

BEOBACHTUNGEN  
ÜBER DAS  
WURZELSYSTEM DER KIEFER  
IN MOORBÖDEN

VON  
P. KOKKONEN

HELSINKI 1925

In den, vom Verfasser in den Jahren 1919—20 in verschiedenen Gegenden Finnlands angestellten Untersuchungen zur Klarlegung der Einwirkung der Entwässerung auf das Wachstum der Moorkälder, wurde auch den Wurzelsystemen der Bäume einige Beachtung geschenkt. Da letztere Beobachtungen, als mehr für sich freistehend, ins Bereich anderer Untersuchungen gehören, und nicht speziell Bezug auf die Einwirkung der Entwässerung auf die Entwicklung der Wurzelsysteme haben, sollen sie hier als selbständige Schrift veröffentlicht werden.

Die untersuchten Moore waren teils *Rosmarinkraut-* (die Linien 8—11; nahe von *Heidemooren*), teils *Wollgras-Rosmarinkraut-Reisermoore* (die Linien 12—17), teils bessere *Seggen-Reisermoore*, (die Linien 18—21), und betrafen die Untersuchungen ausschliesslich die Kiefer. Zur Untersuchung wurden Bäume auf senkrecht gegen die Gräben gezogenen Linien immer in bestimmtem Abstand (5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120 m) vom Graben gewählt. Die untersuchten Bäume wurden nicht auf Gerate wohl gewählt, sondern wurde es versucht — da ja die Untersuchung des Wachstums die Hauptsache war — Exemplare zu nehmen, welche das mittlere Wachstum von solchen Bäumen, auf deren Entwicklung die Entwässerung eine günstige Einwirkung ausgeübt hatte, darstellten. Selbstverständlich ist ein durch natürliche Aussaat entstandener Moorkälder niemals auch nur annähernd regelmässig gewachsen, daher sich an den bestimmten Stellen der Linien nicht immer gerade passende Bäume befanden. In solchen Fällen wurden die Probeexemplare aus einem Bereich gewählt, das 5 m zu beiden Seiten der Linie und mitten zwischen den bestimmten Abständen in der Richtung der Linie lag. Noch sei speziell darauf hingewiesen, dass die Resultate sich auf Bäume beziehen, welche auf den entwässerten Mooren vorherrschend und überhaupt am besten entwickelte Individuen waren.

Die das Wurzelsystem der Kiefer betreffenden Untersuchungen sind im allgemeinen nicht sehr zahlreich und in den meisten Fällen beziehen sie sich auf Wurzelsysteme in trockenen (Heide-)Böden. Unter den bei uns ausgeführten Untersuchungen sind vor allem die Untersuchungen von AALTONEN über das Wurzelsystem der Kiefer in den Heidewäldern Lapplands hervorzuheben.<sup>1</sup>

Dagegen ist das Kiefernwurzelsystem in den Moorböden bisher nur äusserst mangelhaft und meist nur ganz nebenbei untersucht worden, wenn auch hie und da in Lehrbüchern u. a. einiges über die Form des Wurzelsystems in den betreffenden Böden zu finden ist. BLOMQVIST und CAJANDER erwähnen, dass die Kiefer gar keine Pfahlwurzel hat und dass sich ihre Wurzeln in der ganz dünnen Oberflächenschicht verästeln.<sup>2</sup>

HEYER<sup>3</sup> ist derselben Ansicht. Dagegen hat CANNELIN<sup>4</sup> bei seiner Untersuchung von in den Reisermooren von Mustiala gewachsenen Kiefern (15 St.) bewiesen, dass die Kieferwurzeln verhältnismässig tief gehen können (bis 0.61 m) was eine Folge vom Wachstum des Torfes sei.

MELIN schliesst sich der Ansicht von BLOMQVIST und CAJANDER an, in dem er u. a. sagt, dass sowohl die Kiefer als die Fichte, in entwässerten und unentwässerten Moorböden Flachwurzeln haben, deren feine Wurzeln stets ganz nahe der Bodenoberfläche verlaufen. Zugleich weist MELIN auf den Einfluss des Wachstums des Torfes auf die Wurzelsysteme hin und bemerkt, dass das Wurzelsystem in unentwässerten Moorböden im allgemeinen viel weiter verzweigt ist als in entwässerten.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> V. T. AALTONEN, Über die Ausbreitung und den Reichtum der Baumwurzeln in den Heidewäldern Lapplands. Acta For. Fenn. 12 (1920).

Derselbe: Über die räumliche Ordnung der Pflanzen, Acta For. Fenn. 25 (1923), wo auch eine Menge von Wurzelliteratur angegeben ist.

<sup>2</sup> A. G. BLOMQVIST, Finlands trädslag i forstligt hänseende beskrifna. I. Tallen, F. Forstför. Medd. III Bd. Helsingfors (1881). S. 17.

A. K. CAJANDER. Metsänhoidon perusteet II. Porvoo (1917). S. 291.

<sup>3</sup> CARL HEYER, Der Waldbau, 4. Aufl. (1891) S. 91.

<sup>4</sup> TH. CANNELIN, Metsänviljelys suomaiilla. Suomen Suoviljelysyhdistyksen vuosikirja 1898. S. 66–69.

Was die Einwirkung des Ortsteins u. a. auf das Wurzelsystem betrifft, siehe z. B.: PAUL GRAEBNER, Lehrbuch der nichtparasitären Pflanzenkrankheiten, Berlin (1920). S. 31–37 u. 62–77.

<sup>5</sup> ELIAS MELIN, Studier över de norrländska myrmarkernas vegetation med särskild hänsyn till deras skogsvegetation efter torrläggning. Norrländskt Handbibliotek VIII. Uppsala-Stockholm (1917). S. 253–58.

## Form des Wurzelsystems

Bei Untersuchung des Wurzelsystems wurden fünf verschiedene Gruppen unterschieden:

I. Ein regelmässiges Wurzelsystem, bei welchem sich die Wurzeln regelmässig nach allen Seiten hin verzweigen und welches eine Art von, wenn auch verkümmertem Pfahlwurzel besitzt. (Vergl. Abb. 1).

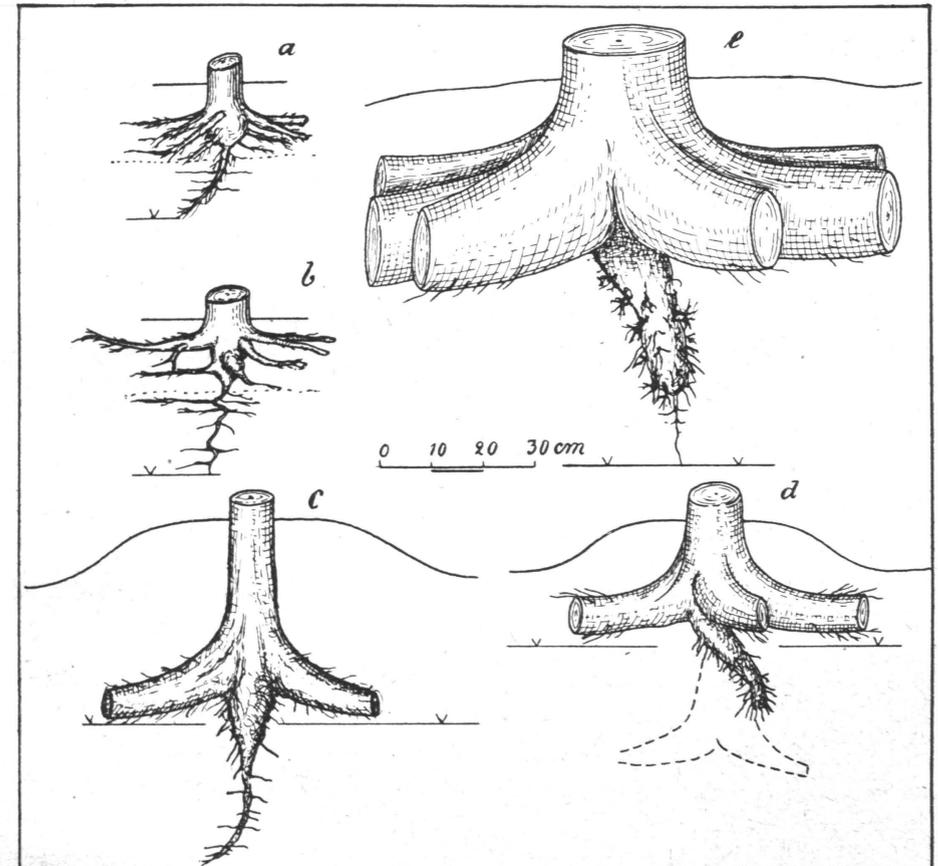


Abb. 1. Wurzelsysteme von Gruppe I.

II. Ein regelmässiges Wurzelsystem, jedoch ohne Pfahlwurzel. (Vergl. Abb. 2).

III. Ein hakenförmiges Wurzelsystem, bei welchem die Biegung in vertikaler Ebene vorsichgegangen ist. (Vergl. Abb. 3, 7, 8 und 9).

IV. Ein schraubenförmiges Wurzelsystem, bei welchem die Biegung gleichzeitig in der vertikalen und horizontalen Ebene vorsichgegangen ist, wodurch das Wurzelsystem an eine Schraube erinnert. (Vergl. Abb. 4).

V. Ein formloses Wurzelsystem, bei welchem das Wurzelsystem überhaupt jeder regelmässigen Form bar ist. (Vergl. Abb. 5).

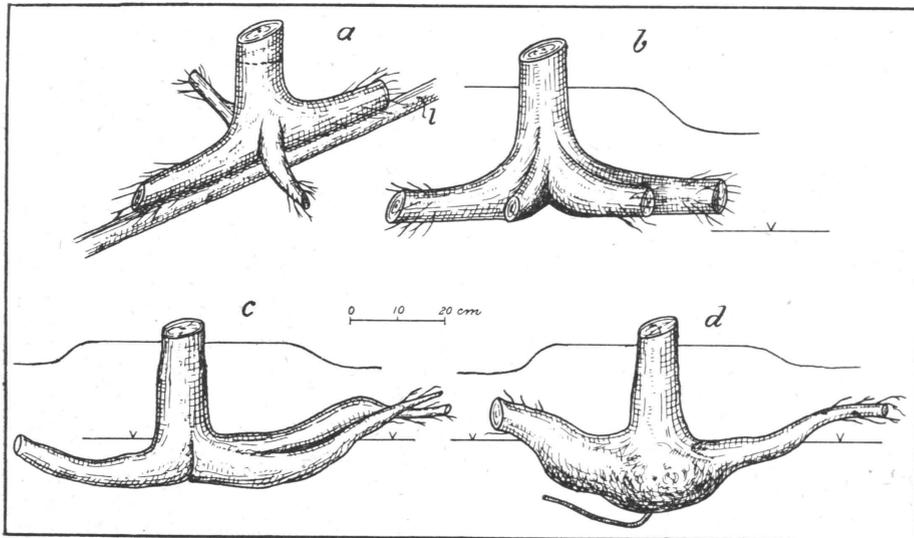


Abb. 2. Wurzelsysteme von Gruppe II.

In der Natur lässt sich selbstverständlich keine scharfe Grenze zwischen den verschiedenen Gruppen ziehen, sondern geschieht der Übergang aus der einen Form in die andere ganz allmählich. So gibt es Wurzelsysteme, welche mit gleicher Berechtigung zwei verschiedenen Gruppen zugewiesen werden könnten. Dies bezieht sich speziell auf die drei letztgenannten Gruppen. Die in den Abbildungen dargestellten Wurzelsystemformen dürften im allgemeinen typisch für eine jede Gruppe sein.

Die beiden ersten Bäume der ersten Gruppe (Abb. 1 a und b) wuchsen auf dem Moore von T o r r o (im Kirchspiel Tammela) in seinem östlichen Teile. Sie wurden hier nur mitaufgenommen, um zu beweisen, dass das Kiefernurzelsystem auch im Moorboden die Neigung zur Bildung

einer Pfahlwurzel hat, welche in den meisten Fällen bis an das Grundwasser reicht. Der Standort war ein altes bebautes Hochmoor, auf welches zwecks Kultur eine etwa 10—15 cm dicke Lehmschicht aufgeschüttet worden war. Unter dieser Lehmschicht befand sich eine 10—15 cm dicke,

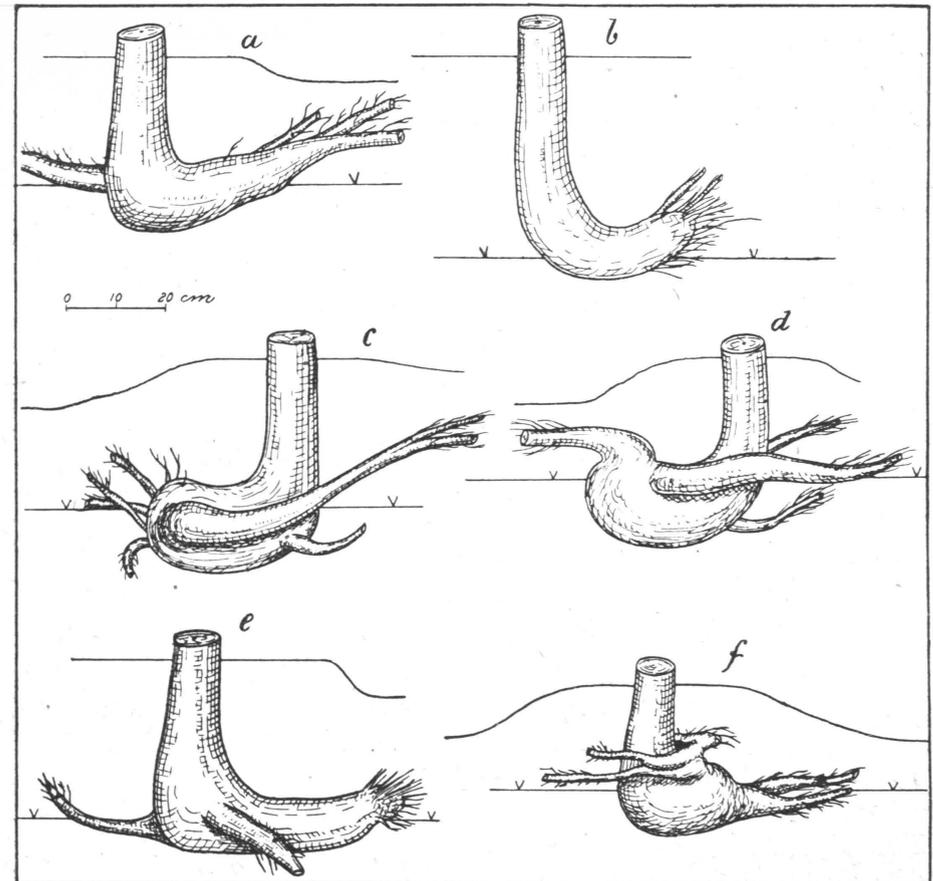


Abb. 3. Wurzelsysteme von Gruppe III.

dunkelgewordene Sphagnumtorfschicht, unter dieser 3—5 m dicke, unverweste Torfschicht. Unter der letztgenannten Schicht lag dann eine sehr vermoderte 2—5 m dicke Schicht. Wie die Bilder zeigen, liegt das eigentliche Wurzelsystem der Kiefer in der Lehmschicht, in welcher es sich recht gleichmässig verteilt. Das Wurzelsystem ist übrigens im Vergleich mit demjenigen gleichgrosser Bäume auf anderen Mooren recht dürrtig. Die

Pfahlwurzel ist nur sehr unbedeutend und oft sehr gekrümmt und gehen von ihr beinahe immer Nebenwurzeln in der Richtung der Bodenoberfläche aus. Auf dem erwähnten Moore wurden 8 Wurzelsysteme untersucht, von denen drei im grossen und ganzen der in Abb. 1 a und fünf der in Abb. 1 b dargestellten Form entsprachen. Die Wurzelsysteme dieser Probebäume aus dem Moor von Torro sind bei den weiter unten angegebenen Endresultaten der Untersuchungen nicht berücksichtigt worden, da die

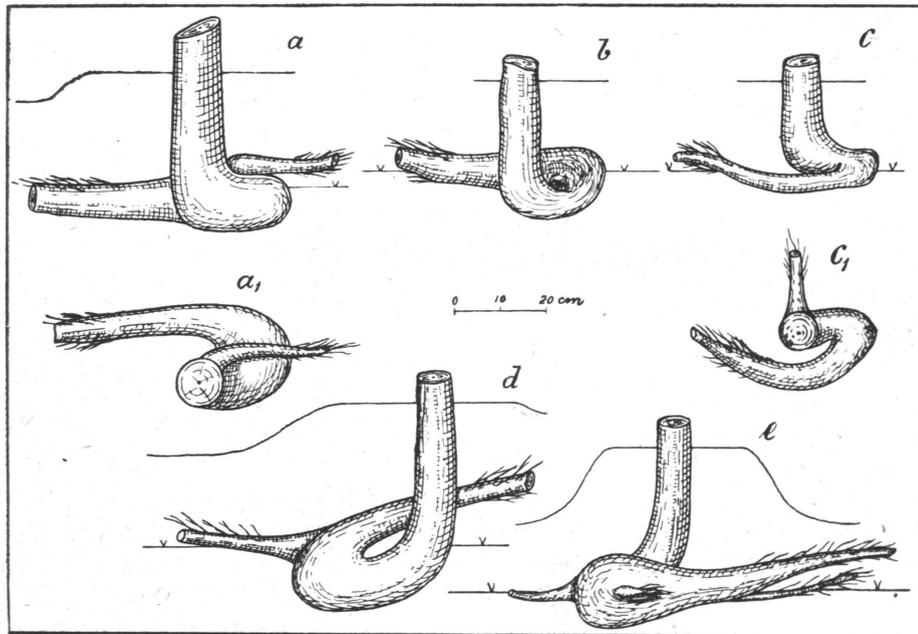


Abb. 4. Wurzelsysteme von Gruppe IV.

Bäume nicht auf einem trockengelegten Boden gewachsen waren und sich auch nach der Entwässerung nicht erholt hatten. Die auf Abb. 1 c und 1 d dargestellten Wurzelsysteme gehören Bäumen an, die auf dem Moore von Jaakkoinso im Revier von Wilppula gewachsen waren. Bei dem Wurzelsystem 1 c ist zu beachten, dass der Torf an seinem Standort 0.30 m dick war und unter diesem Sand lag, in welchen die Pfahlwurzel verhältnismässig leicht eingedrungen war, obgleich sie jetzt zufällig, dank reichlichem Niederschlag, von Zeit zu Zeit unter das Grundwasser geriet. Auch das übrige Wurzelwerk reicht recht tief bis nahe an den Mineralboden. Unter dem Wurzelsystem 1 d liegt ein Stumpf, in den

die Pfahlwurzel eingedrungen ist. Die Dicke der Torfschicht am Standort des Wurzelsystems 1 d betrug 1,2 m. Das Wurzelwerk 1 e gehört einem, auf einem 2.75 m tiefen Moore (auf dem Moore von Äijänneva im Kirchspiel Virrat) wachsenden 58-jährigen Baume an. Beachtenswert sind u. a. die eigenartigen, wuscheligen Netz- und Knäuelgebilde speziell an der Pfahlwurzel (Abb. 12).

Die Form der zweiten Wurzelsystemgruppe wird durch 4 Bäume repräsentiert, die sämtlich aus dem Moore von Jaakkoinso stammen (Abb. 2). Die Bäume sind besonders kräftig, mit Nadeln von dunkelgrüner Farbe. Bemerkenswert ist die bogenförmige Gestalt der Wurzelsysteme c und d, deren Wurzeln sich nach der Bodenoberfläche hin biegen.

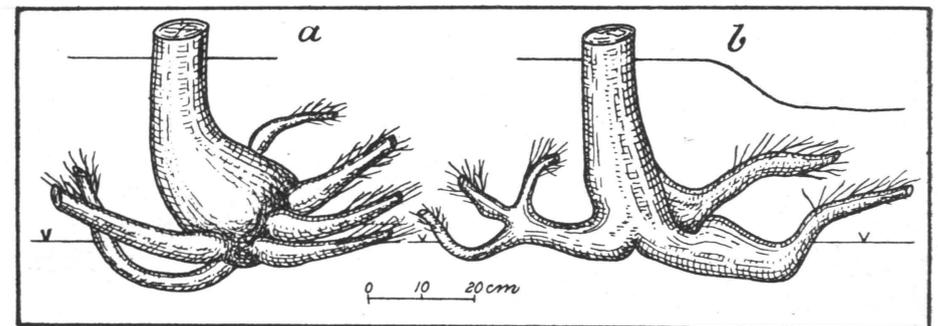


Abb. 5. Wurzelsystem von Gruppe V.

Zur Veranschaulichung der Wurzelsystemform der dritten Gruppe dienen 6 Bäume, die derartig ausgesucht wurden, dass sie eine Vorstellung von den verschiedenen Variationen des hakenförmigen Wurzelsystems liefern konnten. Sämtliche Bäume stammen aus dem Moore von Jaakkoinso (Abb. 3). Die Dicke der Torfschicht wechselte zwischen 1.0—1.4 m. Wie die Bilder zeigen, ist die Basis des Stammes (bzw. des Wurzelsystems) zu einem Haken umgebogen, dessen Schaft der Baumstamm ist, und der eigentliche Haken wird entweder von einer Wurzel gebildet (Abb. 3 a), von welcher dann die Nebenwurzeln auslaufen oder von dem gekrümmten unteren Teil des Stammes, der zugleich flaschenartig aufgeschwollen ist (c, d und f). Die Wurzeln haben dann gewöhnlich ihren Entstehungsort an der Oberfläche des aufgeschwollenen Teiles.

Das schraubenförmige Wurzelsystem wird durch 5 Bäume veranschaulicht, — die sämtlich aus dem Moore von Jaakkoinso stammen (Abb. 4). Bei einer genaueren Prüfung der verschiedenen Wurzelsysteme kann

man bei den meisten von diesen, ebenso wie in den vorhergehenden, beinahe stets eine kleine Nebenwurzel bemerken, welche in den meisten Fällen in einer der Hauptwurzel ganz entgegengesetzten Richtung verläuft. Diese Nebenwurzel ist verhältnismässig jung, und oft erst nach der Trockenlegung entstanden. Ihre Aufgabe ist augenscheinlich die Tragkraft des Wurzelsystems zu stärken und ihm mehr Stabilität zu verleihen.

Das formlose (unregelmässige) Wurzelsystem wird durch zwei, auf dem Moore von Jaakkoinsoo gewachsene Bäume dargestellt (Abb. 5). Der Stamm kann in einem flaschenförmigen Stumpf, der entweder umgebogen oder gerade ist enden. Von der Unterseite des Stumpfes gehen oft fla-

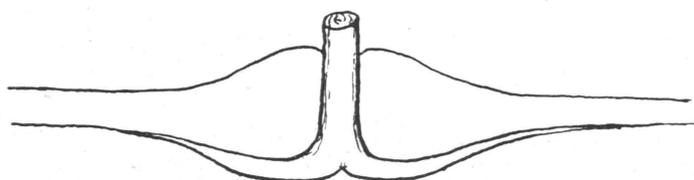


Abb. 6. Die Beugung der Wurzeln nach der Bodenoberfläche.

schenförmig aufgeschwollene, verhältnismässig schwache Wurzeln aus. Manchmal ist das Wurzelsystem korallenartig (b).

Als ein sämtlichen Gruppen eigentümlicher Zug kann die Neigung der Wurzeln sich nach der Bodenoberfläche hin zu biegen, hervorgehoben werden (Abb. 6).<sup>1</sup> Dies beruht höchst wahrscheinlich auf dem stetigen, wenn auch langsamen Steigen des Grundwasserniveaus. Da im allgemeinen um den Stamm des Baumes herum sich ein Hügel gebildet hat, so bieten dieser und das Wurzelsystem ein Spiegelbild von einander dar. Natürlich findet man dieses regelmässige Bild vorzugsweise in den beiden ersten Gruppen, aber auch in den übrigen lässt sich eine solche Tendenz zur Biegung nach oben deutlich wahrnehmen.

Folgende Tabelle gibt einen Begriff von den Massverhältnissen, der in den Abbildungen 1—5 dargestellten, untersuchten Bäume, von der Höhe des Grundwassers u. s.

<sup>1</sup> Vergl. auch ELIAS MELIN, die auf S. 3 genannte Abhandlung, S. 254—256.

Wurzelsystem		B a u m			Höhe des Grundwassers von d. Bodenoberfläche	Unter der Wurzel befindet sich
Form	Bezeichnung der Abbild. in den Zeichnungen	Länge in m	Dicke auf der Rinde 15 cm über dem Boden in cm	Alter		
I	a	2.80	5.0	18	26	—
	b	3.05	6.0	18	30	—
	c	4.73	7.5	25	30	—
	d	6.13	8.1	60	12	Stumpf
	e	14.60	24.2	58	80	Stammrest
II	a	4.93	7.4	56	10	Stammrest
	b	4.15	8.0	33	20	Kleine Baumreste
	c	3.10	7.0	35	15	Stammrest
	d	3.80	5.8	40	14	—
III	a	3.42	5.2	40	20	—
	b	2.50	6.5	40	41	—
	c	3.23	7.2	40	20	—
	d	3.10	6.8	35	15	—
	e	4.08	6.0	55	25	—
	f	4.46	6.2	55	8	—
IV	a	4.00	7.8	40	20	—
	b	2.20	4.5	40	20	—
	c	4.46	4.5	35	20	—
	d	2.83	5.9	35	20	—
	e	4.13	7.1	55	15	—
V	a	3.20	6.5	50	35	—
	b	4.30	7.4	55	24	—

Im folgenden ist die Verteilung der 76 untersuchten Wurzelsysteme in die oben erklärten Gruppen tabellarisch dargestellt.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> In den Klammern steht die Gruppe, zu der das Wurzelsystem eventuell auch gerechnet werden könnte.

Linie	Wurzelsystem im Abstand von								Probebäume Stück
	5	10	20	40	60	80	100	120	
	m vom Graben								
8	I	II	IV (V)	II	III	—	—	—	5
9	II	IV	IV	IV	—	—	—	—	4
10	III	III	III	—	—	—	—	—	3
11	III	V	III	IV	—	—	—	—	4
12	II	II	III	II	II	—	—	—	5
13	II	II	III	II	II	II	—	—	6
14	III	II	II	III	V	—	—	—	5
15	II	II	II	II	II (III)	IV	—	—	6
16	II	II (III)	II	II	—	—	—	—	4
17	II	II	II	I	—	—	—	—	4
18	—	II	III II	I	I	I	—	—	5
19	—	II (III)	II (III)	II	—	II (III)	—	—	4
20	II	III	III	II	IV	IV (III)	—	II	7
21	II	II	III	II	III	II	—	—	6
22	I	I (II)	III	II (III)	III (II)	III	IV	V	8
									76

Schlägt man nach obenstehender Tabelle die den verschiedenen Gruppen angehörigen Wurzelsysteme zusammen, so erhält man folgendes Ergebnis:

Wurzelsystem- gruppe	Auf den Linien																Zusammen	
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Stück	%	
	Stück																	
I	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	2	6	7.9	
II	2	1	—	—	4	5	2	5	4	3	2	4	3	4	2	41	53.9	
III	1	—	3	2	1	1	2	—	—	—	1	—	3	2	2	18	23.7 <sup>1</sup>	
IV	1	3	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	1	8	10.5 <sup>1</sup>	
V	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	3	4.0 <sup>1</sup>	
Zusammen	5	4	3	4	5	6	5	6	4	4	5	4	7	6	8	76	100.0	

<sup>1</sup> Hier ist zu beachten, dass diese Prozentzahlen bedeutend höher sein würden, wenn man es mit einigen Probeflächen zu tun hätte, deren sämtliche Bäume untersucht

Wie hieraus erhellt, gibt es bedeutend mehr Wurzelsysteme in Gruppe II, und zwar mehr als die Hälfte oder 53.9 %. Dann folgen die hakenförmigen Systeme, 23.7 %; die schraubenförmigen mit 10.5 % und die formlosen mit 4.0 %. Von der ersten Gruppe gibt es 7.9 %. Doch könnte diese Gruppe sehr gut der Gruppe II zugerechnet werden, denn in den meisten Fällen ist die Pfahlwurzel nur sehr schwach entwickelt.

Die Gestaltung der Kieferwurzelsysteme im Torfboden scheint also, in vielen Hinsichten von derjenigen im Mineralboden, so weit sie in diesem bekannt ist, abzuweichen. Wenn man jedoch die durchaus verschiedenartigen Verhältnisse in betracht zieht, unter welchen die Wurzeln in beiden Fällen sich entwickeln, ist dies nichts weniger als natürlich.

### Über auf die Gestaltung des Wurzelsystems einwirkende Faktoren in natürlichen Verhältnissen

In Moorböden liegt das Grundwasser nahe der Oberfläche, so dass das Wurzelsystem der Bäume nur über eine dünne, für das Wachstum passend feuchte und durchlüftete Schicht verfügt. Dieser Umstand beeinflusst die Entwicklung des Wurzelsystems selbstverständlich in hohem Grade. Die der Kiefer eigentümliche Hauptwurzel fehlt in den meisten Fällen oder ist sie verkümmert und seitwärts gebogen. Da die Torfschicht von Jahr zu Jahr an Dicke zunimmt, wird das Wurzelwerk allmählich tief in den Torf eingebettet und gerät schliesslich unter das Grundwasser. Zuerst tritt dies am Stamme ein, wo die Wurzeln am ältesten sind und daher am tiefsten reichen. Die unter das Grundwasser geratenen Teile der Wurzeln sterben ab. Nur die Hauptwurzeln können am Leben bleiben, doch verlieren sie alle Seitenwurzeln, so dass die unter dem Grundwasser befindliche Hauptwurzel von dunkler Farbe und beinahe glänzend ist. Das Steigen des Grundwassers verursacht die schon weiter oben erwähnte Tendenz der Wurzeln, sich nach der Oberfläche hin zu strecken, wodurch die feinen Wurzeln in porösen Boden gelangen.

Die Form des Wurzelsystems wird ausserdem noch durch **Auffrieren des Bodens (Bodenfrost), Schnee, alte Baumreste**

werden könnten, denn man bemerkt häufig, dass Bäume von schwächlichem Wuchse ein zu irgend einer der drei zuletztgenannten Gruppen gehörendes Wurzelsystem besitzen.

im Torfe, Torfart u. a. beeinflusst. Speziell die beiden erstgenannten spielen während des Jugendstadiums der Bäume eine bemerkenswerte Rolle.

Der Bodenfrost hebt das Wurzelsystem des Baumes aus dem Boden heraus; dabei zerreißen die meisten feinen Seitenwurzeln und nur die entfernter liegenden bleiben unbeschädigt. Hat nun der Bodenfrost das Wurzelsystem einmal etwas in die Höhe gehoben, so bildet sich in den meisten Fällen in der Nähe des Stammes eine kleine Höhlung, die sich zuerst mit Wasser füllt. Diese Höhlung erweitert sich infolge von Gefrieren und Auftauen und es sammelt sich darin von den Wänden der Höhlung abbröckelnder Torf, welcher sich durch wiederholtes Gefrieren und Auftauen, und durch Ab- und Zuströmen von Wasser in eine schwarze Masse zersetzt. Dies ist, nebst dem Grundwasser, der Hauptgrund dazu, dass die Mittelpartie von in Moorböden belegenen grösseren Wurzeln an der Unterseite aller feinen Wurzeln bar ist und sich unter ihr eine mit Wasser oder mit wässrigem Schlamm angefüllte, mehr oder weniger grosse Höhlung befindet.

Eine wichtige Rolle spielt der Schnee bei der Gestaltung des Wurzelsystems. Im Winter, während die Mooroberfläche noch ungefroren ist, presst der Schnee manchmal die jungen Bäume beinahe bis an die Torfoberfläche nieder. Tritt dann späterhin Frost ein, so verbleibt der Baum den ganzen Winter über wie unter einer Presse. Die an der Wurzelbasis entstandene Beugung kann im nächsten Sommer nicht mehr verschwinden, sondern verbleibt als solche dauernd. Späterhin sich wiederholende Pressungen verstärken diese Beugung immer wieder (Abb. 3, 4, 7, 8 und 10) und verleihen dem Wurzelwerk schliesslich eine haken-, schraubenförmige oder unregelmässige Form. Die lose Unterlage des Wurzelsystems, welche in schneereichen Wintern des öfteren ungefroren verbleibt, gibt dem vom Schnee niedergedrückten Stamme nach, und dadurch wird dann auch das Zerreißen der feinen Wurzeln der Mittelpartie des Wurzelsystems und seine flaschenförmige Verunstaltung verursacht (Abb. 11).

Jedoch verkrüppeln nicht alle junge Pflanzen in gleich hohem Grade, und es gibt Pflanzen, die dem Schneedruck überhaupt nicht unterliegen.

Das reichliche Vorkommen der zweiten Wurzelsystemform scheint in gewissem Zusammenhang mit dem Vorhandensein von Stümpfen u. a. alten Baumresten im Torfe zu stehen.

Befinden sich unter dem Wurzelwerk Stümpfe u. a. so hat es beinahe ausnahmslos die Form I oder II. Ist dies jedoch nicht der Fall, so kann die Kiefernwurzelform gleichviel welche sein. Dies geht u. a. aus folgender Tabelle hervor:

Linie	Unter dem Probebaum				Zusammen- genommen Wurzelsys- teme (Probe- bäume) Stück
	Stumpf und andere Baumreste	Stumpf	Andere Baumreste	Nichts	
	Wurzelsysteme Stück				
8	—	1	1	3	5
9	—	1	—	3	4
10	—	1	—	2	3
11	—	—	—	4	4
12	—	—	4	1	5
13	—	1	4	1	6
14	—	2	1	2	5
15	—	2	3	1	6
16	—	1	3	—	4
17	—	1	3	—	4
18	1 <sup>1</sup>	1	3	—	5
19	1	1	1	1	4
20	—	—	2	5	7
21	—	1	2	3	6
22	—	1	2	5	8
Zusammen	2	14	29	31	76
Prozent der Gesamtzahl	2.6	18.4	38.2	40.8	100

<sup>1</sup> Allerhand alte Baumreste im Torfe in der Nähe des Wurzelsystems.

Die Verteilung von Baumresten auf die verschiedenen Wurzelsysteme erhellt aus folgender Zusammenstellung.

Baumrestart	Wurzelsystemgruppe					Zusammen Stück
	I	II	III	IV	V	
	Fälle, Stück					
Stumpf und andere Baumreste . . . . .	1	1	—	—	—	2
Stumpf . . . . .	4	9	1	—	—	14
Andere Baumreste . . . . .	1	24	3	1	—	29
Zusammen	6	34	4	1	—	45
% der Gesamtzahl . . . . .	13.3	75.6	8.9	2.2	—	100
% der gesamten Wurzelsystemgruppe	100	83.0	27.7	12.5	—	59.2

Holzreste scheinen das Wurzelsystem vor vom Frost u. a. verursachten Schädigungen zu bewahren. Andererseits bedingen sie je nach ihrer Art Veränderungen in der Gestaltung des Wurzelwerkes. Ist der Holzrest ein langer Baumstamm, so hat das Wurzelsystem zwei kräftige Hauptwurzeln, welche längs dem Stamme verlaufen und die übrigen Wurzeln sind schwächer. Im Falle eines Stumpfes ist das Wurzelsystem regelmässig und weist in den meisten Fällen eine kleine Pfahlwurzel auf, welche teilweise oder vollständig in den morschen Stumpf eingedrungen ist. Die ausgesprochene Vorliebe der Kieferwurzeln den Baumresten zu folgen, dürfte dadurch zu erklären sein, dass in diesen mehr Nahrungstoffe enthalten sind als im Torf. Dagegen findet man die formlosen Wurzelsysteme in Moorböden ohne Baumreste; doch gibt es manchmal Wurzelsysteme, in deren Nähe hie und da sich unbedeutende Holzreste befinden, bei deren Aufsuchen das Wurzelsystem zu einem formlosen entartet ist. Allerdings muss beachtet werden, dass sich dieses nur auf alte Bäume, die sich nach der Entwässerung erholt haben, bezieht, und auch auf diese in nur begrenztem Masse, denn das Untersuchungsmaterial ist verhältnismässig klein.

Schon früher wurde erwähnt, dass die 4 ersten Probelinien, nämlich 8—11 auf hochmoorartigem Rosmarinkraut-Reisermoor belegen waren, dessen Oberfläche vorzugsweise aus Sphagnum (30—50 cm) bestand, das tiefer hin Bruchmoortorf ähnlicher wurde. Die Linien 12—17 lagen auf Wollgras-

Rosmarinkraut-Reisermoores; hier war der Torf mehr oder weniger mit Seggen untermischter Wollgrastorf. Auf den Linien 18—22, welche auf Seggen- oder besseren Seggen-Reisermoores verlegt waren, war Seggentorf, der stark mit Baumresten durchsetzt war, im allgemeinen vorherrschend.

Inwiefern die Wurzelsystemform von der Torfart abhängt, ersieht man aus folgender Tabelle:

Wurzelsystemform	Torfart					
	Weissmoos (Linien 8—11)		Wollgras (Linien 12—17)		Seggen (Linien 18—22)	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
	der Fälle					
I	1	6.2	1	3.3	4	13.3
II	3	18.8	23	76.8	15	50.0
III	6	37.6	4	13.3	8	26.7
VI	5	31.2	1	3.3	2	6.7
V	1	6.2	1	3.3	1	3.3
Zusammen	16	100.0	30	100.0	30	100.0

Angesichts der Dürftigkeit unseres Materials müssen wir uns mit dem Hinweis begnügen, dass das Wurzelsystem in den besseren Torfarten öfter die als normal angesehene Form hat als in den schlechteren.

Es wurde schon im obigen darauf hingedeutet, dass die Wurzeln gern den Baumresten nachfolgen, weil sich hier mehr Nahrungsstoffe vorfinden als im Torf. Interessant ist ebenfalls zu verfolgen, wie sich die Wurzeln zur Abflussrichtung des Grundwassers, also zur Neigung der Mooroberfläche verhalten.

Hierher gehörige Beobachtungen wurden auf nur einem Teil der Linien ausgestellt, da auf den übrigen Probelinien teilweise Störungen im Abfluss des Grundwassers zu bemerken waren. Auf Linie 8, wo der Torf recht unverwest und das Grundwasser einigermassen stehend war, liess sich keine bestimmte Richtung der Wurzeln bemerken. Dagegen wiesen die anderen Linien ansehnliche Verschiedenheiten auf:

Linie	Anzahl der Wurzelsysteme	Anzahl der Wurzeln auf der ansteigenden Seite in % der ganzen Zahl der Wurzeln					
		45	50	55	60	65	70
Fälle, Stück							
12	5	—	4	1	—	—	—
13	6	—	5	—	1	—	—
14	5	—	2	1	—	2	—
15	6	1	1	1	—	2	1
16	4	—	—	—	1	2	1
17	4	—	2	2	—	2	—
18	5	1	3	1	—	—	—
19	2	—	3	1	—	—	—

Es sieht demnach so aus, als ob das Wurzelsystem seine zahlreichsten Ausläufer nach der ansteigenden Seite des Bodens zu hinsendet. Dies liesse sich möglicherweise dadurch erklären, dass das Wurzelsystem seine Nahrungsaufnahmeorgane in einer dem Abfluss des Grundwassers entgegengesetzten Richtung ausstreckt, um so viel nährstoffreiches Wasser als möglich zu erhalten.

Es sei noch eine Erscheinung erwähnt, die einem hie und da auffällt, nämlich die eigentümliche büschel- oder nestartige Wurzelsystemform (Abb. 10). Zuweilen können sämtliche feineren Wurzeln von einem büschelförmigen Gebilde ausgehen, zuweilen wiederum bildet nur ein Teil der Wurzeln derartige Büschel, wohingegen die übrigen sich wie gewöhnlich, über die ganze Hauptwurzel verteilen. Nach dem verkümmerten Aussehen der Bäume zu urteilen, dürfte die büschelförmige Verzweigung der Wurzeln als eine krankhafte Erscheinung aufzufassen sein.

### Die Einwirkung der Entwässerung auf die Wurzelsysteme

Was nun zuletzt die Einwirkung der Trockenlegung betrifft, so kann man bemerken, dass in einem trockengelegten Moorboden die Wurzeln im allgemeinen nicht tief eindringen. Die Ursache hierzu ist derselbe Umstand wie in den unentwässerten Mooren, nämlich die Höhe des Grundwassers, welche wiederum eine Folge der grossen Wasserkapazität

es Torfes ist. Nur in seltenen Fällen sinkt das Grundwasser tiefer als bis 40 cm; in den gegenwärtigen Entwässerungen für forstliche Zwecke ist es gewöhnlich nur 15—25 cm.

Die Dicke der von den Wurzeln durchsetzten Schicht folgt beinahe buchstäblich dem Grundwasserniveau, wie auch aus folgender Zusammenstellung hervorgeht.<sup>1</sup>

Linie		Abstand des Grabens m							
		5	10	20	40	60	80	100	120
		cm unter der Torfoberfläche							
18	Grundwasser.....	60	38	20	15	15	12	—	—
	Unterster Teil der Wurzeln ....	50	38	23	25	17	15	—	—
	Unterst. frischer Teil der Wurzeln	50	35	23	17	15	12	—	—
22	Grundwasser.....	80	40	36	33	30	30	27	25
	Unterster Teil der Wurzeln ....	76	38	35	31	30	30	26	25

Im allgemeinen findet man an den Grabenrändern, wo das Grundwasser tief steht auch tief gehende Wurzeln, 45—50 cm, einmal waren es sogar 76 cm (Vergl. obensteh. Tabelle). Dagegen kommen schon etwa 10 m weit vom Graben selten tiefer als 30 cm reichende, in einer Entfernung von 20 m noch weniger tiefer und in einer Entfernung von 60—100 m selten tiefer als 20 cm eindringende Wurzeln vor. Mit dem Älter- und Dichterwerden des Waldes sinkt das Grundwasser recht ansehnlich (Linie 22), wobei das Wurzelsystem allmählich tiefer nach unten dringt. Im allgemeinen befindet sich der grösste Teil der Wurzeln ganz nahe der Torfoberfläche, c. 7—12 cm tief. Das Sinken des Wassers dürfte hauptsächlich auf dem grossen Wasserverbrauch der Bäume beruhen.

In bezug auf die horizontale Länge der Wurzeln scheint es, als ob sie zunähme, je grösser die Entfernung vom Graben ist. Da jedoch nur auf einigen Linien eigentliche Messungen vorgenommen wurden, so darf man

<sup>1</sup> In bezug auf die in die Tabelle aufgenommenen Ziffern sei bemerkt, dass das Grundwasserniveau im August 1920, als diese Untersuchungen angestellt wurden, infolge reichlichen Niederschlags verhältnismässig höher als gewöhnlich war, wodurch ein Teil der frischen Wurzeln unter dem Grundwasser lagen. In normalen Verhältnissen beträgt der Zwischenraum zwischen dem Grundwasser und den frischen Wurzeln 3—10 cm.

sich in dieser Hinsicht zu keinerlei sicheren Schlussfolgerungen verleiten lassen. Es mag nur erwähnt sein, dass auf einer Linie die Wurzeln am Grabenrande sich 4 m weit vom Baum erstreckten, jedoch weiter entfernt (60 m) eine Länge bis 6—7 m erreichten.

Schliesslich mag noch als ein eigentümlicher Zug der Einwirkung der Trockenlegung auf das Wurzelsystem erwähnt werden, dass es den Anschein hat, als streckten sich die Wurzeln lieber nach dem Graben hin als in entgegengesetzter Richtung, was man am besten besonders in der Nähe solcher Gräben bemerken kann, in denen das Grundwasser nahezu stillstehend ist. Dies ist ja auch durchaus natürlich, da das Grundwasser in der Nähe der Gräben tiefer ist, wodurch die Wurzeln verhältnismässig mehr Platz nach dem Graben zu als nach der entgegengesetzten Seite haben, und ausserdem liegt der Gedanke nahe, dass in trocknen Frühjahren und Sommern, welche bei uns häufiger als regnerische sind, das Wasser aus den Gräben sich zum Verbrauch der Bäume zu diesen hin bewegt, wobei die Wurzeln, um dem Wasser entgegen zu kommen, sich nach der Wasserquelle hin strecken.

#### Erklärungen zu Abb. 1—6.

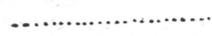
-  Bodenoberfläche.
-  Die Grenze zwischen Ton und Torf.
-  Grundwasserniveau.
-  Baumrest.
-  Stumpf (im Torf).



Abb. 7. Wurzelsystem von Gruppe III (Äijänneva-Moor).



Abb. 8 und 9. Wurzelsystem von Gruppe III (Jaakkoinsuo-Moor).

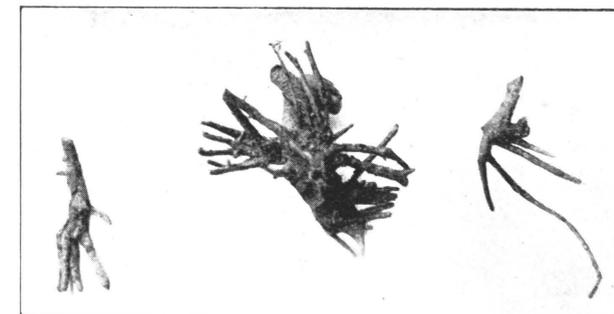


Abb. 10. Wurzelbüschel (Äijänneva-Moor).

