© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

2. L. Kny: Über das Dickenwachstum des Holzkörpers der Wurzeln in seiner Beziehung zur Lotlinie.

Eingegangen am 15. Juni 1907.

Vor etwa 30 Jahren[1]) stellte ich fest, dass im Boden annähernd horizontal verlaufende Wurzeln solcher Holzgewächse, deren oberirdische Seitenachsen stark ausgeprägte Hyponastie oder Epinastie[2]) zeigen, nach keiner Richtung im Dickenwachstume konstant bevorzugt sind. Wenn sie sich in genügender Entfernung von ihrer Ursprungstelle am Stamme und in genügender Tiefe unterhalb der Bodenoberfläche befinden, wo Licht, Wärme und Feuchtigkeit allseitig annähernd gleichmässig auf sie einwirken, findet man die einzelnen Holzringe und den Gesamtzuwachs bald allseitig annähernd gleichmässig gefördert, bald in beliebiger Richtung bevorzugt. Werden dagegen Bodenwurzeln nachträglich auf grössere Strecken entblösst, ohne ihre Wachstumsfähigkeit einzubüssen, wie dies an steilen Abhängen infolge Unterwaschung durch Regen nicht selten der Fall ist, so wird der weitere Zuwachs des Holzes nunmehr demjenigen der oberirdischen Seitenachsen ähnlich. Bei Holzgewächsen mit ausgesprochener Epinastie der beblätterten Seitenzweige (z. B. *Fagus*) werden von nun an auch die Wurzeln meist stärker an der Oberseite als an der Unterseite gefördert; bei Holzgewächsen mit hyponastischen Seitenzweigen (z. B. Coniferen) ist das Gegenteil der Fall.[3])

1) Über das Dickenwachstum des Holzkörpers in seiner Abhängigkeit von äusseren Einflüssen (Sitzungsber. der Ges. naturforschender Freunde zu Berlin vom 20. März 1877, abgedruckt in der Botan. Zeitung 1877, S. 416 ff.). Die ausführliche Abhandlung ist unter demselben Titel im Jahre 1882 bei PAUL PAREY erschienen.

2) Die Bezeichnungen „Epinastie“ und „Hyponastie“ stammen von CARL SCHIMPER her (Amtl. Ber. über die 31. Vers. deutscher Naturforscher und Ärzte in Göttingen, S. 87). Später sind sie nach dem Vorgange WIESNER's mehrfach durch die Bezeichnungen „Hypotrophie“ und „Epitrophie“ ersetzt worden.

3) l. c. (1882), S. 53.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Diese Tatsache schien mir schon damals für die kausale Erklärung des exzentrischen Dickenwachstums beblätterter Seitenzweige von erheblicher Bedeutung zu sein. Wenn wir sehen, dass das Maass des Zuwachses von in grösserer Tiefe befindlichen Bodenwurzeln, für welche, mit Ausnahme des Bodendruckes und der Schwerkraftswirkung, die Wachstumsbedingungen nach allen Richtungen annähernd die gleichen sind, keine konstante Bevorzugung nach einer der beiden Richtungen der Lotlinie erkennen lässt, so ist es in hohem Grade wahrscheinlich, dass die Schwerkraft auch für die einseitige Zuwachsförderung oberirdischer Sprossachsen bedeutungslos ist. Die Bodenwurzeln sind für die Beurteilung des Schwerkrafteinflusses auf das Dickenwachstum des Holzkörpers auch deshalb günstiger gestellt, als seitwärts gerichtete oberirdische Sprossachsen, weil sie in allen Teilen vom Boden unterstützt sind, also keine durch das Eigengewicht ausgelöste Hebelkräfte als Zug oder Druck auf das Kambium der Ober- bezw. Unterseite zur Wirkung gelangen können. Auch dann, wenn Teile solcher Wurzeln durch Unterwaschung an Abhängen freigelegt werden, bleiben die Enden der freien Teile beiderseits unterstützt. Das Eigengewicht kann also, wenn es sich um kurze Strecken handelt, nur in sehr geringem Maasse als Zug- bezw. Druck auf das Kambium zur Geltung kommen. Dagegen werden die anderen obenerwähnten Einflüsse (Wärme, Licht, Feuchtigkeit) nunmehr in ähnlicher Weise, wie bei den horizontalen Sprossachsen, wenn auch meist in etwas abgeschwächtem Maasse, verschieden auf Ober- und Unterseite der freien Wurzeln einwirken. Wenn wir nun sehen, dass die von jetzt ab gebildeten Holzringe in derselben Richtung durchschnittlich am stärksten gefördert werden, wie an den oberirdischen beblätterten Seitenzweigen derselben Art, so liegt es nahe, diesen Agentien einen wichtigen Einfluss auf das Dickenwachstum des Holzkörpers auch bei letzteren zuzusprechen. Die Mitwirkung einer erblichen Dorsiventralität,[1]) falls dieselbe sich im einzelnen Falle streng erweisen lässt, ist hierbei nicht ausgeschlossen.

Bei meiner früheren Untersuchung standen mir nur wenige freigelegte Wurzeln zur Verfügung, welche ich selbst an Ort und Stelle sammeln konnte. Ich hatte mich damals darauf beschränkt, den Gesamtzuwachs des Holzkörpers nach den verschiedenen Richtungen festzustellen. Doch kommt es offenbar in erster Linie darauf an, die letzten Holzringe, von denen man mit Sicherheit annehmen kann, dass sie sich ohne Bodenbedeckung entwickelt hatten, genau zu untersuchen. Die inneren Holzringe nehmen ein sehr viel geringeres Interesse in Anspruch. Nach dieser Richtung bedürfen

1) L. Kny, l. c., S. 41.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

meine früheren Angaben der Ergänzung. Aber auch für Wurzeln, welche in annähernd horizontaler Richtung und in grösserer Tiefe unterhalb der Oberfläche sich im Boden fortentwickelt haben, wurden seit meinen früheren Mitteilungen genauere Angaben über das Verhalten der aufeinanderfolgenden Holzringe[1]) nicht gemacht. WIESNER[2]) gibt an, dass alle Wurzeln sowohl der Nadelbäume als der belaubten Holzgewächse einen hypotrophen Holzkörper auszubilden scheinen, und LÄMMERMAYR[3]) hat dieses Resultat dahin erweitert, dass alle Wurzeln, sowohl von Coniferen als von dikotylen Holzgewächsen, die in geringer Bodentiefe oder teilweise vom Erdreiche entblösst, „geneigt verlaufen, in der Nähe der Insertion stets, oft sogar enorm epitroph entwickelt sind", dass diese Epitrophie mit der Zunahme der Entfernung von der Ursprungstelle aber kontinuierlich abnimmt, um schliesslich in Hypotrophie überzugehen.

Bei dieser Sachlage schien es mir wünschenswert, die Wurzeln einiger Holzgewächse, deren beblätterte seitliche Sprossachsen eine sehr stark ausgeprägte Epinastie oder Hyponastie zeigen, einer genaueren Untersuchung zu unterwerfen. Von hyponastischen Arten wählte ich *Pinus silvestris* und *Ailanthus glandulosa*, von epinastischen *Fagus silvatica* und *Tilia parvifolia*. Dass die seitlichen Sprossachsen der genannten Arten einen nach beiden Richtungen der Lotlinie sehr ungleich entwickelten Holzkörper besitzen, darf ich als bekannt voraussetzen. Ich kann mich bezüglich ihrer auf einige allgemeinere Angaben beschränken, ohne auf die Zuwachsgrössen der einzelnen aufeinanderfolgenden Holzringe einzugehen. Dagegen gebe ich von den genannten vier Arten Spezialaufnahmen einer grösseren Zahl von Wurzeln, welche in 75 *cm* oder noch grösserer Entfernung von der Ursprungstelle am Stamme und fast durchweg in mehr als 30 *cm* Entfernung von der Bodenoberfläche in annähernd horizontaler Lage erwachsen waren. Bei diesen Wurzeln wurde darauf geachtet, dass die betreffenden Stellen, denen sie entnommen wurden, möglichst

---

1) Auch in der Abhandlung von L. LÄMMERMAYR, Beiträge zur Kenntnis der Heterotrophie von Holz und Rinde (Sitzungsber. der Kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, Bd. 101 (1901), S. 29 ff.), welche zahlreiche interessante Tatsachen enthält, ist nur der Gesamtzuwachs des Holzes und der Rinde, nicht der Anteil der einzelnen Holzringe an ersteren bestimmt. Ich finde in derselben auch keine Angaben über die Tiefe, in welcher die Wurzeln unterhalb der Bodenoberfläche erwachsen waren. Da der Verfasser die von ihm untersuchten Wurzeln von ihrer Ursprungstelle am Stamme an verfolgt hatte und sie hier vielfach über den Boden hervortraten (vgl. l. c., S. 43), vermute ich, dass die meisten Wurzeln auch in weiterer Entfernung vom Stamme sich in geringer Tiefe unter der Bodenoberfläche befanden.

2) Untersuchungen über den Einfluss der Lage auf die Gestalt der Pflanzenorgane. I. Die Anisomorphie der Pflanze (Situngsber. d. Kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, Bd. 101, Abt. 1, S. 685).

3) l. c., S. 43.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wenig von Fussgängern betreten waren, weil die Druckverhältnisse für Ober- und Unterseite anderenfalls erhebliche Änderungen erfahren hätten. Für *Pinus silvestris* und *Fagus silvatica* folgen dann noch eine Anzahl von Aufnahmen an noch lebenskräftigen Wurzeln, welche durch Unterwaschung an Abhängen auf Strecken von mindestens 25 *cm*, meist aber mehr, freigelegt waren und deren Oberseite von mir selbst vor dem Absägen an Ort und Stelle bezeichnet war. Der grosse Unterschied solcher Wurzeln von denen, die in normaler Weise sich dauernd in der Erde befunden hatten, springt deutlich in die Augen.

Die Schnitte, welche den folgenden Einzelangaben zugrunde liegen, wurden sämtlich von dem Gärtner und Diener am botanischen Institut der Kgl. Landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin, Herrn Behse mittels eines in der Fabrik von Leppin & Masche in Berlin angefertigten Holzhobels hergestellt. Sie waren dem mittleren Teile des jeweils zur Untersuchung bestimmten Wurzelstückes entnommen. Die Nachbarschaft von Tochterwurzeln, welche eine einseitige Förderung der Holzringe bewirkt hätte, wurde vermieden und darauf geachtet, dass die durchschnittenen Wurzeln vollkommen gesund waren. Vor dem Einspannen wurde die ursprünglich zenithwärts gekehrte Seite durch einen Einschnitt, welcher durch die Rinde bis in den Holzkörper drang, bezeichnet.

I. Pinus silvestris.

Bei den Coniferen ist die Hyponastie, wie schon Carl Schimper angegeben hatte, an beblätterten Zweigen sehr deutlich ausgesprochen. Wiesner[1]) fand sie allgemein verbreitet, wenn auch nicht immer in gleichem Maasse ausgeprägt. Bei *Pinus silvestris* zeigen die einzelnen Holzringe, wie ich fand, mitunter Ausnahmen von der Regel.[2]) Das Holz der Unterseite ist nicht nur durch massigere Entwickelung, sondern auch durch seine Qualität von derjenigen der Oberseite verschieden. Es tritt hier das sogenannte „Rotholz“ auf, das sich schon bei Betrachtung mit unbewaffnetem Auge als bräunlichrote Zone abhebt.[3])

---

1) Untersuchung über den Einfluss der Lage usw. (Sitzungsber. der Kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, Bd. 101, Abt. 1 (1892), S. 679).

2) Vgl. auch Ursprung, Untersuchungen über das exzentrische Dickenwachstum an Stämmen und Ästen (Beihefte zum Botanischen Centralblatt, 19. 1. (1905), S. 279).

3) Robert Hartig, Das Rotholz der Fichte (Forstl. naturw. Zeitschrift, V. (1896), S. 96ff).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die innersten Holzringe der Wurzel sind, wie schon H. VON MOHL[1]) fand, verhältnismässig schwach entwickelt und infolge der Dünnwandigkeit ihrer Spätholzelemente weniger scharf von einander abgegrenzt als in oberirdischen Achsen. In den späteren Holzringen wird das Wurzelholz dem Stamm- und Astholze ähnlicher, sowohl in der Dicke der Holzringe als auch in der stärkeren Wandverdickung der Spätholzelemente. Die letzten Holzringe alter Wurzeln werden den ersten im Bau der Zellen wieder ähnlicher. Diese Regel erleidet indes, wie ich fand, zahlreiche Ausnahmen.

A. Bodenwurzeln.

Bei den drei ersten Aufnahmen (Nr. 1—3) wurden an derselben Wurzel mehrere, in regelmässigen Abständen aufeinander folgende Teile untersucht. Als Resultat ergab sich, dass das Dickenwachstum einer Wurzel in ihrem Verlaufe grosse Abweichungen in verschiedenen Richtungen zeigt. Bei den übrigen der untersuchten Bodenwurzeln begnügte ich mich damit, einen beliebigen der aus der Mitte entnommenen Schnitte herauszugreifen und der Untersuchung zu unterwerfen.

Die Zahl der Holzringe lässt sich, wie schon HUGO VON MOHL[2]) hervorhebt, an Wurzeln nicht mit voller Sicherheit feststellen.

Nr. 1.

Das 80 *cm* lange Wurzelstück wurde in acht Abschnitte von je 10 *cm* Länge zerlegt, und aus der Mitte jedes Stückes ein Schnitt untersucht. An den ersten sechs Stücken waren sieben Holzringe deutlich unterscheidbar; in den beiden letzten waren die Grenzen weniger deutlich.

Erstes Stück.

Querschn. annähernd kreisförmig. Vertik. Durchm. 18,5 *mm*; horiz. Durchm. 18 *mm*. Oberer und unterer Teil des Holzkörpers annähernd gleich stark gefördert. In den mittleren Holzringen war der untere, in den letzten der obere etwas stärker gefördert.

Zweites Stück.

Querschn. breit-oval. Vertik. Durchm. 19 *mm*; horiz. Durchm. 16,7 *mm*. Unterer Teil des Holzk. im Ganzen ein wenig stärker gefördert. Die ersten beiden Holzringe allseitig annähernd gleich, die folgenden an der Unterseite ein wenig stärker als an der Oberseite gefördert.

Drittes Stück.

Querschn. ziemlich regelmässig breit-oval. Vertik. Durchm. 18,9 *mm*; horiz. Durchm. 16,0 *mm*. Oberer und unterer Teil des Holzkörpers im ganzen ziemlich gleich stark gefördert. Erster Holzring allseitig ziemlich gleich stark, die folgenden vier an der Unterseite, die letzten zwei an der Oberseite überwiegend gefördert.

---

1) Einige anatomische und physiologische Bemerkungen über das Holz der Baumwurzeln (Botan. Zeitung, 1862, S. 237).

2) Botan. Zeitung, 1862, S. 228, Anm.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Viertes Stück.

Querschn. schief-oval. Vertik. Durchm. 18 *mm*; horiz. Durchm. 17,1 *mm*. Oberer Teil des Holzkörpers im ganzen ein wenig stärker als der untere Teil gefördert. Erster und zweiter Holzring schief nach abwärts; die übrigen schief nach aufwärts oder genau zenitwärts am stärksten gefördert.

Fünftes Stück.

Querschn. nahezu kreisförmig. Vertik. Durchm. 17,3 *mm*; horiz. Durchm. 17,3 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit schief nach abwärts am stärksten gefördert. Erster Holzring schief nach aufwärts, einer der mittleren nach beiden Seiten, die übrigen schief nach abwärts am stärksten gefördert.

Sechstes Stück.

Querschn. nahezu kreisförmig. Vertik. Durchm. 16,4 *mm*; horiz. Durchm 16,2 *mm*. Holzkörper im ganzen an der Unterseite etwas stärker als an der Oberseite gefördert. Erster Holzring allseitig nahezu gleichmässig; zweiter bis vierter Holzring schwach epinastisch; letzter Holzring schwach hyponastisch.

Siebentes Stück.

Querschn. schief quer-oval. Vertik. Durchm. 15,8 *mm*; horiz. Durchm. 16,4 *mm*. Holzkörper im ganzen schief nach abwärts am stärksten gefördert. Einzelne der undeutlich abgegrenzten Holzringe schief nach abwärts, einige wenige seitlich am stärksten gefördert.

Achtes Stück.

Querschn. unregelmässig längs-oval. Vertik. Durchm. 16,2 *mm*; horiz. Durchm. 15 *mm*. Holzkörper im ganzen sehr schwach hyponastisch. Erste drei Holzringe allseitig annähernd gleichmässig; die äusseren an der Unterseite ein wenig stärker gefördert.

Nr. 2.

Aus dem 64 *cm* langen Wurzelstücke wurden sechs aneinanderschliessende Stücke von je 10 *cm* Länge herausgeschnitten. Weitere Behandlung wie oben. In den ersten beiden Stücken wurden zwölf, in den folgenden vier je zehn Holzringe gezählt.

Erstes Stück.

Querschn. unregelmässig schief-oval. Vertik. Durchm. 11,2 *mm*; horiz. Durchm. 12 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit am stärksten schief nach unten und demnächst an der gegenüberliegenden Seite am stärksten, in der darauf senkrechten Richtung erheblich schwächer gefördert. Die ersten vier Holzringe waren schief nach oben und gegenüber schief nach unten ungefähr gleich stark, die folgenden ein wenig mehr schief nach unten als schief nach oben gefördert.

Zweites Stück.

Querschn. ziemlich regelmässig quer-oval. Vertik. Durchm. 10,4 *mm*; horiz. Durchm. 10,8 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit am stärksten nach einer Seite, an der Oberseite stärker als an der Unterseite gefördert. Die einzelnen Holzringe zum Teil seitlich, zum Teil schief nach oben am stärksten gefördert.

Drittes Stück.

Querschn. ziemlich regelmässig quer-oval. Vertik. Durchm. 8,2 *mm*; horiz. Durchm. 9,7 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit nach oben und schief nach oben am stärksten gefördert. Erster Holzring allseitig ziemlich gleichmässig zweiter Holzring nach einer Seite am stärksten, vorletzter Holzring an der Unterseite, die übrigen schief nach oben oder genau oben am stärksten gefördert.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Viertes Stück.

Querschn. schief-oval. Vertik. Durchm. 9,2 *mm*; horiz. Durchm. 9,1 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit schief nach oben am stärksten gefördert. Der Radialdurchm. des oberen Teiles nahezu doppelt so lang als der des unteren Teiles. Erster Holzring allseitig annähernd gleich stark; zweiter und dritter Holzring schief nach unten; die meisten folgenden schief nach oben gefördert.

Fünftes Stück.

Querschn. ziemlich regelmässig quer-oval. Vertik. Durchm. 8,5 *mm*; horiz. Durchm 9.2 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit schwach epinastisch. Die beiden ersten und der letzte Holzring nach beiden Seiten am stärksten gefördert; die übrigen Holzringe allseitig ziemlich gleichmässig gefördert.

Sechstes Stück.

Querschn. annähernd kreisförmig. Vertik. Durchm. 8,2 *mm*; horiz. Durchm. 8,2 *mm*. Oberseite des Holzkörpers deutlich stärker gefördert als die Unterseite (Verhältnis der Radien etwa wie 4 : 3). Erster Holzring allseitig ziemlich gleichmässig, die folgenden an der Oberseite schwach gefördert.

Nr. 3.

Aus dem 51 *cm* langen Wurzelstücke wurden fünf aneinanderschliessende Stücke von ja 10 *cm* Länge herausgeschnitten, und jedes in seinem mittleren Teile untersucht. In den ersten vier Stücken wurden acht, in dem letzten sieben Holzringe gezählt.

Erstes Stück.

Querschn. unregelmässig schief-oval. Vertik. Durchm. 16,4 *mm*; horiz. Durchm. 17,9 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit im oberen und unteren Teile ziemlich gleich stark gefördert. Erster und zweiter Holzring schief nach oben ein wenig stärker als nach anderen Richtungen gefördert; die nächsten zwei Holzringe allseitig ziemlich gleichmässig; die letzten Holzringe nach einer Seite am stärksten gefördert.

Zweites Stück.

Querschn. schief-quer-oval. Vertik. Durchm. 14,4 *mm*; horiz. Durchm. 17,1 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit an der Unterseite etwas stärker als an der Oberseite gefördert (Verhältnis der Radien etwa wie 5 : 4). Erster Holzring nach beiden Seiten sehr wenig mehr als nach oben und unten gefördert. Folgende Holzringe allseitig ziemlich gleichmässig; letzter Holzring nach einer Seite am stärksten gefördert.

Drittes Stück.

Querschn. annähernd kreisförmig. Vertik. Durchm. 15 *mm*; horiz. Durchm. 15 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit im unteren Teile etwas stärker gefördert, als nach oben, am meisten schief nach unten. Erster bis vierter Holzring nach derselben Seite schief nach abwärts am stärksten gefördert. Letzte Holzringe nach der anderen Seite, und zwar ziemlich genau seitwärts am stärksten gefördert.

Viertes Stück.

Querschn. schief-quer-oval. Vertik. Durchm. 14,8 *mm*; horiz Durchm. 16 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit in der unteren Hälfte ein wenig stärker als in der oberen gefördert, am meisten schief nach unten. Erste beiden Holzringe nach beiden Seiten ein wenig überwiegend, folgende zwei Holzringe nach allen Richtungen annähernd gleick stark; die letzten schief nach unten gefördert.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Fünftes Stück.

Querschn. quer-oval, etwas schief. Vertik. Durchm. 14 *mm*; horiz. Durchm. 15,1 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit im unteren Teile um ein Geringes stärker gefördert als im oberen, am meisten schief nach unten und demnächst in entgegengesetzter Richtung schief nach oben. Erster Holzring schief nach oben und demnächst in entgegengesetzter Richtung schief nach unten ein wenig stärker gefördert als in anderen Richtungen. Letzter Holzring schief nach unten und demnächst in entgegengesetzter Richtung schief nach oben am meisten gefördert.

Nr. 4.

Querschn. schief-oval. Vertik. Durchm. 35 *mm*; horiz. Durchm. 33,2 *mm*. Etwa 50 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit unten erheblich stärker als oben (Verhältnis der Radien 25 : 8), am stärksten schief nach unten gefördert. Sämtliche Holzringe mehr oder weniger stark hyponastisch oder schief-hyponastisch.

Bei dieser aussergewöhnlich stark hyponastischen Wurzel war es auffällig, dass das Spätholz in den einzelnen Ringen verhältnismässig stärker entwickelt war, als dies sonst bei Bodenwurzeln der Fall ist. Ich vermute daher, dass diese Wurzel zunächst in geringer Tiefe unterhalb der Bodenoberfläche erwachsen und erst durch nachträgliche Bodenbedeckung in tiefere Lage gelangt ist.

Nr. 5.

Querschn. schief-breit-oval. Vertik. Durchm. 17,5 *mm*; horiz. Durchm. 17,2 *mm*. Etwa 29 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit schwach, aber deutlich epinastisch. Erster Holzring allseitig nahezu gleichmässig; die meisten folgenden Holzringe schief nach oben am meisten gefördert.

Nr. 6.

Querschn. fast genau kreisförmig. Vertik. Durchm. 17,5 *mm*; horiz. Durchm. 18 *mm*. Etwa 21 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit allseitig fast gleichmässig ausgebildet, sehr wenig epinastisch. Die einzelnen Holzringe zeigten nur sehr geringe Abweichungen von allseitig gleichmässiger Förderung.

Nr. 7.

Querschn. unregelmässig schief-oval. Vertik. Durchm. 23,6 *mm*; horiz. Durchm. 22,4 *mm*. Etwa 26 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit kaum merklich epinastisch. Einzelne Holzringe in sehr verschiedenen Richtungen in geringem Maasse überwiegend gefördert.

Nr. 8.

Querschn. unregelmässig längs-oval. Vertik. Durchm. 17 *mm*; horiz. Durchm. 14,6 *mm*. Etwa 12 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit deutlich schief-hyponastisch. Erste sechs Holzringe nach oben und unten (mit geringer seitlicher Abweichung) annähernd gleich stark, rechtwinklig hierzu schwächer gefördert; die beiden folgenden annähernd allseitig gleichmässig; die letzten vier stark schief hyponastisch.

Nr. 9.

Querschn. schief-breit-oval. Vertik. Durchm. 14 *mm*; horiz. Durchm. 15,1 *mm*. Etwa 10 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit sehr schwach hyponastisch, am stärksten schief einseitig gefördert. Alle Holzringe mit geringen Abweichungen schief-oben und in derselben Richtung schief-unten am stärksten gefördert. Rechtwinklig hierzu war die Förderung gering bis auf die beiden äussersten Holzringe, welche sich in dieser Richtung einseitig stark hervorwölbten.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nr. 10.

Querschn. ziemlich regelmässig quer-oval. Vertik. Durchm. 35,8 *mm*; horiz. Durchm. 38,3 *mm*. Etwa 53 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit an Ober- und Unterseite ziemlich gleich stark gefördert, nach den beiden Seiten hin in gleichem Maasse etwas stärker. Während mehrere der inneren Holzringe eine geringe überwiegende Förderung der Oberseite zeigten, trat eine solche an den äussersten Holzringen meist an der Unterseite hervor.

Nr. 11.

Querschn. unregelmässig quer-oval. Vertik. Durchm. 21 *mm*; horiz. Durchm. 23,3 *mm*. Etwa 32 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit nach oben und unten annähernd gleich stark, nach einer Seite erheblich stärker als nach der entgegengesetzten Seite gefördert (Verhältnis etwa wie 3 : 1). Erste Holzringe meist nach der schwächeren Seite ein wenig mehr, letztere nach der stärkeren Seite erheblich mehr gefördert.

Nr. 12.

Querschn. ziemlich regelmässig längs-oval. Vertik. Durchm. 33,3 *mm*; horiz. Durchm. 28 *mm*. Etwa 62 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit schwach, aber deutlich hyponastisch (Verhältnis etwa 4 : 5). Unter den ersten Holzringen befinden sich mehrere schief-epinastische; die mittleren sind meist deutlich hyponastisch, die äussersten 19 an Ober- und Unterseite meist gleich schwach gefördert.

Nr. 13.

Querschn. nahezu kreisförmig. Vertik. Durchm. 15,4 *mm*; horiz. Durchm. 15,2 *mm*. Etwa 26 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit allseitig annähernd gleichmässig gefördert. Die einzelnen Holzringe waren ebenfalls nach allen Richtungen annähernd gleichmässig gefördert.

Nr. 14.

Querschn. schief-oval. Vertik. Durchm. 17 *mm*; horiz. Durchm. 19,9 *mm*. Etwa 30 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit nach oben und unten annähernd gleichmässig gefördert, am meisten schief nach oben und demnächst auf der gegenüberliegenden Seite schief nach unten. Die ersten 12 Holzringe schief-hyponastisch oder hyponastisch; die folgenden fast sämtlich schief-epinastisch.

Nr. 15.

Querschn. unregelmässig kreisförmig. Vertik. Durchm. 9,5 *mm*; horiz. Durchm. 10 *mm*. Etwa 17 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit an der Unterseite ein wenig stärker als an der Oberseite gefördert, bei weitem am stärksten genau nach einer Seite. Fast sämtliche Holzringe waren nach derselben Seite am meisten gefördert.

Nr. 16.

Querschn. unregelmässig schief-oval. Vertik. Durchm. 14,5 *mm*; horiz. Durchm. 16 *mm*. Etwa 32 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit an der Unterseite deutlich stärker als an der Oberseite gefördert. Die ersten zwei Holzringe schief nach unten, die folgenden acht schief nach oben, die meisten folgenden sehr stark einseitig oder schief nach unten gefördert.

Nr. 17.

Querschn. unregelmässig längs-oval. Vertik. Durchm. 14 *mm*; horiz. Durchm. 13,8 *mm*. Etwa 26 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit ziemlich stark epinastisch (Verhältnis des Durchm. von Ober- und Unterseite nahezu wie 2 : 1). Die ersten vier Holzringe ziemlich gleichmässig, die folgenden zwei einseitig am stärksten gefördert, die äussersten grösstenteils epinastisch oder schief-epinastisch.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nr. 18.

Quersch. annähernd regelmässig längs-oval. Vertik. Durchm. 29,5 *mm*; horiz. Durchm. 28 *mm*. Etwa 44 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit oben und unten in gleichem Maasse, nach beiden Seiten etwas weniger gefördert. Erste vier Holzringe schief nach unten, einige der folgenden nach oben und schief nach oben, andere annähernd gleichmässig gefördert. Letzte Holzringe nach unten und schief nach unten schwach gefördert.

Nr. 19.

Querschn. unregelmässig schief-oval. Vertik. Durchm. 18,2 *mm*; horiz. Durchm. 16,8 *mm*. Etwa 22 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit an der Unterseite um ein sehr Geringes stärker als an der Oberseite gefördert, am meisten nach einer Seite und schief nach unten. Erster Holzring allseitig ziemlich gleichmässig, folgende zehn Holzringe schief nach oben, zwölfter und dreizehnter Holzring ziemlich genau einseitig, die meisten der letzten schief nach unten überwiegend gefördert.

B. Wurzeln, welche streckenweise vom Boden entblösst und allseitig von Luft umgeben waren.[1])

Nachdem die Oberseite an Ort und Stelle bezeichnet war, wurde der mittlere Teil für die Untersuchung herausgeschnitten.

Nr. 1.

Querschn. nahezu kreisförmig. Vertik. Durchm. 12,8 *mm*; horiz. Durchm. 12,6 *mm*. Etwa 4 Holzringe. Erster und zweiter Holzring schief nach oben am stärksten, schief nach unten etwas schwächer, nach den übrigen Richtungen noch schwächer gefördert. Dritter Holzring schwach, vierter stark hyponastisch (der letzte Holzring maass zenithwärts 13, nadirwärts 36 Teilstriche des Okular-Mikrometers.

Nr. 2.

Querschn. unregelmässig breit-oval. Vertik. Durchm. 19,6 *mm*; horiz. Durchm. 18,7 *mm*. Etwa 9 Holzringe. Die ersten vier Holzringe schief-hyponastisch; die letzten fünf Holzringe stark hyponastisch. Die letzten fünf Holzringe maassen zenithwärts 55 Teilstr., nadirwärts 194 Teilstr.

Nr. 3.

Querschn. schief-breit-oval. Vertik. Durchm. 24,8 *mm*; horiz. Durchm. 22,5 *mm*. Etwa 15 Holzringe. Erster Holzring schief epinastisch; zweiter schwach epinastisch; folgende meist hyponastisch oder schief hyponastisch.

---

1) Diese Wurzeln stammten aus den Forsten von Eberswalde. Herrn Oberforstmeister Dr. MÖLLER, welcher mir die Erlaubnis zur Entnahme derselben gab, und Herrn Forstassessor HAACK, welcher mich beim Aufsuchen derselben unterstützte und mir später noch eine grössere Zahl solcher Wurzeln übersandte, spreche ich meinen besten Dank aus.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nr. 4.

Querschn. ziemlich regelmässig breit-oval. Vertik. Durchm. 19 *mm*; horiz. Durchm. 18,2 *mm*. Etwa 8 Holzringe. Erster Holzring schwach hyponastisch; der zweite nach oben und unten annähernd gleich stark gefördert; die folgenden deutlich hyponastisch. Die letzten drei Holzringe maassen zusammen zenithwärts 29 Teilstr., nadirwärts 66 Teilstr.

Nr. 5.

Querschn. unregelmässig breit-oval. Vertik. Durchm. 12,8 *mm*; horiz. Durchm. 12,2 *mm*. Etwa 12 Holzringe. Der erste Holzring war nach allen Seiten ziemlich gleichmässig, der zweite war schief epinastisch, der dritte und vierte einseitig (nach derselben Seite) am stärksten, die folgenden Holzringe waren schief an der Unterseite, die letzten vier ziemlich genau an der Unterseite am stärksten gefördert. Die letzten sechs Holzringe, welche sich nur an der Unterseite deutlich gegeneinander abgrenzten, maassen in ihrer Gesamtheit zenithwärts 6, nadirwärts 42 Teilstr.

Nr. 6.

Querschn. unregelmässig breit-oval. Vertik. Durchm. 20,6 *mm*; horiz. Durchm. 19,8 *mm*. Etwa 5 Holzringe. Die ersten beiden Holzringe waren nach einer Seite am stärksten gefördert, der dritte Holzring allseitig annähernd gleichmässig, der vierte schief nach oben und schief nach unten sehr wenig stärker als nach den anderen Richtungen gefördert. Der letzte Holzring war deutlich hyponastisch. Derselbe hatte zenithwärts einen Durchm. von 34, nadirwärts einen solchen von 57 Teilstr.

Nr. 7.

Querschn. schief-breit-oval. Vertik. Durchm. 12,2 *mm*; horiz. Durchm. 14,7 *mm*. Etwa 14 Holzringe. Holzkörper im ganzen schwach, aber deutlich epinastisch. Die ersten vier Holzringe schief nach unten und demnächst schief nach oben am stärksten, die folgenden im ganzen nach oben ein wenig stärker als nach unten, die letzten zwei Holzringe schief nach oben am stärksten gefördert.

Nr. 8.

Querschn. unregelmässig breit-oval. Vertik. Durchm. 26 *mm*; horiz. Durchm. 25,7 *mm*. Etwa 39 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark hyponastisch. Mit Ausnahme des ersten Holzringes, welcher sich nach allen Seiten ziemlich gleichmässig entwickelt hatte, waren fast alle Holzringe hyponastisch oder schief-hyponastisch, besonders stark die letzten sieben Holzringe.

Nr. 9.

Querschn. unregelmässig quer-oval. Vertik. Durchm. 17 *mm*; horiz. Durchm. 20,2 *mm*. Etwa 18 Holzringe. Erster Holzring allseitig ziemlich gleichmässig entwickelt. Fast alle späteren Holzringe mehr oder weniger stark hyponastisch oder schief-hyponastisch; nur der viertletzte schwach unregelmässig epinastisch.

Nr. 10.

Querschn. unregelmässig kreisförmig. Vertik. Durchm. 42 *mm*; horiz. Durchm. 43 *mm*. Etwa 15 Holzringe. Erster Holzring beiderseits am stärksten, nach oben und unten annähernd gleich entwickelt. Die meisten der folgenden Holzringe, besonders die letzten, deutlich hyponastisch.

Nr. 11.

Querschn. ziemlich regelmässig quer-oval. Vertik. Durchm. 19 *mm*; horiz. Durchm. 21,4 *mm*. Etwa 17 Holzringe. Die 16 ersten Holzringe waren meist nach oben und unten annähernd gleich stark gefördert, in horizontaler Richtung etwas stärker als in vertikaler; der letzte Holzring war deutlich hyponastisch.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nr. 12.

Querschn. unregelmässig kreisförmig. Vertik. Durchm. 43,8 *mm*; horiz. Durchm. 44,8 *mm*. Etwa 37 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit sehr schwach hyponastisch. Erster Holzring ziemlich gleichmässig entwickelt, die meisten der folgenden schief nach unten, einzelne schief nach oben am stärksten entwickelt. Von den letzten zehn Holzringen waren einzelne schwach aber deutlich hyponastisch: die meisten waren epinastisch. Im ganzen zeigte diese Wurzel grosse Unregelmässigkeiten.

Nr. 13.

Querschn. nahezu regelmässig kreisförmig. Vertik. Durchm. 34 *mm*; horiz. Durchm. 35,1 *mm*. Etwa 9 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark hyponastisch (Verhältnis des oberen und unteren Radius etwa wie 1 : 2). Erster Holzring schwach epinastisch; zweiter Holzring einseitig am stärksten gefördert: dritter Holzring schwach epinastisch; vierter Holzring nach derselben Richtung wie 2 am stärksten gefördert; alle folgenden hyponastisch, die letzten Holzringe sehr stark hyponastisch.

Nr. 14.

Querschn. unregelmässig oval. Vertik. Durchm. 28,5 *mm*; horiz. Durchm. 28 *mm*. Etwa 52 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit sehr deutlich hyponastisch (Verhältnis der Radien nahezu wie 1 : 2). Die ersten zehn Holzringe waren schief nach oben und schief nach unten ein wenig stärker gefördert als in anderen Richtungen, nach oben und unten in annähernd gleichem Maasse. Die folgenden Holzringe sämtlich hyponastisch, die letzten in erheblichem Maasse.

Nr. 15.

Querschn. schief-oval. Vertik. Durchm. 38,5 *mm*; horiz. Durchm. 35 *mm*. Etwa 16 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit sehr deutlich hyponastisch (Verhältnis der Radien nahezu wie 1 : 2). Erster Holzring allseitig gleich gefördert; die sechs folgenden sämtlich in derselben Richtung schief nach unten am stärksten gefördert; der achte Holzring nach oben und unten gleich stark, nach einer Seite ein wenig stärker gefördert. Die letzten acht Holzringe sehr stark hyponastisch.

Nr. 16.

Querschn. unregelmässig kreisförmig. Vertik. Durchm. 32 *mm*; horiz. Durchm. 32 *mm*. Etwa 14 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit deutlich hyponastisch. Erster und zweiter Holzring schwach hyponastisch; dritter Holzring schwach epinastisch; vierter bis sechster Holzring allseitig ziemlich gleichmässig; siebenter Holzring schief hyponastisch; die folgenden sämtlich hyponastisch, die meisten in erheblichem Maasse.

Nr. 17.

Querschn. unregelmässig kreisförmig. Vertik. Durchm. 19,1 *mm*; horiz. Durchm. 19,3 *mm*. Etwa 15 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit allseitig ziemlich gleichmässig entwickelt. Die ersten fünf Holzringe allseitig ziemlich gleichmässig, die vier folgenden schwach hyponastisch, der folgende schwach schief-epinastisch, der letzte schwach hyponastisch.

Nr. 18.

Querschn. unregelmässig quer-oval. Vertik. Durchm. 16,2 *mm*; horiz. Durchm. 16,8 *mm*. Etwa 13 Holzinge. Holzkörper in seiner Gesamtheit schwach hyponastisch. Die sechs ersten Holzringe schief nach abwärts, die zwei nächsten annähernd senkrecht hierzu schief nach aufwärts, der folgende schief nach abwärts, die zwei folgenden einseitig, die zwei letzten schief nach abwärts überwiegend gefördert.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nr. 19.

Querschn. ziemlich regelmässig längs-oval. Vertik. Durchm. 19,8 *mm*; horiz. Durchm. 18 *mm*. Etwa 20 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit deutlich hyponastisch. Innerste zwei Holzringe allseitig annähernd gleichmässig, dritter bis sechster Holzring deutlich schief-epinastisch, siebenter bis achter schwach schief-epinastisch, die folgenden allseitig ziemlich gleichmässig, die letzten acht Holzringe stark hyponastisch oder schief-hyponastisch.

Nr. 20.

Querschn. unregelmässig längs-oval. Vertik. Durchm. 19,2 *mm*; horiz. Durchm. 17 *mm*. Etwa 16 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark hyponastisch (Verhältnis des oberen und unteren Radius etwa wie 1 : 2). Die ersten zwei Holzringe nach oben und unten annähernd gleich stark gefördert; die fünf folgenden sehr schwach hyponastisch; die neun letzten stark hyponastisch.

Nr. 21.

Querschn. unregelmässig schief-oval. Vertik. Durchm. 19,2 *mm*; horiz. Durchm. 19,2 *mm* Etwa 12 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit schwach schief-hyponastisch. Die drei innersten Holzringe nach allen Seiten ziemlich gleichmässig gefördert, die drei folgenden schwach schief-epinastisch, der folgende schwach schief-hyponastisch, der folgende einseitig am stärksten gefördert, die vier letzten nach der einen Seite erheblich stärker als nach der anderen, nach unten stärker als nach oben gefördert.

Nr. 22.

Querschn. unregelmässig quer-oval. Vertik. Durchm. 12 *mm*; horiz. Durchm. 13 *mm*. Etwa 11 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit schwach aber deutlich epinastisch. Erster Holzring allseitig ziemlich gleichmässig entwickelt, zweiter bis sechster Holzring schwach epinastisch, siebenter Holzring oben und unten annähernd gleich stark, achter bis neunter Holzring schwach schief-hyponastisch, zehnter bis elfter Holzring ziemlich stark epinastisch.

Nr. 23.

Querschn. nahezu kreisförmig. Vertik. Durchm. 12,4 *mm*; horiz. Durchm. 12,8 *mm*. Etwa 4 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit schwach schief-hyponastisch. Die innersten zwei Holzringe nach allen Seiten annähernd gleich stark gefördert. Dritter Holzring deutlich schief hyponastisch; vierter Holzring stärker schief-hyponastisch.

Nr. 24.

Querschn. nahezu kreisförmig. Vertik. Durchm. 13,4 *mm*; horiz. Durchm. 13,4 *mm*. Etwa 4 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit schwach schief-hyponastisch. Erster Holzring nach oben und unten ziemlich gleichmässig; zweiter Holzring nach unten und demnächst nach einer Seite am stärksten; dritter und vierter Holzring einseitig am stärksten, an der Unterseite stärker als an der Oberseite gefördert.

Nr. 25.

Querschn. unregelmässig schief-oval. Vertik. Durchm. 13,1 *mm*; horiz. Durchm. 12,1 *mm*. Etwa 15 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit deutlich schief-hyponastisch. Erster Holzring ziemlich unregelmässig, nach oben und unten annähernd gleich stark gefördert; folgende fast sämtlich schief-hyponastisch.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nr. 26.

Querschn. unregelmässig schief-oval. Vertik. Durchm. 37 *mm*; horiz. Durchm. 32,9 *mm*. Etwa 21 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark hyponastisch (Verhältnis des oberen und unteren Radius nahezu wie 1 : 2 . Erster und zweiter Holzring nach oben und unten ziemlich gleich stark gefördert, beiderseits ein wenig schwächer; dritter bis fünfter Holzring deutlich schief-epinastisch; sechster Holzring einseitig am stärksten gefördert; folgende Holzringe schwach hyponastisch oder schief-hyponastisch; die letzten Holzringe stark hyponastisch oder schief-hyponastisch.

Nr. 27.

Querschn. unregelmässig oval. Vertik. Durchm. 34 *mm*; horiz. Durchm. 30 *mm*. Etwa 20 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark schief-hyponastisch (Verhältnis des oberen zum unteren Durchmesser etwa wie 1 : $1^3/_4$). Erster bis dritter Holzring nach oben und unten annähernd gleich stark gefördert; die folgenden meist schief-hyponastisch, einzelne der äussersten in sehr starkem Maasse.

Ausser den vorstehend im Einzelnen geschilderten freiliegenden Wurzeln von *Pinus silvestris* haben mir noch 33 ähnliche Stücke zur Untersuchung vorgelegen, welche Herr Forstassessor Haack, unter dessen Mitwirkung obige 27 Exemplare von mir gewonnen waren, an ähnlichen Stellen später allein gesammelt hatte. In ihrem Aussehen erwiesen sie sich als vollständig übereinstimmend mit den ersteren. Bei 29 von ihnen war der Holzkörper in seiner Gesamtheit deutlich (zum Teil stark) hyponastisch; bei zweien war der Holzkörper allseitig annähernd gleich stark gefördert; bei zweien war er schwach aber deutlich epinastisch. Die letzten Holzringe, auf die es ja bei den freien Wurzeln allein ankommt, zeigten sich, soweit die Betrachtung der Querschnittsfläche mit der Lupe Auskunft gab, an fast allen Exemplaren hyponastisch oder schief-hyponastisch, meist in erheblichem Maasse; nur an zwei Stücken waren sie nach einer Seite hin am stärksten gefördert, an einem nach oben, an einem schief nach oben, und an einem Exemplare war die Stärke des letzten Holzringes, infolge des durch frühere Verletzung hervorgerufenen unregelmässigen Dickenwachstums, nicht deutlich wahrnehmbar. Die Befunde an diesen 33 freien Wurzelstücken stimmten also, wie man sieht, mit denen an den obigen 27 freien Wurzeln genauer untersuchten mikroskopischen Schnitten im Wesentlichen überein. In der weit überwiegenden Mehrzahl der Fälle waren die letzten Holzringe entweder genau an der Unterseite oder schief nach unten gegenüber der Oberseite im Dickenwachstum gefördert. Wenn man berücksichtigt, dass auch an oberirdischen beblätterten Seitenachsen von *Pinus silvestris* gelegentlich Abweichungen von der normalen Hyponastie vorkommen, wird man, gegenüber den Befunden an solchen Wurzeln, welche während ihrer gesamten Lebensdauer in mehr als 20 *cm* Tiefe unter der Oberfläche im Boden verweilt hatten, an der Ähnlichkeit des einseitigen Dickenzuwachses frei-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

gelegter Wurzeln mit denjenigen beblätterter Sprossachsen nicht zweifeln. Auch darin spricht sich die Ähnlichkeit beider aus, dass die letzten Holzringe später freigelegter Wurzeln sich viel schärfer von einander abgrenzen als ihre inneren Holzringe, und dass sie häufig Rotholz enthalten. Die inneren Ringe, welche sich unter Bedeckung mit Boden entwickelt hatten, stimmen in der Holzstruktur mit derjenigen der von H. VON MOHL[1]) geschilderten Bodenwurzeln überein. Ihre gegenseitige Abgrenzung ist häufig eine so wenig scharfe, und die an der geförderten Seite unterscheidbaren Ringe verschmelzen an der geminderten Seite so häufig miteinander, dass die Bestimmung des Lebensalters der *Pinus*-Wurzeln in hohem Maasse der Willkür des Beobachters anheimgegeben ist. Ich habe mich bei den vorstehenden Zählungen stets an die geförderte Seite des Holzkörpers gehalten.

II. Ailanthus glandulosa.

Diese Art gehört zu den wenigen dikotylen Laubhölzern, deren seitlich gerichtete beblätterte Achsen deutlich hyponastisch sind. Der Grad der Hyponastie ist im einzelnen aber ein sehr verschiedener. Bei manchen Seitenästen ist die Unterseite des Holzkörpers nur schwach, bei anderen sehr stark im Vergleich zur Oberseite gefördert. So liegt mir der Querschnitt eines nahezu horizontalen Seitenastes mit 26 sehr deutlich abgegrenzten Holzringen vor (vertik. Durchm. 120 *mm*; horiz. Durchm. 125 *mm*), dessen Holzkörper an der zenithwärts gekehrten Seite 16,5 *mm*, an der nadirwärts gekehrten Seite 83,3 *mm* radialen Durchmesser besitzt. An der Förderung der Unterseite nehmen alle Holzringe, wenn auch in verschiedenem Maasse teil.[2])

In den Wurzeln ist die Abgrenzung der Holzringe viel weniger deutlich als in den Sprossachsen.

Bodenwurzeln.

Nr. 1.

In etwa 1 *m* Tiefe dem Boden entnommen. Querschn. unregelmässig längsoval. Vertik. Durchm. 57,2 *mm*: horiz. Durchm. 49,8 *mm*. Etwa 14 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit schwach hyponastisch (oberer Durchm. 23,5 *mm*; unterer Durchm. 29,4 *mm*). Die ersten Holzringe waren an der Oberseite, die letzten an der Unterseite schwach aber deutlich gefördert. Im mittleren Teile befand sich ein nach oben und unten annähernd gleich stark geförderter Holzring.

1) Botan. Zeitung 1862, S. 237, Sp. 2.

2) Vgl. WIESNER, Anisomorphie der Pflanze (1892), S. 680.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nr. 2.

In etwa 50 *cm* Tiefe dem Boden entnommen. Querschn. ziemlich regelmässig quer-oval. Vertik. Durchm 14,6 *mm*; horiz. Durchm. 16,5 *mm*. Etwa 10 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark hyponastisch (Verhältnis des oberen und unteren Radius etwa wie 1 : 3,5). Sämtliche Holzringe waren, soweit sich dies bei ihrer undeutlichen Abgrenzung ermitteln liess, stark hyponastisch.

Nr. 3.

Querschn. schief-oval. Vertik. Durchm. 15,6 *mm*; horiz. Durchm. 16 *mm*. Etwa 10 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit schief hyponastisch, im unteren Teile schwach aber deutlich stärker gefördert als im oberen Teile. Die sehr undeutlich abgegrenzten Holzringe schienen sämtlich schief nach unten am stärksten gefördert zu sein.

Nr. 4.

Querschn. unregelmässig quer-oval. Vertik. Durchm. 13,7 *mm*; horiz. Durchm. 15,6 *mm*. Etwa 11 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit schwach schief-epinastisch, im oberen Teile schwach aber deutlich stärker gefördert als im unteren Teile. Innere Holzringe epinastisch oder schief-epinastisch; äussere Holzringe einseitig am stärksten gefördert.

Nr. 5.

Querschn. unregelmässig kreisförmig. Vertik. Durchm. 10,3 *mm*; horiz. Durchm. 11 *mm*. Etwa 11 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit ziemlich stark schief-epinastisch (Verhältnis der beiden extremen Radien nahezu wie 2 : 1), an der Oberseite deutlich stärker als an der Unterseite gefördert. Innerste zwei Holzringe allseitig nahezu gleichmässig gefördert; alle übrigen schief-epinastisch.

Nr. 6.

In mehr als 50 *cm* Tiefe unter der Bodenoberfläche. Querschn. fast genau kreisförmig. Vertik Durchm. 30,5 *mm*; horiz. Durchm. 30,3 *mm*. Zahl der Holzringe wegen undeutlicher Abgrenzung nicht bestimmbar. Holzkörper in seiner Gesamtheit nach oben und unten gleich stark gefördert (Radius nach beiden Richtungen je 13 *mm*). Innerste Holzringe, soweit eine Bestimmung möglich war, allseitig annähernd gleich stark gefördert. Bei den folgenden Ringen war eine Abgrenzung auch nicht andeutungsweise kenntlich.

Nr. 7.

In mehr als 50 *cm* Tiefe unter der Bodenoberfläche. Querschn. schief-oval. Vertik. Durchm. 50,5 *mm*; horiz. Durchm. 52,5 *mm*. Zahl der Holzringe wegen undeutlicher Abgrenzung nicht bestimmbar. Holzkörper in seiner Gesamtheit schwach aber deutlich schief-hyponastisch. Radius des Holzkörpers zenitwärts 19,2 *mm*, nadirwärts 22,4 *mm*.

Die Zahl der *Ailanthus*-Wurzeln, welche mir zur Verfügung standen, ist offenbar eine zu geringe, um allgemeinere Schlüsse auf die Befunde bauen zu können. Die Zahl der im unteren Teile des Holzkörpers geförderten Wurzeln (Nr. 1, 2, 3, 7) war überwiegend, gegenüber denen, deren Holzkörper allseitig gleichmässig (Nr. 6) oder im oberen Teile stärker (Nr. 4 und 5) gefördert war. Es ist abzuwarten, ob ausgedehntere Untersuchungen nicht ein grösseres Gleichgewicht in den verschiedenen Richtungen des Dickenwachstums ergeben werden.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Wurzeln von *Ailanthus glandulosa*, welche an steilen Abhängen erwachsen und später vom Regen ausgewaschen und freigelegt worden wären, standen mir bisher leider nicht zur Verfügung. Es wäre von besonderem Interesse, diese Lücke auszufüllen, weil bei dieser Art der Bau des normalen Wurzelholzes auffällig von demjenigen des Stammholzes verschieden ist. Freigelegte Wurzeln werden im Bau des Holzkörpers den beblätterten Sprossen vermutlich ähnlicher sein.

III. Fagus silvatica.

Die Rotbuche ist ein allbekanntes Beispiel für die Förderung der Oberseite des Holzkörpers im Dickenwachstum horizontaler Seitenäste. Das Maass der Bevorzugung ist auch hier ein sehr verschiedenes. Im Extrem kann der Radius an der Oberseite das Mehrfache desjenigen der Unterseite betragen.

Im Gegensatze zu dem Holzkörper der beblätterten Seitenzweige ist die Abgrenzung von Holzringen in den Wurzeln, welche tief im Boden erwachsen sind, eine so schwache, dass sie für deren Altersbestimmung keinerlei Sicherheit bietet.

A. Bodenwurzeln.

Nr. 1.

Querschn. annähernd kreisförmig mit schwach abgeflachter Unterseite. Vertik. Durchm. 28 *mm*; horiz. Durchm. 29 *mm*. Alter wegen undeutlicher Abgrenzung der Holzringe nicht bestimmbar. Holzkörper in seiner Gesamtheit deutlich epinastisch (Radius zenithwärts 14,8 *mm*, nadirwärts 9,5 *mm*). Trotz undeutlicher Abgrenzung der Holzringe liess sich erkennen, dass die meisten Regionen des Holzkörpers epinastisch oder schief-epinastisch, die äusserste Region nach einer Seite am stärksten gefördert war.

Nr. 2.

Eine sehr kräftige, annähernd horizontale Wurzel. Es wurden von derselben zwei mehr als 20 *cm* von einander entfernte Stücke untersucht. Abgrenzung der Holzringe meist undeutlich.

2a.

Querschn. unregelmässig längs-oval. Vertik. Durchm. 66 *mm*; horiz. Durchm. 64,3 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit nach oben und unten gleich stark gefördert (Radius beiderseits 30 *mm*), aber im unteren Teile ein wenig breiter als im oberen Teile und stärker einseitig entwickelt. Innere Region des Holzkörpers einseitig schwach gefördert; mittlere Region grösstenteils epinastisch; äussere Region schief-hyponastisch.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

2b.

Querschn. unregelmässig quer-oval. Vertik. Durchm. 60,3 *mm*; horiz. Durchm. 67 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit sehr schwach hyponastisch (oberer Radius 26,6 *mm*, unterer Radius 28,3 *mm*). Innerste Region allseitig ziemlich gleichmässig gefördert, folgende Region schwach schief-epinastisch. Unter den äusseren Holzringen kommen schief-hyponastische, hyponastische und einseitig am stärksten geförderte vor.

Nr. 3.

Querschn. unregelmässig oval. Vertik. Durchm. 16,7 *mm*; horiz. Durchm. 15,6 *mm*. Zahl der Holzringe wegen undeutlicher Abgrenzung nicht bestimmbar. Holzkörper in seiner Gesamtheit einseitig am stärksten, nach unten deutlich etwas stärker als nach oben gefördert. Der innerste Teil allseitig annähernd gleichmässig. Die Ungleichmässigkeiten kommen erst weiter nach aussen zustande.

Nr. 4.

Querschn. unregelmässig schief-oval. Vertik. Durchm. 24 *mm*; horiz. Durchm. 21 *mm*. Zahl der Holzringe wegen unregelmässiger Abgrenzung nicht bestimmbar. Holzkörper in seiner Gesamtheit nach oben und unten gleich ausgedehnt (beide entgegengesetzte Radien maassen 10,6 *mm*), an der Oberseite ein wenig breiter.

Nr. 5.

Querschn. unregelmässig oval. Vertik. Durchm. 19 *mm*; horiz. Durchm. 16,4 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit schief nach oben am stärksten gefördert (Verhältnis der schief nach oben und gegenüber schief nach unten gerichteten Radien etwa wie 2 : 1). Der innere Teil des Holzkörpers schief-hyponastisch, der äussere, stärkere schief-epinastisch.

Nr. 6.

Querschn. unregelmässig kreisförmig mit schwacher einseitiger Abplattung. Vertik. Durchm. 16,6 *mm*; horiz. Durchm. 16,1 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit sehr schwach epinastisch. Der Anteil der einzelnen Holzringe am Dickenwachstum liess sich wegen sehr undeutlicher Abgrenzung nicht feststellen.

Nr. 7.

Querschn. unregelmässig kreisförmig. Vertik. Durchm. 15,1 *mm*; horiz. Durchm. 15,1 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit deutlich epinastisch (Verhältnis des oberen und unteren Radius etwa wie 3 : 2). Innerster Holzring allseitig annähernd gleichmässig; äussere Holzringe in ihrer Gesamtheit epinastisch.

Nr. 8.

Querschn. unregelmässig kreisförmig. Vertik. Durchm. 10,8 *mm*; horiz. Durchm. 11,7 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark schief-hyponastisch (Verhältnis des schief-unteren zum entgegengesetzten schief-oberen Radius etwa wie 4,5 : 1). Der Anteil der inneren Holzringe liess sich wegen undeutlicher Abgrenzung nicht genau feststellen; die äusseren waren stark schief-hyponastisch.

Nr. 9.

Querschn. unregelmässig kreisförmig. Vertik. Durchm. 11 *mm*; horiz. Durchm. 11,9 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit einseitig, mit geringer Bevorzugung der Oberseite, am stärksten gefördert. Sämtliche sieben Holzringe, welche an dieser Wurzel ein wenig deutlicher als sonst gegeneinander abgegrenzt waren, zeigten zum Teil einseitig, zum Teil schief nach oben ihre stärkste Förderung.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nr. 10.

Querschn. unregelmässig schief-oval. Vertik. Durchm. 15,2 *mm*; horiz. Durchm. 17 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit schief-epinastisch. Der Anteil der innersten Holzringe am exzentrischen Dickenwachstum liess sich wegen ihrer undeutlichen Abgrenzung nicht sicher feststellen. Die äusseren waren schief-epinastisch.

Nr. 11.

Querschn. unregelmässig schief-oval. Vertik. Durchm. 13 *mm*; horiz. Durchm. 14,8 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit schwach aber deutlich schief hyponastisch (zenithwärts gekehrter Radius 4,8 *mm*, nadirwärts gekehrter Radius 6 *mm*). Alle Holzringe waren, soweit sich dies bei ihrer undeutlichen Abgrenzung ermitteln liess, mehr oder weniger hyponastisch oder schief-hyponastisch.

Nr. 12.

Querschn. unregelmässig schief-oval. Vertik. Durchm. 12,9 *mm*; horiz. Durchm. 12 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark epinastisch (Verhältnis des oberen und unteren Radius etwa wie 3,5 : 1). Soweit die Undeutlichkeit ihrer Abgrenzung ein Urteil gestattet, sind die einzelnen Holzringe mit Ausnahme des ersten durchweg mehr oder weniger stark epinastisch oder schief-epinastisch.

B. Wurzeln, welche streckenweise vom Boden entblösst und allseitig von Luft umgeben waren.

Nachdem die Oberseite an Ort und Stelle bezeichnet war, wurde der mittlere Teil für die Untersuchung herausgeschnitten.

Die im Folgenden beschriebenen, annähernd horizontalen Rotbuchenwurzeln waren an einem steilen Abhange nahe dem bekannten Schweizer Kurorte Ragaz erwachsen. Sie waren oberhalb von Fusswegen durch Regen auf grössere oder kleinere Strecken ausgewaschen, ohne ihre Lebensfähigkeit einzubüssen. Die Fusswege, welche zu ihrer Freilegung Veranlassung gegeben hatten, waren im Jahre 1882 (24 Jahre bevor ich die Wurzeln ihrem Standorte entnahm) angelegt worden und hatten, nach Angabe ortskundiger Leute, seither keine Änderung erfahren. Für die Sommer 1904—1906 kann ich dies auf Grund eigener Anschauung bestätigen. Auf einer grösseren Zahl dieser Wurzeln hatten sich Krustenflechten angesiedelt, was darauf hindeutet, dass sie schon seit einer Reihe von Jahren vom Boden entblösst waren.

Nr. 1.

Querschn. unregelmässig quer-oval. Vertik. Durchm. 16 *mm*; horiz. Durchm. 19,5 *mm*. Etwa 34 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit schief-epinastisch. Die ersten 12 Holzringe waren schief nach abwärts, die letzten 19 Holzringe fast genau zenitwärts am stärksten gefördert. Die letzten 4 Holzringe, welche sich zenitwärts sehr deutlich gegen einander und nach innen abgrenzten, waren genau zenithwärts am stärksten gefördert. Ihr Radius betrug oben 26, unten 1 bis 1,5 Teil-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

striche des Okular-Mikrometers.[1]) An der Unterseite waren die 4 Holzringe nicht mehr deutlich unterscheidbar. Die Gefässe zeigten in allen Holzringen geringe Weite.

Nr. 2.

Querschn. unregelmässig längs-oval. Vertik. Durchm. 18,5 *mm*; horiz. Durchm. 17 *mm*. Etwa 20 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark epinastisch (der zenithwärts gerichtete Radius etwa dreimal so lang als der nadirwärts gekehrte). Sämtliche Holzringe waren an der Oberseite stärker als an der Unterseite gefördert, doch so, dass an mehreren Holzringen das Maximum vom Zenith etwas seitwärts verschoben war. Die letzten 5 Holzringe, welche sich zenithwärts sehr deutlich gegeneinander und nach innen abgrenzten, waren sämtlich zenithwärts am stärksten entwickelt: nadirwärts wurde die Abgrenzung weniger deutlich. Der Radius dieser letzten 5 Holzringe betrug in ihrer Gesamtheit zenithwärts 81, nadirwärts 16 Teilstr. In den innersten 3 Holzringen waren die Gefässe durchschnittlich weiter als in den späteren.

Nr. 3.

Querschn. unregelmässig längs-oval. Vertik. Durchm. 21 *mm*; horiz. Durchm. 13,5 *mm*. Etwa 19 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark epinastisch (Verhältnis der beiden vertikalen Radien etwa wie 3 : 1). Die beiden ersten Holzringe waren einseitig stark, die beiden folgenden nach derselben Richtung schwach gefördert. Alle folgenden Holzringe deutlich und meist stark epinastisch. Die 5 äussersten Holzringe waren auch zenithwärts nicht sehr scharf gegeneinander abgegrenzt, als Ganzes aber in dieser Richtung wie auch nadirwärts nach innen deutlich abgegrenzt. Ihr Radialdurchm. betrug zenithwärts 69, nadirwärts 12 Teilstriche. In den innersten 2 Holzringen waren die Gefässe beträchtlich, in den nächsten 3 Holzringen nur wenig weiter als in den äusseren Ringen.

Nr. 4.

Querschn. unregelmässig schief-oval. Vertik. Durchm. 18,5 *mm*: horiz. Durchm. 18 *mm*. Etwa 17—18 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark schief-epinastisch (Verhältnis der beiden vertikalen Radien etwa wie 2 : 1). Die 3 bis 4 ersten Holzringe waren schief seitwärts, von den folgenden einige in entgegengesetzter Richtung am stärksten gefördert. Letzte 4 Holzringe schief-epinastisch, an der zenithwärts gekehrten Seite schärfer als in entgegengesetzter Richtung nach innen abgegrenzt. Ihr zenithwärts gekehrter Radialdurchm. betrug 31, ihr nadirwärts gekehrter 9 Teilstr. Gefässe in den innersten 1 oder 2 Holzringen deutlich grösser, als in den folgenden.

Nr. 5.

Querschn. unregelmässig kreisförmig. Vertik. Durchm. 24 *mm*; horiz. Durchm. 23 *mm*. Etwa 21 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit schwach epinastisch. Die ersten 8 Holzringe in ihrer Gesamtheit schwach hyponastisch. Die letzten 8 Holzringe waren in ihrer Gesamtheit nach innen ziemlich deutlich abgegrenzt und deutlich epinastisch. Der Radialdurchm. betrug zenithwärts 80, nadirwärts 29 Teilstr. In der Weite der Gefässe zeigte sich kein erheblicher Unterschied zwischen den inneren und äusseren Holzringen.

Nr. 6.

Querschn. sehr unregelmässig schief-oval. Vertik. Durchm. 21 *mm*; horiz. Durchm. 19,5 *mm*. Etwa 20 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit schwach schief-hyponastisch. Die ersten 8 - 10 Holzringe waren nach einer Seite über-

1) Der Zwischenraum zwischen je 2 Teilstrichen beträgt 0,04 *mm*.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wiegend, nach oben und unten ziemlich gleich stark gefördert. Letzte 4 Holzringe stark epinastisch. Ihr gesamter oberer Radialdurchm. betrug 77,5, ihr unterer 23 Teilstr. Die inneren und äusseren Holzringe zeigten keinen erheblichen Unterschied in der Weite der Gefässe.

Nr. 7.

Querschn. ziemlich regelmässig quer-oval. Vertik. Durchm. 15,5 *mm*; horiz. Durchm. 17 *mm*. Etwa 33 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit sehr schwach schief-epinastisch. Die ersten 10 Holzringe waren in ihrer Gesamtheit schief nach abwärts am stärksten gefördert. Die letzten Holzringe deutlich epinastisch. Die 5 äussersten Holzringe, deren innerster sich nach innen ziemlich deutlich abgrenzte, maassen zusammen im oberen Radius 31 Teilstr., im unteren Radius 18 Teilstr. Der zweite bis zehnte Holzring enthielten durchschnittlich grössere Gefässe als die äusseren Holzringe.

Nr. 8.

Querschn. sehr unregelmässig quer-oval. Vertik. Durchm. 13,7 *mm*; horiz. Durchm. 17,5 *mm*. Etwa 16 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit beiderseits am stärksten, nach oben deutlich stärker als nach unten gefördert. Die ersten Holzringe zeigten nur schwache schiefe Epinastie. Die letzten 7 Holzringe waren am stärksten nach beiden Seiten, nach oben deutlich stärker als nach unten entwickelt. Vertik. Radien der letzten 12 Holzringe zenithwärts 67 Teilstr., nadirwärts 19 Teilstr. Gefässe der innersten Holzringe durchschnittlich ein wenig grösser als die der äusseren.

Nr. 9.

Querschn. schwach unregelmässig quer-oval. Vertik. Durchm. 14 *mm*; horizontaler Durchm. 17,5 *mm*. Etwa 16 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit beiderseits am stärksten, nach oben deutlich stärker als nach unten gefördert. Die ersten 5 Holzringe am stärksten nach einer Seite, nach unten ein wenig stärker als nach oben gefördert. Die folgenden Holzringe zum grösseren Teile nach beiden Seiten stärker als nach oben und unten gefördert, nach oben aber deutlich mehr als nach unten. Die Radien der letzten 8 Holzringe welche nach innen gut abgegrenzt waren, maassen zenithwärts 52 Teilstr., nadirwärts 28 Teilstr. Die Gefässe der inneren Holzringe waren deutlich umfangreicher als diejenigen der äusseren.

Nr. 10.

Querschn. ziemlich regelmässig längs-oval. Vertik. Durchm. 28,3 *mm*; horiz. Durchm. 23,6 *mm*. Etwa 27 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark epinastisch (Verhältnis der beiden vertikalen Radien etwa wie 3 : 1). Innerster Holzring sehr schwach hynonastisch. Die folgenden Holzringe fast ausnahmslos deutlich epinastisch. Die letzten 7 Holzringe welche nach innen gut abgegrenzt waren, maassen in vertikaler Richtung zenithwärts 62 Teilstr., nadirwärts 19 Teilstr. In den innersten Holzringen waren die Gefässe durchschnittlich deutlich ein wenig weiter als in den darauffolgenden.

Nr. 11.

Querschn. unregelmässig kreisförmig. Vertik. Durchm. 13 *mm*; horiz. Durchm. 14 *mm*. Etwa 19 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark epinastisch (Verhältnis der beiden vertikalen Radien etwa wie $2^1/_4 : 1$). Fast sämtliche Holzringe schief epinastisch. Die letzten Holzringe an der Unterseite sehr erheblich schwächer als an der Oberseite gefördert. Die Abgrenzung war an der Unterseite so wenig deutlich, dass eine mikrometrische Bestimmung unterbleiben musste. Innere Gefässe nicht merklich umfangreicher, als äussere.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nr. 12.

Querschn. unregelmässig längs-oval. Vertik. Durchm. 16,8 *mm*; horiz. Durchm. 13,9 mm. Etwa 13 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit nach oben und unten annähernd gleichstark gefördert; ebenso die einzelnen Holzringe. Die 4 letzten Holzringe, deren Gefässe deutlich kleiner waren, als diejenigen der inneren Ringe maassen im oberen vertikalen Radius 29 *mm*, im unteren 35 Teilstriche.

Nr. 13.

Querschn. ziemlich regelmässig längs-oval, nahezu kreisförmig. Vertik. Durchmesser 14,8 *mm*; horiz. Durchm 14,5 *mm*. Etwa 17 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark epinastisch (Verhältnis der beiden vertikalen Radien etwa wie $3^1/_4 : 1$). Sämtliche Holzringe an der Oberseite stärker, meist erheblich stärker gefördert als an der Unterseite, mit mancherlei seitlichen Ablenkungen. Die letzten Holzringe sehr stark epinastisch. Messungen wegen undeutlicher Abgrenzung an der Unterseite untunlich. Gefässe in den inneren Holzringen durchschnittlich umfangreicher als in den äusseren.

Nr. 14.

Querschn. unregelmässig längs-oval. Vertik. Durchm. 27 *mm*; horiz. Durchm. 25,5 *mm*. Etwa 24 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit nach oben und unten ungefähr gleich stark gefördert Die inneren ca. 8 Holzringe nach der einen Seite gefördert, die meisten der folgenden nach der anderen Seite schief-epinastisch. Die äussersten 7 nach innen gut abgegrenzten Holzringe maassen im oberen, vertikalen Radius 91, im unteren 56 Teilstriche, die inneren Holzringe führten erheblich weitere Gefässe als die äusseren.

Nr. 15.

Querschn. annähernd kreisförmig. Vertik. Durchm. 17,5 *mm*; horiz. Durchm. 17,5 *mm*. Etwa 14 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit nach oben und unten annähernd gleichstark am stärksten einseitig gefördert. Die innersten Holzringe, welche erheblich weitere Gefässe enthielten als die folgenden waren schief seitwärts, die folgenden (— auch die äussersten —) deutlich epinastisch. Genaue Messungen wegen undeutlicher Abgrenzung nicht ausführbar.

Nr. 16.

Querschn. schief-oval. Vertik. Durchm. 25,5 *mm*; horiz. Durchm. 26 *mm*. Etwa 17 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit schief epinastisch (Verhältnis des oberen und unteren vertikalen Radius etwa wie 2 : 1). Abgrenzung der Holzringe in fast allen Teilen keine sehr scharfe. Die letzten ca. 11, nach innen gut abgegrenzten Holzringe maassen zenithwärts 37, nadirwärts 21 Teilstriche. Gefässe in den innersten Holzringen im Durchnitt erheblich weiter als in den äusseren.

Nr. 17.

Querschn. unregelmässig längs-oval. Vertik. Durchm. 16,8 *mm*; horiz. Durchm 15,8 *mm*. Etwa 11 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark epinastisch (Verhältnis des oberen und unteren vertikalen Radius etwa wie 2 : 1). Die beiden ersten Holzringe, welche erheblich grössere Gefässe führten als die folgenden, waren nach allen Richtungen annähernd gleichmässig gefördert; die folgenden waren mehr oder weniger stark epinastisch. Die nach innen gut abgegrenzten letzten 5 Holzringe maassen im oberen vertikalen Radius 99, im unteren 49 Teilstriche.

Nr. 18.

Querschn. schief-oval. Vertik. Durchm. 14,5 *mm*; horiz. Durchm. 12,2 *mm*. Etwa 13 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark epinastisch (Verhältnis der beiden vertikalen Radien etwa wie 3 : 1). Der erste Holzring ein wenig schief-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

hyponastisch; die folgenden 3 nach allen Richtungen ziemlich gleichmässig gefördert; die letzten sehr stark epinastisch. Die letzten 7 Holzringe, welche als Ganzes nach innen gut abgegrenzt waren, maassen im oberen vertikalen Radius 127, im unteren 18 Teilstriche. In den innersten 5 Holzringen waren die Gefässe durchschnittlich weiter als in den äusseren.

Nr. 19.

Querschn. unregelmässig quer-oval. Vertik. Durchm. 26 *mm*; horiz. Durchm. 30 *mm* Etwa 15 Holzringe. Holzkörper in einer Gesamtheit schwach hyponastisch. Erster Holzring einseitig, die meisten folgenden schief nach abwärts am stärksten gefördert. Die letzten 6 Holzringe, welche unter sich sehr undeutlich, als Ganzes aber nach innen gut abgegrenzt waren, maassen auf den vertikalen Radien zenithwärts 43, nadirwärts 52 Teilstriche. Der innere und äussere Teil des Holzkörpers zeigte keinen erheblichen Unterschied in der Weite der Gefässe.

Nr. 20.

Querschn. ziemlich regelmässig quer-oval. Vertik. Durchm. 13,5 *mm*; horiz. Durchm 17 *mm*. Etwa 16 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit schief epinastisch (Verhältnis des oberen und unteren vertik. Durchm. etwa wie 2 ; 1.) Sämtliche Holzringe mehr oder weniger schief epinastisch; die innersten 11 schief nach der einen, die äussersten 5 schief nach der anderen Seite. Die letzten 5 Holzringe, welche als Ganzes nach innen gut abgegrenzt waren, maassen auf den vertikalen Radien zenithwärts 22, nadirwärts 12 Teilstriche. In den innersten Holzringen waren die Gefässe nicht erheblich weiter, als in den äusseren.

Nr. 21.

Quersch. nahezu kreisförmig. Vertik. Durchm. 8,3 *mm*; horiz. Durchm. 9 *mm*. Etwa 14 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark epinastisch (Verhältnis der beiden vertikalen Radien etwa wie $2^1/_2 : 1$). Sämtliche Holzringe stark epinastisch. Die letzten 6 Holzringe, welche wenigstens an der Oberseite als Ganzes ziemlich deutlich nach innen abgegrenzt waren, maassen auf den vertikalen Radien zenithwärts 31, nadirwärts 45 Teilstriche. Die innersten Holzringe waren durch etwas weitere Gefässe ausgezeichnet.

Nr. 22.

Querschn. nahezu kreisförmig. Vertik. Durchm. 11 *mm*; horiz. Durchm 11 *mm*. Etwa 9 Holzringe. Holzkörper in seiner Gosamtheit sehr schwach hyponastisch. Der erste Holzring war nach einer Seite am stärksten gefördert; die folgenden waren meist sehr deutlich epinastisch; die letzten 3 Holzringe schief hyponastisch. Diese letzten 3 Holzringe massen auf den vertikalen Radien zenithwärts 7, nadirwärts 19,5 Teilstriche. Die innersten Holzringe waren nicht durch grösseren Umfang der Gefässe ausgezeichnet.

Nr. 23.

Querschn. nahezu kreisförmig. Vertik. Durchm. 8,5 *mm*; horiz. Durchm. 9 *mm*. Holzkörper als Ganzes schwach aber deutlich epinastisch (Verhältnis der oberen und unteren vertikalen Radien etwa wie 3 : 2). Zahl der Holzringe wegen sehr undeutlicher Abgrenzung nicht bestimmbar. Nur die drei äussersten Holzringe waren als Ganzes ziemlich deutlich nach innen abgegrenzt. Ihre vertikalen Radien maassen zenithwärts 19, nadirwärts 7 Teilstriche. Die inneren Holzringe enthielten erheblich weitere Gefässe als die äusseren.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die Untersuchung der 23 zur Verfügung stehenden freigelegten Wurzeln von *Fagus silvatica* hat, wie aus dem Vorstehenden ersichtlich ist, das Resultat ergeben, dass bei der überwiegenden Mehrzahl (20) die letzten Holzringe deutlich epinastisch waren, und nur 3 (die Nummern 12, 19, und 22) sich abweichend verhielten. In den inneren Teilen dieser Wurzeln zeigte sich der Holzkörper, ebenso wie bei den Bodenwurzeln, nach beliebigen Richtungen gefördert. Dass die inneren Holzringe unter Bodenbedeckung gebildet waren, liess sich aus der Struktur des Holzkörpers entnehmen. Sie enthielten, mit Ausnahme der Nummern 1, 5, 11, 19, 20 und 22, weitere Gefässe, deren Dimensionen mit denen der untersuchten Bodenwurzeln übereinstimmten. Erst in späteren Holzringen verminderte sich der Durchmesser der Gefässe, in einigen Fällen allmählich, meist aber ohne Übergang, und wurde dem der Gefässe beblätterter Zweige ähnlich. Es deutet dies darauf hin, dass solche Wurzeln an den steilen Abhängen meist nicht allmählich, sondern infolge eines besonders starken Regengusses oder einer aus anderen Ursachen hervorgerufenen Boden-Abrutschung plötzlich vom umgebenden Boden entblösst wurden. Bei freiliegenden Wurzeln, deren Gefässe in allen Holzringen ähnlich geringen Durchmesser besitzen, wie diejenigen beblätterter Seitenzweige, ist es wahrscheinlich, dass sie schon im ersten Jahre vom Boden entblösst wurden.

IV. Tilia parvifolia.

Die Lindenarten gehören zu denjenigen einheimischen Holzgewächsen, bei welchen die Epinastie der beblätterten Seitenachsen am allerstärksten ausgesprochen ist. Nach eigenen Erfahrungen kann der vertikale Radius der Oberseite denjenigen der Unterseite um das vielfache übertreffen. Es treten indes auch hier individuelle Abweichungen auf. Da die Abgrenzung der Holzringe in den Lindenwurzeln eine viel schärfere ist, als in den Buchenwurzeln, lässt sich der Anteil der einzelnen Regionen des Holzkörpers am Dickenwachstum sicherer bestimmen.

Nr. 1.

Querschn. ziemlich regelmässig längs-oval, nahezu kreisförmig. Vertik. Durchm. 45,8 *mm*; horiz. Durchm. 43,7 *mm*. Etwa 26 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit schwach hyponastisch (oberer vertik. Radius = 17,3 *mm*, unterer = 21,5 *mm*). Erster Holzring allseitig annähernd gleichmässig, die folgenden meist nach einer Seite oder schief nach oben, die letzten schief nach unten oder nach unten überwiegend gefördert.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nr. 2.

Querschn. unregelmässig längs-oval. Vertik. Durchm. 64,5 *mm*; horiz. Durchm. 52,8 *mm*. Etwa 40 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark schief-hyponastisch (Verhältnis der beiden in gerader Linie sich fortsetzenden extremen Radien etwa wie $2^1/_2 : 1$). Während die innersten Holzinge entweder annähernd allseitig gleichmässig entwickelt oder schief-aufwärts um ein geringes gefördert waren, zeigten sich die späteren Holzringe meist stark hyponastisch oder schief-hyponastisch. Eine Anzahl derselben keilte sich nach oben hin vollständig aus.

Nr. 3.

Querschn. ziemlich regelmässig quer-oval. Vertik. Durchm. 48,8 *mm*; horiz. Durchm. 53 *mm*. Etwa 31 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit nach oben und unten fast genau gleichmässig, einseitig ein wenig stärker gefördert. Erste Holzringe schief-aufwärts, folgende nach verschiedenen Richtungen mehr oder weniger überwiegend gefördert. Exzentrisches Dickenwachstum im ganzen geringer als sonst.

Nr. 4.

Querschn. unregelmässig schief-oval. Vertik. Durchm. 40 *mm*; horiz. Durchmesser 45 *mm*. Etwa 33 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit sehr stark hyponastisch (Verhältnis des oberen und unteren vertik. Radius etwa wie 1 : 3). Fast alle Holzringe hyponastisch oder schief hyponastisch.

Nr. 5.

Querschn. fast regelmässig quer-oval. Vertik. Durchm. 34,5 *mm*; horiz. Durchm. 39,6 *mm*. Etwa 12 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit deutlich epinastisch (Verhältnis des oberen und unteren vertik. Durchm. wie 1,5 : 1). Die ersten drei Holzringe einseitig am stärksten gefördert; die meisten folgenden nach der andern Seite schief epinastisch oder ziemlich genau epinastisch; der letzte beiderseits in annähernd horizontaler Richtung überwiegend gefördert. Zwei enge Ringe setzten streckenweise vollständig aus.

Nr. 6.

Querschn. nahezu kreisförmig, einseitig ein wenig abgestumpft. Vertik. Durchm. 23,2 *mm*; horiz. Durchm. 21,6 *mm*. Etwa 18 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit nach oben und unten annähernd gleichstark gefördert. Von den mittleren Holzringen zeigten sich einige schief nach unten, von den äussersten nach oben stark gefördert. Letztere setzten nach unten hin z. T. ganz aus.

Nr. 7.

Querschn. ziemlich regelmässig längs-oval, nahezu kreisförmig. Vertik. Durchm. 22,3 *mm*; horiz. Durchm. 20,4 *mm*. Holzkörper in seiner Gesamtheit sehr schwach hyponastisch. Die meisten der ersten Holzringe nach oben oder schief nach oben; die meisten der letzten unten oder schief nach unten schwach aber deutlich gefördert.

Nr. 8.

Querschn. unregelmässig schief-oval. Vertik. Durchm. 15,8 *mm*; horiz. Durchm. 17 *mm*. Etwa 18 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark schief hyponastisch (Verhältnis der beiden auf demselben schiefen Durchmesser gegenüberliegenden Radien wie 3,8 : 9). Erster Holzring quer-oval, nach oben und unten annähernd gleich gefördert; die folgenden meist schief hyponastisch, einzelne nach einer Seite hin gefördert, der vorletzte schwach schief epinastisch.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nr. 9.

Querschn. schief-oval. Vertik. Durchm. 18,2 *mm*; horiz. Durchm. 19,2 *mm*. Etwa 18 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit auf der Oberseite und auf der Unterseite annähernd gleichstark gefördert; am stärksten schief nach oben und schief nach unten. Die ersten ca. 11 Holzringe schwach epinastisch oder schief epinastisch, die folgenden meist schief hyponastisch.

Nr. 10.

Querschn. schief-oval. Vertik. Durchm. 18,3 *mm*; horiz. Durchm. 19 *mm*. Etwa 16 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit auf der Oberseite um ein geringes stärker, als auf der Unterseite gefördert, am meisten schief nach oben und demnächst schief nach unten. Die innersten ca 11 Holzringe zum grössten Teil schief-epinastisch, die äusseren vorwiegend schief-hyponastisch.

Nr. 11.

Querschn. regelmässig breit-oval, nahezu kreisförmig. Vertik. Durchm. 13,3 *mm*; horiz. Durchm, 14 *mm*. Etwa 19 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit schwach aber deutlich epinastisch. Erste Holzringe schief nach unten, z. T. auch seitlich: äussere Holzringe meist nach oben oder schief nach oben vorwiegend gefördert.

Nr. 12.

Querschn. nahezu kreisförmig. Vertik. Durchm. 11,7 *mm*; horiz. Durchm. 11,8 *mm*. Etwa 9 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark hyponastisch (Verhältnis des oberen und unteren vertikalen Radius etwa wie $1:2^1/_4$). Sämtliche Holzringe hyponastisch, die vier letzten in sehr starkem Maasse.

Nr. 13.

Querschn. schief-breit-oval. Vertik. Durchm. 12,2 *mm*: horiz. Durchm. 12,7 *mm*. Etwa 11 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit ziemlich stark schief-epinastisch (Verhältnis der beiden vertikalen Radien etwa wie 3:2). Die ersten vier Holzringe schwach schief-hyponastisch, die späteren meist schief epinastisch. Die letzten beiden Holzringe waren unvollständig gebildet, der vorletzte ganz, der letzte fast ganz nur schief nach unten entwickelt.

Nr. 14.

Querschn. kreisförmig. Vertik. Durchm. 12,7 *mm*; horiz. Durchm 12,7 *mm*. Etwa 10 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit schwach, aber deutlich schief-epinastisch. Die ersten vier Holzringe nach allen Seiten ziemlich gleichmässig, die letzten teils einseitig, teils schief nach aufwärts überwiegend gefördert.

Nr. 15.

Querschn. schief-oval. Vertik. Durchm. 10,3 *mm*; horiz. Durchm. 9,8 *mm*. Etwa 10 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit schief epinastisch. Die ersten sechs Holzringe einseitig, die folgenden nach aufwärts oder schief nach aufwärts überwiegend gefördert.

Nr. 16.

Querschn. ziemlich regelmässig längs-oval. Vertik. Durchm. 8 *mm*; horizontaler Durchmesser 7,3 *mm*. Etwa 10 Holzringe, Holzkörper in seiner Gesamtheit schief-hyponastisch. Erster Holzring einseitig, die meisten folgenden schief nach abwärts überwiegend gefördert.

Nr. 17.

Querschn. unregelmässig schief-oval. Vertik. Durchm. 14,4 *mm*; horiz. Durchm. 14,4 *mm*. Etwa 12 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit sehr stark schief-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

hyponastisch (Verhältnis der am gemeinsamen schiefen Durchm. gegenüberliegenden Radien wie 2,6 : 8). Die meisten Holzringe schief nach unten, einige einseitig, zwei schief nach oben am stärksten gefördert.

Nr. 18.

Querschn. nahezu kreisförmig. Vertik. Durchm. 29,2 mm; horiz. Durchm. 29,7 *mm*. Sieben deutlich abgegrenzte Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit sehr stark hyponastisch (Verhältnis des oberen zum unteren vertikalen Radius etwa wie 1 : 5). Die ersten drei Holzringe allseitig annähernd gleichstark gefördert, der vierte Holzring schwach hyponastisch, die drei letzten sehr stark hyponastisch.

Nr. 19.

Querschn. schief-oval, Vertik. Durchm. 19,5 *mm*; horiz. Durchm. 20,1 *mm*. Etwa 13 Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit schwach schief-hyponastisch. Die beiden ersten Holzringe schwach schief-hyponastisch, der dritte einseitig am stärksten gefördert; der vierte allseitig annähernd gleichmässig gefördert; die folgenden teils schief-hyponastisch, teils einseitig am stärksten gefördert.

Nr. 20.

Querschn. unregelmässig schief-oval. Vertik. Durchm. 73 *mm*; horiz. Durchm. 52,8 *mm*. Fünfzehn auf der geförderten Seite ziemlich gut abgegrenzte Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit sehr stark schief-hyponastisch (Verhältnis des schief-oberen zu dem ihn fortsetzenden schief-unteren Radius etwa wie 1 : 6,5) Die ersten beiden Holzringe allseitig annähernd gleichmässig, der dritte schwach schief-epinastisch, der vierte einseitig gefördert, die folgenden stark schief-hyponastisch.

Nr. 21.

Querschn. sehr unregelmässig schief-oval. Vertik. Durchm. 38,3 *mm*; horizontaler Durchm 45,8 *mm* Dreizehn auf der geförderten Seite gut abgegrenzte Holzringe. Holzkörper in seiner Gesamtheit stark schief-hyponastisch (Verhältnis des schief-oberen zu dem ihn fortsetzenden schief-unteren Radius etwa wie 1 : 3,5). Die ersten sechs Holzringe mehr oder weniger schief-epinastisch; der siebente einseitig gefördert: die folgenden, mit Ausnahme eines schief-epinastischen, schief-hyponastisch.

Überblickt man die vorstehenden Aufnahmen von 21 annähernd horizontalen Bodenwurzeln von *Tilia*, so findet man unzweifelhaft die Zahl derer überwiegend, welche in ihrer unteren Hälfte stärker, zum Teil beträchtlich stärker als in ihrer oberen Hälfte im Dickenwachstum gefördert sind. Von einer Regel kann aber nicht die Rede sein; denn die Nummern 3, 6 und 9 zeigten Ober- und Unterseite ungefähr gleich stark gefördert und bei den Nummern 5, 10, 11, 13, 14 und 15 war die Oberseite deutlich vor der Unterseite bevorzugt. Was speziell die letzten Holzringe betrifft, so waren dieselben bei der Mehrzahl der Wurzeln an der Unterseite überwiegend entwickelt; doch waren sie bei den Nummern 6, 11, 14 und 15 deutlich epinastisch und bei den Nummern 5 und 8 in seitlicher Richtung überwiegend gefördert. Da überdies bei den meisten in ihrer unteren oder oberen Hälfte am stärksten geförderten Wurzeln die Richtung des überwiegenden Dickenwachstums nicht genau in der Lotlinie lag, sondern einen grösseren oder kleineren Winkel mit ihr bildete, kommen wir

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zu dem Schlusse, dass auch bei den Lindenwurzeln eine bestimmte Beziehung des Dickenwachstums zur Schwerkraft sich nicht feststellen lässt.

Zusammenfassung.

Um die Art und das Maass, in welchem das Dickenwachstum der Wurzeln durch äussere Einflüsse bedingt wird, kennen zu lernen, wurde eine grössere Zahl annähernd horizontaler Bodenwurzeln von vier Holzgewächsen, deren oberirdische beblätterte Seitenzweige sehr ausgeprägte Hyponastie (*Pinus silvestris*, *Ailanthus glandulosa*) oder Epinastie (*Fagus silvatica*, *Tilia parvifolia*) zeigen, der Untersuchung unterworfen. Waren diese Wurzeln in genügender Tiefe (fast immer mehr als 30 *cm*) unterhalb der Bodenoberfläche erwachsen, so zeigten sie nach keiner Richtung eine konstante Bevorzugung des Dickenwachstums. Bald waren sie nach allen Richtungen in annähernd gleichem Maasse im Wachstum gefördert, bald zenithwärts, bald nadirwärts, bald nach einer oder zwei Flanken oder in einer beliebigen mittleren Richtung im Dickenwachstum bevorzugt. Verschiedene Teile einer und derselben Wurzel (*Pinus silvestris*, A, Nr. 1—3) und verschiedene Holzringe eines und desselben Querschnittes können sich in dieser Beziehung gänzlich abweichend verhalten.

Das Gesagte gilt in erster Linie vom Holzkörper, welcher, Dank seiner relativen Starrheit seine Dimensionen auf Querschnitten nur wenig ändert. Das Wachstum der Rinde, der sekundären sowohl wie der primären, scheint demjenigen des Holzkörpers im grossen und ganzen parallel zu gehen. Genaue Messungen sind an ihr nicht ausführbar, weil ihre passiv gespannten Gewebe auf Wurzelquerschnitten unvermeidliche Zerrungen erleiden und weil die äussersten Rindenteile in dem Maasse, wie die Rinde sich von innen her erneuert, abgestossen werden.

Werden Wurzeln, wie dies an steilen Abhängen häufig der Fall ist, vom Regen auf kürzere oder längere Strecken unterwaschen, ohne den Zusammenhang mit ihren im Boden befindlichen Teilen zu verlieren, so erfolgt von da ab eine auffällige Änderung des Dickenwachstums der freien Teile. Bei *Pinus silvestris* wird die Unterseite der Wurzeln, bei *Fagus silvatica* ihre Oberseite in ähnlicher Weise überwiegend gefördert, wie dies an horizontalen oder schief gerichteten oberirdischen Sprossachsen die Regel ist. In solchen Wurzeln wird von jetzt ab auch die Qualität des Holzes derjenigen der beblätterten Sprossachsen ähnlicher. Während bei *Pinus silvestris* bei Wurzeln, welche vorher hinreichend von Boden bedeckt waren,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die Tracheïden der inneren Ringe relativ weit und zartwandig sind, und die Holzringe hier meist nur undeutliche Abgrenzung zeigen, sind sie an den äusseren Ringen später freigelegter Wurzeln durchschnittlich derbwandiger und grenzen ihr Spätholz schärfer gegen das Frühholz des nächsten Ringes ab. Selbst die für die Unterseite seitlicher Sprossachsen so charakteristischen Rotholzzonen erscheinen von nun an häufig an der Unterseite entblösster Wurzeln.

Bei *Fagus silvatica* sind die Holzringe in den Bodenwurzeln ebenfalls durchschnittlich schwach abgegrenzt. Die Gefässe sind in denselben relativ umfangreich und gleichmässiger als im Astholze über den Querschnitt verteilt. Werden *Fagus*-Wurzeln später entblösst, so ändert sich der Charakter des Holzes ebenfalls im Sinne einer Annäherung an den des Astholzes. Die Gefässe werden fortan durchschnittlich kleiner und sind überwiegend auf das Frühholz beschränkt, wodurch die Abgrenzung der Holzringe an Deutlichkeit gewinnt.

Ich schliesse aus diesen Beobachtungen, dass der Charakter des Astholzes gegenüber demjenigen des Wurzelholzes vorwiegend durch den Einfluss der Atmosphärilien (Licht, Wärme, Feuchtigkeit) bedingt wird, und dass auch die Atmosphärilien in ihrer verschiedenen Einwirkung auf Ober- und Unterseite es sind, welche in erster Linie das verschiedene Maass des Dickenwachstums an Ober- und Unterseite freigelegter Wurzeln bestimmen. Der Schwerkraft wird man, nach dem Ergebnis unserer Untersuchung, keine Bedeutung beimessen können, da das bevorzugte bezw. geminderte Dickenwachstum der Bodenwurzeln keine konstante Beziehung zur Lotlinie zeigt. Zug- und Druckkräfte infolge von Belastung, welche bei oberirdischen Seitenachsen in erheblichem Maasse zur Wirkung kommen,[1]) fallen für die Bodenwurzeln ganz weg und können bei freigelegten Wurzeln, welche an beiden Enden unterstützt sind, nur in sehr geringem Maasse wirksam sein. Dagegen werden die Bodenwurzeln bald nach dieser, bald nach jener Richtung Widerstände im Boden zu überwinden haben, welche in einer Minderung des Dickenwachstums ihren äusseren Ausdruck finden, und diese Widerstände werden im Laufe der Jahre mehrfache Änderungen erfahren können, teils dadurch, dass benachbarte Wurzeln sich gegenseitig im Wachstum hindern, teils dadurch, dass bodenbewohnende Tiere durch Auflockerung des Bodens günstigere Wachstumsbedingungen nach bestimmten Richtungen schaffen. Für freigelegte Wurzeln dagegen

---

1) Vgl. R. HARTIG, Das Rotholz der Fichte (Forstl. naturw. Zeitschrift, V. [1906]), resümiert in „Holzuntersuchungen, Altes und Neues“, Berlin 1901, S. 46 und 50–51; FRANK SCHWARZ, Physiologische Untersuchungen über Dickenwachstum und Holzqualität von *Pinus silvestris*, Berlin 1899, S. 162 u. 168.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

fallen die Ungleichmässigkeiten des Druckes und ihre Veränderlichkeit weg. Sie werden im Verlaufe des Dickenwachstums fortan ebenso, wie beblätterte Sprossachsen, wenn auch in etwas geringerem Maasse, an der Oberseite voller belichtet, zeitweise ausgiebiger erwärmt, in rascherem Wechsel durch Regen befeuchtet und durch Luftbewegung getrocknet werden.

Auf welche Weise diese Einflüsse auf die Tätigkeit des Kambiums einwirken, ist von verschiedener Seite, auch von mir selbst, zu erklären versucht worden. Diese Erklärungsversuche sind wohl zum grossen Teile einer Revision bedürftig.[1]) Die vorstehend erhärtete Tatsache, dass die Atmosphärilien von ausschlaggebender Bedeutung für die Ungleichmässigkeiten des Dickenwachstums freier Wurzeln sind, wird hierdurch aber in keiner Weise berührt.

Lässt sich das an freigelegten Wurzeln gewonnene Resultat ohne Weiteres auch auf die Achsen beblätterter Seitensprosse übertragen? Es darf dies nur mit Vorsicht geschehen, da hier noch andere Momente in Betracht kommen, wie z. B. die bedeutenden Hebelkräfte, welche an verschiedenen Stellen der Seitenäste sehr verschiedene Werte annehmen. Bei gewissen Holzgewächsen kommt hierzu noch die Wirkung einer inhärenten Dorsiventralität.[2]) Immerhin dürfen wir es als in hohem Maasse wahrscheinlich bezeichnen, dass auch bei den beblätterten oberirdischen Seitenachsen der von uns untersuchten Arten die wichtigste Bedeutung für das exzentrische Dickenwachstum den Atmosphärilien zukommt. Wie gross der auf ihre Rechnung zu stellende Betrag ist, würde sich wahrscheinlich durch Versuche ermitteln lassen, in welchen man für Ober- und Unterseite horizontaler Äste durch mehrere Jahre hindurch gleiche atmosphärische Bedingungen schafft.

Literaturverzeichnis.

Carl Schimper, Über das ungleichseitige Anschwellen des Stengels namentlich holziger Gewächse (Amtlicher Bericht der 31. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Göttingen, 1854, S. 87).

H. Nördlinger, Die technischen Eigenschaften der Hölzer (1860), S. 133.

H. von Mohl, Einige anatomische und physiologische Bemerkungen über das Holz der Baumwurzeln (Botan. Zeitung 1862, S. 273, Sp. 2).

---

1) A. Ursprung, Die Erklärungsversuche des exzentrischen Dickenwachstums (Biolog. Centralbl., 1906, S. 257 ff.).

2) J. Wiesner, Über das ungleichseitige Dickenwachstum des Holzkörpers infolge der Lage (Ber. der deutsch. botan. Gesellsch. 1892, S. 605 ff).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

G. KRAUS, Die Gewebespannung des Stammes und ihre Folgen (Botan. Zeitung 1867, S. 105 ff., besonders S. 132, Sp. 1).

W. HOFMEISTER, Allgemeine Morphologie der Gewächse, Leipzig 1868, S. 600 und 604.

J. WIESNER, Beobachtungen über den Einfluss der Erdschwere auf Grössen- und Formverhältnisse der Blätter (Sitzungsber. der Kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien 58. Bd., I, 6, S. 369, besonders S. 379 ff).

NÖRDLINGER, Deutsche Forstbotanik I (1874), S. 184—186.

L. KNY, Über das Dickenwachstum des Holzkörpers an beblätterten Sprossen und Wurzeln und seine Abhängigkeit von äusseren Einflüssen, insbesondere von Schwerkraft und Druck (Sitzungsber. der Ges. naturf. Freunde zu Berlin 1877, S. 23 ff. [abgedruckt in der Botan. Zeitung 1877, S. 416 ff.]).

J. SACHS, Über Zellenanordnung und Wachstum (Arbeiten des Botan. Institutes in Würzburg, II (1882), S. 185 ff., besonders S. 188 und 194).

S. SCHWENDENER, Über die durch Wachstum bedingte Verschiebung kleinster Teile in trajektorischen Kurven (Monatsber. der Berliner Akad. der Wiss. 1880, S. 417 ff.).

DETLEFSEN, Versuch einer mechanischen Erklärung des excentrischen Dickenwachstums verholzter Achsen und Wurzeln (Wissensch. Beigabe zum Michaelis-Programm der Grossen Stadtschule zu Wismar 1881 [abgedruckt in J. SACHS, Arbeiten des Botan. Instituts in Würzburg, II, 1882] S. 670 ff.).

L. KNY, Über das Dickenwachstum des Holzkörpers in seiner Abhängigkeit von äusseren Einflüssen, Berlin 1882, PAUL PAREY.

G. KRABBE, Über die Beziehungen der Rindenspannung zur Bildung der Jahresringe und zur Ablenkung der Markstrahlen (Sitzungsber. der Kgl. Akademie der Wiss. zu Berlin, LI, S. 1093 ff., 1882).

—, Über das Wachstum des Verdickungsringes und der jungen Holzzellen in seiner Abhängigkeit von Druckwirkungen (Abhandlungen der Königl. Akademie der Wiss. zu Berlin 1884).

EMILE MER, De la formation du bois rouge dans le Sapin et l'Epicéa (Comptes rendus 1887, S. 376).

J. WIESNER, Vorläufige Mitteilung über die Erscheinung der Exotrophie (Ber. der deutsch. bot. Ges. 1892, S. 552).

—, Untersuchungen über den Einfluss der Lage auf die Gestalt der Pflanzenorgane. I. Abhandlung. Die Anisomorphie der Pflanze (Sitzungsber. der mathemat.-naturw. Klasse der Kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, 101, Abt. 1 (1892) S. 657).

—, Über das ungleichseitige Dickenwachstum des Holzkörpers infolge der Lage (Ber. der deutsch. botan. Ges. 1892, S. 605).

ROBERT HARTIG, Das Rotholz der Fichte (Forstl. naturwissensch. Zeitschrift, V. (1896), S. 96—109 u. 157—169).

FRANK SCHWARZ, Physiologische Untersuchungen über Dickenwachstum und Holzqualität von *Pinus silvestris*, Berlin, PAUL PAREY 1899, bes. S. 162 und S. 168.

L. LÄMMERMAYR, Beiträge zur Kenntnis der Heterotrophie von Holz und Rinde (Sitzungsber. der mathem.-naturw. Klasse der Kaiserl. Akad. der Wiss. CX. Bd., Abt. 1 (1901), S. 29 ff.).

ROBERT HARTIG, Holzuntersuchungen. Altes und Neues. Berlin, JULIUS SPRINGER 1901, besonders S. 46 und S. 50.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

A. Ursprung, Beitrag zur Erklärung des exzentrischen Dickenwachstums (Ber. d. deutsch. botan Ges. 1901, S. 313 ff.).

P. Sonntag, Über die mechanischen Eigenschaften des Rot- und Weissholzes der Fichte und anderer Nadelhölzer (Jahrb. für w. Botan. XXXIX [1904], S. 71 ff).

A. Ursprung, Untersuchungen über das exzentrische Dickenwachstum von Stämmen und Ästen (Beihefte zum botan. Centralbl., Bd. XIX, Abt. 1, [1905]).

—, Untersuchungen über die Festigkeitsverhältnisse an exzentrischen Organen und ihre Bedeutung für die Erklärung des exzentrischen Dickenwachstums (Beihefte zum Botan. Centralbl., Bd. XIX, S. 394 [1906]).

—, Die Erklärungsversuche des exzentrischen Dickenwachstums (Biolog. Centralbl. XXXVI [1906], S. 257 ff.).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: 26

Autor(en)/Author(s): Kny Leopold

Artikel/Article: Über das Dickenwachstum des Holzkörpers der Wurzeln in seiner Beziehung zur Lotlinie. 19-50