

# Ueber den Einfluss der Belastung auf die Ausbildung von Holz- und Bastkörper bei Trauerbäumen.

Von

Walther Wiedersheim.

In den Beiträgen zur Kenntniss des mechanischen Gewebesystems giebt uns Tschirch<sup>1)</sup> neben anderem einige Mittheilungen über die anatomischen Verschiedenheiten im Bau der Rinde von *Fraxinus excelsior* im Vergleich zu *Fraxinus excelsior* var. *pendula*, ferner über Unterschiede in der Rinde bei *Salix caprea* und *Salix caprea* var. *pendula*.

Nach Tschirch's Untersuchungen besitzen junge Zweige aufrechter Varietäten von *Fraxinus excelsior* in ihrer Rinde einen continuirlichen Bastring, dessen „Stereiden-Bündel“ durch Gruppen von „Sclereiden-Zellen“ tangential untereinander verbunden sind. Im Gegensatz hierzu zeigen die untersuchten Trauervarietäten in ihrer Rinde einen aus schwächer entwickelten Stereiden-Gruppen bestehenden, locker gebauten Bastring, wobei die Sclereiden-Complexe entweder ganz fehlen oder jedenfalls nur höchst vereinzelt vorhanden sind.

Den Grund dieser mechanischen Constructionsverschiedenheiten sieht Tschirch in dem Umstande, dass die Zweige der aufrechten Form von *Fraxinus excelsior* ungleich mehr auf Biegungsfestigkeit in Anspruch genommen werden als die der hängenden Varietäten.

Die hier erwähnte Tschirch'sche Arbeit erfuhr in der Botan. Zeitung von 1886 von Rothert<sup>2)</sup> eine kritische Besprechung. Der oben wiedergegebenen Ansicht Tschirch's, den Sclereiden-Gruppen in der Rinde bei *Fraxinus excelsior* sei eine mechanische Function zuzuschreiben, stimmt Rothert nicht ohne weiteres bei. Mit Recht

1) A. Tschirch. Jahrb. f. wiss. Botan., Bd. XVI, 1885.

2) W. Rothert. Botan. Zeitung 1886, 44. Jahrg., No. 27.

führt Rothert an, dass erst auf Grund zahlreicher vergleichender Untersuchungen über den anatomischen Bau anderer Trauervarietäten der Beweis der Tschirch'schen Annahme erbracht werden könne.

Im Verlauf des vergangenen Sommers unterzog ich nun eine Reihe von Trauervarietäten einer eingehenden Untersuchung und kann die vor kurzem erschienenen Mittheilungen Baranetzky's<sup>1)</sup> über die Verschiedenheiten des Baues bei *Fraxinus excelsior*, *Caragana arboreseens* und *Ulmus montana* im Vergleich mit den Trauervarietäten derselben Objecte nur bestätigen. Bezugnehmend auf die Tschirch'sche Untersuchung möchte ich nur noch hinzufügen, dass die von mir untersuchten einjährigen Triebe von *Fraxinus excelsior* var. *pendula* allerdings im Vergleich zu den entsprechenden Zweigen der aufrechten Form eine etwas geringere Ausbildung der Bastbündel sowie ein schwächer entwickeltes System von Sclereiden zeigten, das gänzliche Fehlen der letzteren aber, wie es Tschirch sehr häufig beobachtet zu haben scheint, konnte ich unter 11 verschiedenen Objecten nur zweimal constatiren.

Von *Fagus sylvatica* var. *pendula* untersuchte ich die einjährigen Zweige 6 verschiedener Bäume. Die Vergleichung mit entsprechenden Objecten der aufrechten Stammart liessen keine wesentlichen Verschiedenheiten im anatomischen Bau erkennen. Der Bastring, die Dicke seiner einzelnen Elemente, die Beschaffenheit des Holzkörpers, die Anordnung von Gefässen und Markstrahlen, sowie die Wanddicken der Holzzellen zeigten stets die gleichen, bekannten Eigenthümlichkeiten<sup>2)</sup>. Ob die in 4 Fällen von Trauervarietäten beobachtete stärkere Entwicklung des Markparenchyms bei gleichem Gesamtdurchmesser der untersuchten einjährigen Zweige eine constante Erscheinung ist, müssen weitere Untersuchungen lehren.

Weitere Vergleiche stellte ich an zwischen einjährigen Zweigen von *Sorbus aucuparia* var. *pendula* und der aufrechten Form. Es wurden 4 verschiedene Exemplare zur Untersuchung herangezogen. Keine wesentlichen Unterschiede konnten festgestellt werden. Von *Corylus Avellana* stand mir nur ein Exemplar einer Trauervarietät zur Untersuchung zu Gebote. Doch konnte ich auch hier weder bei

1) J. Baranetzky, Ueber die Ursachen, welche die Richtung der Aeste der Baum- und Straucharten bedingen. Flora, 89. Band, 1901.

2) Hartig-Weber, Das Holz der Rothbuche. Berlin 1888.

ein noch bei zwei- und dreijährigen Zweigen Veränderung des anatomischen Baues im Vergleich zu der aufrechten Form constatiren.

Um die durchschnittliche Holzzellenlänge zu bestimmen, wandte ich das Schultze'sche Macerations-Verfahren an. Einigermassen richtige Mittelwerte zu erhalten ist ausserordentlich schwierig und zwar deshalb, weil die Grenzwerte der Holzelemente in ein und derselben Schicht sehr weit auseinander liegen. Es lassen sich deshalb selbst durch grosse Zahlenreihen nur Annäherungswerte erhalten. Bei der Herstellung der Objecte verfuhr ich in der Weise, dass ich die zu vergleichenden Zweige in ihre Internodien zerlegte und von der Basis zur Spitze möglichst entsprechende, gleich grosse Querschnitte aus dem Holzkörper herauschnitt, von dem die Rinde zuvor vorsichtig entfernt war. Durch zwei parallele Schnitte, die den innersten Jahresring als Tangenten berührten, erhielt ich entsprechende Segmente der Holzscheiben und macerirte diese in Salpetersäure und chlorsaurem Kali in der Wärme. Die im Zerfall befindlichen Stücke wurden hierauf vorsichtig in Wasser übertragen und einige Tage in demselben belassen. Nach leichtem, wiederholt vorgenommenem Umschütteln waren alsbald genügend Holzzellen aus ihrem Verbande gelöst und konnten mit einer Pipette im Tropfen auf den Objectträger gebracht werden. Um die Messung der oft sehr durchsichtigen Zellen zu erleichtern, wurden dieselben mit Methylenblau gefärbt.

Die Zählung erfolgte mittelst des Zeiss'schen Ocular-Mikrometers 2 bei Statio IVa. Obj. A, Tubus 160.

Tabelle.

Species	Durchschnittliche Länge		Anzahl der gemessenen	
	Gefässe	Holzzellen	Gefässe	Holzzellen
<i>Fraxinus excelsior</i> , 2 jährig				
aufrechte Form . . . . .	12,75	23,94	200	300
Trauerform . . . . .	14,91	27,50	200	300
<i>Caragana arboreseens</i> , 2 jährig				
aufrechte Form . . . . .	—	21,69	—	200
Trauerform . . . . .	—	22,29	—	200

(Fortsetzung der Tabelle.)

Species	Durchschnittliche Länge		Anzahl der gemessenen		
	Gefäße	Holzzellen	Gefäße	Holzzellen	
<i>Corylus Avellana</i> , 2-jährig					
aufrechte Form . . . . .	—	30,49	—	300	
Trauerform . . . . .	—	29,74	—	300	
<i>Sorbus aucuparia</i> , 3-jährig					
aufrechte Form . . . . .	20,31	33,33	200	300	
Trauerform . . . . .	23,04	36,15	200	300	
<i>Fagus sylvatica</i>					
aufrechte Form	20—15 J.	—	49,4	—	500
	15—12 "	—	43,13	—	700
	8—5 "	—	38,62	—	500
	4—2 "	—	36,18	—	800
Trauerform . . . . .	20—15 J.	—	51,12	—	500
	15—12 "	—	47,21	—	700
	8—5 "	—	46,07	—	800
	4—2 "	—	40,12	—	900
<i>Ulmus montana</i>					
aufrechte Form	10—5 J.	—	38,41	—	500
	5—2 "	12,42	33,24	200	1200
Trauerform . . . . .	10—5 J.	—	33,00	—	1100
	5—2 "	11,82	28,98	200	1000

Betrachten wir die Resultate der oben angeführten Messungen, so erkennen wir bei den Trauervarietäten von *Fraxinus*, *Caragana*, *Sorbus* und *Fagus* eine Verlängerung sowohl der Holzzellen als auch der Gefäße im Vergleich mit den entsprechenden Elementen der aufrechten Formen.

Ein umgekehrtes Verhalten beobachten wir dagegen bei den vergleichenden Messungen bei *Corylus*, vor allem aber bei *Ulmus*. Um die Frage, wie es sich mit der Holzzellenlänge aufrechter und hängender Zweige ein und desselben Baumes verhält, beantworten zu können, wählte ich als Untersuchungsobject die *Forsythia suspensa*, deren Zweige bekanntlich einestheils schlaff herabhängen, andertheils aber fast senkrecht in die Höhe wachsen.

Die Schwankungen in der Zellenlänge einjähriger Sprosse machten eine grosse Zahl von Untersuchungen erforderlich, trotzdem zeigten die Resultate der Messungen, welche allerdings zusammengekommen eine gewisse Holzzellen-Längendifferenz zwischen der aufrechten und der hängenden Astform ergaben, in den einzelnen Summen keine Constanz, so dass die hier gefundenen Zahlenwerthe: 36,15 = Holzzellenlänge für aufrechte Zweige und: 37,9 für hängende Zweige nicht berücksichtigt werden dürfen. Namentlich nicht zur Beantwortung der Frage, in wie weit die durchschnittliche Holzelementgrösse durch Lageveränderung des betreffenden Astes beeinflusst wird.

Auf die von Baranetzky hierüber angestellten Versuche werde ich später eingehen. Ueber das morphologische Verhalten solcher in Zwangslage wachsender Zweige geben uns die Arbeiten Vöchting's<sup>1)</sup> Aufschluss, in welchen auch eingehende Beobachtungen über Trauervarietäten ihre Besprechung finden. Vöchting nimmt für das Wachsthum sämtlicher Trauervarietäten eine durch den Einfluss der Schwerkraft zustande kommende Hemmung an, die sich bei den verschiedenen Objecten bald früher bald später in ihrem Habitus und im Längen- und Dickenwachsthum der Zweige zu erkennen giebt. In wie weit nach Entfernung des hemmenden Einflusses der Schwerkraft, dadurch nämlich, dass man die sonst nach abwärts wachsenden Zweige, entsprechend der Lage der Aeste aufrechter Stammart, horizontal oder nach oben wachsen lässt, Veränderungen im Bau des Holzkörpers, in der Länge der Holzzellen und Gefässe auftreten, müssen weitere Versuche lehren.

Ohne an dieser Stelle auf sonstige Vergleiche zwischen aufrechten Formen und Trauervarietäten einzugehen, möchte ich im folgenden eine Reihe von Versuchen besprechen, die ich im Verlauf des vergangenen Sommers an einer Anzahl von Trauervarietäten im botanischen Garten zu Tübingen anstellte. Die von mir gewählten Objecte waren *Fagus sylvatica* var. *pendula* 2 Exemplare, *Sorbus aucuparia* var. *pendula* 2 Exemplare, *Corylus avellana* var. *pendula* 1 Exemplar, *Ulmus montana* 2 Exemplare, ausserdem standen mir in einem Freiburger Privatgarten noch 2 Exemplare von *Fraxinus excelsior* var. *pendula* zu meinen Versuchen zur Verfügung.

1) H. Vöchting, 1. Pflügers Archiv, Bd. XV, 1877; 2. Ueber Organbildung im Pflanzenreich; 3. Botan. Zeitung, Bd. XXXVIII, 1880. Vergl. ferner: Frank Schwarz, Untersuchungen aus dem Tübinger Institut, Bd. I, 1881: Der Einfluss der Schwerkraft auf das Längenwachsthum der Pflanzen.



Ausgehend von den Untersuchungen Hegler's<sup>1)</sup> über den Einfluss von Zugkräften auf die Festigkeit und die Ausbildung mechanischer Gewebe in Pflanzen lag die Frage nahe, ob nicht durch eine in geeigneter Weise vorgenommene Belastung junger, im Wachstum befindlicher, einjähriger Längstriebe von Trauer-varietäten eine Veränderung im mechanischen Gewebe zu erzielen sei; derart, dass die belasteten Objecte im Bau ihres Holzkörpers, in der Structur der Bastbündel, oder in der Ausbildung des Rindencollenchyms eine mehr oder weniger ausgesprochene Verstärkung erfahren sollten. Diese hätte entweder in der Form einer Hypertrophie, also einer Verdickung und Verlängerung der einzelnen Elemente, bei gleicher Anzahl der Zellen, oder unter dem Bilde einer Hyperplasie, als eine Vermehrung der einzelnen Zellelemente, auftreten können.

Dass es dabei zu einer Neuproduction von mechanischen Elementen — an solchen, diesen Geweben für gewöhnlich nicht zukommenden Orten — käme, erschien nach den von Küster<sup>2)</sup> vorgenommenen Nachuntersuchungen der Hegler'schen Arbeit unwahrscheinlich, andererseits forderten aber die jüngsten Arbeiten Vöchting's zur Physiologie der Knollengewächse dazu auf, den Einfluss einer constant zunehmenden Zugkraft auf wachsende Sprosse und zwar speziell auf die Neubildung von fremden Zellelementen zu untersuchen.

Vor allem war hierbei von Interesse, wie es sich mit der Ausbildung der Tschirch'schen Sclereiden im Bastring von *Fraxinus excelsior* verhielte.

Die Versuchsanordnung war im allgemeinen bei sämtlichen Objecten dieselbe. Junge Triebe (Langtriebe) wurden in ihren 2—3 jüngsten Internodien, jeweils über dem apicalen Theil eines solchen, mit einem etwa 1 cm breiten Wattering umgeben, auf welchem in 2—3 Ringtouren ein Bastband aus Pflanzenfaser leicht aufgebunden wurde. Von jedem dieser Bastringe liefen sodann zwei Bänder zu dem aus Gaze gefertigten Beutel, welcher die Gewichte trug. Diese Anordnung machte es möglich, die Belastung auf mehrere Internodien zu vertheilen, und somit anfangs auf die noch zarten Endtriebe nicht das ganze Gewicht der Belastung wirken zu lassen. Im Verlauf des Wachsthums konnte nun die

1) R. Hegler, Berichte über die Verhandlungen der königl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, 43. Bd., 1891.

2) E. Küster, Beiträge zur Kenntniss der Gallenanatomic, Flora 1900.

oberste Bindung gelöst und das Band an das unterdessen neu entstandene Internodium des jungen Triebes in der oben angegebenen Weise wieder befestigt werden. Die meisten der in dieser Art belasteten Zweige sowie die Gewichtsbeutel selber wurden durch Bastschlingen an Pfählen lose befestigt, um wenigstens einigermaßen gegen das hin und her geschleudert werden bei stürmischen Wetter gesichert zu sein. Trotz dieser Vorsichtsmassregel wurden durch die Unbill der Witterung eine Reihe von Versuchsobjecten im Laufe des Sommers abgerissen.

Ich begann die Belastung am 15. Mai bei zwei Trauerbuchen. Die Belaubung war im Entstehen, und die jungen Langtriebe maassen im Durchschnitt etwa 12 cm. Es wurden im ganzen 9 Zweige belastet und zwar zunächst mit 100 g. Bis zum 1. Juni wurden zu jedem Gewicht alle Tage 3 g hinzugefügt, bis zum 15. Juni alle 2 Tage 5 g, bis zum 1. Juli alle 2 Tage 10 g, bis zum 1. August 15 mal 25 g. Vom 1. August bis zum 1. September wurden 4 mal (alle 8 Tage) 50 g zugefügt. Somit war bis zum Herbst die Belastung auf über 800 g gestiegen, betrug also etwa das 20fache des natürlichen Ast-Gewichtes.

### I. Versuchsreihe.

*Fagus silvatica* var. *pendula*.

Baum A.

Ast 1.	Belastet vom	15. V.	Länge: 18,1 cm.	Internodien	5.
	(822 g) bis	27. X.	" 59,0 "	" "	10.
Ast 1a.	Unbelastet vom	15. V.	" 17,6 "	" "	5.
	bis	27. X.	" 52,4 "	" "	9.

Dazu bei 1a ein Johannistrieb von 11 cm Länge mit 4 Internodien.

Die zur vergleichenden Untersuchung gewählten Stücke wurden jeweil aus dem basalen, mittleren und apicalen Theil der Zweige gewählt.

1 und 1a zeigten etwa gleichen Gesamtdurchmesser, Anordnung und Ausbildung von Holz- und Basttheil liessen wesentliche Unterschiede nicht erkennen.

Ast 2.	Belastet vom	15. V.	Länge: 17,5 cm.	Internodien	6.
	(870 g) bis	27. X.	" 49,2 "	" "	8.
Ast 2a.	Unbelastet vom	15. V.	" 15,6 "	" "	6.
	bis	27. X.	" 54,0 "	" "	10.

Das Bild des Querschnittes von 2 wies zu 2a einen beträchtlichen Unterschied auf, derart nämlich, dass der unbelastete Zweig in seinen sämtlichen Theilen, Gesamtquerschnitt, Rinde, Bast-ring, Holzkörper, eine bei weitem stärkere Ausbildung zeigte als der belastete Zweig.

Ast 3.	Belastet vom	15. V.	Länge: 18 cm.	Internodien	5.
	(810 g) bis	27. X.	„ 40,5 „	„	8.
Ast 3a.	Unbelastet vom	25. V.	„ 18,2 „	„	5.
	bis	27. X.	„ 47,1 „	„	8.

Dazu ein Johannistrieb von 7 cm Länge.

Auch hier zeigte sich im mikroskopischen Bild dasselbe Verhalten wie bei Ast 2 und 2a.

Ast 4.	Belastet vom	15. V.	Länge: 8,7 cm.	Internodien	4.
	(825 g) bis	27. X.	„ 21,2 „	„	6.
Ast 4a.	Unbelastet vom	15. V.	„ 9,1 „	„	4.
	bis	27. X.	„ 18,0 „	„	6.

Dazu ein Johannistrieb von 6 cm Länge.

Die Untersuchungen ergaben hier keine nennenswerthen Verschiedenheiten des Gesamtdurchmessers, des Baues der Bastbündel und der Ausbildung des Holzkörpers.

Ast 5.	Belastet vom	15. V.	Länge: 9,5 cm.	Internodien	4.
	(826 g) bis	27. X.	„ 17,8 „	„	6.
Ast 5a.	Unbelastet vom	5. V.	„ 9,1 „	„	5.
	bis	27. X.	„ 25,1 „	„	6.

Der unbelastete Ast liess im Vergleich zum belasteten eine deutliche Vergrösserung des Gesamtquerschnittes sowie des Bast- und Holztheiles erkennen.

#### Baum B.

Ast 1.	Belastet vom	15. V.	Länge: 13,3 cm.	Internodien	4.
	(818 g) bis	5. X.	„ 21,0 „	„	7.
Ast 1a.	Unbelastet vom	15. V.	„ 15 „	„	4.
	bis	5. X.	„ 23,8 „	„	9.

1 und 1a zeigten etwa gleichen Gesamtquerschnitt, doch war bei 1a der Holzkörper stärker entwickelt, der Markraum kleiner als bei 1.

Ast 2.	Belastet vom	15. V.	Länge: 16,2 cm.	Internodien	5.
	(811 g) bis	5. X.	„ 51,8 „	„	10.



Ast 2a. Unbelastet vom 15. V. Länge 15,3 cm. Internodien 6.  
 bis 5. X. „ 53,9 „ „ 11.

Dazu ein Johannistrieb von 11 cm Länge mit 4 Internodien.

2 und 2a boten dasselbe Bild wie 1 und 1a. Ast 3 und 3a gingen Mitte August zu Grunde und konnten zu der Untersuchung nicht verwendet werden.

Ast 4. Belastet vom 15. V. Länge: 12,7 cm. Internodien 4.  
 (821 g) bis 5. X. „ 38,0 „ „ 8.

Ast 4a. Unbelastet vom 15. V. „ 14,1 „ „ 5.  
 bis 5. X. „ 46,5 „ „ 9.

Der belastete Ast zeigt eine bei weitem stärkere Entwicklung als der unbelastete, er ist gedrunken und der Durchmesser an Spitze, Mitte und Basis ein erheblich grösserer als bei 4a. Dementsprechend sind auch Holzkörper und Bastbündel kräftiger entwickelt.

Soweit die einfache Betrachtung der Querschnitte ergab, war von einer Hypertrophie der belasteten Zweige nicht die Rede, im Gegentheile, die unbelasteten Zweige zeigten in 8 Fällen dreimal eine sehr beträchtlich stärkere Entwicklung und Ausbildung als die belasteten Aeste.

Zweimal fanden wir eine geringe, aber deutlich wahrnehmbare Vergrösserung des unbelasteten Zweiges. Zweimal lässt sich ein Unterschied nicht erkennen und einmal nur überwiegt die Ausbildung des belasteten Astes die des unbelasteten Vergleichsastes. Die mit Phloroglucin-Salzsäure behandelten Querschnitte aus vier verschiedenen Theilen der Aeste liessen trotz eingehender Prüfung Unterschiede nicht erkennen. Die Farbreaction trat bei gleich dicken Schnitten zur selben Zeit und in derselben Intensität auf.

Um das Verhältniss des Gesamtquerschnitts zwischen den Bastbündeln und dem Holzkörper bei den belasteten und den unbelasteten Zweigen zahlenmässig zum Ausdruck bringen zu können, wurden von einigen der untersuchten Aeste mit der Zeiss'schen Zeichencamera eine Reihe von Querschnittsbildern entworfen und die Bastbündel sowie der Holzkörper mittelst der Ambronn'schen<sup>1)</sup> Ausschnitt-Methode gemessen.

Das hierzu gewählte Papier war starkes Zeichenpapier, von möglichst demselben Gewicht. Da sich aber stets gewisse Differenzen

1) Vergl. Ambronn, Jahrb. f. wiss. Botan., Bd. XII, p. 521 (1881), ferner A. J. Pieters. The Influence of Fruit-bearing on the Development of mechanical Tissue in some fruit trees. Annals of Botany, 10. Bd., 1897.

im Gewicht der einzelnen Blätter zeigten, waren vor dem Ausschneiden jeweils vergleichende Wägungen erforderlich, vermittelst derer ich diese Fehlerquelle zu eliminiren bemüht war. Ein anderer Uebelstand war der, dass sich bei den äusserst zahlreichen und oftmals sehr mühsamen Ausschnitt-Arbeiten kleine Ungenauigkeiten niemals vermeiden liessen, es können deshalb die im folgenden wiedergegebenen Resultate nur als Annäherungswerthe betrachtet werden.

*Fagus sylvatica* Baum A.

Zeiss IVa, Obj. A, Oc. 2, Tubus-Länge 160.

Querschnitte von der Spitze zur Basis.

Gesamtquerschnitt		Holz		Bast	
Belastet	Unbelastet	Belastet	Unbelastet	Belastet	Unbelastet
Ast 1 und 1a.					
3,695 g	5,026 g	1,235 g	1,944 g	0,547 g	0,544 g
7,765 "	10,053 "	2,844 "	4,156 "	1,088 "	1,048 "
9,612 "	12,490 "	3,458 "	4,897 "	1,382 "	1,327 "
14,950 "	14,692 "	5,853 "	6,078 "	1,551 "	1,630 "
Ast 2 und 2a.					
4,126 g	5,702 g	1,080 g	2,420 g	0,429 g	0,558 g
6,134 "	10,724 "	2,257 "	4,774 "	0,722 "	1,162 "
9,742 "	13,921 "	3,715 "	5,443 "	1,148 "	1,131 "
18,511 "	14,891 "	6,059 "	7,840 "	1,352 "	2,039 "
Ast 3 und 3a.					
3,434 g	10,109 g	2,063 g	1,514 g	0,412 g	0,721 g
8,867 "	17,917 "	3,326 "	7,473 "	0,837 "	1,475 "
10,130 "	17,064 "	3,866 "	7,300 "	1,193 "	1,712 "
15,800 "	26,222 "	6,004 "	11,534 "	1,183 "	1,715 "
Ast 4 und 4a.					
2,088 g	2,101 g	0,387 g	0,619 g	0,308 g	0,309 g
3,351 "	3,763 "	0,773 "	0,876 "	0,466 "	0,559 "
5,349 "	4,512 "	1,134 "	1,134 "	0,492 "	0,576 "
7,064 "	6,081 "	1,295 "	1,294 "	0,558 "	0,578 "

*Fagus sylvatica* Baum B.

Gesamtquerschnitt		Holz		Bast	
Belastet	Unbelastet	Belastet	Unbelastet	Belastet	Unbelastet
Ast 2 und 2a.					
10,415 g	8,869 g	2,748 g	1,830 g	0,995 g	0,919 g
10,260 "	10,866 "	4,240 "	2,630 "	1,293 "	1,007 "
20,801 "	13,715 "	9,203 "	4,170 "	2,176 "	2,163 "
Ast 4 und 4a.					
8,507 g	4,408 g	2,088 g	0,928 g	0,822 g	0,125 g
12,191 "	7,244 "	3,326 "	1,934 "	0,764 "	0,106 "

Fassen wir die obigen Ergebnisse der Wägungen zusammen und berechnen aus den vorliegenden Zahlen das Verhältniss von Holztheil und Bastring zum Gesamtquerschnitt, so erhalten wir:

Bei Ast 1 (Baum A).

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{2,6} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{7,8} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

Bei Ast 1a.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{2,4} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{8,0} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

Bei Ast 2.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{2,8} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{10,5} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

Bei Ast 2a.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{2,2} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{8,7} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

Bei Ast 1 und 2 sind die Differenzen zu gering und zu unconstant, um zu irgend welchen Folgerungen verwendet zu werden.

## Bei Ast 3.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{2,5} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{10,5} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

## Bei Ast 3 a.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{2,3} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{12,6} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

Während die Zahlen der dritten Reihe sich nicht verwerthen lassen, könnte man geneigt sein, auf Grund der folgenden Zahlenwerthe dem mechanischen Gewebe des unbelasteten Astes eine stärkere Ausbildung zuzuschreiben.

Wir finden nämlich bei:

## Ast 4.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{4,9} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{9,7} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

## Ast 4 a.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{4,1} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{8,1} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

## Baum B.

Hier zeigt uns

## Ast 2.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{2,6} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{9,3} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

## Ast 2 a.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{5,4} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{8,1} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

Die wesentliche Verstärkung des Holztheils bei 2 im Vergleich mit 2 a wird zum Theil wieder ausgeglichen durch eine Zunahme des Bastringes bei 2 a.

Als einziges Beispiel für eine ausgesprochene Verstärkung der Bastelemente bei einem belasteten Ast könnte man die folgende Reihe anführen.

Wir finden nämlich bei

Ast 4.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{3,8} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{13,8} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

Ast 4a.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{4,0} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{50,4} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

Hierbei ist jedoch zu bemerken, dass wir die aussergewöhnlich geringe Entwicklung des Bastkörpers bei Ast 4a, wie sie sich in der Zahl  $\frac{1}{50,4}$  des Gesamtquerschnittes ausdrückt, nicht als normal auffassen dürfen. Aus diesem Grunde muss auf einen, zu einem bestimmten Schlusse führenden Vergleich verzichtet werden.

Soweit die obigen Resultate erkennen lassen, ist bei den belasteten und unbelasteten Aesten von *Fagus sylvatica* var. *pendula* von einer nennenswerthen Differenz der Holzkörper und Bastringe — als Ganzes genommen — nicht die Rede.

Welches Verhalten zeigen uns nun die einzelnen Zellelemente der belasteten und unbelasteten Exemplare. Dies zu untersuchen wurde eine Reihe von möglichst zarten Querschnitten des Holzkörpers bei starker Vergrösserung (Zeiss Stativ IV a,  $\frac{1}{12}$  Oel. Immers., Ocular IV) mit Hilfe der Zeichencamera wiedergegeben. Wie schon oben erwähnt, liessen die Anordnung der Gefässe und Markstrahlen, die Vertheilung der Holzelemente beim blossen Anblick keine Verschiedenheiten erkennen. Ich versuchte deshalb vermittelt der Ambrohn'schen Ausschnitt-Methode festzustellen, ob in der Wanddicke der Zellen bei belasteten und unbelasteten Objecten Unterschiede beständen.

Das Verfahren bot jedoch in diesem Falle besondere Schwierigkeiten. Einmal war es ausserordentlich schwer, beim Schneiden aus der Hand möglichst gleichwertige, senkrecht zur Längsrichtung der Holzelemente gerichtete Schnitte von gleichem Durchmesser zu erhalten. Sodann war zur Erhaltung brauchbarer Zeichnungen ein



Tinctionsverfahren nicht zu umgehen, was eine gewisse Quellung der Wände zur Folge hatte. Allerdings trat dieser Fehler jeweils in jedem der zu vergleichenden Präparate auf und konnte somit vernachlässigt werden.

Schliesslich war es nicht leicht, entsprechende und zum Vergleiche brauchbare Partien des Holzkörpers aufzufinden. Ich versuchte dies auf folgende Weise zu erreichen.

Aus der Zeichnung eines jeden Gesichtsfeldes wurden die zwischen Gefässen und Markstrahlen liegenden Holzzellen-Complexe vermittelst eines Ringeisens von 5 cm Durchmesser ausgestanzt, die Zahl der Holzzellen bestimmt und die Lumina ausgeschnitten. Der übrigbleibende Papierrest stellte den Holzkörper dar und wurde gewogen. Es ergab das Gewicht des Holzkörpers bei

#### Baum A.

Ausschnittreste von je 30 Papierkreisen .	}	von Ast 1 = 1,211 g
		von Ast 1a = 1,161 g
Ausschnittreste von je 15 Papierkreisen .	}	von Ast 2 = 1,183 g
		von Ast 2a = 1,230 g

#### Baum B.

Ausschnitte von je 10 Papierkreisen . . .	}	von Ast 2 = 1,021 g
		von Ast 2a = 1,100 g
Ausschnitte von je 15 Papierkreisen . . .	}	von Ast 4 = 1,024 g
		von Ast 4a = 1,050 g

Ob nach den vorliegenden Zahlen auf eine Verminderung der Wanddicke der Holzzellen, wie sie Pieters bei fruchttragenden Zweigen von Pflirsich, Birne, Apfel und Pflaume gefunden hat, geschlossen werden darf, wage ich ebenso wenig zu entscheiden, wie das Vorhandensein einer stärkeren Ausbildung der Zellwände, wie man sie auf Grund der gesteigerten Inanspruchnahme zu finden hätte erwarten dürfen. Dagegen scheint eine Vermehrung der Holzzellen bei den belasteten Zweigen (Pieters) vorzuliegen. Die einzelnen Papierkreise enthielten nämlich bei Bildern der belasteten Zweige im Durchschnitt 25,2, bei denjenigen der unbelasteten Aeste 23,8 Holzzellen.

Was die Anordnung, Zahl und Ausbildung der Bastzellen und Sclereiden betrifft, so ist von einer erkennbaren Verschiedenheit der einzelnen Elemente nicht die Rede, auch die Art und Weise der „Verzahnung“ der in die Markstrahlen des Holzkörpers hineinragenden

Steinzellenkeile ist bei den unbelasteten Aesten genau dieselbe wie bei den belasteten. Ebenso wenig finden wir bei ersteren eine zahlreichere Ausbildung der Steinzellen, oder gar ein Vorkommen derselben in der Rinde.

Zum Schlusse möchte ich noch die Resultate einer Reihe von Holzzellenmessungen anführen, die in der früher angegebenen Weise ausgeführt wurden.

Es ergaben 1100 Messungen

bei belasteten Zweigen	= 29,526	} als Durchschnittswerthe, bei Zeiss IV Ocul. Mikro- meter 2 Obj. A.
bei der gleichen Zahl von Messungen		
bei unbelasteten Zweigen	= 33,224	

Wir wenden uns jetzt zu den Versuchen, die mit zwei Exemplaren von *Sorbus aucuparia* var. *pendula* angestellt wurden.

Die Belastung der einzelnen Zweige begann am 18. Mai und wurde in derselben Weise ausgeführt wie bei *Fagus sylvatica*.

Die Anfangsbelastung begann mit 150 g und wurde bis zum Herbst langsam bis auf rund 1000 g gesteigert.

## II. Versuchsreihe.

### *Sorbus aucuparia* var. *pendula*.

#### Baum A.

Ast 1.	Belastet vom 18. V.	Länge:	21,2 cm.	Internodien	3.
	(961 g) bis 24. IX.	"	38,2 "	"	4.
Ast 1a.	Unbelastet vom 18. V.	"	18,3 "	"	4.
	bis 24. IX.	"	45,0 "	"	5.
Ast 2.	Belastet vom 18. V.	"	15,3 "	"	3.
	(921 g) bis 24. IX.	"	34,9 "	"	5.
Ast 2a.	Unbelastet vom 18. V.	"	17,4 "	"	3.
	bis 24. IX.	"	43,5 "	"	6.
Ast 3.	Belastet vom 18. V.	"	13,1 "	"	3.
	(953 g) bis 24. IX.	"	21,6 "	"	5.
Ast 3a.	Unbelastet vom 18. V.	"	15,1 "	"	3.
	bis 24. IX.	"	24,7 "	"	4.
Ast 4.	Belastet vom 18. V.	"	20,1 "	"	4.
	(996 g) bis 24. IX.	"	37,2 "	"	5.
Ast 4a.	Unbelastet vom 18. V.	"	21,2 "	"	4.
	bis 24. IX.	"	31,1 "	"	5.

## Baum B.

Ast 1.	Belastet vom 18. V.	Länge: 22,0 cm.	Internodien 4.
	(971 g) bis 24. IX.	„ 33,2 „	„ 5.
Ast 1a.	Unbelastet vom 18. V.	„ 21,1 „	„ 4.
	bis 24. IX.	„ 28,8 „	„ 5.
Ast 2.	Belastet vom 18. V.	„ 15,6 „	„ 3.
	(981 g) bis 24. IX.	„ 33,9 „	„ 5.
Ast 2a.	Unbelastet vom 18. V.	„ 16,2 „	„ 3.
	bis 24. IX.	„ 29,3 „	„ 6.

Ast No. 5 von Baum A sowie Ast 3, 4, 5 von Baum B gingen im Laufe des Sommers ein und wurden nicht zur Untersuchung verwandt.

Die Betrachtung der Querschnitte liess ebensowenig irgend welche nennenswerthen Verschiedenheiten erkennen, wie dies bei einem Vergleich bei den belasteten und unbelasteten Aesten der Buche der Fall war.

Das Verhältniss des Gesamtquerschnittes zu Holzkörper und Bastring wurde wieder vermittelt der schon beschriebenen Ausschnitt-Methode festgestellt.

*Sorbus aucuparia* var. *pendula*.

## Baum A.

Ob. A., Ocul. 2, Tubuslänge 160.

Querschnitte von der Spitze zur Basis.

Gesamtquerschnitt		Holz		Bast	
Belastet	Unbelastet	Belastet	Unbelastet	Belastet	Unbelastet
Ast 1 und 1a.					
6,577 g	4,255 g	1,663 g	0,778 g	0,339 g	0,187 g
12,318 „	6,469 „	4,396 „	1,544 „	0,500 „	0,311 „
Ast 2 und 2a.					
6,394 g	7,738 g	1,933 g	1,382 g	0,298 g	0,507 g
8,532 „	9,855 „	2,711 „	3,089 „	0,263 „	0,449 „
9,974 „	12,420 „	3,208 „	3,316 „	0,408 „	0,450 „
Ast 3 und 3a.					
5,702 g	11,389 g	1,188 g	1,955 g	0,263 g	0,432 g
9,569 „	12,814 „	2,862 „	4,104 „	0,410 „	0,465 „
12,047 „	16,178 „	2,949 „	6,264 „	0,505 „	0,647 „

Gesamtquerschnitt		Holz		Bast	
Belastet	Unbelastet	Belastet	Unbelastet	Belastet	Unbelastet
<b>Ast 4 und 4a.</b>					
7,916 g	6,988 g	2,035 g	1,798 g	0,380 g	0,500 g
11,027 „	8,640 „	2,541 „	2,894 „	0,621 „	0,427 „
14,461 „	11,637 „	4,973 „	4,460 „	0,629 „	0,580 „

**Baum B.**

**Ast 1 und 1a.**

5,767 g	6,890 g	1,377 g	2,959 g	0,289 g	0,292 g
8,694 „	9,396 „	2,668 „	3,078 „	0,437 „	0,390 „
10,584 g	11,772 „	3,289 „	4,374 „	0,485 „	0,490 „

Die Resultate der oben aufgeführten Zahlen in die Verhältnisswerthe umgerechnet ergeben:

bei Baum A.

Ast 1.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{3,1} \\ \text{des Basttheils} = \frac{1}{20,2} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

Ast 1a.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{4,6} \\ \text{des Basttheils} = \frac{1}{21,8} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

Ast 2.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{3,4} \\ \text{des Basttheils} = \frac{1}{25,6} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

Ast 2a.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{3,8} \\ \text{des Basttheils} = \frac{1}{21,2} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

Ast 3.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{3,8} \\ \text{des Basttheils} = \frac{1}{23,1} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

## Ast 3 a.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{3,2} \\ \text{des Basttheils} = \frac{1}{21,9} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

## Ast 4.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{3,5} \\ \text{des Basttheils} = \frac{1}{20,4} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

## Ast 4 a.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{2,9} \\ \text{des Basttheils} = \frac{1}{18,0} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

## Baum B.

## Ast 1.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{3,4} \\ \text{des Basttheils} = \frac{1}{20,6} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

## Ast 1 a.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{2,7} \\ \text{des Basttheils} = \frac{1}{24,0} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

Auf Grund der hier wiedergegebenen Zahlenwerthe irgend welche Schlüsse auf die stärkere oder schwächere Ausbildung des Holz- oder Basttheils bei belasteten und unbelasteten Zweigen zu ziehen ist nicht angängig.

Wir können bei den hier untersuchten Objecten von *Sorbus aucuparia* ebenso wenig irgend welche bemerkenswerthe Unterschiede constatiren, wie bei *Fagus sylvatica*.

Was die Untersuchungen über die Dickenverhältnisse der Holzzellenwände ergab, mag in folgendem angeführt werden. Der Holzkörper von *Sorbus aucuparia* var. *pendula* ist reich an Gefässen, die in gleichmässiger Anordnung über den Holzring vertheilt sind. Die Markstrahlen, zahlreich vorhanden, sind meist eine, selten zwei Zelllagen breit. Die Holzzellen zeigen in den Querschnittsbildern von belasteten und unbelasteten Zweigen in ihrer Wanddicke



keinen Unterschied, eine Thatsache, die auch durch folgende Tabellen bestätigt wird.

Die durch die oben beschriebene Ausschnittmethode erhaltenen Wägungszahlen ergaben bei

Baum A.:

Ausschnittreste von je 15 Papierkreisen .	}	von Ast 1 = 1,115 g
		von Ast 1a = 1,255 g
Ausschnittreste von je 15 Papierkreisen .	}	von Ast 4 = 1,525 g
		von Ast 4a = 1,504 g

Baum B.

Ausschnittreste von je 15 Papierkreisen .	}	von Ast 1 = 1,623 g
		von Ast 1a = 1,547 g

Die einzelnen Papierkreise (5 cm Durchmesser) enthielten im Durchschnitt bei den belasteten Objecten 33,2 bei den unbelasteten 33,5 Holzzellen.

Die Bastbündel sind in einzelnen Gruppen in der Zahl von 20—35 (je nach der Lage des Querschnittes) zusammenhanglos angeordnet. Sclereiden finden wir nicht. Weder in den Bildern der belasteten noch in denen der unbelasteten Zweige.

Die Resultate der Holzzellenlängen-Messungen je 1200 Messungen

bei belasteten Zweigen = 32,672	}	als Durchschnittswerthe, bei Zeiss IV a, Ocul. Mikro- meter 2, Obj. A. Tab. 160.
bei unbelasteten Zweigen = 33,745		

Es folgen die Daten der

### III. Versuchsreihe.

*Fraxinus excelsior* var. *pendula*. 2 Exemplare. Beginn der Versuche am 26. Mai. Die Anfangsbelastung der einzelnen Zweige betrug 200 g. Sie wurde bis Ende September gesteigert auf rund 1200 g.

Baum A.

Ast 1.	Belastet vom 26. V.	Länge:	28,4 cm.	Internodien 5.
	(1100 g) bis 7. X.	„	65,6 „	„ 6.
Ast 1a.	Unbelastet vom 26. V.	„	30,0 „	„ 4.
	bis 7. X.	„	61,1 „	„ 7.

Ast 2.	Belastet vom 26. V.	Länge:	8,0 cm.	Internodien	3.
	(1100 g) bis 7. X.	"	10,9 "	"	3.
Ast 2a.	Unbelastet vom 26. V.	"	11,0 "	"	3.
	bis 7. X.	"	15,0 "	"	4.
Ast 4.	Belastet vom 26. V.	"	21,2 "	"	3.
	(1205 g) bis 7. X.	"	29,3 "	"	5.
Ast 4a.	Unbelastet vom 26. V.	"	22,0 "	"	4.
	bis 7. X.	"	34,1 "	"	5.
Ast 5.	Belastet vom 26. V.	"	12,3 "	"	5.
	(1110 g) bis 7. X.	"	16,9 "	"	5.
Ast 5a.	Unbelastet vom 26. V.	"	10,8 "	"	5.
	bis 7. X.	"	13,2 "	"	5.

Ast 3 riss Ende Juli.

#### Baum B.

Ast 1.	Belastet vom 26. V.	Länge:	8,1 cm.	Internodien	3.
	(1250 g) bis 7. X.	"	11,7 "	"	4.
Ast 1a.	Unbelastet vom 26. V.	"	9,0 "	"	4.
	bis 7. X.	"	14,0 "	"	4.
Ast 5.	Belastet vom 26. V.	"	33,0 "	"	5.
	(1008 g) bis 7. X.	"	60,6 "	"	6.
Ast 5a.	Unbelastet vom 26. V.	"	41,0 "	"	4.
	bis 7. X.	"	86,2 "	"	6.

Ast 2, 3 und 4 rissen Ende Juli.

Eine grosse Reihe von Querschnitten, die an den entsprechend gewählten Stellen belasteter und unbelasteter Zweige hergestellt wurden, ergab in der Gesamtanordnung der verschiedenen Elemente keine Verschiedenheiten von irgend welcher Bedeutung.

Die Resultate der Ausschnittsmessungen hier anzuführen möchte ich unterlassen; die Zahlen sind ebenso wenig zu irgend welchen Forderungen bezüglich des Verhältnisses vom Gesamtquerschnitt zu Holzkörper und Bastring zu verwerthen, wie die von *Fagus sylvatica* und *Sorbus aucuparia*.

Mit besonderer Aufmerksamkeit verglich ich den Bau des Bastringes, die Anordnung seiner Elemente und die Reichhaltigkeit seiner Sclereiden. Wie schon eingangs erwähnt, fand ich bei sämtlichen Querschnitten an unbelasteten Aesten zwischen den einzelnen Bastbündeln die typischen Sclereidenzellen, wie sie uns besonders von den Bildern der aufrechten Form von *Fraxinus*

*excellior* bekannt sind, bald reich an Zahl, bald wieder spärlicher auftretend.

Eine Vermehrung dieser Zellen bei den belasteten Zweigen, im Sinne einer Verstärkung des mechanischen Systems, hatte nach den von mir vorgenommenen Zählungen nicht stattgefunden. Ebenso wenig konnte ich constatiren, dass durch die Anordnung der Sclereiden der Bastring zu einem fest geschlossenen Ganzen wurde, vielmehr waren bei sämtlichen von mir untersuchten Zweigen die Steinzellen gruppenweise den Bastbündeln angelagert, ohne eine Verbindung dieser herbeizuführen, einerlei ob das Präparat eines belasteten oder unbelasteten Astes vorlag. Andererseits freilich begegnen wir Bildern, bei welchen durch Sclereiden-Gruppen zwei oder drei Bastbündel mit einander verbunden werden.

Der Bau des Holzkörpers und die Wanddicken seiner einzelnen Elemente, speziell der Holzzellen, wurden in der bisherigen Methode analysirt.

Die Wägungen ergaben bei

Baum A.

Ausschnittreste von je 20 Papierkreisen .	{	von Ast 1 = 1,042 g
		von Ast 1a = 0,972 g
Ausschnittreste von je 15 Papierkreisen .	{	von Ast 2 = 1,001 g
		von Ast 2a = 1,039 g

Baum B.

Ausschnittreste von je 20 Papierkreisen .	{	von Ast 5 = 1,077 g
		von Ast 5a = 9,87 g

Die einzelnen Papierkreise (5 cm Durchmesser) zählten durchschnittlich bei den belasteten Objecten 26,4, bei den unbelasteten 26,2 Holzzellen.

Auch hier also ein negatives Resultat für die Beantwortung der Frage: reagirt das mechanische System der im Wachstum befindlichen Triebe unserer Trauer-varietäten durch eine der Grösse der Zugkraft proportionale Verstärkung von Holz- und Bastkörper, sowohl im einzelnen wie in der Gesamtanlage?

Die Längendifferenz der Holzzellen bei den belasteten und unbelasteten Aesten erwies sich als gering. Wir fanden bei 1200 Messungen:

bei den belasteten Objecten	27,526	} als Durchschnittslänge der Holzzellen. (Zeiss IV a. Ocul. Microm. 2, Obj. A.)
bei den unbelasteten Objecten	28,065	

bei der gleichen Zahl von Messungen.

#### IV. Versuchsreihe.

*Corylus Avellana* var. *pendula*. 1 Exemplar.

Die Versuchsanordnung hatte hier leider mit einigen Schwierigkeiten zu kämpfen, was ich um so mehr bedauern muss, als gerade *Corylus* gewisse positive Resultate ergab.

Einmal kam es vor, dass die allmählich steigende Belastung für die jungen Triebe zu schwer wurde, und dass mehrere Aeste bei stürmischem Wetter abrissen. Ferner mussten wegen baulicher Veränderung im Garten die Versuche am 5. September abgebrochen werden.

Die Belastung begann Ende Mai und Anfang Juni mit 100 g und wurde bis Anfang September bis auf etwa 650 g gesteigert.

Ast 1.	Belastet vom 6. IV.	Länge: 16,2 cm.	Internodien 4.
	(641 g) bis 5. IX.	" 20,4 "	" 4.
Ast 1a.	Unbelastet vom 18. V.	" 13,1 "	" 4.
	bis 5. IX.	" 26,2 "	" 5.
Ast 2.	Belastet vom 28. V.	" 12,6 "	" 4.
	(681 g) bis 5. IX.	" 18,4 "	" 4.
Ast 2a.	Unbelastet vom 28. V.	" 14,5 "	" 4.
	bis 5. IX.	" 21,1 "	" 4.
Ast 4.	Belastet vom 20. V.	" 21,8 "	" 4.
	(652 g) bis 5. IX.	" 29,2 "	" 5.
Ast 4a.	Unbelastet vom 20. V.	" 18,6 "	" 4.
	bis 5. IX.	" 34,5 "	" 6.
Ast 7.	Belastet vom 10. VI.	" 6,8 "	" 4.
	(684 g) bis 5. IX.	" 12,1 "	" 4.
Ast 7a.	Unbelastet vom 21. V.	" 7,2 "	" 3.
	bis 5. IX.	" 11,4 "	" 4.

Auf die genauere Beschreibung der Querschnittsbilder werde ich weiter unten zu sprechen kommen, ich lasse hier die Daten der vergleichenden Wägungen folgen.

*Corylus Avellana* (Zeiss IV a, Obj. A., Oc. 2, Tub. 160).  
 Querschnitte von der Spitze zur Basis.

Gesamtquerschnitt		Holz		Bast	
Belastet	Unbelastet	Belastet	Unbelastet	Belastet	Unbelastet
<b>Ast 1 und 1a.</b>					
10,519 g	4,806 g	2,754 g	0,680 g	0,174 g	0,065 g
11,944 „	10,772 „	2,160 „	3,640 „	0,204 „	0,112 „
13,932 „	12,573 „	4,180 „	3,629 „	0,191 „	0,166 „
<b>Ast 2 und 2a.</b>					
7,214 g	11,752 g	1,458 g	1,534 g	0,148 g	0,083 g
10,152 „	10,871 „	3,046 „	3,889 „	0,183 „	0,169 „
11,432 „	10,098 „	2,981 „	3,542 „	0,204 „	0,171 „
<b>Ast 4 und 4a.</b>					
12,349 g	5,852 g	4,357 g	1,572 g	0,216 g	0,075 g
20,881 „	15,880 „	6,522 „	4,924 „	0,281 „	0,153 „
<b>Ast 7 und 7a.</b>					
6,264 g	5,108 g	1,210 g	0,832 g	0,117 g	0,099 g
9,218 „	9,612 „	2,624 „	2,246 „	0,212 „	0,185 „
16,772 „	13,370 „	7,041 „	3,391 „	0,121 „	0,137 „
17,507 „	15,770 „	7,030 „	3,618 „	0,216 „	0,146 „

Hieraus ergibt sich für die einzelnen Fälle als Verhältniss des Holzkörpers und Bastringes zum Gesamtquerschnitt:

Ast 1.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{4,0} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{63,9} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

Ast 1a.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{3,5} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{75,2} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

Ast 2.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{3,8} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{53,7} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$



## Ast 2 a.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{3,6} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{77,3} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

## Ast 4.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{3,0} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{66,8} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

## Ast 4 a.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{3,3} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{95,3} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

## Ast 7.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{2,6} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{43,0} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

## Ast 7 a.

$$\text{Das Gewicht} \left\{ \begin{array}{l} \text{des Holzkörpers} = \frac{1}{64,6} \\ \text{des Bastringes} = \frac{1}{77,3} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{des Gewichtes} \\ \text{des Gesamtquerschnittes.} \end{array}$$

Diese zweifellos deutlich ausgesprochene Vermehrung der Bastmassen bei den belasteten Objecten dürfen wir wohl mit Recht auf die gesteigerte mechanische Inanspruchnahme zurückführen.

Betrachten wir die Structur des Hartbastes, so finden wir einmal grosse Complexe von Stereiden — echten Bastzellen — durch kleinere Gruppen von Sclereiden — Steinzellen — tangential unter einander verbunden. Die Verstärkungen des Bastringes bei den belasteten Objecten ist nach meinen Beobachtungen lediglich einer Vermehrung der Bastzellen — der Stereiden — zuzuschreiben, eine Vergrösserung der einzelnen Bastelemente konnte ich nicht constatiren, auch ergaben die ausgeführten Untersuchungen mit der Ausschnitt- und Wägungsmethode keine Differenzen, weder was die Wanddicke noch was den Durchmesser der einzelnen Bastzellen betrifft.

Es handelt sich also im vorliegenden Fall lediglich um eine Hyperplasie der Bastelemente und nicht um eine Hypertrophie.

Verschiedenheiten im Bau des Holzkörpers konnte ich nicht nachweisen. Die Phloroglucin-Salzsäure-Reaction trat bei den Präparaten von belasteten wie unbelasteten Objecten zur gleichen Zeit und mit derselben Intensität auf, ein Verhalten, wie wir es auch bei *Sorbus* und *Fraxinus* fanden. Die Holzzellenzahl schien in beiden Fällen dieselbe zu sein, die Wanddicke die gleiche, ebensowenig zeigte die Anordnung der Gefässe und Markstrahlen irgend welche in Betracht kommende Verschiedenheiten. Desgleichen finden wir im Bau der Rinde zwischen den belasteten und unbelasteten keine constanten und wesentlichen Unterschiede.

Ich unterlasse es, die Tabellen zur Bestimmung der Holzzellen-Wanddicke hier anzuführen, doch möchte ich zum Schlusse die Ergebnisse der Holzzellen-Messungen wiedergeben.

Es ergaben je 800 Messungen (Zeiss IV a, Oc. Mkrm. 2, Obj. A, Tub. 160):

bei den belasteten Objecten = 28,912 | je als Durchschnittslänge  
 bei den unbelasteten Objecten = 30,253 | der Holzzellen.

Schliesslich wählte ich als Versuchsobject zwei Bäume von *Ulmus montana* und leitete die Belastungen ein Ende Mai. Je vier junge Triebe mit einer durchschnittlichen Länge von 8,5 cm wurden mit einem Anfangsgewicht von 150 g belastet und wuchsen zunächst, ohne irgend welche Störungen erkennen zu lassen, im schattigen Innern der natürlichen Laube.

Nach einigen Wochen aber verloren die einzelnen Sprosse ihre Blätter und am 16. Juli musste ich den letzten der Zweige abnehmen.

Ich verzichte darauf, auf die ergebnisslosen Untersuchungen dieser Zweige einzugehen, und möchte nur bemerken, dass auch in den von mir untersuchten Fällen die Holzzellenlänge der belasteten Objecte gegen die der unbelasteten Form zurückstand, und zwar sind die Resultate bei je 1100 Messungen 24,093 zu 24,981. Soweit die Resultate der anatomischen Untersuchungen.

Ich möchte noch bemerken, dass die bei *Fagus* und *Fraxinus* angestellten Versuche, die Tragfähigkeit der belasteten und unbelasteten Zweige durch Feststellung der Zerreißungsgrenze zu bestimmen, zu keinem verwerthbaren Resultat führten.

Diese Versuche bei *Sorbus* und *Corylus* anzustellen war mir leider nicht möglich, da die Zweige dieser Bäume in meiner Abwesenheit abgenommen werden mussten.

Betrachten wir die vorliegenden Ergebnisse, speciell die der Belastungsversuche, so können wir als positives Ergebniss eine Verkürzung der Holzzellen bei sämtlichen der Belastung unterworfenen Zweigen constatiren.

Eine Verstärkung der Holzzellen, die wir in einer Verdickung der Wand hätten erblicken können, fanden wir nicht, auch ergaben sich keine Unterschiede im Gesamtaufbau des Holzkörpers, in der relativen Dicke und Mächtigkeit desselben zum Gesamtquerschnitt, in der Anordnung der Gefässe und Markstrahlen und in der Zahl der Holzzellen; ebenso wenig liess die Holzreaction mit Phloroglucin-Salzsäure einen Unterschied zwischen belasteten und unbelasteten Objecten erkennen.

Dasselbe gilt für die Vergleiche der einzelnen Bastbündel. Mit Ausnahme eines Falles ist weder eine Hypertrophie noch eine Hyperplasic der einzelnen Elemente des Hartbastes durch die angewandte Untersuchungsmethode nachzuweisen gewesen.

*Corylus Avellana* war das einzige Beispiel einer durch die Belastung erzeugten Verstärkung des Bastringes, die, wie wir oben sahen, auf einer Vermehrung der Stereiden, einer Hyperplasic der Bastelemente, beruhte. Die Sclereiden fanden wir bei belasteten wie unbelasteten Zweigen bei *Fraxinus*, *Fagus*, *Corylus* in der gleichen Weise ausgebildet, ein Beweis, dass wir eine mechanische Bedeutung dieser Zellen, wenigstens der Zugfestigkeit gegenüber, in Abrede stellen müssen. Die Structur der Rinde, die Ausbildung des Collenchyms in derselben zeigte keine wesentlichen Unterschiede. Wir kommen so zu dem Schlusse, dass eine Belastung von der angegebenen Grösse und 4—5 monatlicher Dauer bei den einjährigen Trieben der erwähnten Trauerbäume eine Veränderung, besonders eine Verstärkung des Holzkörpers nicht zur Folge hat. Dass wir in dem überall eingetretenen Zurückbleiben der Holzzellen in ihrem Längenwachsthum eine wachsthumhemmende Wirkung der Belastung erblicken müssen, ist wohl ohne Zweifel. Um diese Retardirung auch äusserlich wahrnehmen zu können, dazu waren die Versuche im Freien nicht geeignet, auch ist die Schwankung der einzelnen Internodien-Längen bei einem Baum schon so gross, dass nur eine ausserordentlich grosse Zahl von vergleichenden Messungen darüber hätte Aufschluss geben können; doch lagen Untersuchungen dieser Art nicht im Rahmen meiner Arbeit. Im übrigen verweise ich auf die diesbezüglichen Untersuchungen von Sachs, Pfeffer, Baranetzky,

H. de Vries, Wiesner, Scholz, Frank Schwarz, Hegler und anderen. Ob auf der Verkürzung der Holzzellen zugleich eine Verstärkung des Holzkörpers beruht, ist schwer zu entscheiden; in gewissem Sinne ist ein aus kürzeren Elementen sich aufbauender Körper für seitliche Verschiebung fester gebaut, andererseits muss man aber annehmen, dass nach den bekannten Nördlinger'schen Zerreissungsversuchen eine Verkürzung der Elemente nicht im Sinne einer Verstärkung aufzufassen sei. Wie weit qualitative individuelle Verschiedenheiten in dem Aufbau der einzelnen Holzzellen eine Verstärkung für mechanische Inanspruchnahme herbeizuführen vermögen, entzog sich der Beobachtung.

Den vorliegenden Resultaten scheinen die Untersuchungen Baranetzky's über das ungleichmässige Längenwachstum der secundären Holzelemente zu widersprechen. Baranetzky führt in der früher citirten Arbeit an, dass sich die Verlängerung der Holzzellen auf der morphologischen Oberseite horizontal wachsender Zweige durch eine mechanische Dehnung der Holzelemente hervorgerufen durch das Eigengewicht des Astes, erklären lasse; will man nun diese Dehnung wirklich als Ursache der Zellenverlängerung ansprechen, so könnte man vielleicht der wachsthumfördernden Wirkung einer normalen Belastung die wachsthumhemmende Wirkung einer abnormalen Belastung, wie sie sich in der Holzzellenverkürzung bei meinen Untersuchungen zu erkennen giebt, gegenüberstellen.

In wie weit die Zellenlängen bei aufrechten und inversgezogenen Keimlingen Unterschiede erkennen lassen, vermag ich bis jetzt noch nicht zu entscheiden, die Versuche sind hierüber noch nicht abgeschlossen, vorläufig möchte ich nur bemerken, dass invers gezogene epikotyle Glieder von *Ricinus*, gegenüber den unter denselben Bedingungen aufrecht wachsenden, bei etwa gleicher Länge, ein oft doppelt so grosses Volumen erreichen. Querschnitte zeigen uns, dass die Ausbildung des Markeylinders die Grössenzunahme bewirkt. Ueber weitere Veränderungen, namentlich im Bau der Gefässbündel, hoffe ich später berichten zu können, Differenzen in der Zellenlänge, sei es im Cribral- oder im Vasalthheil, konnte ich bis jetzt nicht constatiren.

Um noch einmal auf die Frage zurückzukommen, worin der Grund dieser Reactionslosigkeit der im Wachstum befindlichen Triebe der untersuchten Trauervarietäten dem Zug-Reiz gegenüber zu suchen ist, möchte ich folgendes bemerken. Vielleicht müssen wir annehmen, dass die Festigung der mechanischen Ge-

webe bei *Fagus*, *Fraxinus*, *Sorbus* an sich schon eine so ausserordentliche Zunahme erfährt, dass die angewandten Belastungen die Reizschwelle, hinter welcher die Vermehrung und Verstärkung der mechanischen Elemente einsetzt, überhaupt nicht erreichen. Wenn wir bedenken, dass bei *Fagus* bei Beginn der Belastungsversuche die Zerreißungsgrenze lag bei etwa 300 g, bei *Sorbus* bei 380 g und bei *Fraxinus* bei 410 g, dass die Tragfähigkeit dieser Zweige im Laufe der Sommermonate aber über das etwa 200fache gestiegen war, so fehlt den angewandten Belastungsgrößen eine dem zunehmenden Tragvermögen proportionale Steigerung.

Nur bei *Corylus Avellana*, dessen Bastbündel durch die oben beschriebene Hyperplasie auf die Belastung antworteten, wurde somit die Reizschwelle überschritten, was sich auch aus der Thatsache erklären lässt, dass die Zerreißungsgrenze bei einjährigen Aesten von *Corylus* viel tiefer liegt als bei den anderen untersuchten Trauervarietäten. Die Belastung aber noch mehr zu steigern, sie gar proportional dem steigenden Tragvermögen auf die Zweige einwirken zu lassen, dürfte seine grossen Schwierigkeiten haben. Ob sich bei einer Vermehrung der Belastung auf etwa 10–20 kg Hypertrophien und Hyperplasien der Bastzellen und der Elemente des Holzkörpers zeigen würden, wäre möglich, aber nicht ohne weiteres positiv zu beantworten. Ebenso wenig die Frage, ob in Folge solch gesteigerter Inanspruchnahme auf Zugfestigkeit die Elemente des Bastes, Stereiden oder Sclereiden, an Stellen zur Ausbildung kämen, die unter normalen Verhältnissen solche, mechanischen Zwecken dienende Elemente, nicht zu erzeugen vermögen. Zur Beantwortung dieser Frage beabsichtige ich auf Grund der gewonnenen Erfahrungen die Belastungsversuche fortzusetzen. Dass Neubildungen im pflanzlichen Organismus aber vorkommen, dafür sprechen einmal die Beobachtungen von Küster, nach welchen manche Gallenreize dem Plasma neue Formbildungsfähigkeit verleihen, sodann aber vor allem die schon eingangs erwähnten Untersuchungen Vöchting's zur Physiologie der Knollengewächse. Bei *Oxalis crassicaulis* z. B. fand Vöchting im anatomischen Bild der in den Grundstock der Pflanze eingeschalteten Knolle Elemente, die in der normalen Knolle niemals vorkommen, so z. B. echte Holzzellen und Holzparenchymzellen; ferner findet bei derselben Pflanze bei einem Ersatz der Stengelknolle durch das Blatt, entsprechend dem vicarirenden Eintreten des letzteren für die Stengelknolle, ebenfalls eine



weitgehende Metamorphose, freilich in anderem Sinne statt. Auch die Kartoffelknolle ist im Stande, unter gewissen Bedingungen neue, ihr sonst nicht zukommende Elemente, nämlich mechanische Zellen, zu bilden.

Wenn nun diese Compensationsvorgänge mit den an manchen Organen des Thierkörpers vorkommenden compensatorischen Leistungen im allgemeinen verglichen werden können, so dürfte man vielleicht im speciellen für die Vermehrung mechanischer Elemente in Folge von Zugwirkung an die aus dem pathologisch-anatomischen Gebiet beim Thierkörper bekannten Arbeitshypertrophien der Muskeln erinnern, deren Wesen in einer Hypertrophie und Hyperplasie der einzelnen Elemente besteht; auch könnte man vielleicht hier an die bekannten Aenderungen der Structurverhältnisse in der Knochen-substanz erinnern, welche bekanntermaassen bei der Heilung von Knochenbrüchen einzutreten pflegen, wenn die Richtung der mechanisch wirkenden Druck- und Zugkräfte auf die einzelnen Knochen-elemente sich ändert.

Herrn Prof. Vöchting, der mir die Anregung zu den hier besprochenen Versuchen gab, möchte ich an dieser Stelle meinen besten Dank abstaten. Desgleichen den Herren Dr. Schmid und Winkler für die meiner Arbeit stets freundlich gewährte Unterstützung.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik](#)

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: [38](#)

Autor(en)/Author(s): Wiedersheim Walther

Artikel/Article: [Ueber den Einfluss der Belastung auf die Ausbildung von Holz- und Bastkörper bei Trauerbäumen. 41-69](#)