich stattlich, etwa 160-jähriger Kiefernbestand. Die meisten Bäume sind 25 m hoch. Vor etwa 30—40 Jahren sind einige grössere Bäume gefällt worden. Vor 87 Jahren ist der Wald vom Brand heimgesucht. — Der Boden besteht aus feinem, steinfreiem Sand, die Auswaschung ist schwach, die Humusschicht 2—3 cm dick.

N:o LVII. *Mairivaara*. — *Preisselbeer-Typus*. Der Boden ist ein etwa 7 km langer „Rücken“, stellenweise von ansehnlicher Höhe. Der Wald ist von wechselnder Beschaffenheit; auf der Probefläche wächst mitteldichter, 220-jähriger, hochstämmiger Kiefernbestand. Keine Abholzung hat stattgefunden. Vor 62 Jahren wurde der Wald vom Brand heimgesucht. — Der Boden ist recht steinig, die Auswaschung stark. Die Humusschicht beträgt 2—4 cm, weisse Sandschicht 6—10 cm.

N:o LVIII. *Katsikkovaara*. — Boden- und Waldbeschaffenheit sehr wechselnd. Auf der Probefläche wächst dichter Birkenbestand, welcher teilweise nach einem vor 40 Jahren den Wald verheerenden Waldbrand entstanden, teilweise jedoch älter ist (80—90 J.). Stellenweise bemerkt man unter den Birken heranwachsende junge Kiefern-pflanzen. — Der Boden ist überaus steinig, stark ausgewaschen, stellenweise etwas versumpft.

N:o LIX. *Huotarinkumpu*. — Wald- und Bodenbeschaffenheit im Grossen und Ganzen wie im Vorigen. Auf der Probefläche ist der Birkenbestand 80—90 J. alt, mitteldicht.

¹ Vergl.: V. T. AALTONEN, Über die natürl. Verj u. s. w. I. op. cit. S. 102—7.

N:o LX. *Ojalahden lehto*. — Zum Teil *Blaubeer-* und *Kräheneber-*, zum Teil *dickmoosiger Typus*. Lichter, etwas mit Birken untermischer Fichtenbestand. Die Bäume haben ein verkümmertes Aussehen, die meisten haben umgebrochene Kronen, Alter 200—250 J. — Bodenbeschaffenheit: Moräne; verhältnismässig unbedeutend steinig.

N:o LXI. *Karhakistovaara*. — Im Grossen und Ganzen wie im Vorigen. Der Wald ist jedoch etwas kräftiger und dichter.

Bei einer quadrat- oder profilweisen Summierung der wenigstens 2 mm dicken Wurzeln, erhält man für die untersuchten Probeflächen folgende Anzahl von Wurzeln:

N:o	Name	Anzahl der Quadrate, in denen es																			Anzahl der Wurzeln probe-flächen-weise
		Stück Wurzeln gibt																			
der Probefläche		0—5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40	41—45	46—50	51—55	56—60	61—65							
XIII	<i>Kaunisvaara</i> . . .	2	4	13	24	26	12	10	4	2	2	1	—	—	2320						
XXXI	<i>Peurasselkä</i> . . .	24	30	17	13	9	4	2	1	—	—	—	—	—	1182						
XXXII	" . . .	14	21	39	12	8	4	1	1	—	—	—	—	1331							
XXXXV	<i>Ulinkanrova</i> . . .	1	2	4	19	12	21	13	5	2	1	—	—	2019							
XXXXVIII	<i>Tuulusvaara</i> . . .	9	23	27	28	8	3	1	1	—	—	—	—	1404							
XLIII	<i>Kaunisvaara</i> . . .	26	8	9	8	15	12	8	8	3	3	—	—	1906							
LV	<i>Pitkän palot</i> . . .	4	23	30	21	9	6	4	3	—	—	—	—	1573							
LVII	<i>Mairivaara</i> . . .	3	17	32	22	16	8	—	1	1	—	—	—	1645							
LVIII	<i>Katsikkovaara</i> . . .	—	6	23	37	19	6	3	5	—	1	—	—	1943							
LIX	<i>Huotarin kumpu</i> . . .	—	4	11	22	24	20	9	6	2	—	2	—	2402							
LX	<i>Ojalahden lehto</i> . . .	—	2	9	14	21	25	16	3	7	1	1	1	2170							
LXI	<i>Karhakistovaara</i> . . .	—	2	10	23	16	20	15	6	3	3	1	—	2582							

Probefläche LIX

Kronen- fläche in m ² oder ‰	Q u a d r a t e, d i e											Anzahl der Quadr.
	0—5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40	41—45	46—50	51—55	
	Stück Wurzeln enthalten ‰											
30—40	—	—	—	—	33.3	66.7	—	—	—	—	—	3
40—50	—	18.7	6.3	31.2	25.0	12.5	6.3	—	—	—	—	16
50—60	—	—	31.2	12.5	6.3	31.2	6.3	6.3	—	—	6.2	16
60—70	—	—	9.5	28.6	28.6	19.0	9.5	4.8	—	—	—	21
70—80	—	—	6.7	26.7	26.7	13.3	13.3	13.3	—	—	—	15
80—90	—	6.2	—	12.5	37.5	25.0	6.2	—	6.3	—	6.3	16
90—100	—	—	15.4	23.0	15.4	7.7	15.4	15.4	7.7	—	—	13
Summe	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100

Probefläche LX

Kronen- fläche in m ² oder ‰	Q u a d r a t e, d i e											Anzahl der Quadr.
	0—5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40	41—45	46—50	51—55	
	Stück Wurzeln enthalten ‰											
0—10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10—20	13.3	26.7	26.6	6.7	6.7	6.7	—	13.3	—	—	—	15
20—30	—	9.4	21.9	21.9	18.7	18.7	—	6.3	3.1	—	—	32
30—40	—	2.6	5.3	29.0	39.5	10.5	2.6	7.9	—	—	2.6	38
40—50	—	9.1	9.1	9.1	18.2	36.3	9.1	—	—	9.1	—	11
50—60	—	—	—	50.0	—	—	50.0	—	—	—	—	2
60—70	—	—	—	—	50.0	50.0	—	—	—	—	—	2
Summe	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100

Probefläche LXI

Kronen- fläche in m ² oder ‰	Q u a d r a t e, d i e													Anzahl der Quadr.
	0—5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40	41—45	46—50	51—55	56—60	61—65	
	Stück Wurzeln enthalten ‰													
0—10	—	9.1	27.3	36.3	—	18.2	—	—	9.1	—	—	—	—	11
10—20	—	—	13.2	34.2	18.4	10.5	15.8	2.6	—	5.3	—	—	—	38
20—30	—	2.7	2.6	13.2	23.7	23.7	18.4	10.5	9.6	—	2.6	—	—	38
30—40	—	—	10.0	—	—	50.0	20.0	—	10.0	10.0	—	—	—	10
40—50	—	—	—	33.4	—	—	—	33.3	—	—	—	—	33.3	3
Summe	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100

Wie aus diesem Vergleich hervorgeht, steigt die Wurzelanzahl jedenfalls auf den Kiefernprobeflächen bei steigendem Kronenschluss. Dies kommt am deutlichsten in den Kronenflächenklassen 10—40 zum Vorschein; hier stören keine leeren Quadrate, und ist das in ihnen enthaltene Material das vollständigste. Bei einer fortschreitenden Vergrößerung des Kronenschlusses scheint es, als ob die Wurzelmenge nicht mehr in gleichem Masse zunähme, jedoch ist unser Material zu gering, als dass man sich in dieser Frage eine bestimmte Meinung bilden könnte. Auf den Birkenprobeflächen tritt das in Frage stehende Verhältnis nicht so deutlich zu Tage; dies dürfte hauptsächlich darauf beruhen, dass der Boden in den untersuchten Birkenbeständen überaus steinig war, was die Bewerkstelligung der Untersuchung in hohem Grade erschwerte und sich die Ergebnisse derselben dadurch einigermaßen unzuverlässig gestalteten.

Zur Bildung einer Vorstellung von dem gegenseitigen Verhältnis zwischen Wurzelschluss und Kronenschluss wurde im Folgenden berechnet, wie viel Wurzeln durchschnittlich auf jeder einzelnen Probefläche je auf einen m² Kronenfläche kommen.

Heidekraut-Typus

Kronen- fläche in m ² oder ‰	Q u a d r a t e, d i e								Anzahl der Quadr.
	0—5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40	
	Stück Wurzeln enthalten ‰								
0—10	37.4	37.3	18.7	1.3	4.0	1.3	—	—	75
10—20	38.2	20.0	38.2	12.7	3.7	3.6	3.6	—	55
20—30	5.1	23.1	28.2	18.0	17.9	5.1	—	2.6	39
30—40	—	14.3	28.6	28.6	14.3	7.1	7.1	—	14
40—50	—	16.7	25.0	16.7	25.0	16.6	—	—	12
50—60	—	—	25.0	75.0	—	—	—	—	4
60—70	—	—	100	—	—	—	—	—	1
Summe	—	—	—	—	—	—	—	—	200

Preisselbeer-Typus

Kronen- fläche in m ² oder ‰	Q u a d r a t e, d i e									Anzahl der Quadr.
	0—5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40	41—45	
	Stück Wurzeln enthalten ‰									
0—10	12.5	16.6	29.2	37.5	4.2	—	—	—	—	24
10—20	8.3	13.3	31.7	15.0	6.7	3.3	1.7	—	—	60
20—30	9.9	38.5	29.6	23.5	12.4	4.9	1.2	—	—	81
30—40	2.8	18.1	22.2	34.7	11.1	6.9	1.4	2.8	—	72
40—50	2.0	16.3	30.6	18.4	16.3	8.2	6.1	2.1	—	49
50—60	—	—	38.4	23.1	15.4	7.7	—	7.7	7.7	13
60—70	—	—	—	—	100	—	—	—	—	1
Summe	—	—	—	—	—	—	—	—	—	300

Aus dieser Statistik geht trotz gewisser ihr anhaftenden Mängel hervor, dass es bei gleicher Dichte des Waldes im Allgemeinen in den schlechteren Waldtypen reichlicher Wurzeln gibt als in den besseren.

An den auf S. 44 angegebenen Verhältnisszahlen tritt dies noch deutlicher zu Tage. Vereinigt man die Probeflächen typenweise in

derselben Art wie weiter oben, und berechnet man die Verhältnisszahlen in den verschiedenen Typen, so erhält man folgende Werte:

Flechten-Typus 0.85

Heidekraut-Typus 0.73

Preisselbeer-Typus 0.53

Die Untersuchung ist in diesem Punkt insofern unvollständig, als daraus nicht erhellt, welche Bedeutung dem Alter des Waldes im Allgemeinen beizumessen ist. Wie jedoch schon betont wurde, war es dieses Mal nicht möglich, diesen Umstand mit in Betracht zu ziehen.

Die Fichtenprobeflächen wurden beide in ungefähr gleichartigen Waldtypen entnommen, desgleichen die Birkenprobeflächen, daher man in Bezug auf sie keinen ähnlichen Vergleich wie in den Kiefernbeständen anstellen kann.

Um einen Vergleich der verschiedenen Holzarten in dieser Beziehung mit einander anzustellen, ist das Fichten- und Birkenmaterial im Allgemeinen unzureichend. Jedoch ist die Wurzelmenge der beiden Birkenprobeflächen dermassen auffallend gering, dass dieser Umstand uns zu der Annahme berechtigt, dass die Birkenbestände im Allgemeinen verhältnismässig wenig Wurzeln haben.

3. Tiefe und Dicke der Wurzeln

Vergleicht man die Kiefernbestände der verschiedenen Waldtypen in Bezug auf Wurzelverbreitung in der 30 cm dicken Oberflächenschicht miteinander, so weisen sie allem Anschein nach in dieser Beziehung keinen nennenswerten Unterschied auf. Etwas über die Hälfte des Wurzelsystems liegt in der 10 cm dicken Oberflächenschicht. — Bei Nebeneinanderstellung der verschiedenen Holzarten kann man bemerken, dass die Wurzeln der Kiefer nahe der Oberfläche verhältnismässig am stärksten vertreten sind.

In Bezug auf die Wurzelstärke in Kiefernbeständen hat es den Anschein, als wären die Wurzeln im *Flechten-Typus* um Einiges feiner

als im *Heidekraut-* und *Preisselbeer-Typus*. In dieser Hinsicht stimmen die verschiedenen Holzarten so ziemlich mit einander überein.

Aus der Wurzelstatistik geht ebenfalls, hinsichtlich der Wurzel-
dicke in verschiedener Tiefe im Allgemeinen hervor, dass die dickeren
Wurzeln nahe der Oberfläche des Bodens reichlicher vertreten sind.

4. Einige ergänzende Beobachtungen

Wenn auch die im Vorgehenden angeführte Statistik über die
Korrelation zwischen Wurzelmenge und Kronenschluss schon darlegt,
dass die Baumwurzeln in schlechteren Waldtypen weiter seitwärts ge-
hen als in guten Typen, so wäre es dennoch interessant gewesen, diese
Entfernung direkt zu messen. In Ermangelung eines passenden Un-
tersuchungsortes bot sich hierzu keine Gelegenheit. Doch dürfte eine
kleine, in einem Kiefernbestand vom *Flechten-Typus* (Alter c. 200 J.)
vorgenommene Untersuchung sich dazu eignen, einiges Licht über diese
Frage zu verbreiten. Abb. 19 stellt die Kartenzeichnung einer alten
Lücke dar. In dieser Lücke wachsen ausschliesslich kleine, 5—10 cm
hohe, kümmerlich aussehende junge Kiefernpflanzen. Die ganze Lücke
ist, wie die Tabelle S. 49 zeigt, von den Wurzeln der Randbäume
durchwachsen. Die Menge der Wurzeln wurde in diesem Falle in 30
cm Tiefe an 4 m langen Strecken, in Gräben abgeschätzt, die auf der
Karte angegeben sind. Bei der Abschätzung bediente man sich der
Skala 0, 1, 2, 3, 4, (und deren Zwischenstufen). — Abb. 20 gibt eben-
falls ein Bild von der Menge und Lage der horizontal verlaufenden
Wurzeln. Sie stellt eine 1 m² grosse Fläche dar, auf deren Oberfläche
im Umfang von c. 15 cm der Sand zwischen den Wurzeln bei mög-
lichst sorgfältiger Beibehaltung der natürlichen Lage derselben entfernt
wurde. Selbstverständlich konnte trotz grösster Vorsicht nicht ver-
mieden werden, dass ein grosser Teil der feinsten Wurzeln hierbei
abbrach und demnach nicht auf der Abbildung zu sehen ist. Der Ab-
stand bis zu den nächsten Bäumen betrug 2—3 m. (Die Photographie
wurde von oben genommen und der Deutlichkeit halber wurde ein weis-
ses Tuch als Hintergrund auf den Boden der Grube unter die Wur-
zeln gebreitet).

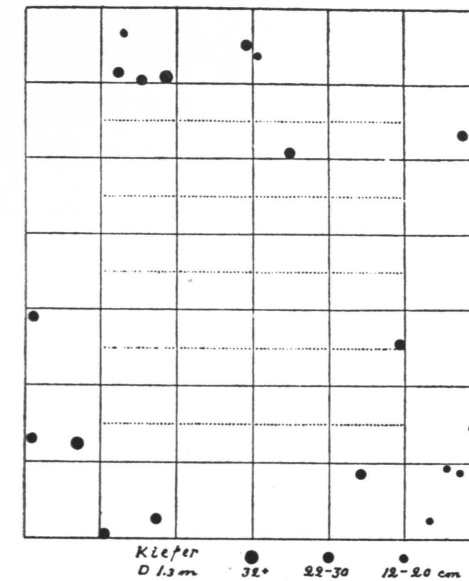


Abb. 19. Etwa 200-jähriger Kiefernbestand vom *Flechten-Typus*. Die punktierten Li-
nien bezeichnen 30 cm tiefe Gräben.

Tiefe in cm	Menge der Wurzeln			
	3-4	3	3-4	2
0-10	3-4	3	3-4	2
10-20	2	3	2	1-2
20-30	1	1-2	0	1
0-10	4	3	2-3	1-2
10-20	3	2	2	2
20-30	1	0	1	0
0-10	3	3	2	3
10-20	1-2	1-2	1	2
20-30	0-1	0	0	0
0-10	4	3	4	3-4
10-20	2-3	2	2	2-3
20-30	1	0	0	0
0-10	3	2-3	3-4	3-4
10-20	2	1-2	2	2-3
20-30	0	0	1	0

Menge der Wurzeln in den auf Abb. 19 dargestellten Gräben, quadrat- und schichtenweise.

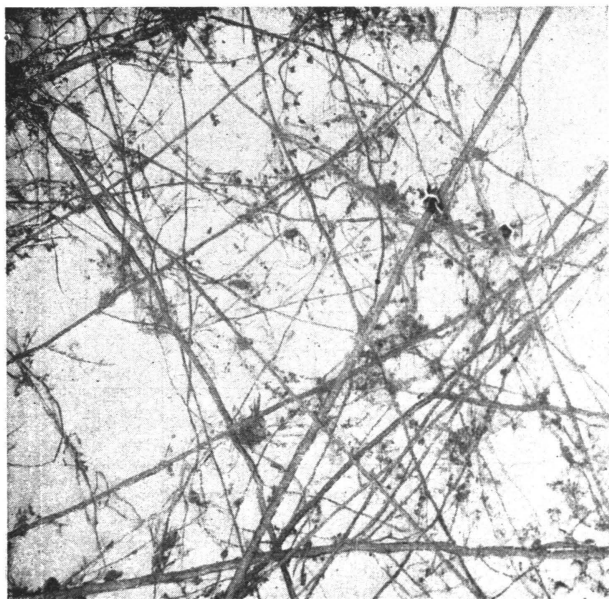


Abb. 20. Wurzelnetz der Bäume eines Kiefernbestandes vom *Flechten-Typus*.

Nach meinen früheren Untersuchungen dürfte der Jungwuchs im Allgemeinen infolge der Wurzelkonkurrenz des Mutterbaumes nicht in der Nähe des Letzteren gedeihen, doch kann er speziell in *Flechten-Typus* — Wäldern in ziemlich dichten Gruppen unmittelbar um die Basis des Mutterbaumes herum emporwachsen.¹ Es hatte den Anschein, als wäre die letzterwähnte s. g. „tarha-“ („Garten-“) Erscheinung nur aus dem Grunde möglich dass der Mutterbaum seine Nahrung nicht in unmittelbarer Nähe des Stammes findet, sondern diese von weiter her erhält und von einer Konkurrenz um die Nahrung zwischen dem Jungwald und dem Mutterbaum daher nicht die Rede sein kann. Diese Erscheinung konnte leider in vorliegender Untersuchung nicht gründlicher erforscht werden, da die Bewerkstellung einer derartigen Untersuchung ansehnlich Zeit und Arbeit beansprucht hätte, doch mag hier als ein kleiner Beitrag zur Beleuchtung dieses Phänomens eine auf

¹ Vergl.: V. T. AALTONEN, Über die natürl. Verj. u. s. w. I. op. cit. S. 143—8.

Kaunisvaaran kangas ausgeführte Untersuchung angeführt sein. Um die Basis der untersuchten Kiefer herum (vergl. spezielle Untersuchungen, *Kaunisvaara*, Kiefer N:o 15 S. 17) die ein grosser, einzelstehender Baum mit üppiger Krone war, zeigten sich in grosser Menge 50—60-jährige, 1—5 m hohe Kiefern, meist an der Südseite, nach welcher Richtung ebenfalls die Krone sich am weitesten vorwölbte. Die jungen Bäume standen höchstens 2—3 m vom Mutterbaum entfernt. Im Allgemeinen haben sich die Wurzeln des „Gartens“ und des Mutterbaumes mit einander verschlungen, doch lässt es sich erkennen, dass die Wurzeln des Mutterbaumes ganz nahe am Baum etwas dicker an der S- als an N-Seite sind. Eine im Abstand von 1 m vom Baum ab bis 50 cm tief reichende, in Schichten von 10 cm vorgenommene Zählung der Wurzeln ergab nach sorgfältiger Entfernung der „Garten“-Bäume und deren Wurzeln folgendes Resultat:

S-Seite

Tiefe in cm	Wurzeln mit einem Durchmesser von mm			Wur- zeln Stück
	2—5	5—10	10 +	
	Stück			
0—10	19	6	4	29
10—20	16	5	4	25
20—30	10	5	10	25
30—40	11	3	3	17
40—50	31	8	7	46
Summe	87	27	28	142

N-Seite

Tiefe in cm	Wurzeln mit einem Durchmesser von mm			Wur- zeln Stück
	2—5	5—10	10 +	
	Stück			
0—10	15	4	3	22
10—20	8	4	7	19
20—30	9	—	7	16
30—40	19	3	4	26
40—50	23	4	8	35
Summe	74	15	29	118

Demnach gab es also gerade auf der S-seite, wo mehr junge Bäume standen auch etwas reichlicher Wurzeln. Und erscheint dies ja auch nur natürlich, da es ohne Weiteres einleuchtet, dass auf derjenigen Seite, auf welcher die Krone des Baumes kräftiger entwickelt ist, auch seine Wurzeln entwickelter sein müssen. Wäre nun also das Erscheinen von Jungwuchs an einer bestimmter Stelle im Allgemeinen von der Menge der Mutterbaumwurzeln abhängig, so liesse sich im vorliegenden Falle das Erscheinen des „Gartens“ nicht erklären.

Ob dieses in irgend einer Weise mit dem stockwerkartigem Bau des Mutterbaumwurzelsystems in Zusammenhang zu bringen wäre, zu welcher Annahme der vorliegende Fall verleiten könnte, da dieses Phänomen an dem untersuchten Mutterbaum deutlich zu Tage trat, muss vorläufig noch unentschieden verbleiben, scheint jedoch keineswegs ausgeschlossen, da die Wurzeln der jungen Bäume sich gerade besonders in denjenigen Stockwerken ausbreiteten, in denen es weniger Mutterbaumwurzeln gab. Jedenfalls wäre es wünschenswert, bei zukünftigen Untersuchungen, die selbstverständlich zu einer endgültigen Klarlegung des eigentümlichen Auftretens von Jungwald unerlässlich sind, dass man speziell dem erwähnten stockwerkartigen Bau des Wurzelsystems besondere Beachtung schenkte.

III. Untersuchungsergebnisse und Wurzelkonkurrenz

Die Ergebnisse der hier gemachten Untersuchungen bestätigen die Annahme, dass die Wurzelkonkurrenz in der Entwicklung des Waldes eine wichtige Rolle spielt und dass die meisten im Zusammenhang mit derselben wahrgenommenen Phänomene sich am natürlichsten mit Hilfe dieser Konkurrenz erklären lassen.

Da es in den schlechteren Waldtypen reichlicher Wurzeln gibt und sie sowohl in vertikaler als horizontaler Richtung weiter reichen als in den guten Typen, m. a. W. da die Bäume in den ersteren Typen ihre Nahrung einem weiteren Bereich entziehen als in den letzteren, leuchtet es ein, warum Bäume in den verschiedenen Waldtypen verschieden grossen Raum beanspruchen, und warum die Bäume verschiedener Waldtypen verschieden dicht, und zwar in den schlechten Typen lichter als in den guten emporwachsen.

Wie schon in früheren Untersuchungen hervorgehoben wurde, wird der Jungwuchs bei der Zunahme des Schlusses des Mutterwaldes stets notdürftiger und kümmerlicher, und zwar in den schlechten Waldtypen rascher als in den guten. Bei zunehmendem Kronenschluss wird auch der Wurzelschluss grösser, und wäre es durchaus nicht schwierig, direkt zu beweisen, inwiefern der Jungwuchs von Letzterem abhängig ist. Da nun das Auftreten von jungen Pflanzen auf dem Wurzelschluss beruht, und der Wurzelschluss in schlechten Waldtypen grösser ist als in guten, liegt es auf der Hand, warum der Jungwuchs bei der Zunahme des Kronenschlusses des Waldes in Ersteren mehr als in Letzteren leidet. Jedenfalls darf man, solange noch kein befriedigender Beweis dafür erbracht worden ist, warum junge Pflanzen auf fruchtbaren Böden weniger lichtbedürftig als auf mageren Böden sind, eine Erklärung

dieses Phänomens mit Hilfe des Wurzelschlusses für natürlicher und einfacher bezeichnen.

In welcher Weise dann die Wurzelkonkurrenz selbst zu erklären wäre, das ist eine Frage, zu deren Lösung es spezieller Untersuchungen bedarf.

Die obenerwähnten Untersuchungen scheinen zu beweisen, dass die Wurzelmenge von gleich dichten und gleichaltrigen Beständen in ein und demselben Wald-Typus ungefähr die gleiche ist. Ist der Bestand von gleichmässigem Schluss, so ist die Wurzelmenge an verschiedenen Stellen recht gleichmässig. Dies geht schon aus den bisher gemachten Untersuchungen hervor, wenn schon ihre Methoden mangelhaft und die untersuchten Bestände im Allgemeinen mehr oder weniger ungleichmässig waren. Als ein Beispiel hierfür soll hier die Wurzelmenge einer Kiefernprobefläche quadratweise angeführt werden (LV *Pitkän palot*).

16	25	12	34	37	12	8	27	13	36
25	12	26	6	15	7	6	20	27	17
14	24	14	11	23	6	9	26	12	18
14	6	9	16	15	15	3	5	8	14
7	15	10	20	7	11	10	11	9	16
9	11	15	34	26	2	5	12	15	15
7	25	15	22	16	10	12	6	21	23
16	20	35	38	17	12	7	10	13	18
14	11	11	8	12	19	17	20	34	16
20	21	19	19	11	6	6	16	17	30

Wurzelmenge der Probefläche LV

Man könnte vielleicht annehmen, dass es auf einer Fläche, auf welcher das Wurzelsystem derart nach allen Richtungen verbreitet ist, was den Raum betrifft, noch mehr Wurzeln geben könnte, und es demnach auf derselben Fläche auch Platz für noch mehr Baumindividuen geben dürfte. In der Tat muss man jedoch den Raum schon als

vollständig ausgenutzt betrachten. Hat denn nun aber eine jede Wurzel ein bestimmtes Nahrungsbezugsbezirk, in welchem eine andere, später entwickelte Wurzel nicht mehr gedeihen kann? Und in wie hohem Grade hängt die Fähigkeit der Wurzeln sich in dem Boden, besonders an solchen Stellen, wo es schon vordem Wurzeln gibt, auszudehnen, von der Grösse, dem Alter, und der Wachstumsfähigkeit des Stammes oder der Krone ab? Derartige und manche andere Fragen drängen sich uns bei einem Versuch, die Natur der Wurzelkonkurrenz näher zu erforschen, auf.

