

MBL/WHOI



0 0301 0014230 3

Untersuchungen
zur
experimentellen
Anatomie und Pathologie
des Pflanzenkörpers.

Von

† **Hermann Vöchting,**
Professor an der Universität Tübingen.

II.

Die Polarität der Gewächse.

==== Mit 12 Tafeln und 113 Textfiguren. ====



Tübingen
Verlag der H. L a u p p 'schen Buchhandlung
1918.

A. g. XIII.

Alle Rechte vorbehalten.

Druck von H. Laupp jr in Tübingen.

Vorwort.

Es war *Hermann Vöchting* nicht vergönnt, die letzte Hand selbst an sein Buch zu legen. Auf seinem Krankenlager beschäftigte er sich noch mit der Figurenerklärung und mit der Herstellung der Kurven, bis die Kräfte nicht mehr reichten, und nur die Sorge für das nicht abgeschlossene Werk blieb. Aber diese Sorge wurde freundlich gehoben, als er seiner Schülerin und Assistentin, Fräulein *Neumeyer*, das Manuskript zur Zusammenstellung übergeben durfte. Er tat es mit den Worten: „Es ist viel Arbeit gewesen“.

Herzlichster Dank sei Fräulein *Neumeyer* an dieser Stelle gesagt, daß durch ihre monatelange Arbeit das Erscheinen des Werkes ermöglicht wurde. Ebenso danken wir Herrn Privatdozenten Dr. *Sierp* für manchen freundlichen Rat bei der Fertigstellung des Buches, sowie vor allem auch dem langjährigen Verleger und Freunde des Verstorbenen, Herrn Dr. *Paul Siebeck*.

So dürfen wir nun *Hermann Vöchtings* letztes Werk der Öffentlichkeit übergeben und den Schlußstein zu seiner reichen Lebensarbeit setzen, damit es von ihm heißen möge: „Wiewohl er gestorben ist, so redet er noch.“

Tübingen, im Mai 1918.

Marie Vöchting.

Die Korrektur der Handschrift und das Uebertragen der Figuren in den Text wurde im Hinblick auf die sorgfältige Arbeitsweise des Verfassers mit der Vorsicht durchgeführt, die er selber darauf verwendet haben würde. Bei der Erklärung der Tafeln mußten vereinzelt Lücken ausgefüllt werden. Dabei war für die Figuren 2 und 6, Tafel VIII, der Ort, dem dieselben entnommen wurden, auch mit Hilfe der Originalzeichnungen nicht sicher festzustellen.

Figur 24, Tafel V, ist in anderer Lage zu denken: Die Gewebezone mm rechts, die aus der Wurzel und dem Hauptsprosse an sie herantretenden Züge von links kommend. Die Grenze g liegt weiter unten, da, wo sich die nach oben und unten verlaufenden Fasern an der aus 11 Zellen bestehenden Parenchymplatte scheideln. Die Tafeln waren zu der Zeit fertig gestellt, so daß die Korrektur nicht mehr vorgenommen werden konnte.

Bei einer der letzten Besprechungen äußerte Herr Professor *Vöchting* den Gedanken, diese Arbeit im Anschluß an die „Organbildung im Pflanzenreich“ herauszugeben. In der von ihm diktierten Einleitung weist er wiederholt auf jene Untersuchungen hin, mit denen die vorliegenden in engem Zusammenhang stehen. Eine kurze Notiz jedoch, die sich unter dem Arbeitsmaterial fand, lautet wörtlich: „So kam es, daß der Stoff sich immer mehr ausdehnte, und endlich beschlossen wurde, ihn in eigener Schrift zu veröffentlichen. Da es sich in der Hauptsache um experimentell-anatomische Pathologie handelt, so wurde er dem vor 8 Jahren veröffentlichten Band der „Untersuchungen über experimentelle Anatomie und Pathologie als II. zugesellt“. Dementsprechend wählten wir den Titel in Übereinstimmung mit Herrn Dr. *Paul Siebeck*.

Es ist wohl anzunehmen, daß Herr Professor *Vöchting* bei der letzten Durchsicht des Textes die Statistik einheitlich, entweder auf zwei Dezimalen oder auf eine Dezimale mit der Abrundung berechnet haben würde. In den Gruppen- und Mittelwerten ergeben sich hier und da kleine Differenzen, die jedoch das Gesamtergebnis nicht störend beeinflussen. Da es sich hier nicht um eine mathematische Statistik, sondern um annähernde Werte handelt, so fühlten wir uns zu Aenderungen nicht berufen.

Der Abschnitt über die Kopfweide mußte aus dem Konzept übertragen werden, das sich nicht vollständig fand. Die auf Tafel XI dargestellten Verwachungs- und Ueberwallungsvorgänge — im Text nicht beschrieben — gehören dem fehlenden Teile an.

Die anatomisch-histologischen Abbildungen sind, wie in allen früheren Arbeiten des Verfassers, von ihm eigenhändig hergestellt worden. Die übrigen Zeichnungen wurden unter seiner Aufsicht von Herrn Maler *Dettelbacher* ausgeführt.

Inhalt.

	Seite
Einleitung	VII
Der Bau des Holzkörpers	1
<i>Salix fragilis</i>	1
a) Das tracheale System	1
b) Das mechanische System	2
c) Das parenchymatische System	3
<i>Salix elegantissima</i>	8
Statistische Untersuchung	10
Ueber das Messen	13
Das statistische Verfahren	16
<i>Salix fragilis</i>	16
Länge der Holzzellen in den verschiedenen Regionen des Jahresringes	16
<i>Salix fragilis</i>	16
<i>Salix alba vitellina pendula</i>	18
Durchschnittliche Abweichung. — Streuung	52
Das Exponential-Gesetz	64
Gesteigerte Zahl der Beobachtungen	65
<i>Salix alba vitellina pendula</i>	65
<i>Salix fragilis</i>	68
Reduktionen	69
Zusammenfassung	73
Der Bau des Seitensproßgrundes	74
<i>Salix fragilis</i>	76
Die Wurzelachsel	83
Ueber das Wachstum von Pflanzen und Organen in abnormen Lagen	89
Versuche mit Weidenarten	90
Versuche mit <i>Araucaria excelsa</i>	93
Versuche mit <i>Opuntia robusta</i>	104
Versuch mit <i>Cereus peruvianus</i>	110
Ueber den Einfluß der abnormen Lage auf das Wachstum der Gewebe	111
Zweige in wagerechter Stellung	112
<i>Salix fragilis</i>	112
Zweige in senkrecht verkehrter Stellung	118
a) Verkehrte Zweige vom Baume	119
<i>Salix fragilis</i>	119
b) Verkehrte Pflanzen am Stativ	121
<i>Salix fragilis</i>	121
<i>Salix alba vitellina pendula</i>	122
<i>Salix elegantissima</i>	124
<i>Araucaria excelsa</i>	124
<i>Solanum flavum</i>	125
<i>Nicotiana colossea</i>	128
Zusammenfassung	130

	Seite
Die verkehrte Pflanze	132
Experimentelle Untersuchung	132
Versuche mit Weidenarten	132
<i>Salix alba vitellina pendula</i>	134
<i>Salix fragilis</i>	142
<i>Salix elegantissima</i>	155
<i>Salix acutifolia</i>	159
<i>Salix pentandra</i>	162
<i>Salix viminalis</i>	163
Histologische Untersuchung	164
<i>Salix fragilis</i>	164
Der Stamnteil zwischen der Wurzel und dem großen Seitensproß	172
Die große Geschwulst gegenüber dem Achsel sproß	182
Die horizontale Brücke zwischen Geschwulst und Achsel sproß	188
Der große Achsel sproß	192
Der Seitenzweig 2. Ordnung	194
Die schwache verkehrte Pflanze	196
Die Wurzel	199
Die Wurzel der schwachen Pflanze	204
<i>Salix elegantissima</i>	205
Die Anschwellung am Scheitel der Achse	210
Die Wurzel	211
Die Bestandteile des Holzkörpers	212
<i>Salix acutifolia</i>	221
<i>Salix alba vitellina pendula</i>	224
Ueber Markflecke	226
Ampelopsis quinquefolia	243
Experimentelle Untersuchung	243
Histologische Untersuchung	250
Die gewöhnliche Pflanze	250
a) Der Stamm	250
b) Die Wurzel	260
c) Die Basis des aufrechten Stecklings	261
Die verkehrte Pflanze	262
a) Der Stamm	262
b) Der Seitensproß 1. Ordnung	269
c) Der Seitenzweig 2. Ordnung	269
d) Der rhizomartige fleischige Sproß	269
e) Die fleischige Wurzel	275
Hedera Helix	277
Bemerkungen über Polarität	279
Die Heilungsvorgänge	285
a) Hauptsproß und Hauptwurzel stehen auf derselben Seite	285
b) Hauptsproß und Hauptwurzel stehen auf entgegengesetzten Seiten	290
Die knollenförmigen Bildungen am basalen Teile der Achse	297
Theoretisches	306
Die Entstehung der Knäuel	312
Die Kopfweide	315
<i>Salix viminalis</i>	315
Erklärung der Figuren	322

Einleitung.

Am Abend eines langen Lebens ist es mir vergönnt, einen Gegenstand neu zu behandeln, der einst die Jugendjahre erfüllte.

Vor 43 Jahren, im Frühling 1874, begannen die Untersuchungen, die später in den Schriften über Organbildung niedergelegt wurden. Sie bildeten den Ausgangspunkt für die neue experimentell-morphologische Richtung, die bald bedeutende Ausbildung erfahren sollte und zu einem großen Zweige der Wissenschaft herangewachsen ist.

Zu den wichtigsten Ergebnissen jener Untersuchungen gehörte der Beweis, daß den ganzen Pflanzen, wie ihren Gliedern, ein innerer polarer Gegensatz im Bau eigen ist, der den Ort und die Entwicklung der Glieder bestimmt. Die Untersuchung der Polarität führte zum Studium der verkehrten Pflanze, das aber in jenen Arbeiten nur so weit verfolgt wurde, als es sich um die ersten Wachstumserscheinungen handelte. Nur an zwei- und dreijährigen Topfpflanzen des *Lycium barbarum* beobachtete man am Grunde der dicht über der Erde stehenden kräftigsten Seitenzweige Anschwellungen, in denen der Faserverlauf ungewöhnlich war. Da aber die Untersuchung noch außerhalb des Planes der Arbeit lag, so ließ man die fraglichen Körper zunächst unbeachtet, auch dann noch, als in der Arbeit über Transplantation die Polarität der Zellen die Hauptaufgabe bildete; und zwar geschah dies deshalb, weil sie nicht unmittelbar mit den hier behandelten Aufgaben zusammenhingen.

Als aber später die Einwände *Klebs'* gegen unsere Darstellung erschienen, glaubten wir nicht länger zögern zu sollen, und nahmen nunmehr die Untersuchungen auf.

Den Mittelpunkt des in dieser Schrift behandelten Gegenstandes bildet die verkehrte Pflanze. Die nähere Erwägung der uns an ihr gestellten Aufgabe ergab aber alsbald, daß zu ihrer Lösung zwei Vorarbeiten zu erledigen waren.

Die erste ist anatomischer Natur. Die Untersuchung der Glieder der verkehrten Pflanze setzt genaue Kenntnis des Baues der normalen Pflanze voraus. Diese ist, soweit es sich um die elementare Zusammensetzung der Gewebe handelt, unschwer festzustellen und teilweise längst bekannt. Allein diese Kenntnis genügt nicht, sondern es bedarf eingehender Messungen der Länge der Holzzellen und der Länge und Weite der Gefäße. Das tiefere Eindringen in diesen Stoff führte zu einer statistischen Untersuchung, deren Ergebnis einige Beachtung finden dürfte. Die hier aufgedeckte Gesetzmäßigkeit im Wachstum der prosenchymati-

schen Zellen der Jahrringe dürfte, soweit dem Verfasser bekannt, überhaupt in ihrer Art neu sein.

Die zweite Vorarbeit behandelt die in verkehrter Richtung gezogenen Pflanzenteile oder ganzen Pflanzten, deren Wurzeln aber den normalen Ort einnehmen. Ueber derartige Fragen liegen mancherlei Untersuchungen vor (s. *Pfeffer* ¹⁾); sie genügen aber für unseren Zweck nicht, da sie nicht weit genug geführt, von zu kurzer Dauer waren, und vor allem, weil in ihnen die anatomische Seite nicht berücksichtigt war, auf die es uns gerade hauptsächlich ankam.

Die Aufgaben, die die Wissenschaft uns stellt, sind von sehr verschiedener Art. Die einen, meist auf Grund eines klar umschriebenen Programmes in experimenteller, anatomischer oder theoretischer Weise durchgeführt, liefern ein entsprechendes abgeschlossenes Ergebnis, das den Untersucher zunächst befriedigt. Andere dagegen sind beträchtlich von diesen verschieden. Sie schließen immer nur teilweise ab, und hinter einer gelösten Frage stehen neue, unbeantwortete. Es bleibt ein Rest, der immer zu neuer Inangriffnahme auffordert. Eine solche Aufgabe war für den Verfasser die Polarität. In seinen ersten Arbeiten wurden wesentliche Züge dieser Eigenschaft der Pflanzenteile festgestellt, vieles andere aber offen gelassen, manches in der Stille weiter verfolgt. Die Frage, ob die Polarität erblich sei, ob und wie weit äußere Bedingungen, wie Schwerkraft und Licht, den polaren Gegensatz in wachsenden Pflanzenteilen hervorzurufen vermögen, führte zu folgendem Versuch. Es wurde eine junge, erst kürzlich aus Samen gezogene Pflanze der *Lopezia coronata*, am Klinostat der Drehung ausgesetzt. Sie entwickelte am Apparate ihre Blüten und Früchte, also alle dauernd bis zur Samenreife und bis zum Absterben der Pflanze unter Drehung gehalten. Im nächsten Frühjahr säte man die Samen in Töpfe aus, die man nun wieder am Apparat drehte. Die Samen keimten und waren somit von Beginn an der einseitigen Wirkung der äußeren Kräfte entzogen. Sie entwickelten sich übrigens in gewöhnlicher Weise, und es stellte sich nun heraus, daß die Sprosse der so entstandenen Pflanzen ebenso polar gebaut waren, wie die unter normalen Bedingungen entwickelten. Diese Tatsachen wurden zunächst nicht, wohl aber später veröffentlicht, als wir die von *Klebs* gegen unsere Auffassung geäußerten Bedenken zurückwiesen. Der Versuch erscheint uns wichtig genug, hier noch einmal mitgeteilt zu werden, um so mehr, als der Ort, an dem er besprochen wurde, nicht ungeeignet scheint, ihn zu übersehen.

Weiter verfolgt, als in den ersten Untersuchungen wurden die eigentümlichen Anschwellungen, die an der verkehrten Pflanze am Ursprungsorte des stärksten, in der Nähe der Erdoberfläche entspringenden Seitensprosses sich bilden. Ihre Untersuchung führte zu eigentümlichen, teilweise überraschenden Tatsachen. Diese bilden den Hauptgegenstand der vorliegenden Untersuchungen und stellen eine nicht unwichtige Ergänzung zu den ersten, fast ausschließlich auf den Ort der Glieder am Pflanzenkörper gerichteten Untersuchung dar.

1) *Pfeffer*, *W.*, Pflanzenphysiologie.

Der Bau des Holzkörpers.

Salix fragilis.

a) Das tracheale System.

Die Gefäße sind, von der zuletzt entstandenen, schmalen Herbstzone abgesehen, über den Querschnitt annähernd gleichmäßig verteilt. Nur hier und da bilden sie dichtere Gruppen; die zuerst im Frühjahr und die bis zur Herbstzone entstehenden haben durchschnittlich gleichen Umfang. Ihre Form zeigen die Fig. 4, 5 und 6, Taf. I. Diese gehören der *Salix elegantissima* an, die deshalb gewählt wurde, weil ihre Gefäße weniger umfangreich sind. Es sind meist gerade Röhren mit mehr oder weniger geneigten Querwänden. Die Enden sind bald über die Löcher hinaus nicht verlängert, bald bilden sie schmale oder breite, kürzere oder längere Fortsätze, mit denen sie über die Nachbar-Elemente hingreifen. Die Länge dieser Fortsätze ist sehr verschieden. — Die Gefäße sind, wie schon erwähnt, über den ganzen Querschnitt ungefähr gleichmäßig angeordnet. Sie liegen der Mehrzahl nach einzeln, bilden nicht selten aber auch kurze, radiale Reihen, deren längste über die Zahl von 4 Elementen meist nicht hinausgehen. Noch seltener sind Gruppen von Gefäßen, die gewöhnlich dadurch zustande kommen, daß 2 kurze Reihen neben einander gebildet werden. Die Wände der Gefäße sind mit einfachen oder behöften Tüpfeln besetzt, mit behöften an denen, welche Gefäßen gemeinsam sind, mit unbehöften dort, wo sie an stehende Markstrahlen grenzen. An den Wänden, die an Holzelemente grenzen, fehlen die Tüpfel ganz, und da diese Flächen oft groß sind, so sind solche Gefäße tüpfelarm. Die Tüpfel sind da, wo vorhanden, meist dicht gestellt; die behöften bilden kleine, sechseckige Feldehen mit Poren von elliptischem Umriß in der Mitte. — Schraubebänder fehlen den Gefäßen. Gegen den Schluß der Wachstums-Periode

werden kleinere Gefäße erzeugt, die häufig entweder allein oder mit Tracheiden in Radial-Reihen geordnet sind; die Zahl der Glieder in diesen Reihen ist durchschnittlich etwas größer, als in denen der älteren Teile des Jahresringes (Taf. I Fig. 32).

Angaben über die mittlere Länge und Weite der Gefäße werden im statistischen Teile der Untersuchung mitgeteilt werden.

Tracheiden finden sich nur in verhältnismäßig geringer Zahl und zwar hauptsächlich in der äußeren schmalen Zone des Jahresringes; sie werden also erst kurz vor dem Abschlusse des Wachstums erzeugt. Meist haben sie geringeren Durchmesser als die Gefäße, aber etwa die gleiche Länge. Ihre Tüpfel sind wie die der Gefäße behöft oder einfach. Auch den Tracheiden fehlen die Schraubenbänder.

b) Das mechanische System.

Die Holz z e l l e n. Sie bilden die einzigen Vertreter dieses Systems. Ihre Formen geben die Figuren 1 und 2 auf Tafel I wieder. Sie sind gerade oder schwach gebogen, an den Enden gewöhnlich gleichförmig lang zugespitzt, so in dem in Fig. 1 dargestellten Beispiele. Daneben kommen häufig Gestalten vor, an denen die Enden sich von einem bestimmten Punkte an fast plötzlich verjüngen. Hier und da gewahrt man auch gegabelte Enden. Die Wände sind verhältnismäßig reich getüpfelt. Die Tüpfel selbst sind klein, behöft mit spaltenförmigem Porus, der nur einen kleinen Winkel mit der Längachsen der Zelle bildet. Die mittlere Dicke der Wände ist in Fig. 2 Taf. III angegeben. Die hier dargestellten beobachtet man auf dem ganzen Querschnitt mit Ausnahme von seiner schmalen Herbstzone. Hier haben die Zellen einen radial kürzeren Durchmesser; sie erscheinen wie abgeplattet, und es sind ferner ihre Wände beträchtlich dünner, als in den älteren Teilen des Ringes.

Die Holzfasern bilden meist radial geordnete Reihen; ihre Spitzen weichen sich gleichsinnig aus. Daß diese Ordnung durch die Gefäße häufig gestört wird, versteht sich von selbst. Doch kommen nicht selten auch fern von Gefäßen Zellengruppen vor, in denen die Anordnung unregelmäßig ist, offenbar infolge des ungleichsinnigen Ausweichens der Enden.

Wohl zu beachten ist, daß die Holzfasern der letzten Jahresringe Stärke führen. Die Körner füllen die Zellen dicht an, sind zusammengesetzt und verhältnismäßig groß, verglichen mit den kleineren der Ersatzfasern und des Strahlenparenchyms.

c) Das parenchymatische System.

Holzparenchym und Ersatzfasern. Nach *Solereider* ¹⁾ ist das Holzparenchym der Salicineen wenig entwickelt. Aehnlich äußert sich *Strasburger* ²⁾: „Das Holzparenchym, beziehungsweise, soweit die Cambiumzellen ungeteilt blieben, die den Holzparenchymzellen durchaus entsprechenden Ersatzfasern, folgen nur in vereinzelt Zellenzügen den Gefäßwänden, vornehmlich an deren cambiumwärts gerichteter Seite. Außerdem bilden Holzparenchymzellen und Ersatzfaserzellen, in Gestalt von mehr oder weniger zusammenhängenden, vorwiegend einschichtigen Bändern, die äußere Grenze der Jahresringe“ (a. a. O. S. 208).

Strasburger untersuchte *S. viminalis*; für diese Art gilt das eben Angeführte. Nach unseren eigenen Beobachtungen verhalten sich die Arten verschieden. Für uns kommen hauptsächlich zwei Arten in Betracht, *S. fragilis* und *elegantissima*.

Bei *Salix fragilis* finden sich keine Zellen, die man bestimmt als Holzparenchym hätte bezeichnen können. Was man auf tangentialen Längenschnitten als solche zu gewahren glaubt (vgl. die beiden Figuren 18 und 24 und noch die längere Zellenreihe Fig. 23 Taf. I), sind, soweit wir wahrgenommen, immer Markstrahlen, die gänzlich oder beinahe gänzlich aus stehenden Zellenformen zusammengesetzt sind. Sie können leicht den Schein erwecken, als handle es sich um Holzparenchym, allein sowohl die radialen Längenschnitte als vor allem die Untersuchung des mazerierten Gewebes lassen über das Verhältnis keinen Zweifel.

Wohl aber sind, wenn auch nicht in großer Zahl, Ersatzfasern vorhanden. Ihre Gestalt ist sehr verschieden; unsere Figuren 7, 8, 9 und 10 auf Taf. I führen eine Reihe davon vor Augen. Die Enden der Zellen sind meist abgerundet, selten zugespitzt, wie bei Holzzellen, von denen sie sich dann schwer unterscheiden lassen. Ihre Wände sind dünn, was an mazerierten Zellen nicht so deutlich hervortritt als auf Schnitten. Die Tüpfelung ist reicher, als bei den Holzzellen. Hier und da sieht man auch konjugierte Formen. Eigentümlich sind bei manchen die Enden ausgebildet. Sie laufen in zarte Fortsätze von verschiedener Länge und Form aus, an denen die Wände zarter sind, als an dem eigentlichen Zellenkörper. Die Fig. 3, 11, 13 und 14 auf Taf. I zeigen einige solcher Formen. Fig. 3 gibt

1) *Solereider*, H., Ueber den systematischen Wert der Holzstruktur bei den Dikotyledonen. Inaug.-Dissertation. München 1885. S. 259.

2) *Strasburger*, E., Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. Jena 1891. S. 208.

ein kurzes derartiges Ende, die Fig. 13 und 14 geben längere Bildungen wieder. Besonders diese sind auffallend; sie haben auf einer oder auf beiden Seiten fast wellenförmigen Verlauf; die Wand der einen ist gleichmäßig zart, die der zweiten auf der einen Seite stärker, als auf der andern. — Die Gestalt dieser Enden, besonders aber ihre Wanddicke, legen die Annahme nahe, daß sie erst nachträglich, gewissermaßen durch eine Art „eruptiven“ Wachstums, entstanden seien. Bestimmte Beobachtungen zur Entscheidung dieser Frage wurden noch nicht angestellt. Soweit uns bekannt, sind solche Formen von Holzparenchymzellen bisher nicht wahrgenommen und beschrieben worden.

Die Fig. 15 und 16 Taf. I geben zwei kurze Zellen wieder, die ihrer ganzen Beschaffenheit nach ebenfalls zu den Ersatzfasern zu rechnen sind; auch die eine von ihnen hat einen feinen langen Fortsatz erzeugt. Die in Fig. 12 dargestellte Zelle gehört gleichfalls hierher.

Anders als *S. fragilis* verhält sich *S. elegantissima*. Diese Form bildet Holzparenchymzellen und zwar ziemlich häufig. Es kommen sowohl solche vor, in denen sich die Cambiumzelle nur einmal geteilt hatte, als solche, in denen zwei oder drei Querwände aufgetreten waren. Ihr Ort ist verschieden. Man gewahrt sie an Gefäßen und zwischen Holzzellen; sie können als Fortsetzungen der Markstrahlencellreihen auftreten, von denen sie sich hier meist unschwer unterscheiden lassen.

Die Markstrahlen. Das Strahlengewebe der Saliceen ist wiederholt untersucht worden und hat für die Kenntnis dieses Gewebes überhaupt einige Bedeutung erlangt.

Nachdem *de Bary*¹⁾ zuerst auf den Unterschied zwischen den beiden Formen, die man dann als stehende und liegende Strahlen bezeichnet hat, hingewiesen, hat *Paul Schulz*²⁾ sie an den Saliceen näher untersucht. Er stellte fest, daß die einen in radialer Richtung (den Zweig aufrecht gedacht) lang, in vertikaler niedrig sind, die andern dagegen radial kürzere und vertikal größere Länge haben. Diese nehmen besonders auf dem Querschnitte die Enden der Strahlen, jene deren mittlere Region ein; doch können die stehenden auch an beliebigen Orten zwischen den liegenden auftreten: kurze Strahlen bestehen oft nur aus stehenden Zellen. *Schulz* beschreibt ferner die Verschiedenheit der Tüpfel der beiden Zellen-

1) *de Bary*, A., Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane. Leipzig 1877. S. 501.

2) *Schulz*, *Paul*, Das Markstrahlengewebe und seine Beziehungen zu den leitenden Elementen des Holzes. Jahrb. d. K. botanischen Gartens zu Berlin. Bd. II. 1883. S. 225.

formen: Die stehenden bilden größere Tüpfel da, wo sie an Gefäße grenzen. kleinere und spärliche da, wo sie mit Holzzellen in Berührung treten. Den liegenden Strahlen fehlen die großen Tüpfel gänzlich.

Von neuem und sehr sorgfältig wurden die Markstrahlen von *Kny*¹⁾ untersucht. Seine Angaben sind für uns um so wichtiger, als sie sich hauptsächlich gerade auf *S. fragilis* beziehen. In der Arbeit wird eingehend die Verbreitung, der Ort der beiden Zellenformen besprochen, sodann die Tüpfelung; es wird die Tatsache festgestellt, daß die stehenden Strahlen geringere Wandstärke haben, als die liegenden, und es wird weiter nachgewiesen, daß zwischen den Stockwerken der stehenden Strahlen die kleinen Interzellularen fehlen, die zwischen den Reihen der liegenden vorhanden sind.

Die von *Schulz* und *Kny* gewonnenen Erfahrungen wurden bestätigt und in einigen Punkten ergänzt von *Strasburger*. Dieser richtet den Blick hauptsächlich auf die verschiedenen Aufgaben, welche den beiden Zellenformen im Haushalte der Pflanze zukommen. Ueber diese Frage, mit deren Beantwortung schon *Schulz* und besonders *Kny* sich befaßt hatten, wolle man die Arbeiten der Genannten selbst vergleichen.

Damit wenden wir uns zu unseren eigenen Beobachtungen.

Um dem Leser, der mit der Anatomie der Weiden nicht vertraut ist, und dem die angegebenen Arbeiten, besonders die *Kny*sche nicht zur Hand sind, die Formunterschiede vor Augen zu führen, wurden die halb-schematischen Fig. 21 und 25 Taf. I hergestellt, die bloß die Umrisse der Zellen, diese aber mit der Kamera genau gezeichnet, wiedergeben. Die beiden Formen sind auf dem radialen Längenschnitt meist leicht zu unterscheiden, schwieriger aber, oft auch gar nicht, auf dem tangentialen, da die Höhe der stehenden Strahlen sehr ungleich ist und darin die kurzen von den liegenden wenig abweichen. Um näheren Einblick in das Größenverhältnis der beiden Zellformen zu erhalten, wurde die Höhe und die radiale Länge von je 100 Zellen der beiden Formen gemessen. Bei den leicht und sicher erkennbaren liegenden Strahlen diente dazu mazeriertes Gewebe, in dem man unschwer zusammenhängende Zellenplatten freilegen kann; die stehenden dagegen wurden aus dem angeführten Grunde nach radialen Längenschnitten gezeichnet und gemessen. Man nahm dazu Gruppen von je 50 Zellen des 10. Jahresringes von verschiedenen Orten. Die Vergrößerung war 240fach (Comp. Oc. 6 und Apochr. 8,0 mm von Zeiss). Die Maß-

1) *Kny, L.* Ein Beitrag zur Kenntnis der Markstrahlen dikotyler Holzgewächse. Berichte der Deutschen bot. Gesellschaft. Bd. VIII. Berlin 1890. S. 176 ff.

einheiten sind mm; die Messungen geben nur Werte bis zu 0,5 mm an. Das Ergebnis war folgendes:

a) **Liegende Strahlen.**

	Mittlere Länge	Mittlere Höhe	Geringste Länge	Größte Länge	Geringste Höhe	Größte Höhe
1. Gruppe . . .	23,2	3,38	14	32	2	5
2. Gruppe . . .	23,3	3,2	12,5	35	2	4,5

Wie man sieht, weichen die Zahlen der beiden Gruppen so wenig von einander ab, daß die Annahme begründet ist, weitere Messungen würden keine wesentlichen Abweichungen ergeben. Zieht man die beiden Gruppen zusammen, so erhält man für die Zellen der liegenden Strahlen eine mittlere Länge von 23,2 Einheiten

„ „ Höhe „ 3,3 „

b) **Stehende Strahlen.**

	Mittlere Länge	Mittlere Höhe	Geringste Länge	Größte Länge	Geringste Höhe	Größte Höhe
1. Gruppe . . .	5,3	8,8	3	10,5	3,5	13,5
2. Gruppe . . .	5,5	7,9	2	8,5	5	15

Auch in diesen Gruppen sind die Längen der Zellen fast übereinstimmend; die Höhen dagegen weichen fast um eine Einheit von einander ab. Zusammen genommen ergeben die beiden Gruppen

eine mittlere Länge von 5,4 Einheiten

„ „ Höhe „ 8,3 „

Soviel über die Länge und Höhe der beiden Zellenformen der Markstrahlen. Zu den beiden Reihen von Messungen wurden nun die Verbreitungs-Polygone hergestellt. Wir besprechen sie im statistischen Teile unserer Arbeit, auf den daher verwiesen sei.

Ein für unsere spätere Untersuchung wichtiger Gegenstand ist das Verhältnis, in dem die Menge der Markstrahlencellen zu der aller prosenchymatischen Elemente steht. Um es zu bestimmen, könnte man versuchen, an mazeriertem Gewebe die beiden Zellenformen einfach zu zählen. Um aber auf diese Weise nur einigermaßen brauchbare Werte zu gewinnen, wären sehr viele Zählungen erforderlich; sodann aber würde das Material insofern einige Schwierigkeit bereiten, als auch bei starker Mazeration leicht Gewebestücke ungetrennt bleiben, ihre Bestandteile somit nicht mitgezählt werden könnten. Ließen sich diese Hindernisse bei normal gebautem Gewebe vielleicht noch überwinden, bei abnormem Holzbau,

bei Gewebe mit „Knäueln“ wäre es gewiß nicht möglich. Auf Versuche, durch solche Zählungen Einblick in das unter den Gewebeformen bestehende Zahlenverhältnis zu gewinnen, wurde daher verzichtet. Es konnte dies um so mehr geschehen, als für unsere Aufgaben eine annähernd richtige Kenntnis des Verhältnisses, in dem die beiden Gewebeformen zu einander stehen, genügt. Diese aber läßt sich un schwer durch Bestimmung der auf die — in tangentialer Richtung genommene — Breiteneinheit eines Millimeters kommende Zahl der Markstrahlen, sowie der die einzelnen Strahlen zusammensetzenden Zellenreihen erlangen. Die so für den Querschnitt ermittelten Zahlen geben in Verbindung mit den Bildern, die der tangentiale Längenschnitt gewährt, eine ausreichende Kenntnis des fraglichen Verhältnisses.

Wir teilen nun eine Reihe solcher Zählungen mit, die für den Umfang des Holzkörpers drei- und vierjähriger Zweige gewonnen wurden. Die einzelnen Stücke wurden ganz beliebig herausgegriffenen Stellen des Querschnittes entnommen. Daß die Zweige durchaus normalen Bau hatten, braucht kaum erwähnt zu werden. Alle Strahlen waren einreihig.

Breite des Querschnittes in mm	Zahl der Markstrahlen	Zahl der Strahlen auf 1 mm
2,2	23	10,4
1,6	16	10
2,1	26	12,4
1,4	18	12,8
1,4	16	11,4
3,5	43	12,3
2,5	29	11,6
2,4	30	12,5
17,1	201	11,7

Auf die Breite von 17.1 mm kommen also 201 Strahlen, auf die Breite von 1 mm 11.7 Strahlen. Es versteht sich von selbst, daß dies nur ein Näherungswert ist. Man braucht nur daran zu erinnern, daß die Grenzen der Schnitte auch bei Anwendung scharfer Messer kleine Unebenheiten zeigen, die die Zählung erschweren. Doch sind diese Fehler im ganzen belanglos. Daß unser Mittelwert sich aber von dem wahren nicht weit entfernt, lehrt ein Blick auf das Verhältnis der einzelnen Mittelwerte zu dem allgemeinen.

11,7

10	10,45	11,4	11,6	12,3	12,4	12,5	12,8
— 1,7	— 1,25	— 0,3	— 0,1	+ 0,6	+ 0,7	+ 0,8	— 1,1

Die obere Zahlenreihe gibt die einzelnen Mittelwerte wieder, die untere stellt deren Abweichungen vom allgemeinen Mittelwerte dar. Die einzelnen Werte ordnen sich symmetrisch um den allgemeinen Mittelwert an. Die Summe der Abweichungen auf der linken Seite beträgt 3,35, die auf der rechten 3,2. Diese Zahlen begründen die Annahme, daß unser Näherungswert brauchbar ist.

Salix elegantissima ¹⁾.

Die zweite Weidenart, deren Holzkörper näher untersucht wurde, ist die in der Ueberschrift genannte.

Der Bau des Körpers gleicht, wie nicht anders zu erwarten, in allen wesentlichen Punkten dem der *S. fragilis*. Am Querschnitte fällt jedoch alsbald der durchschnittlich geringere Umfang der einzelnen Gefäße auf und, damit zusammenhängend, der geringere Anteil, den die Gefäße an der gesamten Fläche des Querschnittes nehmen. Die beiden Figuren 32 Taf. I und Fig. 4 Taf. V führen das Verhältnis vor Augen. Fig. 32 Taf. I gibt, wie früher erwähnt, nur einen Teil des Jahresringes wieder, Fig. 4 dagegen den ganzen Ring. An dieser tritt auch die Frühjahrszone in der Größe der Gefäße deutlich hervor. Ihre Gestalt weicht sonst von der bei *S. fragilis* beobachteten nicht ab. (Vgl. die Fig. 4, 5 und 6 Taf. I.)

Die eben erwähnten Unterschiede in dem Anteil, den die Gefäße an der Querschnittsfläche nehmen, sind offenbar auf das Wachstum der Bäume zurückzuführen. *S. fragilis* bildet einen großen, reich verzweigten Stamm, dessen hängende Zweige mit einer Fülle verhältnismäßig großer Blätter besetzt sind, die eine bedeutende Verdunstungsfläche darstellen. *S. elegantissima* dagegen erzeugt nur kleine Kronen ²⁾: die zarten Zweige führen kleinere Blätter, deren Verdunstungsfläche kleiner ist. Diese Verschiedenheit spricht sich im Bau deutlich aus.

Daß die Tracheiden sich ebenso verhalten, wie die Gefäße, darf man bestimmt annehmen. Dem Eindruck nach sind auch die Holzzellen kleiner, als die der *S. fragilis*. Messungen darüber wurden jedoch nicht ausgeführt. In der Form weichen sie von den dieser Art eigenen nicht ab. (Fig. 1 und 2 Taf. I.)

1. Ob dieser von *C. Koch* aufgestellten Art wirklich Artcharakter zukommt, ist zweifelhaft. Man sehe darüber die Bemerkungen *Kochens* in seiner deutschen Dendrologie, Stuttgart 1893, S. 91 Anm. Die Form gehört in den Amygdalina-Kreis und steht der *S. babylonica* nahe.

2. Die Kronenbäumchen selbst erhält man dadurch, daß man Reiser auf Stämme aufrecht wachsender Arten pflanzt

Zu beachten ist, daß, wie früher schon hervorgehoben, *S. elegantissima* Holzparenchymzellen bildet.

Die Markstrahlen.

Zur Ergänzung der bei *S. fragilis* gewonnenen Zahlen wurden auch bei *S. elegantissima* einige Bestimmungen ausgeführt. Man wählte zwei kräftige dreijährige Zweige und zählte die Strahlen am Rande des letzten Ringes.

1. Zweig.		
Breite des Querschnittes in mm	Zahl der Markstrahlen	Zahl der Strahlen auf 1 mm
2,0	31	17
1,63	31	19
1,51	27	17,5
1,81	33	18,2
1,81	35	19,3
1,81	33	18,2
10,60	193	18,2

2. Zweig.		
Breite der Querschnitte	Zahl der Markstrahlen	Zahl der Strahlen auf 1 mm
2,25	31	15,5
1,66	28	16,7
2,0	31	15,5
1,9	33	17,5
2,9	52	17,9
1,53	26	17,5
12,21	204	16,7

Zieht man die an den beiden Zweigen ermittelten Zahlen zusammen, so ergeben sich folgende Werte.

Breite der Querschnitte	Zahl der Markstrahlen	Zahl der Markstrahlen auf 1 mm
10,60	193	18,2
12,21	204	16,7
22,84	397	17,45

Alle Strahlen waren auch hier einreihig.

Eine weitere Reihe von Zählungen führte mein Assistent, Herr Dr. *Layh*, aus. Er fand, auf die Breite eines Millimeters bezogen, die Durchschnittszahlen 18,6; 17,5; 18,3; 16,6; 17,6; 16,4.

Das Mittel aus diesen sechs Zahlen beträgt 17,5, das von dem eben gewonnenen so gut wie nicht abweicht. Auch diese Strahlen waren sämtlich einreihig. Herr *Layh* bestimmte ferner bei seinen Messungen und

Zählungen die Breite des Gewebes zwischen den Markstrahlen, diese also nicht gerechnet.

Er fand für den kleinsten Zwischenraum	0,0137 mm
.. .. „ .. „ größten	0,1157 „
.. .. als mittlere Breite	0,0537 „

Um auch die mittlere Breite des Strahles zu bestimmen, wurden 12 auf dem tangentialen Längenschnitte bei 320facher Vergrößerung gemessen. Es ergaben sich die Einheiten in mm:

3,5; 3,52; 3,5; 4,0; 3,5; 3,5; 3,75; 3,5; 3,0; 4,25; 3,0; 3,5.

Das Mittel hieraus beträgt $3,52 = 0,011$ mm. Wie sich aus dem vorhin Angeführten ergibt, ist die Zahl der Markstrahlen hier größer, als bei *S. fragilis*; der Unterschied ist beträchtlich, er beträgt fast $\frac{1}{3}$ mehr, als bei jener Art. Offenbar handelt es sich dabei um Arteigentümlichkeiten. Weitere Arten wurden bisher nicht vergleichend untersucht.

Statistische Untersuchung.

Den Arbeiten *Sanios*¹⁾ verdanken wir die Kenntnis der Gesetzmäßigkeit, welche das Wachstum der Holzelemente in den aufeinander folgenden Jahresringen beherrscht. Der ausgezeichnete Histologe legt die Ergebnisse seiner Untersuchung in fünf „Gesetzen“ nieder, deren drei erste wir hier ihrer Bedeutung halber wörtlich anführen.

1. „Die Holzzellen nehmen in den Stamm- und Astteilen überall von innen nach außen durch eine Anzahl von Jahresringen hindurch zu, bis eine bestimmte Größe erreicht ist, welche dann für die folgenden Jahresringe konstant bleibt.“

2. „Die endliche konstante Größe der Holzzellen ändert sich im Stamm (Hochstamm) in der Weise ab, daß sie stetig von unten nach oben zunimmt, in bestimmter Höhe ihr Maximum erreicht und dann nach dem Wipfel zu wieder abnimmt.“

3. „Die endliche Größe der Holzzellen in den Aesten ist geringer, als im Stamm, hängt aber von diesem in der Weise ab, daß diejenigen Aeste, welche in solcher Stammhöhe entspringen, in der die Holzzellen größer sind, auch größere Zellen haben als die Aeste, welche an solchen Stammhöhen entspringen, an denen die konstante Zellengröße eine geringere ist.“

Vom vierten Gesetz sei noch der erste Satz beigefügt.

1) *Sanio*, K., Ueber die Größe der Holzzellen bei der gemeinen Kiefer. Pringsh. Jahrb. Bd. 8. 1872. S. 401 ff.

4. „Auch in den Aesten nimmt die konstante Größe in den äußeren Jahresringen nach der Spitze zu, um dann wieder zu fallen.“

Das fünfte Gesetz, das die Zellen der Wurzeln betrifft, dürfen wir hier beiseite lassen, führen aber aus den späteren Untersuchungen *Sanios* noch Folgendes an. Die erwähnten Gesetze wurden zunächst lediglich auf Grund der an den Tracheiden der *Pinus silvestris* angestellten Beobachtungen abgeleitet, später aber durch die Untersuchung dikotyler Hölzer ergänzt. Die Elemente von 9 Arten folgen im wesentlichen den für *Pinus* aufgestellten Regeln. Ihre Holzzellen und Gefäße nehmen in den aufeinander folgenden Jahresringen an Länge zu. Nur zwei Arten, *Berberis vulgaris* und *Mahonia aquifolium* bilden Ausnahmen. — An dem Stamm der *Betula pubescens* wurde auch die Länge der Holzzellen und Gefäße des äußersten Jahresringes auf den verschiedenen Stammhöhen gemessen. Es fand sich, daß sie etwa bis zu halber Höhe zunehmen, von da an aber abnehmen. — In dieser Arbeit macht *Sanio* auch eine wichtige Bemerkung über die Cambiumzellen. Auch sie verlängern sich, wie für einen Fall festgestellt wurde, von Jahr zu Jahr allmählich, doch ist die Zunahme nicht beträchtlich. Etwas unbestimmt lautet eine Angabe über die Zellen der *Caragana arborescens*. Aus den Beobachtungen wird geschlossen, daß sie im 24. Jahresringe nicht kürzer waren, als im ersten.

Soweit wir gesehen, führt *Sanio* nicht an, auf wieviel Messungen sich seine einzelnen Zahlenangaben und die daraus abgeleiteten Gesetze stützen. Der statistische Betrachter empfindet diesen Mangel als Lücke in der so wertvollen Untersuchung.

Die Arbeiten *Sanios* wurden fortgesetzt und erweitert von *Schulze*¹⁾. Er dehnt die Untersuchung auf weitere Koniferen und auf eine Reihe dikotyler Bäume und Sträucher aus. Bei diesen mißt auch er Gefäße und Holzzellen. Auf Grund seiner Beobachtungen bestätigt er im allgemeinen die von *Sanio* aufgestellten Regeln. Eine willkommene Ergänzung bilden seine Messungen der Zellen desselben Jahresringes. Er findet, daß die Tracheiden der Koniferen und Librifasern der Laubbäume von innen nach außen bis zu einer gewissen Größe zunehmen. Bei Nadelhölzern sind stets die im Herbste erzeugten Zellen länger, als die Frühjahrszellen. Bei Laubhölzern kommen zwei Fälle vor: Es können die Herbstzellen durchgängig größer sein, als die Frühjahrszellen; oder es können die im Herbste entstehenden Zellen anfänglich größer, dann ihnen aber gleich

1) *Schulze, Ewald*, Ueber die Größenverhältnisse der Holzzellen bei Laub- und Nadelhölzern. Inaug.-Dissert. Halle-Wittenberg 1882.

oder sogar kleiner werden. — Die Gefäße nehmen im Alter meist an Länge zu.

Hiernach würde die Länge der Holzzellen bis zu ihrem Höhenpunkte in graphischer Darstellung im einen Falle eine einfach und stetig zunehmende, im andern dagegen eine wellenförmige, mit kleinen Maximis und Minimis versehene, im ganzen aber auch aufsteigende Linie bilden.

Schulze legt sich ferner die auch schon von *Sanio* behandelte Frage vor, wie die Zellen in den verschiedenen Stammhöhen, ob gleich oder ungleich, wachsen. Seine Messungen führen ihn zu dem Schlusse, daß die Maximalgröße in den unteren und oberen Stammteilen niedriger ist, als in der Mitte: sie nimmt von unten nach oben zu und dann wieder langsam ab. Ferner: Es wird das Maximum in der Mitte des Stammes schnell erreicht, ebenso erfolgt die Abnahme nach oben schnell, während die weitere Zu- und Abnahme unten und oben langsamer vor sich geht.

In den Aesten verhält sich die Größenzunahme der Zellen ähnlich wie im Stamm. Im allgemeinen ist die Größe am Grunde des Astes geringer, als an der Ansatzstelle im Stamme. Sie ist größer in den Aesten und Zweigen da, wo das mütterliche Organ längere Zellen führt, als an den Orten, wo die Zellen des tragenden Organes kleiner sind.

Hervorzuheben ist auch, daß *Schulze* seine einzelnen Angaben stets auf 20 Messungen stützt. Soviel aus den Untersuchungen *Sanios* und *Schulzes*. Bei den Angaben über den Bau der Aeste ist ein Punkt leider nicht beachtet worden: Der Winkel, den die Glieder mit dem Erd-Radius bilden. Soweit es sich um *Picea excelsa* handelt, ist die Richtung der Glieder ungefähr gegeben. Anders aber ist es bei *Pinus silvestris* und vollends bei den Laubbäumen. Die Frage, ob hier die Astriichtung für das Wachstum seiner Zellen von Bedeutung sei, ist gewiß zu beachten. Wir werden in der Folge auf diesen Gegenstand unseren Blick richten.

Hiernach wenden wir uns den eigenen Untersuchungen zu.

In den eben besprochenen Arbeiten wird angegeben, daß die für die einzelnen Jahresringe gewonnenen Zahlen Durchschnittswerte seien, die die mittlere Länge darstellen. Der Grenzen, innerhalb deren die Zahlen sich bewegen, aus denen die Mittelwerte gezogen wurden, wird nirgends gedacht. Aus den gegebenen Zahlenreihen darf man schließen, daß die einzelnen Zahlen den Mittelwerten wahrscheinlich nahe kommen, und daß die abgeleiteten Gesetze im allgemeinen der Wahrheit entsprechen werden. Wie genau aber die Mittelwerte sind, ob sie durchschnittliche und zugleich die am häufigsten vorkommenden bedeuten, auf diese Fragen geben die

Reihen keine Antwort. Um hierüber Klarheit zu erlangen, bedarf es neuer Untersuchungen, die statistischer Natur sein müssen, und die den Gegenstand unserer Arbeit bilden, zu der wir uns nunmehr wenden.

Ueber das Messen.

Den Angaben über die Ergebnisse unserer Messungen senden wir einige Bemerkungen über das Verfahren, nach dem sie gewonnen wurden, voraus.

Zeiß:	Okular 4			Okular 6		
	Objektiv Brenn- weite 16 mm	Objektiv Brenn- weite 8 mm	Objektiv Brenn- weite 4 mm	Objektiv Brenn- weite 16 mm	Objektiv Brenn- weite 8 mm	Objektiv Brenn- weite 4 mm
A p o c h r o m a t e						
Zeichenbrett	78,1	164,0	310,9	109,6	229,9	440,0
Tisch	98,63	207,75	400,0	139,4	292,26	561,8

Mit Zeichenapparat Zeiß: 2225. Objektmikrometer Zeiß (B 40 f). Tubus nicht ausgezogen (d. h. 136 + Revolverlänge).

Spiegel unter 45° geneigt.

Mittel aus je 6 Messungen.

Unsere sämtlichen eigenen Messungen — und diese bilden bei weitem die Mehrzahl — wurden mit einem Zeiß'schen Mikroskope und zwar, wie sich von selbst versteht, bei derselben Vergrößerung ausgeführt. Als Objektiv diente ein Apochromat mit 16 mm Brennweite, als Okular das Kompensations-Okular 4. Die Bilder der zu messenden Zellen wurden mit einem Zeiß'schen Zeichenapparat auf ein gerades Zeichenbrett übertragen, das eine Höhe von 8,8 cm hatte, diese vom Arbeitstische aus gerechnet. Der Spiegel wurde auf 45° Neigung zum Brett eingestellt. Die Vergrößerung betrug 78,1, also ziemlich genau 78. Die Güte der Zeiß'schen Linsen und des Zeichenapparates begründen die Annahme, daß mit ihrer Anwendung keinerlei Instrumental-Fehler verbunden sind, die, wenn vorhanden, als systematische auftreten würden.

Eine Fehlerquelle könnte aber in der Stellung des Spiegels liegen. Auch bei sorgfältiger Einstellung wird es nicht zu vermeiden sein, daß seine Neigung zuweilen um ein Geringes von 45° abweicht. Zu dem Zwecke angestellte besondere Messungen lehrten aber, daß die durch die kleinen Abweichungen hervorgerufenen Fehler so gering sind, daß sie nicht in Betracht kommen.

Unter den Holzzellen wurden nur die geraden oder annähernd geraden Formen zum Messen gewählt. Da es sich nur um die Bestimmung ihrer Länge handelte, so zeichnete man nicht ihren ganzen Umriß, sondern deutete bloß die Enden durch kurze, dünne Querstriche an, die mit einem harten Bleistifte gezogen und dann durch eine Längelinie verbunden wurden. Dicke Striche vermied man, da sie beim Messen mit einer Schätzung verbunden sind, die die Bestimmung unsicher macht.

Beim Ziehen eines Querstriches achtete man darauf, daß das Auge sich möglichst senkrecht über dem Zellenende befand und daher parallaxtische Fehler vermieden wurden. Diese dürfen gewiß als ausgeschlossen betrachtet werden, wenn die Zellen, wie es gewöhnlich der Fall ist, flach auf dem Objektträger liegen. Ragt aber das eine Ende der Faser etwas empor oder hat sie schwach geneigte Lage, dann können Fehler der bezeichneten Art vorkommen, doch sind sie so klein, daß man sie vernachlässigen darf. Anders gestaltet sich die Sache, wenn die Zellen lang sind, wenn sie sich über einen beträchtlichen Teil des Gesichtsfeldes erstrecken und der Beobachter nicht imstande ist, senkrecht von oben auf die Enden zu blicken. Dann sind parallaxtische Fehler nicht zu umgehen. Sie treten in größerer Zahl, ja bei sehr langen Zellen vielleicht beständig auf und bilden nun systematische Fehler. Die Zellen werden also etwas länger erscheinen, als sie wirklich sind. Doch kann man auch diese Fehler unberücksichtigt lassen. Wenn die Länge der Zellen 100, 120 oder noch mehr Millimeter beträgt, was macht da ein Fehler aus, der sich auf kleine Bruchteile eines Millimeters beläuft? Immerhin, die Fehler sind vorhanden und dürfen nicht verschwiegen werden.

Alles eben Gesagte gilt in gesteigertem Maße, wenn die Größe der Gefäße zu bestimmen ist, bei denen es sich nicht bloß um die Länge, sondern auch um die Weite handelt. Hier wurde so verfahren, daß man den ganzen größten Durchschnitt der Zelle mit dem Prisma zeichnete und an der Figur die Länge und Weite feststellte. Als Länge rechnete man die Entfernung der beiden äußersten Enden, auch dann, wenn diese in sehr feine Spitzen ausliefen. Der Versuch, von diesen abzusehen und nur die Länge des weiten Gefäßteiles zu messen, wurde wegen der dabei nicht zu umgehenden, mehr oder minder unsicheren Schätzung aufgegeben. — Schwieriger ist die Bestimmung der Gefäßweite. Hat die Zelle die Gestalt eines Zylinders mit ungefähr gleicher Weite, dann genügt die Bestimmung des Querdurchmessers. Ist dagegen, wie es im krankhaften Gewebe häufig vorkommt, die Weite auf verschiedenen Höhen ungleich, dann ist man

genötigt, die mittlere Weite aufzusuchen. Das aber kann, wie ohne weiteres einleuchtet, nur durch Schätzung geschehen, die nun, je nach der Form des Organs, mehr oder weniger bestimmt oder unbestimmt ist. Übung gewährt auch hier wohl einige Sicherheit, aber über die mit jeder Schätzung verbundene Unsicherheit kommt man nicht hinaus.

Noch einen wichtigen Gegenstand haben wir zu berühren: Das Auge des Beobachters selbst. Der Verfasser darf sich eines gesunden und kräftigen Auges erfreuen; aber auch ein starkes Organ verhindert nicht, daß bei langem Messen, und dieses ist, wo es sich wie hier um große Zahlen handelt, nicht zu vermeiden, die Führung des Striches nicht immer gleich sicher bleibt. Die dann entstehenden kleinen Fehler aber, die sich besonders bei trübem Wetter nicht umgehen lassen, gehören in die Klasse der zufälligen und haben die gute Eigenschaft, daß sie sich selbst ausgleichen und daher die Richtigkeit der Ergebnisse nicht beeinträchtigen.

Aus allem Angeführten ersieht man, daß unsere Bestimmungen, soweit es sich um den mikroskopischen Teil der Arbeit handelt, mit einer Reihe von Fehlern behaftet sind, und daß die dabei gewonnenen Zahlen nur Näherungswerte bilden; daß die wahren Werte hier, wie in allen ähnlichen Untersuchungen, unbekannt sind und bleiben. Unsere Zahlen aber genügen der gestellten Aufgabe und gewähren Einblick in die Gesetzmäßigkeit, die aufzudecken wir bemüht sind.

Damit gelangen wir endlich zum Messen der einzelnen Zellenlänge mit dem Maßstabe.

Die Länge unserer Zellen bildet eine stetige Größenreihe. Zwischen den beiden äußersten Längen im einzelnen Jahresringe, der kleinsten und größten, gibt es alle möglichen Zwischenwerte, die bei der Messung einer unendlich großen Zahl von Beispielen eine fließende, durch alle möglichen Uebergänge verbundene Reihe darstellen würden. Beim Messen beschränkter Zellenreihen sind wir aber an diskrete Werte gebunden und haben bestimmte Maßeinheiten festzustellen, die als „Abrundungswerte“ im Sinne *Brunns'* dienen. Als solcher wurde das halbe Millimeter gewählt, da die gut gearbeiteten Zeiß'schen Glasmaßstäbe diese Länge noch zu bestimmen gestatten. Die halben Millimeter bilden also die „Wechselpunkte“. Jede Angabe kann erstens genau die Länge des halben Millimeters, sodann aber auch die Strecke von einem Viertel-Millimeter darüber oder darunter bedeuten; jeder Zahl entspricht also ein Wert aus dem Bereiche eines halben Millimeters.

Das statistische Verfahren.

Wie früher angegeben, bestand unsere ursprüngliche Aufgabe darin, die Veränderungen festzustellen, welche die verschiedenen Zellenformen, besonders die Holzzellen und Gefäße in dem krankhaften Körper der verkehrten Pflanze erfahren. Beim Verfolgen dieser Aufgabe ergab sich, daß ein einigermaßen befriedigender Einblick nicht ohne zahlreiche vergleichende Messungen erlangt werden kann. Schon die Untersuchung der ersten gewonnenen Zahlenreihen lehrte aber Verhältnisse kennen, wie sie bisher, soweit dem Verfasser bewußt, nicht beobachtet worden sind. So entstand die erweiterte Aufgabe, in die Gesetzmäßigkeiten einzudringen, die das Wachstum der prosenchymatischen Zellenformen des Holzkörpers unserer Bäume und Sträucher beherrschen. Freilich handelt es sich hier nur um einen ersten Versuch, dem aber, wie wir hoffen, weitere folgen werden.

Die Untersuchung knüpft zwar an die Längenmessungen *Sanios* und *Schulzes* an, geht aber darüber hinaus und nimmt statistischen Charakter an. Sie verfährt nach bekannten Methoden, besonders nach denen, die von *Fechner* in seinem nachgelassenen Werke über die Kollektiv-Maßlehre begründet und die in dem ausgezeichneten Werke des Leipziger Astronomen *H. Bruns* dargestellt und vor allem nach der mathematischen Seite weiter entwickelt worden sind. Nachdrücklich aber sei hervorgehoben, daß es sich für uns nur um Feststellung des Tatsächlichen, um die Ordnung der Ergebnisse und die unmittelbar daraus folgenden Schlüsse handelt; daß dagegen auf theoretische Erörterungen, als außerhalb dem Plane unserer Arbeit liegend, verzichtet wurde. Doch dürften unsere Zahlen mancherlei Stoff für theoretische Entwicklungen bieten. Die in diesem Teile unserer Arbeit behandelten Zellenformen, Holzzellen und Gefäße sind nach *Fechners* Bezeichnung Kollektiv-Gegenstände. Bei jenen bildet die Länge das „ordnende Merkmal“, bei diesen tritt zur Länge noch die Weite als zweites Merkmal. Da seine Abstufungen durch Messen numerisch bestimmt werden, so bezeichnen wir mit *Bruns* das ordnende Merkmal wie ähnliche mathematische Größen als „Argument“.

Um etwa möglichen Bedenken vorzubeugen, wurde zu unseren Hauptbestimmungen eine „reine“ Art, *Salix fragilis*, verwandt. Ein umfangreicher Baum im botanischen Garten, der nach ungefährender Schätzung 60—70 Jahre alt sein mag, lieferte die zu untersuchenden Aeste und Zweige. Diese Art bietet noch den Vorteil, daß ihre Stämme neben aufrechten

horizontale und abwärts gerichtete Zweige erzeugen, an denen sich der Einfluß der Lage auf das Wachstum feststellen läßt.

Zu den Messungen, die im Nachfolgenden als Hauptreihe bezeichnet werden sollen, diente ein Ast, der dem Baume in einer beträchtlichen Höhe entnommen wurde. Er war kräftig ausgebildet und fast senkrecht aufwärts gerichtet. Das zu untersuchende Gewebe stammte aus seiner mittleren Höhe. War der Jahresring mäßig oder schwach entwickelt, so wurde das Gewebe seiner ganzen Breite zur Mazeration verwandt; war er kräftig, so nahm man nur das Gewebe seines mittleren oder, wenn nötig, auch des äußeren Teiles. Die Holzstückchen wurden mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure so weit mazeriert, daß ein schwacher Druck mit der Nadel genügte, sie in ihre Bestandteile, einzelne Zellen oder kleine Gruppen, zerfallen zu lassen. Die so getrennten Teile des Gewebes wurden nun mit der Nadel sorgfältig gemischt, so daß man endlich ein möglichst gleichartiges Gemenge aller vorkommenden Formen vor sich hatte. Zwar läßt sich bei diesem Vorgehen nicht vermeiden, daß die eine oder andere Faser, eine kurze oder lange, bricht, ein Umstand, der aber an der Zusammensetzung des Gemenges nichts ändert. Hier haben wir die wichtige Frage zu erörtern, welche Beziehungen unter den Zellen bestehen, worauf ihre Verschiedenheit beruht, wie weit sie von einander abhängig oder unabhängig sind.

Die sämtlichen untersuchten Zellenformen gehen aus dem Cambium hervor. Wie wir später sehen werden, sind die Zellen dieses Bildungsgewebes selbst schon ungleich lang und befolgen eine bestimmte Verteilungsregel. Welche Ursachen diese Verschiedenheit bewirken, ist unbekannt. Man wird aber in der Annahme nicht irren, daß die von der einzelnen Zelle erreichte Länge und Weite durch zwei Bedingungen bestimmt wird: durch ihr eigenes, mit ihrem Bau gegebenes Wachstumsbestreben und durch die größeren oder geringeren Widerstände, denen sie bei den Nachbarzellen begegnet. Um sich von diesem Verhältnis zu überzeugen, verfolge man nur die Entwicklung eines der größeren Gefäße und sehe, wie die ganze Umgebung dadurch beeinflußt wird, und wie die Nachbarzellen wieder auf die Gestaltung des Gefäßes einwirken. Hier liegen die Gegensätze, die in dem Wachstumsbestreben der einzelnen Zelle und dem ihrer Nachbarelemente bestehen, klar vor Augen. Die Richtigkeit unserer Annahme wird dadurch nicht beeinträchtigt, daß die Zahl der Gefäße auf der Einheit der Querschnittsfläche beständig ist und selbst wieder auf einem höheren statistischen Gesetze beruht, also durch un-

bekannte Ursachen geregelt wird. — Wechselbeziehungen aber, wie wir sie für die Gefäße und ihre Umgebung annehmen, dürfen als allgemein zwischen allen wachsenden Zellenformen vorhanden angesehen werden.

Wie diese Dinge sich jedoch im einzelnen abspielen mögen, wissen wir nicht. Die Betrachtung des Gewebes gewährt keinen näheren Einblick. Doch mag erwähnt werden, daß die an Gefäße grenzenden Holzzellen und Ersatzfasern sehr häufig dieselbe Länge haben wie diese, oder nur wenig länger sind; eine Tatsache, die vielleicht durch das Wachstum der Gefäße bedingt wird. Es ist ferner anzuführen, daß zwar im allgemeinen die Fasern ungleiche Länge erreichen, daß sich oft aber auch Gruppen von ihnen gleichartig strecken. So sieht man nicht selten kleine Platten von Holzzellen, die sämtlich ungefähr dieselbe Länge haben. Was diesem Verhalten zugrunde liegt, läßt sich aus den räumlichen Verhältnissen, soweit sie sichtbar sind, nicht erschließen. Wie bekannt, geht die klassische Wahrscheinlichkeitsrechnung von der Voraussetzung aus, daß die von ihr der Zählung unterworfenen Gegenstände von einander unabhängig seien. Diese Forderung trifft für unsere Elemente, wie wir eben gesehen, nur in sehr bedingter Weise zu. Wir wissen im einzelnen Falle niemals, wie weit der Einfluß der Nachbarzellen auf die Gestaltung sich erstreckt hat, wie die endliche Form einer Zelle zustande gekommen ist. Allein bei der Lösung der von uns gestellten Aufgabe kommt dies nicht in Betracht. Hier handelt es sich nur darum, festzustellen, in welcher Häufigkeit die verschiedenen Zellenformen im fertigen Gewebe auftreten, gleichviel, wie sie entstanden sind. Beim Zählen treten sie uns wie unabhängig gegenüber, wir können daher das Urnenbeispiel auf sie anwenden und den Holzkörper als eine Urne betrachten, die unerschöpflich mit Zellen gefüllt ist, deren Gestalt, deren Länge und Weite innerhalb bestimmter Grenzen schwankt. Diese Grenzen zu bestimmen, sowie innerhalb derselben die Häufigkeit des Vorkommens der einzelnen Formen, ist das nächste Ziel, das wir im Auge haben. An seine Erledigung wird sich die weitere Frage knüpfen, ob und in welchem Maße sich die Häufigkeit der Formen im Holzkörper der verkehrten Pflanze ändert. Hier wie dort liegt also zunächst nur eine Häufigkeitsaufgabe vor. Erst wenn sie gelöst ist, kann versucht werden, in die physiologischen Ursachen einzudringen, die nun die Verteilungsregeln selbst bewirken. Uebrigens sei darauf hingewiesen, daß die neueren Wahrscheinlichkeits-Theoretiker, vor allem die deutschen, die ganze Wahrscheinlichkeitsrechnung einfach als eine Häufigkeitsrechnung auffassen. So besonders *Bruns*. Nach ihm „ist die Wahrscheinlich-

keitsrechnung ihrem mathematischen Inhalte nach lediglich eine Häufigkeitsrechnung“. In demselben Sinne äußerte sich in jüngster Zeit *Timmerding*.

Nach einleitenden Beobachtungen und Erwägungen wurde beschlossen, aus jedem einzelnen Jahresringe je 500 Zellen zu messen, die man den vorhin angegebenen Orten entnahm. Bald zu entwickelnde Gründe berechtigen zu der Annahme, daß diese Zahl unseren Aufgaben völlig genüge. In besonderen Fällen aber wurde sie auf 1000 gesteigert.

Die 500 Zellen des Ringes wurden nun nicht einheitlich und als Ganzes, sondern in Gruppen von je 50 gemessen. Zur Gewinnung jeder dieser Gruppen verwandte man ein besonderes Stückchen des mazerierten Gewebes. Dies geschah, um möglichst große Gewähr dafür zu erhalten, daß die Zahlen ein getreues Bild der Zusammensetzung des Ringes lieferten.

Die Werte jeder 50 Zellen ergaben nun die ersten „Urlisten“. Zu jeder von diesen wurde die kleinste und größte Länge angegeben und ferner das arithmetische Mittel, der Argument-Durchschnitt, bestimmt. Die 10 Teillisten bildeten nun die gemeinsame „Urliste“ der 500 Zellen des ganzen Ringes. Aus ihr wurde nun der allgemeine Argument-Durchschnitt und aus den Teillisten weiter die mittleren, kleinsten und größten Werte abgeleitet.

Um einen raschen Ueberblick über das Maß der Abweichungen der Mittelwerte der einzelnen Gruppen von dem allgemeinen Argument-Durchschnitt zu gewähren, ordnete man die Werte der Reihe nach nebeneinander und gab darunter die negativen und positiven Abweichungen an. Es genügt nun ein Blick, sich ein Urteil über den Bau des untersuchten Gewebes, seine größere und geringere Gleichartigkeit zu bilden. Aus der gemeinsamen Urliste stellte man die „primäre Verteilungstafel“ im Sinne *Fechners* her. Die sämtlichen vorkommenden Längen wurden in ihrer natürlichen Reihenfolge auf einer horizontalen Linie angeordnet und über jeder die Zahl ihres Vorkommens angegeben. Um nun aber die Leser, besonders die botanischen, nicht mit der Vorführung der Tausende von Zahlen zu ermüden, wurden die für die einzelnen Ringe gewonnenen Werte in bekannter Weise figürlich vor Augen geführt. Wir benutzten das überall käufliche Koordinaten-Papier, dessen einzelne Quadratseiten 2 mm messen. Der Versuch, Papier mit 1 mm-Teilung zu verwenden, wurde aufgegeben, da die Figuren zu klein und „unruhig“ waren; nur in einzelnen besonderen Fällen, in denen die Bilder es gestatteten oder erforderten, griff man zu diesem Papier. Auf der

Abszissen-Achse wurden nun die einzelnen Zellenlängen als x dargestellt und über jedem x die Zahl der Exemplare, in der es vorkommt, als das zugehörige y angegeben. Die Enden aller Ordinaten verband man nun durch Linien und gelangte so durch diesen Linienzug und das dazu gehörende Stück der x -Achse zum Bilde eines Polygons, das die Verteilung der Zellenformen im Ringe anschaulich vorführt. Die vergleichende Betrachtung der Polygone der aufeinander folgenden Ringe läßt dann leicht die Veränderungen erkennen, die in diesen stattfinden.

Allein diese Figuren sind mit einem Fehler behaftet. An den zu jedem x gehörenden y sind nur die ganzen Zahlen, nicht aber die Brüche aufgezählt. Das Bemühen, auch diese in den Polygonen auszudrücken, führte wieder zu sehr „unruhigen“ Bildern, und wurde daher nicht verfolgt. Die fraglichen Fehler aber sind unbedeutend. Man erwäge Folgendes. Die Zahl der Zellen mit halben mm unter den 500 eines Ringes ist sehr ungleich; es wurden bis zu 228, aber auch in einem Falle nur 114 gezählt, die sich ungefähr gleichmäßig über die y des ganzen Ringes verteilen. Nun messen aber die Zellen des ersten Ringes insgesamt mehr als 17 000, die des elften Ringes mehr als 35 000 Einheiten. Die Höhe der Ordinaten, die durch diese Zahlen dargestellt ist, verändert sich kaum, wenn man sie um die halben mm verlängert, die einigen unter den Zellen außer ihrer Länge in ganzen mm zukommen. Entsprechen einem x nur 10 y mit je 40 mm Länge, so würde die Höhe der von 400 Längeneinheiten gebildeten Ordinate nur wenig wachsen, wenn selbst 5 und mehr unter den Zellen 40,5 mm mäßen; die Höhe würde um 2 oder 3 Einheiten zunehmen, eine kaum bemerkbare Strecke. Unsere Vielecke geben daher fast getreue Bilder der Zellenbestandteile der Ringe.

Die Zahl der untersuchten Jahresringe der Hauptreihe beträgt 11; sie umfaßt die ersten 8, den 11. und den Ring vom Jahre 1910; ihnen wurde zuletzt noch der Ring des Jahres 1915 zugesellt, dieser aus später anzuführenden Gründen mit 1000 Messungen. Dazu kamen Kontroll-Bestimmungen des 1. und 5. Ringes mit je 500 Zahlen, sodann besondere Messungen über den Bau der Regionen des einzelnen Jahresringes der *Salix fragilis* und *S. alba vitellina pendula*, im ganzen etwa 10 000 Messungen.

Dem, was wir vorhin über die Darstellung der Verhältnisse im einzelnen Jahresringe sagten, haben wir noch eine Bemerkung über die von *Fechner* unterschiedenen Hauptwerte beizufügen. Die wichtigsten darunter sind drei: Der arithmetische Mittelwert, der Zentralwert und der dichteste Wert.

a) Der erste, von *Bruns* als Argument-Durchschnitt bezeichnete, Wert hat folgende Eigenschaften:

1. Er ist der Quotient aller in der Tafel vorkommenden Maßeinheiten durch die Zahl der Exemplare;
2. Die Summe der positiven Abweichungen von ihm ist gleich der Summe der negativen nach absolutem Werte;
3. Die Summe der Quadrate der Abweichungen von ihm ist kleiner, als von jedem anderen Werte, ist ein Minimum.

b) Der Zentralwert ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

1. Er hat eben so viele größere Maßeinheiten unter sich als über sich;
2. Es sind gleich viel positive und negative Abweichungen von ihm abhängig;
3. Die Summe der positiven und negativen Abweichungen von ihm nach absolutem Werte ist kleiner, als von jedem anderen Werte.

Der Zentralwert wird auch als „wahrscheinlicher“ Wert bezeichnet, da er gerade in der Mitte liegt, die Summentafel für ihn gleich demselben Umfange ist.

c) Der dichteste Wert endlich ist der mit der höchsten Ordinate.

Von den genannten drei Werten ist der arithmetische Mittelwert für uns der wichtigste. Er vor allem zeigt uns die Veränderungen an, die in der Reihe der Ringe vor sich gehen, und ist daher überall angegeben. Der Zentralwert kommt hier weniger in Betracht und wurde daher nur für einzelne Ringe abgeleitet. — Der dichteste Wert verhält sich in besonderer Weise und hat, wie wir sehen werden, in den Ringen sehr verschiedene Bedeutung.

Nummehr wenden wir uns zur Untersuchung der einzelnen Ringe.

1. Jahresring.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	36,4	21,5	55
2.	36,3	24,5	52
3.	36,3	23,5	46,5
4.	35,4	25	46
5.	32,4	21,5	47
6.	33,2	17	15
7.	33,2	20,5	44
8.	35,2	22	15
9.	35,4	19,5	47
10.	34	18	19
Arithm. Mittel	34,8	21,3	47,7

In der folgenden Reihe stellen wir nun, wie früher angegeben, die Mittelwerte der einzelnen Gruppen ihrer Größe nach zusammen und darunter die negativen und positiven Abweichungen vom allgemeinen Mittelwerte.

34,8

32,4	33,2	33,2	34	35,2	35,4	35,4	36,3	36,3	36,4
-2,4	-1,6	-1,6	-0,8	+0,4	+0,6	+0,6	+1,5	+1,5	+1,6

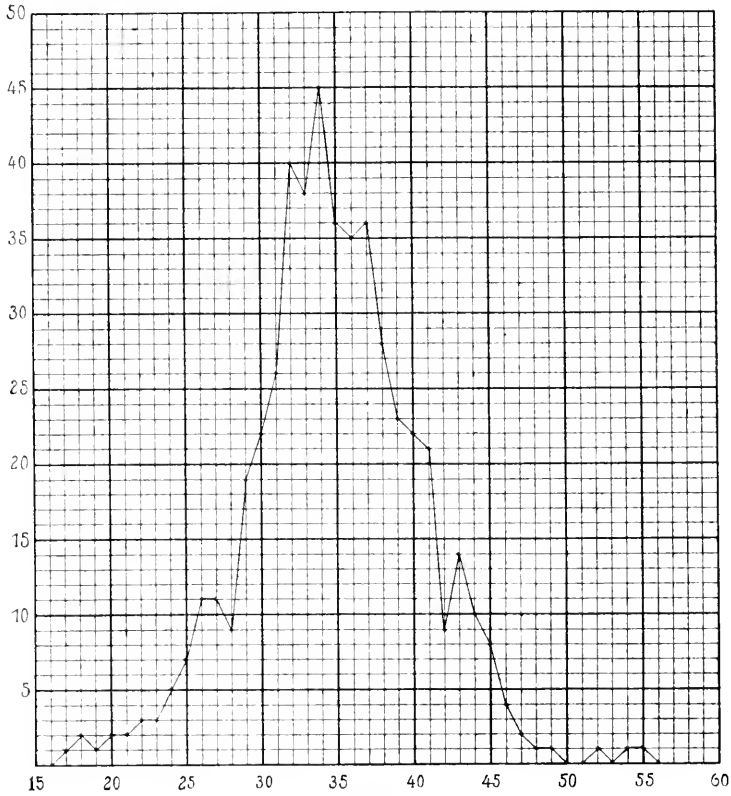


Fig. 1.

Die Summe der negativen Abweichungen beträgt 6,4, die der positiven 6,2. Wie man sieht, ordnen sich die Zahlen eng um den Argument-Durchschnitt. Ueberraschend ist die Tatsache, daß 3mal in je 2 Gruppen derselbe Mittelwert auftritt. Alles deutet auf größte Beständigkeit in der Zusammensetzung des Gewebes hin. Das zu den 500 Zellen gehörende Verteilungspolygon zeigt Fig. 1. Es ist ausgesprochen eingipfelig. Von dem hohen Gipfelpunkte fallen die beiden Seiten zunächst steil ab, sinken dann aber langsam bis zur Abszissen-Achse. Die Form ist asymmetrisch, die rechte Hälfte etwas umfangreicher, als die linke. Die höchsten und die

niedrigsten Zellenlängen sind nur sparsam vertreten. Nur die obere Hälfte führt 3 „leere“ Stellen.

Der Abänderungsspielraum umfaßt auf der x-Achse die Zahlen 17—55, also 39 x.

Der Vollständigkeit halber seien auch noch die geringsten und größten Längen mit ihren Durchschnitten zusammengestellt.

1. Geringste Längen.

21,3									
17	18	19,5	20,5	21,5	21,5	22	23,5	24,5	25
-4,3	-3,3	-1,8	-0,8	+0,2	+0,2	+0,7	+2,2	+3,2	+3,7

Es sind 10,2 negative und 10,2 positive Abweichungen vorhanden; ihre Summe beträgt 20,4.

2. Größte Längen.

47,7									
44	45	45	46	46,5	47	47	49	52	55
-3,7	-2,7	-2,7	-1,7	-1,2	-0,7	-0,7	+1,3	+4,3	+7,3

Hier zählt man 13,4 negative und 12,9 positive, im ganzen also 26,3 Abweichungen.

Es liegt in der Natur der Sache, daß die Schwankungen um den Mittelwert in diesen beiden Reihen größer sind, als die um die mittlere Länge der Gruppen; sie belaufen sich auf 20,4 und 26,3, während die der Gruppen nur 12,8 betragen. Auch hier kommen übereinstimmende Zahlen vor, in der oberen Reihe 2 mal 2, in der unteren sogar 4. Zu beachten ist die asymmetrische Anordnung der Zahlen um den Mittelwert, die besonders in der zweiten Reihe ins Auge fällt. Die vereinzelt auftretenden besonders großen Zahlen bedingen dieses Verhältnis.

Noch auf Folgendes ist hinzuweisen. Es läßt sich erwarten, daß die Mittelwerte der beiden Reihen sich ungefähr gleich weit von dem Argument-Durchschnitt der Gruppen entfernen. Hier trifft dies fast genau zu. Der Unterschied der Reihen beträgt 26,4. Die Hälfte davon, 13,2, dem einen Werte zugezählt, vom andern abgezogen, gibt 34,5, eine Zahl, die nur um 0,3 von dem allgemeinen Durchschnitt, 34,8, abweicht.

In der Folge werden die Reihen der geringsten und größten Werte mit ihren Abweichungen nicht besonders angeführt werden. Das eben für den 1. Ring Gesagte mag als Beispiel genügen.

Der Zentralwert liegt zwischen den Abszissen 34 und 35; darunter finden sich 247, darüber 253 Z. Der dichteste Wert hat fast dieselbe Lage;

er fällt mit der Abszisse 34 zusammen. Die 3 Hauptwerte, der Argument-Durchschnitt, der Zentralwert und der dichteste Wert weichen also so gut wie nicht von einander ab.

2. Jahresring.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	41	27,5	51,5
2.	40,2	28,5	51
3.	42,5	28,5	55
4.	42,1	23	55
5.	44,9	27	58
6.	40,8	32,5	55
7.	42,3	25,5	55
8.	40,8	27,5	50
9.	44,5	22	65,5
10.	40,1	21	57
Arithm. Mittel	41,9	26,6	55,3

Die Anordnung der Gruppenmittelwerte um den allgemeinen Wert ist folgende:

41,9									
10,1	10,2	10,8	10,8	11	42,1	42,3	42,5	44,5	44,9
- 1,8	- 1,7	- 1,1	- 1,1	- 0,9	+ 0,2	+ 0,4	+ 0,6	+ 2,6	+ 3,0

Hier beträgt die Summe der negativen Abweichungen 6,6, die der positiven 6,8, Zahlen, die denen des ersten Ringes sehr ähnlich sind.

Die mittlere Länge der Zellen hat vom 1. zum 2. Ringe um 7,1 Einheiten zugenommen.

Das Häufigkeitsviereck hat eine von der des ersten Ringes abweichende Gestalt (Fig. 2). Es ist zwar noch ein höchster Gipfelpunkt vorhanden, aber neben ihm treten drei weitere auf, deren Höhe nur wenig geringer ist, und außer ihnen auf der linken Seite noch ein vierter, der zwar niedriger ist, aber wegen seiner Entfernung vom Hauptgipfel auffällt. Der Hauptgipfel ist um 15 Einheiten niedriger, als der des Polygons des 1. Ringes. Die ganze Fläche hat eine flachere Gestalt, ist aber dafür breiter in ihrem mittleren und unteren Teile.

Der Abänderungsspielraum beginnt hier bei 21 x und steigt bis zu 65 x, erstreckt sich also über 45 Einheiten und ist um 6 größer, als der des 1. Ringes. Die drei Hauptwerte fallen auch hier wieder fast zusammen. Der Argument-Durchschnitt liegt bei 41,9, der dichteste Wert bei 42 und der Zentralwert etwas darunter, über ihm zählt man 257, unter ihm 243 Einheiten.

Die Längenabnahme der Zellen auf der unteren Seite des Vieleckes ist geringer, als ihr Wachstum auf der oberen, d. h. auf der der längeren Fasern. Dort finden sich keine, hier 4 leere Stellen.



Fig. 2.

3. Jahresring.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	18,5	30,5	61
2.	48,6	30	73,5
3.	48,6	31,5	62,5
4.	17,3	29	65
5.	45,5	31	62
6.	46,6	28	61
7.	46,6	23,5	62,5
8.	47,6	30	76
9.	48,8	35,5	65
10.	17,8	27	60,5
Arithm. Mittel	17,59	29,9	65,2

47,59

45,49 46,59 46,6 17,3 17,6 17,8 18,5 18,6 48,6 48,8
 -2,1 -1,0 -0,99 -0,29 +0,01 +0,21 +0,91 +1,01 +1,01 +1,21

Die Summe der negativen Abweichungen beläuft sich auf 4,38, die der positiven auf 4,36, ist also um mehr als 2 kleiner, als die der beiden vorigen Ringe. Das den Zahlen des 3. Ringes entsprechende Polygon hat die in Fig. 3 dargestellte Form. Es zeichnet sich durch einen steil emporsteigenden Gipfel aus, hat aber rechts von diesem noch 3 weitere Maxima und links noch ein 4., alle von beträchtlicher Höhe. Sieht man von dem höchsten Gipfel, der durchaus den Eindruck des Zufälligen macht, ab,

so ist die ganze Fläche niedriger als die vorige, am Grunde aber breiter. Sie hat unten 3, oben 7 leere Stellen.

Die Abänderung bewegt sich zwischen den Zahlen 23 und 76, umfaßt also 54 x, 9 mehr, als im vorigen Ringe.

Der Zentralwert liegt um ein Geringes über der Abszisse 47; unter ihr zählt man 246, über ihr 254 Z. Der Argument-Durchschnitt und der Zentralwert fallen also wieder zusammen. Der dichteste Wert findet sich über der Abszisse 50. Daneben kommen aber noch 4 weitere dichteste Werte in Betracht, die eben erwähnten Höhenpunkte, die jedoch um etwa 10 Einheiten niedriger sind.

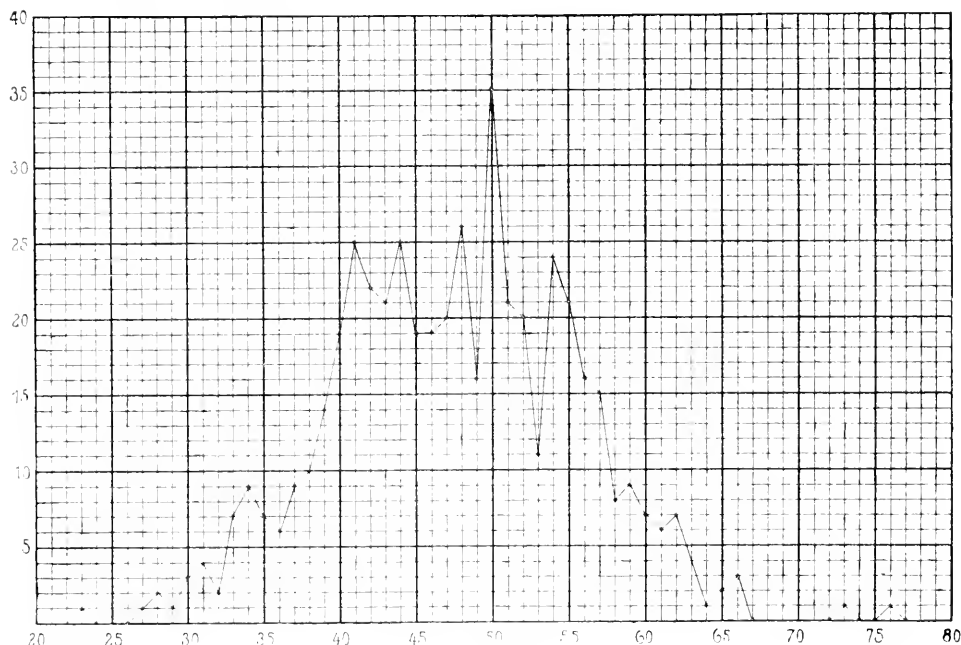


Fig. 3.

4. Jahresting.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	53,1	38,5	75
2.	51	31,5	71
3.	52,7	29,5	73
4.	50,8	30	76
5.	49,3	36	71,5
6.	55,29	30	73
7.	51,1	31	75
8.	51	21	72
9.	50	28,5	73
10.	45,7	27,5	64
Arithm. Mittel	51,06	31,25	72,35

51,06

45,7 49,3 50 51 51 51,4 51,7 52,7 53,4 55,29
 -5,36 -1,76 -1,06 -0,06 -0,06 +0,34 +0,61 +1,61 +2,34 +4,23

Die Summe der Abweichungen ist in diesem Ringe etwas größer, als in den 3 ersten; die der negativen steigt auf 8,3, die der positiven auf 9,19. Der Unterschied beruht hauptsächlich auf den beiden äußersten, während die übrigen sich in niedrigen Grenzen halten.

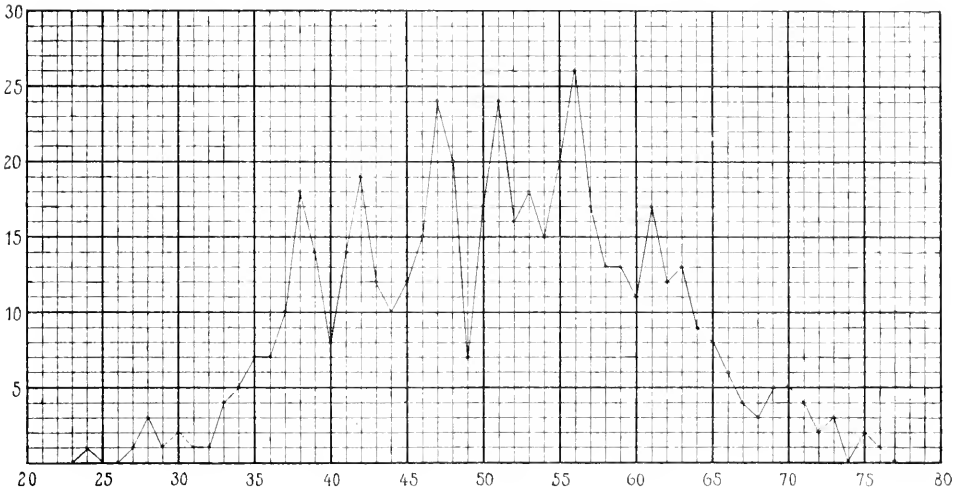


Fig. 4.

Das Verteilungs-Polygon sieht man in Fig. 4. Es ist niedriger, als das des 3. Ringes; der mittlere Teil tritt hier weniger hervor als dort, doch nimmt auf der oberen und unteren Seite die Höhe noch rasch ab. Unten finden sich 2, oben 1 leere Stelle.

Der Abänderungsspielraum erstreckt sich über die Zahlen 24 x—76 x, umfaßt demnach 53 Zahlen, 1 weniger als im letzten Ringe.

5. Jahresring.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	53,9	31	73
2.	55,9	36	86
3.	57,03	35	80
4.	56,3	36	79
5.	54,4	31	73
6.	61,4	42,5	87
7.	54,3	29	76
8.	57,29	31	89,5
9.	58,5	37,5	88,5
10.	51,7	33,5	89
Arithm. Mittel	56,37	34,25	82,1

56,37

53,9 54,3 54,1 54,7 55,9 56,3 57,03 57,29 58,5 61,4
 — 2,47 — 2,07 — 1,97 — 1,67 — 0,17 — 0,07 + 0,66 + 0,92 + 2,13 + 5,03

Die Summe der negativen Abweichungen beträgt 8,72, die der positiven 8,74; sie weichen von denen des vorigen Ringes nur wenig ab. In der Reihe fällt nur die letzte positive durch verhältnismäßige Höhe auf; alle übrigen ordnen sich eng um den Mittelwert.

Das Verteilungsvieleck zeigt Fig. 5. Es ist beträchtlich flacher, als das des vorigen Ringes und die Zahl der Gipfel noch größer; nur 2 Ordinaten erreichen die Höhe 20. Das Wachstum der Fläche nach der Seite der höheren Zahlen tritt deutlich hervor. Von leeren Stellen sieht man unten 1, oben 2. Die Kurve wird immer „unruhiger“.

Der Abänderungsspielraum erstreckt sich über die Abszissen 29—89, also über 61 x; er übertrifft die des vorigen Ringes um 8 x.

Der Argument-Durchschnitt ist, wie angegeben, 56,37 und liegt also etwas über der Abszisse 56. Der Zentralwert fällt zwischen die Abszissen 55 und 56, auf 55,5; auf jeder Seite liegen 250 Z. Von dichtesten Werten sind 2 vorhanden, über den Abszissen 52 und 57. Man sieht aber, daß ihre Bedeutung hier gering ist.

6. Jahresring.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	56	32	90
2.	53,2	30	77
3.	57	40	57
4.	56	32,5	88
5.	57	33	88
6.	56	28,5	88,5
7.	56,5	29	102
8.	59	30,5	90
9.	57	36	77
10.	58	35	90,5
Arithm. Mittel	56,57	32,65	84,8

56,57

53,2 56 56 56 56,5 57 57 57 58 59
 — 3,37 — 0,57 — 0,57 — 0,57 — 0,07 + 0,13 + 0,13 + 0,13 + 1,13 + 2,43

Hier bilden die negativen Abweichungen die Summe 5,15, die positiven die Summe 5,15. Besonders ist darauf hinzuweisen, daß unter den Argument-Durchschnitten der Gruppen 3mal die Zahl 56 und ebenso oft die Zahl 57 vorkommt, eine überraschende Tatsache.

Als Verteilungs-Polygon ergibt sich die in Fig. 6 dargestellte Form. Sie ist der des vorigen Ringes ähnlich, hat aber auf der Seite der kürzeren Zellen 2 Ordinaten, die über die Zahl 20 hinausragen, die eine um 2, die andere um 4 y; diese und die Ordinate über 43 x rufen die Asymmetrie der Gestalt hervor, welche dadurch gesteigert wird, daß die rechte Seite der Fläche beträchtlich entwickelt ist.

Trotz der Zunahme der langen Zellen weicht der Argument-Durchschnitt von dem des 5. Ringes fast nicht ab; er ist nur um die Zahl 0,20 größer. Vielleicht hängt dies damit zusammen, daß der 6. Ring schwächer



Fig. 5.

entwickelt war, als die benachbarten; sein größter Durchmesser betrug nicht ganz 2 mm, indes die vorausgehenden und folgenden 3—3,5 mm maßen.

Der Zentralwert fällt zwischen die Abszissen 54 und 55; darunter zählt man 254 Z, darüber 246 Z. Bedeutend ist der Unterschied zwischen den x auf seinen beiden Seiten; auf der oberen finden sich 54, auf der unteren nur 27; die Asymmetrie ist hier ungewöhnlich groß. Der Argument-Durchschnitt, 56,57, liegt um 2 x über dem Zentralwert und dieser um 2 x über dem dichtesten Werte 52 x. Diese Lage entspricht der *Fechner*-schen Regel, doch ist zu bedenken, daß die größte Dichte der y über 52 x hier weniger in Betracht kommt, als in rein eingipfeligen Kurven; die nächste größte Dichte über 48 x weicht nur um 2 y von ihr ab.

Der Abänderungsspielraum ist hier groß; er bewegt sich zwischen den Zahlen 28 und 102 auf der x-Achse, umfaßt also 75 x, 14 mehr, als im

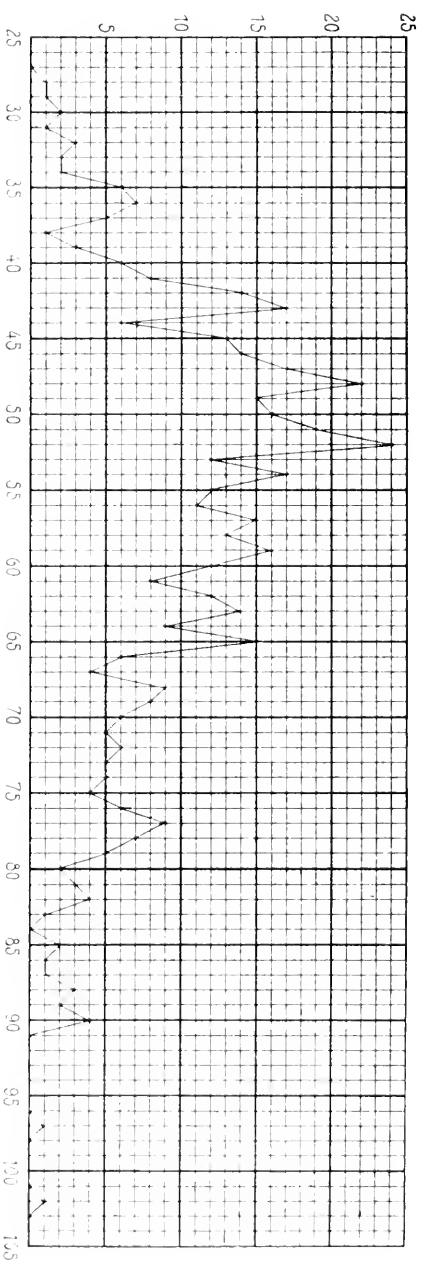


Fig. 6.

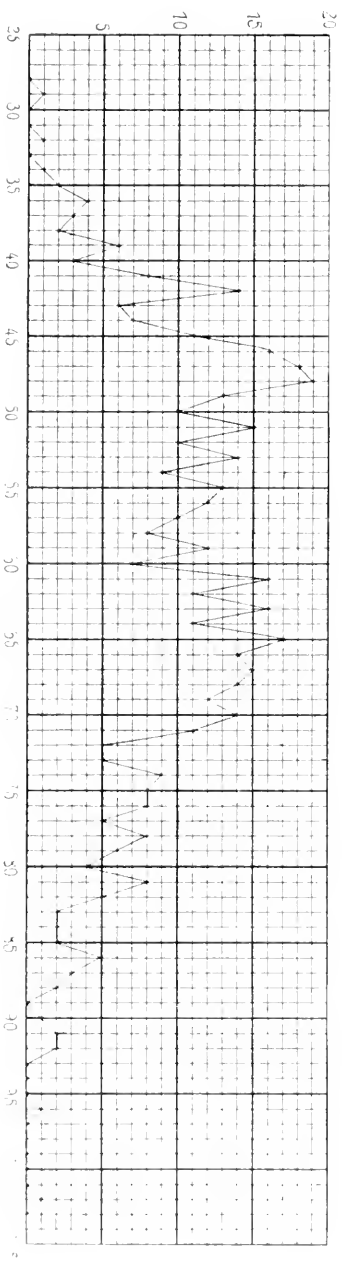


Fig. 7.

5. Ringe. Doch darf nicht übersehen werden, daß der obere Teil der Kurve 10 leere Stellen hat. Es springen 2 einzelne Zellenlängen ungewöhnlich weit vor.

7. Jahresring.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	62,7	35,1	87
2.	62,7	38,5	82
3.	58,9	11,5	96,5
4.	60,4	36,1	88,1
5.	59	39,5	87
6.	59,2	39	92
7.	60,3	36	86,5
8.	55,9	35	79
9.	60,5	29	91
10.	60,6	32	102,5
<hr/>			
Arithm. Mittel	60,02	36,17	89,16

60,02

55,9	58,9	59	59,2	60,3	60,39	60,5	60,6	62,7	62,7
-4,12	-1,12	-1,02	-0,82	+0,28	+0,37	+0,48	+0,58	+2,68	+2,68

Alle diese Abweichungen, von der ersten negativen abgesehen, gruppieren sich eng um den allgemeinen Argument-Durchschnitt. Die Summe der negativen Abweichungen beträgt 7,08, die der positiven 7,07.

Das Verteilungsvieleck gibt Fig. 7 wieder. Es ist asymmetrisch gestaltet, wie das des vorigen Ringes, aber in etwas geringerem Grade. Die Höhe der größten Gipfel hat weiter abgenommen, doch häufen sich über den Abszissen 46—49 die Zahlen in auffallender Weise. Das Wachstum der Fläche nach der Seite der längeren Zellen ist ohne weiteres sichtbar. Unten finden sich 3, oben 9 leere Stellen.

Der Zentralwert liegt zwischen den Abszissen 49 und 50; darunter zählt man 248, darüber 252 Z. Er fällt also auch hier wieder fast mit dem Argument-Durchschnitt zusammen. Der dichteste Wert liegt über der Abszisse 48, doch kommt ihm keine besondere Bedeutung zu.

Der Abänderungsspielraum erstreckt sich über die Abszissen 29—102, bleibt also um 1 x hinter dem des letzten Ringes zurück, ein zufälliges Vorkommen, das mit den vereinzelt hohen Zahlen des 6. Ringes zusammenhängt.

S. Jahresring.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	64,1	32,5	103
2.	67,6	10	93,5
3.	65,5	41	99
4.	66,9	30	100
5.	67,6	47,5	109,5
6.	66,9	10	102
7.	69,8	37	95
8.	68,8	42,5	108
9.	68,6	43,5	100
10.	70,6	39	97,5
Arithm. Mittel	67,6	39,3	100,75

67,6

64,1	65,5	66,9	66,9	67,6	67,7	68,6	68,6	69,8	70,6
- 3,5	- 2,1	- 0,7	- 0,7	0,0	+ 0,1	+ 1,0	+ 1,0	+ 2,2	+ 3,0

Die negativen Abweichungen bilden die Summe von 7,0, die positiven die von 7,3.

Das Verteilungsvieleck zeigt Fig. 8. Es ist noch stärker abgeflacht, als das des 7. Ringes. Die Gipfel nehmen an Zahl zu, an Höhe aber ab; nur 2 davon erreichen noch die Höhe von 16 x.

Der Zentralwert liegt zwischen 67 und 68 x; darunter finden sich 252 Z, darüber 248 Z. Er fällt also wieder mit dem Argument-Durchschnitt, 67,4, zusammen. Ein dichtester Wert ist nicht vorhanden, wohl aber deren mehrere und zwar überwiegend auf der Seite der geringeren Zellenlängen. Die Form der Fläche ist asymmetrisch; auf ihrer linken Seite sind die Zahlen im ganzen mehr zusammengedrängt, als auf der rechten. Deutlich gewahrt man hier das Vorschreiten der größeren Zellenlängen; es geht rascher vor sich, als das Nachrücken der kürzeren Längen. In diesem Ringe umfaßt der Abänderungsspielraum die Werte 30—109 x, also 80 Einheiten, um 6 mehr, als der des vorigen Ringes. Von leeren Stellen sind unten 5, oben 4, im ganzen also 9 vorhanden.

11. Jahresring.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	69,5	39	106
2.	71,19	45	101
3.	70,3	36,5	98
4.	69,3	32,5	95
5.	71,1	39	101,1
6.	72	43	97
7.	69,67	10	97
8.	70,05	46,5	99,5
9.	73,95	42	106,5
10.	70,66	40	108
Arithm. Mittel	70,77	40,35	101,2

70,77

69,3 69,5 69,67 70,05 70,3 70,66 71,1 71,19 72 73,95
 -1,47 -1,27 -1,1 -0,72 -0,47 -0,11 +0,33 +0,42 +1,23 +3,18

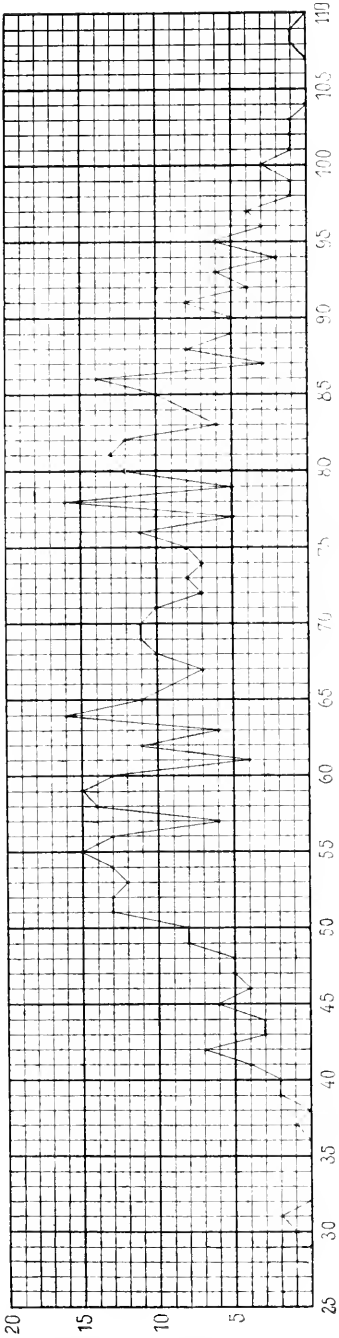


Fig. 8.

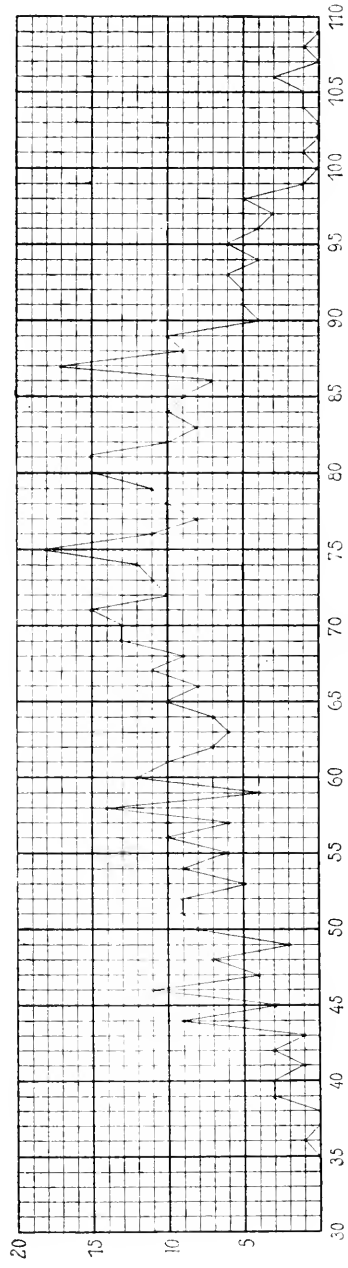


Fig. 9.

Es sind 6 negative, 4 positive Abweichungen vorhanden; die Summe jener beträgt 5,14; die Summe dieser 5,16. Alle, mit Ausnahme der letzten positiven, seharen sich dicht um den allgemeinen Argument-Durchschnitt. Das Verteilungsvieleck ist noch flacher, als das des 8. Ringes, obschon es mit 2 Gipfeln versehen ist, die um 2 und 1 μ höher sind, als die höchsten jenes Ringes. Die Zunahme der längeren Zellen geht aus der Fig. 9 deutlich hervor.

Der Zentralwert fällt wieder fast mit dem Argument-Durchschnitt zusammen, zwischen die Abszissen 71 und 72; darunter zählt man 249, darüber 251 Z.

Der Abänderungs-Spielraum umfaßt hier 73 x ; er reicht von 36 x bis zu 108 x . Der Umfang ist um 7 geringer, als der des 8. Ringes, ein Umstand, der auf das sprunghafte Vortreten der beiden höchsten Zahlen des 8. Ringes zurückzuführen ist. — Im Bereich der geringen Längen sind 2, in dem der großen 4, im ganzen also 6 leere Stellen vorhanden.

Jahresring von 1910.

Der 8. und der 11. Jahresring sind in den Längen der Zellen und in deren Verteilung so wenig verschieden, daß wir den 9. und 10. Ring nicht glaubten untersuchen zu brauchen. Um zu sehen, wie sich die Verhältnisse über den 11. Ring hinaus gestalteten, wurde gleich zu dem damals letzten, dem Ringe vom Jahre 1910, gegriffen. Das zu untersuchende Holzstück wurde dem Hauptstamme in etwa Manneshöhe entnommen, ein Umstand, der wohl zu beachten ist, da möglicherweise die Zellen des Astes im ganzen kürzer sind, als die des Stammes. Man erinnere sich der Angaben *Sanjos* über die Tracheiden des Pinus-Stammes und seiner Aeste.

Es ergaben sich nun die folgenden Zahlen, die aber Gruppen von je 100 bilden, da diese Bestimmungen zu den ersten gehören, bei denen, wie früher angegeben, die Gruppen je 100 Zellen umfaßten.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge		
1.	88,3	41	136,5		
2.	91,8	51,5	127,5		
3.	86,7	33,5	146		
4.	90,3	32,5	128,5		
5.	88,3	46	123,5		
Arithm. Mittel	89,1	40,9	132,4		
	89,1				
	86,7	88,3	88,3	90,3	91,8
	— 2,4	— 0,8	— 0,8	+ 1,2	+ 2,7

Die Zahlen ordnen sich symmetrisch um den Mittelwert. Die Summe der negativen Abweichungen beträgt 4,0, die der positiven 3,9. Beträchtlich größer sind dagegen die Unterschiede in den Reihen der größten und geringsten Längen, eine Tatsache, die aber nicht überrascht, wenn man den Umfang des Abänderungs-Spielraumes ins Auge faßt, der hier besteht.

Das Verteilungs-Polygon Fig. 10 ist flach und hat eine sehr breite Grundlinie. Zwar sind über den Abszissen 72 und 100 zwei Gipfel vorhanden, die sich bis zu 16 und 17 μ erheben: alle übrigen aber treten, und zwar die meisten beträchtlich, hinter jenen zurück. Während sich in den Vielecken der zuletzt untersuchten Ringe die größeren Zellenlängen in der mittleren Region etwas häuften, gewahrt man hier eine breite, niedrige Figur, die sich nur an den Enden etwas abflacht.

Der Abänderungs-Spielraum ist groß: er beginnt bei 32 x und endet bei 146, erstreckt sich also über 115 x , über 40 mehr, als der des 11. Ringes.

Der Zentralwert liegt zwischen den Zahlen 91 und 92: er hat 251 Z unter sich, 249 über sich und liegt um mehr als 2 Z über dem Argument-Durchschnitt mit 89,1. Ueber 100 x sieht man den dichtesten Wert, doch hat das Lagenverhältnis des Zentralwertes zwischen dem Argument-Durchschnitt und dem dichtesten Werte hier geringe oder keine Bedeutung.

Jahresring von 1915.

Aus den oben angeführten Zahlen des Ringes vom Jahre 1910 geht hervor, daß die Länge der Holzzellen vom 11. bis zu diesem Ringe von 70,77 auf 89,1 gestiegen ist, also um etwa 18 Einheiten zugenommen hat. Nimmt man an, daß die Zellen des Stammes und des Astes sich nur wenig, vielleicht auch nicht unterscheiden, und schätzt man das Alter des Baumes auf 67 Jahre, so kommt auf 56 Jahre nur eine Zunahme von 18, auf das einzelne Jahr durchschnittlich von 0,32 Einheiten. Um dieses beim ersten Anblick etwas befremdende Verhältnis zu prüfen, wurde beschlossen, noch weitere Messungen auszuführen. Dazu wählte man den Jahresring von 1915, und da zugleich noch eine weitere, die Geltung des Exponential-Gesetzes betreffende Frage beantwortet werden sollte, so wurde die Zahl der Bestimmungen auf 1000 gesteigert. Die eben berührte Frage werden wir in einem späteren Abschnitte behandeln; hier haben wir bloß die Längenzunahme der Zellen im Auge und führen nunmehr die Zahlen vor, die wieder an Gruppen von je 50 Zellen gewonnen wurden. Erwähnt sei noch, daß man das zur Mazeration bestimmte Holzstück dem Stamme in der beim Jahresringe von 1910 angegebenen Höhe entnahm.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	93,46	50	124,5
2.	92,7	52,5	151,5
3.	93,84	58	139
4.	99,2	45	146
5.	93,35	43,5	145,5
6.	91,25	16	134,5
7.	94,87	37	141
8.	95,3	48	133,5
9.	89,37	44	139
10.	90,98	37,5	130
11.	91,05	55	135,5
12.	90	54	131,5
13.	91,46	50	136
14.	92,5	55	149
15.	88,98	45	138
16.	93,19	53	131
17.	88,27	52,5	128
18.	87,37	35	129
19.	87,54	49	131,5
20.	88,8	42,5	121,5
Arithm. Mittel	91,82	47,6	135,7

87,37	87,54	88,27	88,8	88,98	89,37	90,0	90,98	91,05	91,25
92,5	92,7	93,19	93,35	93,46	93,84	94,46	94,87	95,3	99,2

91,82

-4,45	-4,28	-3,55	-3,02	-2,84	-2,45	-1,82	-0,84	-0,77	-0,57
+0,68	+0,88	+1,37	+1,53	+1,61	+2,02	+2,64	+3,05	+3,18	+7,38

Die 2 oberen Zahlenreihen geben die arithmetischen Mittelwerte der Gruppen in der natürlichen Reihenfolge wieder; die 3. führt die negativen, die 4. die positiven Abweichungen vom allgemeinen Argument-Durchschnitt vor Augen. Die Summe der negativen Abweichungen beträgt 24,59, die der positiven 24,67.

Das Verteilungsvieleck Fig. 11 hat, obschon es von 1000 Z gebildet wird, die gewöhnliche Gestalt mit vielen Gipfeln. Hinsichtlich alles Näheren darüber sei auf das Kapitel „Das Exponential-Gesetz“ verwiesen.

Der Abänderungsspielraum erstreckt sich über die zwischen 35 x und 151 x gelegenen 117 Werte, geht also noch um 2 über die des Ringes von 1910 hinaus.

Damit wenden wir uns schließlich der vorhin aufgeworfenen Frage nach der Längenzunahme der Holzzellen in den älteren Jahresringen zu. Wir nahmen an, daß der Stamm zwischen dem 11. Ringe und dem des Jahres 1910 56 Ringe erzeugt habe und berechneten danach ein durchschnittliches Wachstum von 0,32 Einheiten im Jahre. In den letzten

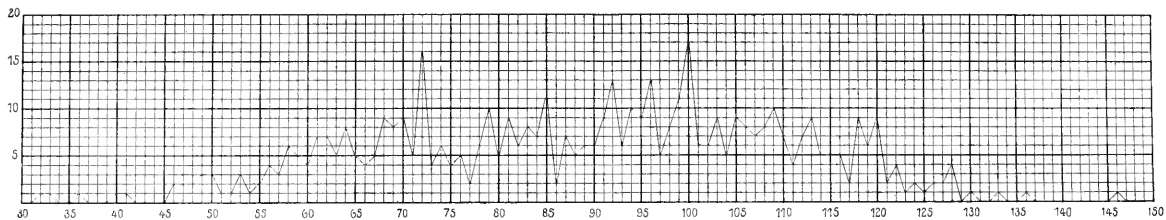


Fig. 10 (S. 35).

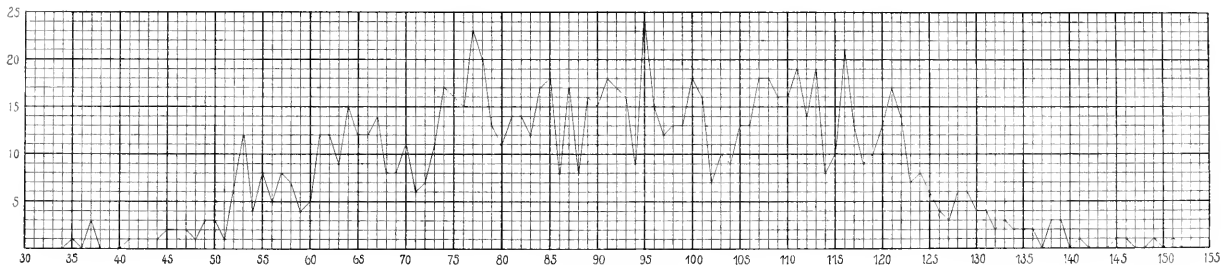


Fig. 11 (S. 36).

5 Jahren nun ist die Länge der Zellen von 89,1 auf 91,82 gestiegen. Auf das Jahr kommt sonach eine Zunahme von 0,54 Einheiten, 0,22 mehr, als man erwartete. Der Unterschied ist beträchtlich: wie man ihn deuten könne, wird später erörtert werden.

Soviel über die der Hauptreihe angehörenden Messungen.

U e b e r s i c h t

über die Zellenlängen und Abänderungsspielräume. Bevor wir weitergehen, stellen wir die in der Ueberschrift genannten, für die einzelnen Ringe gewonnenen Werte zusammen.

a) Länge der Zellen.

Jahres- ring	Mittlere Länge	Zu- nahme	Geringste Länge	Zu- nahme	Größte Länge	Zu- nahme
1.	31,8		21,3		17,7	
2.	41,9	7,1	26,6	5,3	55,3	7,6
3.	47,59	5,69	29,9	3,3	65,2	9,9
4.	51,06	3,47	31,25	1,35	72,35	7,15
5.	56,37	5,31	31,25	3,0	82,1	9,75
6.	56,57	0,20	32,65	— 1,6	81,8	2,7
7.	60,02	3,45	36,17	3,52	89,16	4,36
8.	67,6	7,58	39,3	3,13	100,75	11,59
11.	70,77	3,17	40,35	1,05	101,2	0,45
von 1910	89,1	18,33	40,9	0,55	132,1	31,2
von 1915	91,82	2,72	47,6	6,7	135,7	3,3

Betrachten wir zunächst die Reihen der mittleren Längen.

Wie man sieht, nimmt die Länge der Zellen in allen Ringen zu, aber in sehr ungleicher Weise. Sie wächst rasch vom 1. zum 2. Ringe, weniger schnell in den 3 folgenden, sehr wenig vom 5. zum 6. — ein Umstand, der bestimmt als anomal betrachtet werden darf —, dann wieder rascher vom 6. zum 7., sehr stark vom 7. zum 8. und von da an dauernd langsam. In den 3 Ringen vom 8. bis zum 11. Jahre verlängern sich die Zellen im Durchschnitt nur um 1,12 Einheiten. Beträchtlich geringer ist die Zunahme in der großen Zahl der folgenden Ringe, und in den letzten 5 von 1910 bis 1915 erzeugten beträgt sie durchschnittlich 0,54.

Allerdings kann man die Frage aufwerfen, ob nicht in der großen Summe der uns unbekannteren Ringe die Länge der Zellen, vielleicht periodisch, zu- und abnehme. Allein die Erfahrungen *Sanios* sprechen nicht für ein solches Verhalten. Nach seinem Gesetze wächst die Länge der Zellen in den Ringen von innen nach außen bis zu einer bestimmten Grenze und bleibt dann beständig. — Daß dieser Satz für die Weiden nicht oder

höchstens näherungsweise gilt, geht aus unseren Beobachtungen hervor. Auf die anfänglich starke Zunahme der Zellenlänge folgt eine rasche Abnahme, ohne aber, wie es scheint, in Stillstand überzugehen. Selbst in den letzten Jahresringen waren die Fasern noch gewachsen.

Vielleicht bedarf diese Frage einer anderen Wendung, auf die kurz hingewiesen sei. Wir dürfen es als sehr wahrscheinlich betrachten, daß, wenn der Baum das Maximum seiner großen, allgemeinen Lebens-Kurve überschritten hat, eine Periode eintritt, in der die Zellen nicht mehr wachsen. Dieser Zeitabschnitt mag von kürzerer oder längerer Dauer sein, wird aber bei weiterer Abnahme der Lebens-Energie des Baumes in einen neuen übergehen, wo die Fasern sich nicht nur nicht mehr verlängern, sondern allmählich kürzer werden, bis endlich alles Wachstum erlischt und der Baum verfällt.

Diese Frage, an die sich eine Reihe weiterer knüpft, ist durch eingehende neue Untersuchungen zu beantworten.

Wir haben vorhin die Längenzunahme der Zellen in den Jahresringen vergleichend betrachtet, aber das Gesamtwachstum noch nicht angegeben. Wie die Zahlen des 1. und letzten Ringes lehren, hat die Zellenlänge von 34,8 auf 91,82 Einheiten, also um das 2,64fache, zugenommen. Das ist ein beträchtliches Wachstum, und man könnte erwarten, daß sich der Stamm, wie es ja bei vielen Arten geschieht, drehte. Allein davon gewahrt man nichts. Wir müssen daher annehmen, daß der Raum, der zu der geringen Streckung der Fasern in allen nach dem 11. erzeugten Jahresringen nötig ist, lediglich durch Dickenwachstum des Stammes gewonnen werde.

Aehnlichen Verhältnissen, wie wir sie in der Reihe der Argument-Durchschnitte fanden, begegnen wir in den Reihen der geringsten und der größten Längen. In der Reihe der ersteren nimmt, vom 6. Ringe abgesehen, die Länge stets, aber wieder sehr ungleich zu: sie wächst von 21,3 bis zu 47,6 Einheiten, also auf das 2,23fache des 1. Ringes. — Weniger schwankend ist die Zunahme in der Reihe der größten Längen; auch im 6. Ringe erreicht sie noch den Wert 2,7. Ihr gesamter Umfang umfaßt die Zahlen von 47,7 bis 135,7; vom ersten bis zum letzten Ringe vergrößert sie sich demnach um das 2,84fache.

Wie eben die Zellenlängen der Ringe, so führen wir nunmehr ihre Abänderungsspielräume übersichtlich vor.

b) Abänderungsspielräume.

Jahresring	Spielräume	Einheiten	Zunahme
1.	17—55	39	
2.	21—65	45	+ 6
3.	23—76	51	+ 9
4.	24—76	53	— 1
5.	29—89	61	+ 8
6.	28—102	75	+ 14
7.	29—102	71	— 1
8.	30—109	80	+ 6
11.	36—108	73	— 7
R. v. 1910	32—116	115	+ 42
R. v. 1915	35—151	117	+ 2

Während in den Reihen der geringsten und größten Längen die mittleren Werte auftreten, haben wir in der Reihe der Spielräume ihre äußeren Grenzen vor Augen. Da diese, wie uns aus den Verteilungsvielecken bekannt ist, sich sprunghaft verschieben, wobei einer einzelnen über leere Stellen vortretenden Zahl große Bedeutung zukommen kann, so erklären sich die größeren Schwankungen in den Reihen der Einheiten und Zunahmen; sie bedürfen keiner näheren Erläuterung. Im ganzen ist das Wachstum der Spielräume beträchtlich; es steigt in den ersten 8 Ringen von 39 auf 80 Einheiten, also auf etwas mehr, als das 2fache; vom 1. Ringe bis zu dem vom Jahre 1910 von 39 bis zu 115, auf mehr als das 2,9fache.

Wichtig ist die aus unserer Zusammenstellung leicht erkennbare Tatsache, daß die oberen Grenzen der Spielräume rascher nach oben verschoben werden, als die unteren, und daß hierauf ihr Wachstum beruht.

Ergänzende Messungen zur Hauptreihe.

Obwohl die bisher gewonnenen Ergebnisse, gestützt auf verhältnismäßig große Zahlen, zu dem Schlusse berechtigen, daß sich in ihnen, vor allem in den Mittelwerten, allgemein geltende Regeln aussprechen, schien es doch erforderlich zu sein, für einige Ringe ergänzende Messungen auszuführen, die als Kontrolle dienen sollten. Die Ergebnisse dieser Bestimmungen teilen wir zunächst mit.

1. Jahresring.

Zu diesen Messungen wird ein einjähriger zarter Zweig aus den höchsten Teilen des Baumes gewählt, der in seinem unteren und oberen Teile fast senkrecht aufwärts gerichtet war. Er hat an seinem Grunde 3 mm Durchmesser, wovon auf Mark und Holzkörper 1,75 mm kommen. Diesem

Teile wird das zur Untersuchung dienende Gewebe entnommen. Wieder werden 500 Zellen gemessen.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	31,9	21,5	51
2.	32,19	20,5	52
3.	29,9	16	40
4.	28,6	13	41
5.	29,5	17	44
6.	27,6	16,5	36
7.	30,4	17,5	43
8.	28,5	13	44
9.	31,8	23,5	42,5
10.	33,29	21,5	51
Arithm. Mittel	30,37	18,0	45,0

30,37

27,6	28,5	28,6	29,5	29,9	30,4	31,8	31,9	32,19	33,29
-2,77	-1,87	-1,77	-0,87	-0,17	+0,03	+1,13	+1,53	+1,82	+2,92

Hier beträgt die Summe der negativen Abweichungen 7,75, die der positiven 7,73; sie ordnen sich sehr symmetrisch um den Argument-Durchschnitt an.

Die aus den Zahlen abgeleitete Verteilungsfläche zeigt Fig. 12. Sie läuft in 1 hohen und 2 niedrigere Gipfel aus, die bis zu den Ordinaten 50, 45 und 38 reichen. Die beiden Minima zwischen ihnen sinken bis zu den Ordinaten 34 und 25. Trotz der beiden Nebengipfel macht dennoch das Ganze durchaus den Eindruck des Eingipfeligen. Zwischen den Abszissen 19 und 39 steigt das Polygon steil empor und erhebt sich, wie schon gesagt, in seinem höchsten Gipfel bis zur Ordinate 50, um 5 höher als der Scheitel unserer ersten Figur. Wahrscheinlich wären bei weiteren Messungen die oberen Minima bald verschwunden.

Der Abänderungsspielraum beginnt bei 13 x und endet bei 54 x, umfaßt also 42 x, 3 mehr als dem 1. Ringe der Hauptreihe eigen waren, der die Zahlen zwischen 17 und 55 umspannte.

Unsere früheren und die neuen Messungen liefern also sehr ähnliche Ergebnisse, unterscheiden sich aber in einem Punkte: Die Zellen des 1. Ringes der Hauptreihe messen 34,8 Einheiten, während die des Kontroll-Zweiges nur 30,37 lang sind, also um 4,43 hinter jenen stehen. Worauf diese Verschiedenheit beruht, wurde nicht untersucht. Wahrscheinlich hängt sie mit dem höheren Orte zusammen, dem der 2. Zweig entstammte. — Uebrigens werden wir Ungleichheiten in der Länge der Zellen innerhalb gewisser Grenzen in allen Ringen erwarten dürfen. Völlige oder doch

annähernd völlige Gleichheit wird sich nur dann ergeben, wenn die untersuchten Äste oder Zweige im Verzweigungs-System ungefähr gleiche Orte einnehmen und gleich stark sind.

Unsere neueren Beobachtungen bestätigen also in den Hauptpunkten, vor allem in der Verteilung der Zellenlängen, die früher gewonnenen.

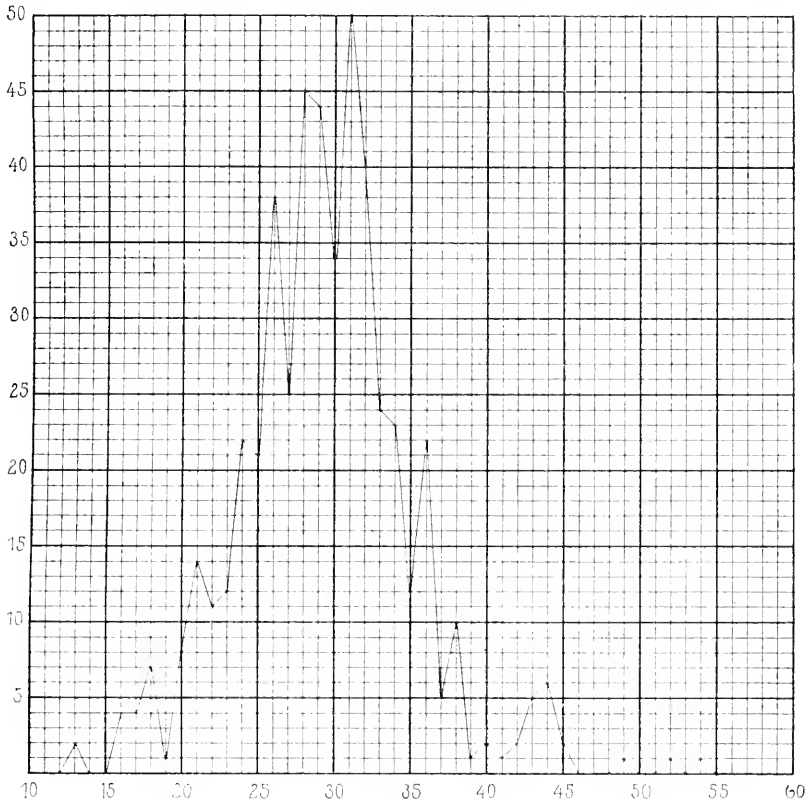


Fig. 12.

3. Jahresring.

Das zu den Messungen verwandte Gewebe wurde einem kräftigen, nach oben gerichteten Zweige aus der Mitte der höchsten Region des Baumes entnommen. Er hatte 3 Jahresringe, von denen der zweite und dritte stark entwickelt waren. Die Zahl der Messungen beträgt 200.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	50,5	26	68,5
2.	18,7	29,5	73,5
3.	18	30	75
4.	18	30,1	68
Arithm. Mittel	48,8	28,9	71,2

Die mittleren Längen der 4 Gruppen weichen von dem allgemeinen Argument-Durchschnitt nur unbedeutend ab.

In der Hauptreihe betrug der Durchschnitt des 3. Ringes 47,59, also nur etwa 1 Einheit, genau 1,21, weniger. Auch die geringsten Längen sind nur um 1 Einheit verschieden. Etwas erheblicher ist die Abweichung unter den Durchschnitten der größten Längen: dort war das Mittel 65,2; hier steigt es auf 71,2, auf 6 mehr, ein Umstand, der aber aus naheliegenden Gründen bedeutungslos ist.

Nun ist aber zu erwägen, daß das „Gewicht“ unserer 200 Messungen geringer ist, als das der 500 der Hauptreihe. Nach einem Satze der Wahrscheinlichkeitsrechnung verhalten sich die „Gewichte“ wie die Quadratwurzeln der beobachteten Zahlen. Die Wurzeln aus 500 und 200 sind 22,36 und 14,14. Danach ist die „Präzision“ unserer neuen Messungen um etwa $\frac{1}{3}$ geringer, als die den Zahlen der Hauptreihe zukommende. Allein wir dürfen getrost annehmen, daß die Fortsetzung der Messungen an den Zellen des Kontroll-Zweiges dieselben Verhältnisse geliefert haben würde, wie die ersten 200, und können daher die an diesen gewonnenen Ergebnisse als eine genaue Bestätigung der früher erlangten betrachten.

5. Jahresring.

Zur Prüfung der Zahlen des 5. Ringes wurden 2 Reihen von je 250 Messungen ausgeführt. Die beiden Aeste, denen man die Zellen entnahm, gehörten wieder der Mitte der höchsten Region des Baumes an; der eine war 8, der andere 11-jährig. Der eine Ring war nur mäßig entwickelt; sein Durchmesser betrug wenig mehr als 2 mm; der andere war stärker und maß 3,5 mm. Die erste der folgenden Zahlenreihen entstammte dem schwächeren, die zweite dem stärkeren Ringe.

1. Reihe.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	53,1	29,5	73,5
2.	51,2	36	68
3.	52,4	33	78
4.	54,7	34,5	71
5.	53,69	33,2	69
Arithm. Mittel	53	33,2	71,9

53

51,2	52,4	53,1	53,69	54,7
- 1,8	- 0,6	+ 0,1	+ 0,69	+ 1,7

Es sind 2,4 negative und 2,5 positive Abweichungen vorhanden. Die Mittelwerte der Gruppen schließen sich eng den allgemeinen Argument-Durchschnitten an.

2. Reihe.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge	
1.	59	38	78	
2.	58,6	37	81,5	
3.	56,6	28	78	
4.	55,6	30	76	
5.	60,3	36,5	87,5	
Arithm. Mittel	58	33,9	80,2	
		58		
55,6	56,6	58,6	59	60,3
- 2,4	- 1,1	+ 0,6	+ 1,0	+ 2,3

Die Summe der negativen Abweichungen beläuft sich auf 3,8, die der positiven auf 3,9.

Die Argument-Durchschnitte der beiden Reihen sind um 5 Einheiten, um 9%, verschieden. Zieht man aber die Ergebnisse der beiden Reihen

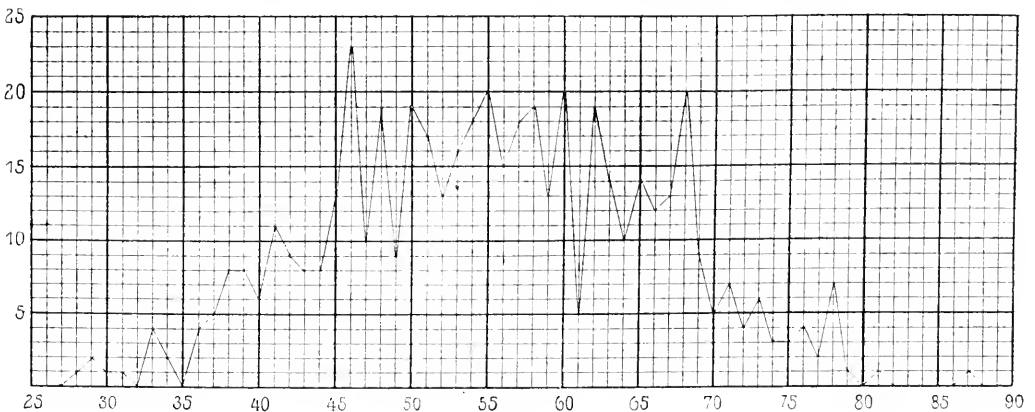


Fig. 13.

zusammen, so erhält man als Mittelwert 55,5, der nur um 0,87 von dem des Ringes der Hauptreihe abweicht, welcher 56,37 beträgt, also fast gleich groß ist. — Diese Tatsachen sind lehrreich. Die Untersuchung der beiden Ringe, eines schwach und eines stark entwickelten, führt zu Mittelwerten, die etwa gleich weit unter und über dem Argument-Durchschnitt des Ringes der Hauptreihe liegen, so daß dieser das gemeinsame Mittel bildet. Solchen Verhältnissen wird man oft begegnen. Sie zeigen klar, wie beständig und gesetzmäßig das Wachstum der Zellen in den Ringen ist.

Das Verteilungsviereck Fig. 13 der vereinigten Ringe ist dem der Hauptreihe ähnlich, doch hat es über 46 x einen Gipfel von 23 y und über 68 x die Höhe von 20 y. Der Abänderungsspielraum beginnt bei 28 x und endet bei 87 x, dehnt sich also über 60 x aus und weicht somit nur um 1 von dem des Ringes der Hauptreihe ab, der 61 x zählt. — Die Grundlinie hat unten 1 leere Stelle, oben deren 6.

Um dem Leser näheren Einblick in den Bau der Ringe zu gewähren, führen wir ihre Verteilungstafeln in „reduzierter“ Form vor; die Reduktion wurde so ausgeführt, daß die Z über je 5 x zusammengezogen wurden. Alles Weitere ergibt sich aus den Zahlen.

Ring der Hauptreihe.		Vereinigte Kontroll-Ringe.	
26—30 x	1 Z	26—30 x	4 Z
31—35 x	12 Z	31—35 x	7 Z
36—40 x	25 Z	36—40 x	31 Z
41—45 x	53 Z	41—45 x	49 Z
46—50 x	70 Z	46—50 x	80 Z
51—55 x	81 Z	51—55 x	81 Z
56—60 x	75 Z	56—60 x	85 Z
61—65 x	70 Z	61—65 x	62 Z
66—70 x	55 Z	66—70 x	59 Z
71—75 x	31 Z	71—75 x	23 Z
76—80 x	17 Z	76—80 x	11 Z
81—85 x	3 Z	81—85 x	1 Z
86—90 x	7 Z	86—90 x	1 Z
500 Z		500 Z	

Bildet man zu diesen Zahlen über der x-Achse die ihnen entsprechenden Rechtecke und verbindet deren Mittelpunkte, so ergeben sich Kurven mit nur einem Maximum, die in der Hauptsache ähnlich sind. Beide haben asymmetrische Gestalt; bei der ersten häufen sich die Zahlen rechts vom Gipfel auf der Seite der längeren Zellen, bei der zweiten auf der kürzeren; bei der ersten liegt das Maximum vor der Mitte, bei der zweiten in der Mitte der Kurve; demnach ist die erste regelmäßiger, als die zweite. Auf die Reduktionen werden wir später zurückkommen.

Soweit unsere eigenen Kontroll-Messungen an Zellen des 5. Jahresringes. Zu ihrer Ergänzung seien noch weitere Bestimmungen angeführt, die von meinem Assistenten, Herrn Dr. *Kummer*, ausgeführt wurden. Es schien wünschenswert, daß noch ein zweiter Beobachter sich mit unserem Gegenstande befaßte.

Zur Untersuchung diente wieder ein kräftiger, aufrechter Ast, demselben Orte am Baume entnommen, dem die zuletzt angewandten ent-

stammten. Gemessen wurden 200 Zellen bei etwas stärkerer Vergrößerung, als der von uns benutzten, bei 90facher.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	59,78	35,5	95
2.	60,52	32,5	96
3.	61,43	31,5	89
4.	61,61	37,0	92
Arithm. Mittel	60,81	34,8	93

Führt man den hier gefundenen allgemeinen Argument-Durchschnitt auf unsere 78fache Vergrößerung zurück, so ergibt sich die Zahl 53,72, die nur um 2,65 von der des Ringes der Hauptreihe verschieden ist, also durchaus genügend mit ihr übereinstimmt. Vielleicht hätten 500 Messungen völlige Gleichheit ergeben.

6. Jahresring.

Auch von den Zellen des 6. Jahresringes des zu den oben angeführten Bestimmungen verwandten Zweiges maß Dr. *Kummer* 200 Exemplare. Es ergaben sich die folgenden Längen.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	63,78	27,5	88,5
2.	64,26	29,5	91,5
3.	65,33	39,5	96,5
4.	65,51	40	99,5
Arithm. Mittel	64,72	34,1	94,0

Wird der Durchschnitt wieder auf unsere Vergrößerung zurückgeführt, so erhält man die Zahl 56,09, 2,37 Einheiten mehr, als im vorigen Ringe. Im 6. Ringe der Hauptreihe fanden wir als Mittelwert 56,57, der nur um eine halbe Einheit von dem neu beobachteten abweicht, also so gut wie völlig damit übereinstimmt. Erwartet war eine etwas größere Zahl, da sich der Ring der Hauptreihe von dem ihm vorhergehenden 5. nur wenig unterschied. Wahrscheinlich hätte eine größere Zahl von Messungen das erwartete Ergebnis geliefert.

Wir schließen damit unsere Angaben über die zur Kontrolle und Ergänzung der Hauptreihe ausgeführten besonderen Messungen, die, wie wir gesehen haben, durchaus bestätigender Natur sind. Eine weitere Stütze gewähren die im Folgenden vorgelegten Bestimmungen, die jedoch zunächst eine andere Aufgabe erfüllen sollen.

Länge der Holzzellen in den verschiedenen Regionen des Jahresringes.

Die nunmehr mitzuteilenden Messungen wurden zu einer Zeit ausgeführt, als uns die Dissertation *Schulzes* noch nicht bekannt war. Erst später kam sie uns zu Gesicht. Es fand sich nun, daß unsere Beobachtungen seine in der Einleitung besprochenen Angaben bestätigten und erweiterten.

Die Frage, von der wir ausgingen, lautete: Nehmen die Holzzellen in den aufeinander folgenden Jahresringen stetig oder periodisch an Länge zu? Zur Entscheidung dieser Frage diente wieder ein starker, aufrechter Ast aus der Mitte der höchsten Region des Baumes der *Salix fragilis*, sodann ein sehr kräftiger Zweig der *S. alba vitellina pendula*.

Salix fragilis.

1. Beispiel.

Es werden nur Zellen aus 2 Regionen des 11. Ringes, aus der inneren und der äußeren, gemessen. Der Ring hat 2,4 mm im Durchmesser, jede Region 1,2 mm. Zahl der Beobachtungen je 300.

a) Innerer Teil des Ringes.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	63,8	40,5	94
2.	65,9	39	94
3.	62,9	31,5	88,5
4.	62,3	40	90
5.	65	35	95
6.	65,9	33	90,5
Arithm. Mittel	64,3	36,5	92

64,3

62,3	62,9	63,8	65	65,9	65,9
-2,0	-1,1	-0,5	+0,7	+1,6	+1,6

Summe der negativen Abweichungen = 3,9

Summe der positiven Abweichungen = 3,9

b) Äußerer Teil des Ringes.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	69,3	32,5	108
2.	71,4	24	98
3.	71,6	40	101
4.	70,7	24	101
5.	73,6	37	115
6.	76	26	101,5
Arithm. Mittel	72,1	29,6	101,1

69,3	70,7	71,4	71,69	73,6	76
- 2,7	- 1,3	- 0,6	- 0,31	+ 1,6	+ 1,0
Summe der negativen Abweichungen = 4,91					
Summe der positiven Abweichungen = 5,6					

Die Summe der Abweichungen ist hier größer, als in der ersten Reihe, weil in der 6. Gruppe ein ungewöhnlich hoher Mittelwert vorhanden ist, der sich um 4 über den allgemeinen Argument-Durchschnitt erhebt.

Die beiden Teile des Ringes unterscheiden sich hiernach um 7,8 Einheiten, um annähernd 11%. In absolutem Maße beträgt die Länge der Zellen im inneren Teile 824 μ , im äußeren 924 μ , hier also 100 μ mehr. Zieht man die beiden Teile zusammen, so ergibt sich als gemeinsamer Argument -Durchschnitt 68,2. Im 11. Ringe der Hauptreihe finden wir 70,77, also 2,5 Einheiten mehr, als in dem eben untersuchten Ringe. Die beiden Zahlen weichen nur sehr wenig von einander ab.

2. Beispiel.

Hierzu wählen wir den stark entwickelten 6. Jahresring des Astes, der 3,2 mm im Durchmesser hat. Er wird in 4 Regionen von je 0,8 mm geteilt und aus jeder die Länge von 200 Zellen bestimmt. Wir beginnen mit dem innersten Teile des Ringes als erstem.

1. Teil des Ringes.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	52,19	40,5	85
2.	58,6	34,5	105
3.	55,9	25	87
4.	56,5	25	91
Arithm. Mittel	55,8	31,2	92

2. Teil des Ringes.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	60,7	31	88
2.	64,9	23	92
3.	61,6	29	87
4.	55	28	88
Arithm. Mittel	60,5	27,7	88,7

3. Teil des Ringes.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	60,4	28,5	92
2.	63,59	34,5	96,5
3.	60,9	34	94,5
4.	68,3	40,5	87
Arithm. Mittel	63,3	34,4	92,5

4. Teil des Ringes.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	69,9	12,5	96
2.	70,1	37,5	94
3.	67,1	38	94
4.	67,19	10	97,5
Arithm. Mittel	68,64	39,5	95,37

Die Abweichungen von den Mittelwerten wurden bei diesen nur je 200 Messungen umfassenden Reihen nicht angegeben. Ein Blick auf die Zahlenreihen lehrt, daß sich ihre einzelnen Glieder innerhalb der gewöhnlichen Grenzen um ihre Mittelwerte ordnen.

Aus den gewonnenen Zahlen folgt, daß die Länge der Zellen hier, wie im 1. Beispiel, von innen nach außen zunimmt: doch geschieht dies nicht gleichmäßig, wie folgende Übersicht zeigt.

Teil	Mittlere Länge	Unterschied
1.	55,8	
2.	60,5	4,7
3.	63,3	2,8
4.	68,6	5,3

Die Zunahme der Zellenlänge vom 1. zum 2. Teile ist größer, als die vom 2. zum 3.; beträchtlich größer aber noch, als die vom 1. zum 2. ist die vom 3. zum 4. Teile. Im ganzen ist sie auffallend groß: der 1. und der 4. Teil weichen um 12,8 Einheiten von einander ab, ein Unterschied, der von 2 aufeinander folgenden Ringen der Hauptreihe niemals erreicht wurde.

Vereinigt man die Zahlen der 4 Reihen, so ergibt sich als allgemeiner Argument-Durchschnitt des Ringes der Wert 62,05. Dieser übertrifft den des 6. Ringes der Hauptreihe um 5,48, und um ungefähr ebensoviel den des 6. Ringes, welchen Dr. *Kummer* gemessen. Da nun der Durchschnitt des Ringes der Hauptreihe ungewöhnlich niedrig war und sich deren großer, alle Ringe umfassenden Zahlenreihe, wie wir gesehen, nicht genügend einordnete, so wird man schließen dürfen, daß das Mittel zwischen ihm und dem zuletzt gefundenen hohen Werte dem wahren Durchschnitt nahe komme. Dieses Mittel beträgt 59,31, ist um 2,74 Einheiten höher, als das der Hauptreihe und entspricht ungefähr den Erwartungen, die man hegen darf.

Salix alba vitellina pendula.

Damit wenden wir uns den Messungen zu, die an einem Zweige der in der Überschrift genannten Weidenform angestellt wurden. Wie schon

angegeben, war der Zweig, der, von seinem Scheitelteile abgesehen, aufrechte Stellung einnahm, außergewöhnlich kräftig. Sein Holzkörper bestand aus 2 Ringen, dem des 1. Jahres, der etwa 2 mm, und dem des 2., der fast 9,5 mm im Durchmesser hatte. Diesen teilte man in 5 Zonen von ungefähr 1,8 mm Breite, die bei der Mazeration vollständig, d. h. ihrem ganzen Durchmesser nach, verwandt wurden. An den Zellen jeder Zone führte man 200, am ganzen Ringe also 1000 Bestimmungen aus. Um ferner Einblick in das Verhältnis zu gewinnen, das zwischen den Zellenlängen der äußersten Zone des 1. Ringes und der innersten des 2. besteht, wurden von den Zellen jener Zone noch 200 gemessen, die aber, was bestimmt hervorzuheben ist, der zuletzt entstandenen schmalen Region des Ringes angehörten. Wir beginnen mit diesen.

1. Jahresring. Äußerste Zone.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	39,39	23	58
2.	38,9	20	58
3.	38,5	20,5	52
4.	37,9	19,5	57
Arithm. Mittel	38,67	20,75	56,25

2. Jahresring.

1. (innerste) Zone.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	37,75	19	52
2.	39,68	20	60,5
3.	38,99	21	49
4.	39	20	55,5
Arithm. Mittel	38,85	20	54,25

2. Zone.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	40,9	26,5	61
2.	42	21	57
3.	41,15	19,5	68
4.	40,8	22	59
Arithm. Mittel	41,21	22,25	61,25

3. Zone.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	41,25	19	64
2.	41,28	20,5	62
3.	44,87	28	63
4.	45,59	27	61
Arithm. Mittel	43,25	23,62	62,5

4. Zone.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	45,39	27	64,5
2.	45,9	20	61
3.	46,38	29,5	64
4.	45,3	27	63
Arithm. Mittel	45,74	25,87	63,1

5. Zone.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	44,69	25	68
2.	46	19,5	72
3.	47,8	24	68
4.	48,36	27	67,5
Arithm. Mittel	46,71	23,87	68,87

Soweit die Zahlen, deren Verhältnisse wir nunmehr vergleichend betrachten wollen.

Was zunächst den Uebergang vom 1. zum 2. Jahre betrifft, so ergibt sich, daß die zuletzt entstandenen Zellen des 1. und die zuerst entstandenen des 2. Ringes ungefähr gleich lang sind; der Unterschied beträgt nur 0,18 einer Einheit. Das Längenwachstum der Zellen setzt sich also vom einen zum anderen Ringe gleichartig fort. Der Gedanke, daß mit der Umfangzunahme der Frühholzzellen im Querschnitt auch ein entsprechendes Längenwachstum verbunden sei, trifft nicht zu. Eine derartige Periodizität, auf die zu schließen man gewiß berechtigt wäre, ist hier also nicht vorhanden.

Fassen wir jetzt die Zonen des 2. Ringes ins Auge.

Um die Uebersicht zu erleichtern, stellen wir auch hier die Mittelwerte der 5 Zonen mit ihren Unterschieden zusammen.

Zone	Mittlere Länge	Unterschied
1.	38,85	
2.	41,21	2,36
3.	43,25	2,04
4.	45,74	2,49
5.	46,71	0,97

Aus diesen Zahlen geht hervor, daß die Länge der Zellen in den ersten 4 Zonen zwar nicht genau, aber doch sehr gleichartig zunimmt. Ja man kann sagen, die Zunahme ist überraschend gleichförmig, wenn man bedenkt, daß das untersuchte Gewebe jedesmal der ganzen Breite der Zone entnommen und daß immer nur 4 Stückchen gewählt wurden. Etwas abweichend verhält sich die 5. Zone: ihre Zellen bleiben im Wachstum um etwa die Hälfte hinter dem der vorhergehenden zurück. Die ersten 4 Zonen führen ungezwungen zu der Annahme, daß die Fasern sich beständig und stetig, d. h. in gleichen Zeiten im allgemeinen um gleichviel

Einheiten verlängern; die 5. Zone stimmt damit nicht ganz überein. Doch handelt es sich hier wahrscheinlich nur um eine der zufälligen Erscheinungen, wie sie in der Statistik oft vorkommen. Diese Annahme hat um so mehr für sich, als unter den 4 Zonen des einen Ringes der *S. fragilis* gerade die letzte die 3 übrigen durch ihre Zellenlänge erheblich überragte. Da die verwandten Weidenformen sich im Bau, soweit es sich um das Wesentliche handelt, gewiß nicht unterscheiden, so wird es gestattet sein, aus den beiden Vorkommnissen das Mittel zu ziehen und anzunehmen, daß im einen Falle das Zuviel, im andern das Zuwenig durch statistischen Zufall verursacht worden sei.

Auf die 2600 Messungen, deren Ergebnisse eben vorgelegt wurden, haben wir uns zunächst beschränkt. Es wäre erwünscht gewesen, über größere Zahlenreihen verfügen zu können. Sie zu gewinnen, war uns aber z. Z. aus verschiedenen Gründen nicht möglich.

Fassen wir alles Gesagte zusammen, so folgt daraus der Schluß, daß das Längenwachstum der Holzzellen stetig ist; daß es an der Periodizität, die sich im Querschnitt des Frühjahrs- und Herbstholzes ausspricht, nicht teilnimmt.

Doch gilt diese Regel zunächst nur für die untersuchten Weidenformen; ob ihr allgemeine Bedeutung zukommt, muß weitere Forschung entscheiden. Nach *Schulze* sollen, wie wir früher sahen, 2 Arten des Wachstums vorkommen. Bei den Nadelhölzern sind die Tracheiden des Herbstholzes länger, als die des Frühjahrsholzes; bei den Laubhölzern beobachtet man bald dasselbe, bald ein abweichendes Verhalten: die Zellen des Herbstholzes sind anfangs größer, als die des Frühjahrsholzes, werden ihnen dann aber gleich oder sogar noch kürzer als sie.

Sind die Angaben *Schulzes* richtig, dann liegt hier eine eigentümliche Periodizität im Wachstum vor. Ohne deren Vorkommen bezweifeln zu wollen, können wir doch gewisse Bedenken nicht abweisen. *Schulze* stützt seine einzelnen Folgerungen auf je 20 Messungen. Ein Blick auf eines unserer flachen Polygone lehrt aber alsbald, wie zahlreichen und unbestimmten Möglichkeiten man ausgesetzt ist, wenn man aus mazeriertem Gewebe 20 Zellen beliebig herausgreift. Gewiß spricht die Wahrscheinlichkeit dafür, daß man gewöhnlich überwiegend Zellen mittlerer Länge treffen wird; aber bei einer so kleinen Zahl ist jede Vereinigung verschiedener Zellenlängen möglich, und es dürfen Folgerungen daher nur mit großer Vorsicht gezogen werden.

Die für die verschiedenen Zonen der Jahresringe gewonnenen Maße sind nicht unwichtig für das Verständnis der Verschiedenheiten, die wir

unter den je 50 Zellen zählenden Gruppen der Ringe der Hauptreihe wahrnahmen. Wir sahen, daß unter den 10 oder mehr Gruppen 2 oder 3 trotz aller Ungleichheit der Zusammensetzung völlig gleiche Mittelwerte hatten, indes andere wenig oder mehr davon abwichen. Wie im Eingang zu diesem Abschnitte angegeben, wurde von kräftigen Ringen nur das Gewebe der Mitte, an schwachen auch das des äußeren Teiles zur Mazeration verwandt. Wäre es praktisch ausführbar, stets nur das Gewebe einer bestimmten schmalen Zone abzuheben, so würden die Gruppen sämtlich gleiche oder fast gleiche Durchschnittswerte ergeben. Da aber diese Forderung nicht erfüllbar ist, so sind die im ganzen ja nur geringen Gruppenunterschiede nicht zu vermeiden.

Durchschnittliche Abweichung. — Streuung.

Bisher haben wir dem Leser die Ergebnisse von 10 000 Messungen vor Augen geführt. Davon gehören 6000 der Hauptreihe an; 1600 dienten zu deren Kontrolle und 2400 zur Bestimmung des Baues der verschiedenen Zonen im einzelnen Ringe. Auch diese Maße konnten teilweise zur Kontrolle der Hauptreihe verwandt werden.

Um einen Maßstab für die Zuverlässigkeit der Argument-Durchschnitte der Zellenlängen in den Ringen zu gewinnen, wurden für jeden die Mittelwerte der 10 Gruppen von Messungen nebst ihren geringsten und größten Längen angegeben. Es ist klar, daß in der mehr oder minder nahen Uebereinstimmung der Gruppenmittel mit dem allgemeinen Durchschnitt ein wichtiger Maßstab für das Urteil über dessen Brauchbarkeit geboten ist. Auch die für die Zellen einzelner Ringe ausgeführten Kontroll-Messungen können in demselben Sinne benutzt werden.

Der vergleichende Betrachter unserer Zahlen wird sich nun, wie wir bestimmt meinen annehmen zu dürfen, überzeugt haben, daß die Durchschnittswerte von genügender „Präzision“ bilden. Doch glaubten wir es hierbei nicht bewenden lassen zu sollen und geben daher im Nachfolgenden noch für 3 Ringe die Berechnung der „durchschnittlichen“ und der „mittleren Abweichung“ oder „Streuung“. Es wurden dazu der 1., 2. und 8. Ring gewählt, der 1. wegen seiner eingipfeligen Verteilungstafel, der 2., um den Uebergang von einem Ringe zum andern festzustellen, der 8. endlich als Beispiel einer vielgipfeligen flachen Verteilungstafel.

1. Jahresring.

Der Argument-Durchschnitt des Ringes ist 34,8, liegt also zwischen den Abszissen 34 und 35. Da das Rechnen mit Brüchen hier aber sehr

umständlich sein würde, so verlegen wir den Nullpunkt, bzw. die Nulllinie auf die Abszisse 35 als Näherungswert und berechnen von ihr aus die Abweichungen, von denen unter ihr 18 negative, über ihr 20 positive, die 3 mit 0 bezeichneten leeren Stellen einbezogen, vorhanden sind.

Wie die Bezeichnungen am Kopfe der Reihen angeben, enthält deren erste die Zahl aller vorkommenden Z der 500 gemessenen Holzzellen-Individuen. Die Werte entsprechen dem Verteilungs-Vieleck; sie beginnen bei der Abszisse 15 und enden bei 55; jede führt die Summe der Z über den einander folgenden x vor. In der Reihe 2 sind die Zahlen der 1. Reihe auf 100 berechnet und in der Reihe 3 die Prozente in Bruchteilen von 1 wiedergegeben. Da das Wahrscheinlichkeits-Integral

$$\int y \, dx = 1,$$

so ersieht man aus dieser Reihe die Wahrscheinlichkeit a posteriori des Vorkommens der verschiedenen Zellenlängen.

Reihe 4 zeigt die negativen und positiven Abweichungen der Z , von der 0-Linie an gerechnet; Reihe 5 diese Abweichungen multipliziert mit der Zahl ihres Vorkommens. Reihe 6 gibt die Abweichungen auf ihre Quadrate erhoben und Reihe 7 diese Quadrate multipliziert mit der Zahl ihres Auftretens.

In Reihe 8 ist die Summentafel dargestellt, die dadurch erhalten wird, daß man die Glieder der 1., der Z -Reihe nacheinander addiert. Ihre wichtigste Eigenschaft besteht darin, daß sie beständig steigt oder gleich bleibt, niemals fällt und beim letzten Werte dem Umfange der ganzen Reihe, hier 500, gleich wird. In den Reihen 9 und 10 sind für die Glieder der Reihe 8 wieder die Prozente und Bruchteile berechnet. Die zu dieser Reihe gehörende Kurve, deren Gestalt man aus den Zahlen ersehen kann, wurde hier nicht wiedergegeben. Sie hat treppenförmiges Aussehen und läuft zuletzt fast horizontal aus. In theoretischer Hinsicht ist die Summentafel und die darauf begründete Summen-Funktion sehr wichtig, kommt aber hier nur wenig in Betracht. — Bemerkte sei noch, daß der Zentralwert oder „wahrscheinliche“ Wert sich ohne weiteres aus diesen Reihen ergibt. Er liegt in ihrer Mitte, in der 8. Reihe bei 247, in Reihe 9 bei 49,2 und in Reihe 10 bei 0,492, also annähernd bei 0,5. Er hat 8760 a unter, 8610 über sich.

Als letzte, 11., geben wir endlich noch die Reihe aller zum ganzen Umfange gehörenden a. Sie wird, was zu bemerken kaum noch nötig sein dürfte, dadurch gewonnen, daß man die sämtlichen Z mit den ihnen zukommenden, auf der x -Achse ausgedrückten, Längen multipliziert.

1	2	3	4	5	6
Zahl der Zellen Z	Prozent	Bruchteile	Abweichung v. Argum.- Durchschn.	Summe 1×1	Quadrate der Abweich.
1	0,2	0,002	— 18	— 18	324
2	0,4	0,004	— 17	— 34	289
1	0,2	0,002	— 16	— 16	256
2	0,4	0,004	— 15	— 30	225
2	0,4	0,004	— 14	— 28	196
3	0,6	0,006	— 13	— 39	169
3	0,6	0,006	— 12	— 36	144
5	1,0	0,010	— 11	— 55	121
7	1,4	0,014	— 10	— 70	100
11	2,2	0,022	— 9	— 99	81
11	2,2	0,022	— 8	— 88	64
9	1,8	0,018	— 7	— 63	49
19	3,8	0,038	— 6	— 114	36
22	4,4	0,044	— 5	— 110	25
26	5,2	0,052	— 4	— 104	16
40	8,0	0,080	— 3	— 120	9
38	7,6	0,076	— 2	— 76	4
45	9,0	0,090	— 1	— 45	1
36	0	0	0	0	0
35	7,0	0,070	+ 1	+ 35	1
36	7,2	0,072	+ 2	+ 72	4
28	5,6	0,056	+ 3	+ 84	9
23	4,6	0,046	+ 4	+ 92	16
22	4,4	0,044	+ 5	+ 110	25
21	4,2	0,042	+ 6	+ 126	36
9	1,8	0,018	+ 7	+ 63	49
14	2,8	0,028	+ 8	+ 112	64
10	2,0	0,020	+ 9	+ 90	81
8	1,6	0,016	+ 10	+ 80	100
4	0,8	0,008	+ 11	+ 44	121
2	0,4	0,004	+ 12	+ 24	144
1	0,2	0,002	+ 13	+ 13	169
1	0,2	0,002	+ 14	+ 14	196
0	0,0	0,000	+ 15	0	225
0	0,0	0,000	+ 16	0	256
1	0,2	0,002	+ 17	+ 17	289
0	0,0	0,000	+ 18	0	324
1	0,2	0,002	+ 19	+ 19	361
1	0,2	0,002	+ 20	+ 20	400
<hr/> 500	<hr/> 92,8	<hr/> 0,928			
dazu d. 0-Linie	7,2	0,072			
	<hr/> 100,0	<hr/> 1,000			

7	8	9	10	11
Quadrate d. Abw. \times d. Zahl 1×6	Summentafel	Prozent	Bruchteile	Zahl aller a
324	1	0,2	0,002	17
578	3	0,6	0,006	36
256	4	0,8	0,008	19
450	6	1,2	0,012	40
392	8	1,6	0,016	42
507	11	2,2	0,022	66
432	14	2,8	0,028	69
605	19	3,8	0,038	120
700	26	5,2	0,052	175
891	37	7,4	0,074	286
704	48	9,6	0,096	297
441	57	11,4	0,114	252
684	76	15,2	0,152	551
550	98	19,6	0,196	660
416	124	24,8	0,248	806
360	164	32,8	0,328	1280
152	202	40,4	0,404	1254
45	247	49,2	0,492	1530
0	283	56,6	0,566	1260
35	318	63,6	0,636	1260
144	354	70,8	0,708	1332
252	382	76,4	0,764	1064
368	405	81,0	0,810	897
550	427	85,4	0,854	880
756	448	89,6	0,896	861
441	457	91,4	0,914	378
896	471	94,2	0,942	602
810	481	96,2	0,962	440
800	489	97,8	0,978	360
484	493	98,6	0,986	184
288	495	99,0	0,990	94
169	496	99,2	0,992	48
196	497	99,4	0,994	49
0	497	99,4	0,994	0
0	497	99,4	0,994	0
289	498	99,6	0,996	52
0	498	99,6	0,996	0
361	499	99,8	0,998	54
400	500	100,0	1,000	55
<hr/> 15 726				<hr/> 17 370

Aus den Reihen 4 und 7 ergaben sich nun die durchschnittliche Abweichung und die Streuung.

$$\begin{aligned} \text{Summe der negativen Abweichungen} &= 1145 \\ \text{Summe der positiven Abweichungen} &= 1015 \end{aligned}$$

Die negativen Abweichungen sind um 130 höher, als die positiven; wir haben also vom Argument-Durchschnitt 0,26 abzuziehen und erhalten dann fast genau den Wert 34,7. Der Unterschied ist so klein, daß er unberücksichtigt bleiben kann.

$$\begin{aligned} \text{Summe der Abweichungen ohne Rücksicht auf die Vorzeichen} &= 2\ 160 \\ \text{Durchschnittliche Abweichung} &= \frac{2\ 160}{500} \\ &= 4,32 \\ \text{Summe der Quadrate der Abweichungen, der „Fehlerquadrate“} &= 15\ 726 \\ \text{Mittlere Abweichung, Streuung} &= \sqrt{\frac{15\ 726}{500}} \\ &= \sqrt{31,45} \\ &= 5,6 \end{aligned}$$

Die durchschnittliche Abweichung und die Streuung weichen um etwas mehr als eine Einheit von einander ab, ein Verhältnis, das auch sonst beobachtet wird. Im Hinblick auf die Größe der hier behandelten Zahlen dürfen die Abweichungen gewiß als klein bezeichnet werden.

Die Summe aller für die einzelnen Z-Reihen aufgezählten a ist um 30 kleiner, als die durch Multiplikation des Argument-Durchschnittes mit 500 erhaltene Zahl; dies kommt aber bei der großen Gesamtsumme nicht in Betracht.

2. Jahresring.

Als Argument-Durchschnitt fanden wir für diesen Ring 41,9. Rechnen wir die Abszisse 42 als Nullpunkt, so sind darunter 22 negative, darüber 23 positive Werte vorhanden, unter diesen aber 4 leere Stellen.

Die hierher gehörenden Zahlenreihen bedürfen nach dem beim 1. Ringe Gesagten keiner Erläuterung.

1 Zahl der Zellen Z	2 Prozent	3 Bruchteile	4 Abweichung v. Argum.- Durchschn.	5 Summe 1 - 4	6 Quadrate der Abweichung
1	0,2	0,002	- 21	- 21	441
1	0,2	0,002	- 20	- 20	400
1	0,2	0,002	- 19	- 19	361
1	0,2	0,002	- 18	- 18	321
1	0,2	0,002	- 17	- 17	289
2	0,4	0,004	- 16	- 32	256
5	1,0	0,010	- 15	- 75	225
5	1,0	0,010	- 14	- 70	196
2	0,4	0,004	- 13	- 26	169
7	1,4	0,014	- 12	- 84	144
9	1,8	0,018	- 11	- 99	121
12	2,4	0,024	- 10	- 120	100
23	4,6	0,046	- 9	- 207	81
19	3,8	0,038	- 8	- 152	64
14	2,8	0,028	- 7	- 98	49
20	4,0	0,040	- 6	- 120	36
21	4,2	0,042	- 5	- 105	25
24	4,8	0,048	- 4	- 96	16
23	4,6	0,046	- 3	- 69	9
28	5,6	0,056	- 2	- 56	4
24	4,8	0,048	- 1	- 24	4
30	0	0	0	0	0
28	5,6	0,056	+ 1	+ 28	4
20	4,0	0,040	+ 2	+ 40	4
29	5,8	0,058	+ 3	+ 87	9
21	4,2	0,042	+ 4	+ 84	16
26	5,2	0,052	+ 5	+ 130	25
21	4,2	0,042	+ 6	+ 126	36
17	3,4	0,034	+ 7	+ 119	49
18	3,6	0,036	+ 8	+ 144	64
13	2,6	0,026	+ 9	+ 117	81
6	1,2	0,012	+ 10	+ 60	100
5	1,0	0,010	+ 11	+ 55	121
5	1,0	0,010	+ 12	+ 60	144
8	1,6	0,016	+ 13	+ 104	169
2	0,4	0,004	+ 14	+ 28	196
4	0,8	0,008	+ 15	+ 60	225
1	0,2	0,002	+ 16	+ 16	256
0	0,0	0,000	+ 17	0	289
0	0,0	0,000	+ 18	0	321
1	0,2	0,002	+ 19	+ 19	361
0	0,0	0,000	+ 20	0	400
1	0,2	0,002	+ 21	+ 21	441
0	0,0	0,000	+ 22	0	484
1	0,2	0,002	+ 23	+ 23	529
<u>500</u>	<u>94</u>	<u>0,940</u>			
Dazu 6 d. 0-Linie	6	0,060			
	<u>100</u>	<u>1,000</u>			

7 Quadrat d. Abw. \times d. Zahl 1×6	8 Summentafel	9 Prozent	10 Bruchteile	11 Zahl aller a
441	1	0,2	0,002	21
400	2	0,4	0,004	22
361	3	0,6	0,006	23
324	4	0,8	0,008	24
289	5	1,0	0,010	25
512	7	1,4	0,014	52
1 125	12	2,4	0,024	135
980	17	3,4	0,034	140
338	19	3,8	0,038	58
1 008	26	5,2	0,052	210
1 089	35	7,0	0,070	279
1 200	47	9,4	0,094	384
1 863	70	14,0	0,140	759
1 216	89	17,8	0,178	646
686	103	20,6	0,206	190
720	123	24,6	0,246	720
525	144	28,8	0,288	777
384	168	33,6	0,336	912
207	191	38,2	0,382	897
112	219	43,8	0,438	1 120
24	243	48,6	0,486	984
0	273	54,6	0,546	1 260
28	301	60,2	0,602	1 634
80	321	64,2	0,642	880
261	350	70,0	0,700	1 305
336	371	74,0	0,740	966
650	397	79,4	0,794	1 222
756	418	83,6	0,836	1 008
833	435	87,0	0,870	833
1 152	453	90,6	0,906	900
1 053	466	93,2	0,932	663
600	472	94,4	0,944	312
605	477	95,4	0,954	265
720	482	96,4	0,964	270
1 352	490	98,0	0,980	440
392	492	98,4	0,984	112
900	496	99,2	0,992	228
256	497	99,4	0,994	58
0	497	99,4	0,994	0
0	497	99,4	0,994	0
361	498	99,6	0,996	61
0	498	99,6	0,996	0
441	499	99,8	0,998	63
0	499	99,8	0,998	0
529	500	100,0	1,000	65
<hr/> 25 109				<hr/> 21 223

Summe der negativen Abweichungen	=	1 528
Summe der positiven Abweichungen	=	1 321

Hier zählen die negativen Abweichungen 207 mehr, als die positiven; man hat daher den Argument-Durchschnitt um 0,41 zu verringern und erhält sonach 41,49. Der Unterschied ist auch hier so gering, daß er nicht in Betracht kommt.

Summe der Abweichungen ohne Rücksicht auf die Vorzeichen	=	2 849
Durchschnittliche Abweichung	=	$\frac{2\ 849}{500}$
	=	5,69
Summe der Quadrate der Abweichungen	=	25 109
Mittlere Abweichung, Streuung	=	$\sqrt{\frac{25\ 109}{500}}$
	=	$\sqrt{50,2}$
	=	7,0

Dem größeren Abänderungsspielraum entsprechend sind die Abweichungen hier etwas größer, als im 1. Ringe. Wieder sind die beiden Abweichungen verschieden, ja der Unterschied ist hier noch um ein Geringes größer, als dort.

Wie die Summentafel 8 zeigt, liegt der Zentralwert bei 243, in Reihe 10 bei 0,486, nicht weit von 0,5 entfernt. Die Zahl der a ist auf 21 223 gestiegen, hat also vom 1. zum 2. Ringe um 3853 zugenommen, ein Wachstum, das, wenn auch nicht genau, so doch ungefähr, der Längenzunahme der Zellen von 34,8 auf 41,9 entspricht. — Hier ist die Summe der gezählten a größer als die mit dem Argument-Durchschnitt berechnete. Der Unterschied beläuft sich auf 273, spielt aber auch bei der großen Gesamtzahl keine Rolle.

8. Jahresring.

Der Argument-Durchschnitt dieses Ringes ist 67,6. Wird die Abszisse 67 als Nullpunkt gerechnet, so finden wir darunter 37 negative Werte mit 5 leeren Stellen, darüber 42 Werte mit 4 leeren Stellen. —

1	2	3	4	5	6
Zahl der Zellen Z	Prozent	Bruchteile	Abweichung v. Argum.- Durchschn.	Summe 1 2 3 4	Quadrate der Abweichung
1	0,2	0,002	- 37	37	1 369
2	0,1	0,004	- 36	72	1 296
0	0,0	0,000	- 35	0	1 225
0	0,0	0,000	- 34	0	1 156
0	0,0	0,000	- 33	0	1 089
0	0,0	0,000	- 32	0	1 024
0	0,0	0,000	- 31	0	961
1	0,2	0,002	- 30	30	900
0	0,0	0,000	- 29	0	841
2	0,1	0,004	- 28	56	784
2	0,1	0,004	- 27	54	729
1	0,8	0,008	- 26	104	676
7	1,4	0,014	- 25	175	625
3	0,6	0,006	- 24	72	576
3	0,6	0,006	- 23	69	529
6	1,2	0,012	- 22	132	484
1	0,8	0,008	- 21	84	441
5	1,0	0,010	- 20	100	400
5	1,0	0,010	- 19	95	361
8	1,6	0,016	- 18	144	324
8	1,6	0,016	- 17	136	289
13	2,6	0,026	- 16	208	256
13	2,6	0,026	- 15	195	225
12	2,1	0,021	- 14	168	196
13	2,6	0,026	- 13	169	169
15	3,0	0,030	- 12	180	144
13	2,6	0,026	- 11	143	121
6	1,2	0,012	- 10	60	100
14	2,8	0,028	- 9	126	81
15	3,0	0,030	- 8	120	64
13	2,6	0,026	- 7	91	49
4	0,8	0,008	- 6	24	36
11	2,2	0,022	- 5	55	25
6	1,2	0,012	- 4	24	16
16	3,2	0,032	- 3	48	9
11	2,2	0,022	- 2	22	4
9	1,8	0,018	- 1	9	1
7	1,4	0,014	0	0	0
				3002	

1	2	3	4	5	6
Zahl der Zellen Z	Prozent	Bruchteile	Abweichung v. Argum.- Durchschn.	Summe 1×4	Quadrate der Abweichung
10	2,0	0,020	+ 1	+ 10	1
11	2,2	0,022	+ 2	+ 22	4
11	2,2	0,022	+ 3	+ 33	9
10	2,0	0,020	+ 4	+ 40	16
7	1,4	0,014	+ 5	+ 35	25
8	1,6	0,016	+ 6	+ 48	36
7	1,4	0,014	+ 7	+ 49	49
8	1,6	0,016	+ 8	+ 64	64
11	2,2	0,022	+ 9	+ 99	81
5	1,0	0,010	+ 10	+ 50	100
16	3,2	0,032	+ 11	+ 176	121
5	1,0	0,010	+ 12	+ 60	144
12	2,4	0,024	+ 13	+ 156	169
13	2,6	0,026	+ 14	+ 182	196
12	2,4	0,024	+ 15	+ 165	225
6	1,2	0,012	+ 16	+ 96	256
8	1,6	0,016	+ 17	+ 136	289
10	2,0	0,020	+ 18	+ 180	324
14	2,8	0,028	+ 19	+ 266	361
3	0,6	0,006	+ 20	+ 60	400
8	1,6	0,016	+ 21	+ 168	441
5	1,0	0,010	+ 22	+ 110	484
5	1,0	0,010	+ 23	+ 115	529
8	1,6	0,016	+ 24	+ 192	576
4	0,8	0,008	+ 25	+ 100	625
6	1,2	0,012	+ 26	+ 156	676
2	0,4	0,004	+ 27	+ 54	729
6	1,2	0,012	+ 28	+ 168	784
3	0,6	0,006	+ 29	+ 87	841
4	0,4	0,004	+ 30	+ 120	900
1	0,2	0,002	+ 31	+ 31	961
1	0,2	0,002	+ 32	+ 32	1 024
3	0,6	0,006	+ 33	+ 99	1 089
1	0,2	0,002	+ 34	+ 34	1 156
1	0,2	0,002	+ 35	+ 35	1 225
1	0,2	0,002	+ 36	+ 36	1 296
0	0,0	0,000	+ 37	0	1 369
0	0,0	0,000	+ 38	0	1 444
0	0,0	0,000	+ 39	0	1 521
0	0,0	0,000	+ 40	0	1 600
1	0,2	0,002	+ 41	+ 41	1 681
1	0,2	0,002	+ 42	+ 42	1 764
500	100,0	1,000		3 547	

7	8	9	10	11
Quadrate der Abw. d. Zahl 1 - 6	Summentafel	Prozent	Bruchteile	Zahl aller a
1 369	1	0,2	0,002	31
2 592	3	0,6	0,006	64
0	3	0,6	0,006	0
0	3	0,6	0,006	0
0	3	0,6	0,006	0
0	3	0,6	0,006	0
0	3	0,6	0,006	0
900	4	0,8	0,008	37
0	4	0,8	0,008	0
1 568	6	1,2	0,012	78
1 458	8	1,6	0,016	80
2 704	12	2,4	0,024	164
4 375	19	3,8	0,038	294
1 728	22	4,4	0,044	129
1 587	25	5,0	0,050	132
2 904	31	6,2	0,062	270
1 764	35	7,0	0,070	264
2 000	40	8,0	0,080	235
1 805	45	9,0	0,090	240
2 592	53	10,6	0,106	392
2 312	61	12,2	0,122	400
3 328	74	14,8	0,148	663
2 925	87	17,4	0,174	676
2 352	99	19,8	0,198	636
2 197	112	22,4	0,224	702
2 160	127	25,4	0,254	825
1 573	140	28,0	0,280	728
600	146	29,2	0,292	342
1 134	160	32,0	0,320	812
960	175	35,0	0,350	885
637	188	37,6	0,376	780
441	192	38,4	0,384	244
275	203	40,6	0,406	682
96	209	41,8	0,418	378
144	225	45,0	0,450	1 024
44	236	47,2	0,472	715
9	245	49,0	0,490	594
0	252	50,4	0,504	469

7	8	9	10	11
Quadrate der Abw. \times d. Zahl 1×6	Summentafel	Prozent	Bruchteile	Zahl aller a
10	262	52,4	0,524	680
44	273	54,6	0,546	759
99	284	56,8	0,568	770
160	294	58,8	0,588	710
175	301	60,2	0,602	504
288	309	61,8	0,618	584
343	316	65,2	0,652	518
512	324	64,8	0,648	600
891	335	67,0	0,670	836
500	340	68,0	0,680	385
1 936	356	71,2	0,712	1 248
720	361	72,2	0,722	395
2 028	373	74,6	0,746	960
2 548	386	77,2	0,772	1 053
2 700	398	79,6	0,796	984
1 536	404	80,8	0,808	498
2 312	412	82,4	0,824	672
3 240	422	84,4	0,844	850
5 054	436	87,2	0,872	1 204
1 200	439	87,8	0,878	261
3 528	447	89,4	0,894	704
2 420	452	90,4	0,904	445
2 645	457	91,4	0,914	450
4 608	465	93,0	0,930	728
2 500	469	93,8	0,938	368
4 056	475	95,0	0,950	558
1 458	477	95,4	0,954	188
4 704	483	96,6	0,966	570
2 523	486	97,2	0,972	288
3 600	490	98,0	0,980	388
961	491	98,2	0,982	98
1 024	492	98,4	0,984	99
3 267	495	99,0	0,990	300
1 156	496	99,2	0,992	101
1 225	497	99,4	0,994	102
1 296	498	99,6	0,996	103
0	498	99,6	0,996	0
0	498	99,6	0,996	0
0	498	99,6	0,996	0
0	498	99,6	0,996	0
1 681	499	99,8	0,998	108
1 764	500	100	1,000	109
<hr/>				<hr/>
120 948				34 143

Dem großen Abänderungsspielraum entsprechend sind hier die Abweichungen größer, als in den ersten Ringen.

Summe der negativen Abweichungen	-	3 002
Summe der positiven Abweichungen	-	3 547
Summe der Abweichungen ohne Rücksicht auf die Vorzeichen	-	6 549
Durchschnittliche Abweichung	-	6 549
		500
	=	13,1
Summe der Quadrate der Abweichungen	=	120 948
Mittlere Abweichung, Streuung	=	$\sqrt{\frac{120\ 948}{500}}$
	=	$\sqrt{241,8}$
	=	15,5

Die Streuung ist um 2,4 größer, als die durchschnittliche Abweichung. Das Verhältnis zwischen den beiden Zahlen weicht nur wenig von denen ab, welche die entsprechenden Werte der beiden ersten Jahresringe zeigen, ein deutliches Zeichen der Beständigkeit in den Beziehungen, die im Bau der Ringe bestehen. Die Abweichungen sind nur scheinbar groß; man bedenke, daß der Abänderungsspielraum in diesem Ringe 80 x umfaßt. Zwar sind sie verhältnismäßig größer, als die des 1. Ringes, dagegen kleiner, als die des zweiten.

Der Zentralwert liegt nach der Summentafel bei 252, in der Reihe 10 fast mit 0,5 zusammenfallend.

Das Exponential-Gesetz.

Noch einen Gegenstand haben wir zu erörtern. Es ist bekannt, daß die älteren Statistiker, vor allem *Quetelet*, von der Vorstellung ausgingen, daß das *Gaußsche* Fehlergesetz, das Exponential-Gesetz, allgemeine Geltung habe. Auch *Fechner* hegte ursprünglich diese Ansicht, fand aber, daß seine Beobachtungen nur teilweise damit übereinstimmten: daß seine Reihen Asymmetrien aufwiesen, die sich der Formel nicht fügten. Um die Schwierigkeiten, die sich der Deutung entgegenstellten, zu beseitigen, entwickelte er sein „zweiseitiges“ Gesetz. Wie dies geschah, haben wir hier nicht auszuführen. Man wolle seine eigene oder die von *Bruns* gegebene Darstellung heranziehen.

Unsere Jahresringe nun verhalten sich, wie wir gesehen haben, dem *Gaußschen* Gesetze gegenüber sehr verschieden. Die Verteilungs-Kurve

des 1. Ringes ist noch eingipfelig und annähernd symmetrisch gestaltet. Nichts steht der Annahme im Wege, daß bei wachsender Zahl der Beobachtungen die Asymmetrie mehr und mehr schwinde und in eine regelmäßig symmetrische Gestalt übergehe. Auch der 2. Ring dürfte sich dieser Annahme noch fügen; die folgenden aber bereiten zunehmend Schwierigkeiten. Die Kurven werden immer vielgipfeliger, „unruhiger“, und von Symmetrie der Gestalt, auch nur angenäherter, kann nicht mehr gesprochen werden.

Wie soll man nun diese Dinge deuten? Aus unseren Zahlen geht zunächst unzweifelhaft hervor, daß die Aenderung der Kurvengestalt mit dem Wachstum des Abänderungsspielraumes zusammenhängt. Betrachtet man die Sache vom geometrischen Standpunkte aus, so ist klar, daß sich die Zellenlängen bei jedem Abänderungsspielraum nach dem *Gaußschen* Gesetz verteilen könnten. Die Kurve würde nur allmählich flacher werden, die beiden Hälften jeder Fläche aber der Symmetrieachse gleichmäßig zugeordnet sein. Dies trifft jedoch nicht zu: die Kurve wird mit jedem Ringe unregelmäßiger. Hier drängt sich nun eine wichtige Frage auf. Der Abänderungsspielraum jedes Ringes, auf die Zellen der mittleren Region bezogen, ist eine konstante Größe. Wie gestaltet sich nun die flache Kurve, wenn man die Beobachtungszahlen steigert? Behält sie ihre Form bei oder strebt sie der Eingipfeligkeit zu, häufen sich die Zahlen der Mitte?

Um diese Frage zu beantworten, erhöhte man in zwei Fällen die Zahl der Messungen an den Zellen eines Ringes auf 1000; sodann wurden an einigen unserer Zahlenreihen geeignete Reduktionen vorgenommen.

Gesteigerte Zahl der Beobachtungen.

Salix alba vitellina pendula.

Zu den Messungen diente das Gewebe des 4. Jahresringes eines starken, aufrechten Zweiges. Je 50 Zellen bildeten wieder die primären Gruppen. Von ihnen wurden nun die ersten 5 zu einer größeren Gruppe vereinigt; diesen zählte man die 5 nächsten zu, ihnen die darauf folgenden 5 und diesen endlich reihte man die 5 letzten Gruppen an. Die 4 großen Gruppen enthielten also der Reihe nach 250, 500, 750, 1000 Zellen. Zu jeder Gruppe wurde die Verteilungstafel hergestellt. Bevor wir jedoch zu diesen übergehen, teilen wir die Mittelwerte der primären Gruppen in gewohnter Weise mit.

1. Reihe.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	48,2	21	74,5
2.	47,6	22	70,0
3.	48,6	19,5	72
4.	47,9	23	64
5.	49,76	25	70,5
Arithm. Mittel	48,4	22,1	70,2

2. Reihe.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	48,1	26	79
2.	47	26	73
3.	46,3	25	64
4.	48,9	28	77,5
5.	48,48	21	71,5
Arithm. Mittel	47,76	25,2	73

3. Reihe.

1.	46,4	25	72,5
2.	48,6	21	71
3.	48,2	22	79
4.	45,3	25	65
5.	48,1	24	71
Arithm. Mittel	47,3	23,4	71,7

4. Reihe.

1.	45,5	26	65
2.	45,4	26,5	65
3.	46,5	20	72,5
4.	46	23	70,5
5.	47,2	24,5	75,5
Arithm. Mittel	46,1	24	69,7

Als Durchschnitte aller 4 Reihen ergaben sich die Zahlen:

47,4	23,7	71,1
------	------	------

Um den allgemeinen Argument-Durchschnitt, 47,4 gruppieren sich eng die Mittelwerte der einzelnen Reihen: der niedrigste weicht nur um 1,3, der höchste sogar nur um 1 ab. Aehnlich sind die Verhältnisse unter den 5 Gliedern jeder Reihe: auch sie schließen sich, wie ein Blick lehrt, ihren Mittelwerten nahe an. Wir konnten daher darauf verzichten, die negativen und positiven Abweichungen noch besonders zusammenzustellen. — Bedeutender sind natürlich die Abweichungen von den Durchschnitten in den Reihen der geringsten und größten Längen: aber auch sie halten sich innerhalb enger Schranken. Auf alles gründet sich der

sichere Schluß, daß die Gesetzmäßigkeit im Baue des Ringes, soweit sie sich in den Zahlen ausspricht, sehr streng ist.

Wir wollen nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, daß die Länge der Zellen im 4. Jahresringe unserer Weidenform um fast 4 Einheiten kleiner ist, als die des 4. Ringes der *S. fragilis*: sie stimmt fast überein mit der des 3. Ringes dieser Art. Wahrscheinlich handelt es sich um ein systematisches Merkmal.

Es seien nun die zu den 4 Reihen gehörenden Verteilungs-Vielecke betrachtet. Fig. 14.

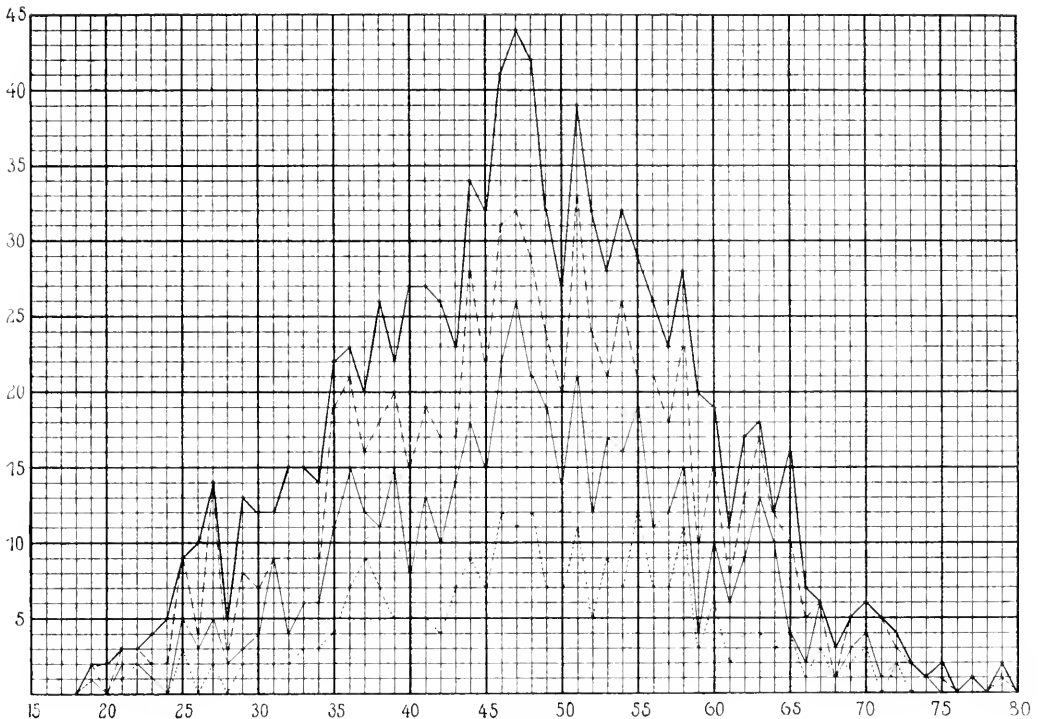


Fig. 14.

Das erste, zu den 250 Zahlen gehörende Polygon hat flache Gestalt: die Mitte tritt noch wenig hervor; ein herrschender Gipfel ist nicht vorhanden: die Ordinate des Argument-Durchschnittes bei $47x$ ist sogar um eine Einheit niedriger, als die 3 höchsten Gipfel. Auf der Grundlinie ist die geringste Zellenlänge, 19, schon erreicht: auf der Seite der größten Längen fehlen aber noch $5x$.

Am 2. Vieleck, dem der 500 Zahlen, ist die Basis vollständig, der ganze Abänderungsspielraum, die Längen zwischen 19 und $79x$, erreicht. Das Gebiet der mittleren Längen erhebt sich beträchtlich; die Ordinate

über 47 x überragt alle anderen. Was schon am 1. Polygon sichtbar war, die stärkere Ausbildung auf der Seite der längeren Zellen, wird hier deutlicher, die Asymmetrie unverkennbar.

Der Anblick des Polygons der 3. Reihe überrascht zunächst dadurch, daß neben dem Hauptgipfel ein zweiter, steiler, über 51 x entstanden ist, der ihm um 1 y überragt; dadurch wird die Asymmetrie noch gesteigert. Solche Zufälligkeiten kommen hier und da immer vor. Im ganzen hat sich die mittlere Region wieder stärker erhoben, als die Umgebung.

Das letzte Polygon endlich, das der 1000 Zahlen, hat eine pyramidale Gestalt, die in einen überragenden, von der Durchschnitts-Ordinate gebildeten, Gipfel ausläuft. Die Asymmetrie ist auch hier unverkennbar, der Umriß des Ganzen aber regelmäßiger, als der der vorhergehenden Vielecke.

Überschaut man die 4 Vielecke, so ergibt sich alsbald, daß sie sich mit wachsender Zahl der Beobachtungen nach oben immer mehr zuspitzen, daß die seitlichen Gipfel neben dem mittleren mehr und mehr zurücktreten. Da die Basis der Polygone früh ihre endliche Größe erreicht, so würde bei dauernd zunehmender Zahl der Messungen die Form sich entsprechend verjüngen und schließlich in eine lange Spitze auslaufen. Die Seitengipfel würden zwar nicht verschwinden, aber verhältnismäßig beständig abnehmen und höchst wahrscheinlich gleichartig werden.

Salix fragilis.

Als zweites Beispiel für die Zahl von 1000 Messungen wurde der Ring des Jahres 1915 der *S. fragilis* gewählt (s. Fig. 11). Die Einzelheiten darüber, vor allem die Mittelwerte der 20 primären Gruppen, führten wir schon am Ende der Hauptreihe vor und verweisen auf das dort Gesagte. Hier erinnern wir nur daran, daß der Argument-Durchschnitt 91,82 beträgt, und daß der Abänderungsspielraum die zwischen 35 und 151 gelegenen x, also 117 Einheiten umfaßt. Auch hier wurden die zu den Zahlen 250, 500, 750 und 1000 gehörenden Polygone hergestellt, die wir kurz besprechen wollen (Fig. 15). Das erste ist sehr flach: auf seiner Grundlinie treten die Werte zwischen den Grenzen 37 und 151, also fast die des ganzen Spielraumes, auf; doch sind unten 11, oben 14 leere Stellen vorhanden, dazu noch 3 in der mittleren Region. Auf der zwischen 64 und 122 x gelegenen Strecke erhebt sich eine Reihe von Gipfeln bis zur Höhe von 5 und 6 y: 2 erreichen 8 und 11 y. Aber es kommen noch außer den 3 leeren Stellen 9 Längen vor, die nur die Höhe von 1 y erreichen.

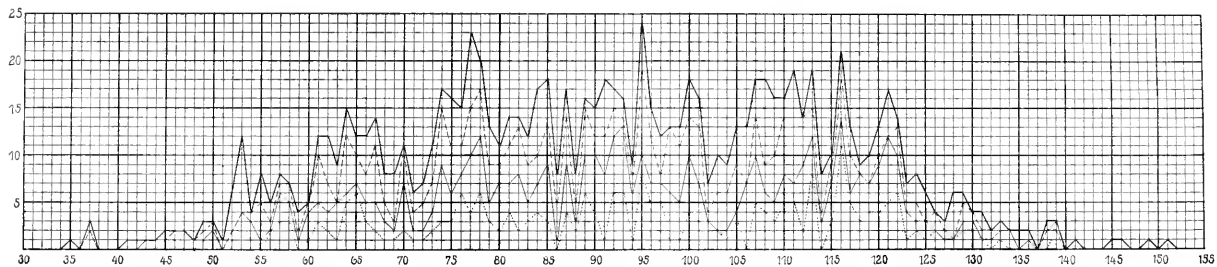


Fig. 15 (S. 68).

Am 2. Vieleck sieht man oben noch 10, unten 6 leere Stellen, während die der mittleren Region verschwunden sind. Deutlich hebt sich diese, jetzt im Bereich der Zahlen 74 und 122, durch ihre größere Höhe ab; 7 Ordinaten erreichen die Höhe 10,7, steigen auf 12 und eine, die über der Abszisse 93, erhebt sich auf 13, die über 116 x bis auf 14 y.

Am 3. Vieleck finden sich unten noch 4, oben noch 6 leere Stellen. Der mittlere Teil der Fläche hat sich innerhalb der beim letzten Polygon angegebenen Abszissen noch weiter erhoben; 4 Ordinaten erreichen die Höhe 15, eine steigt bis zu 17, eine bis zu 18 und eine, die zur Abszisse 95 gehörende, bis zu 19 y empor. 15 enden auf den Höhen 12—14 y.

Das letzte, zu den 1000 Messungen gehörende Polygon endlich hat unten noch 4, oben 8 leere Stellen. Die mittlere Region ist weiter gewachsen und tritt noch deutlicher hervor, als auf der letzten Fläche; der Gipfel über 95 x ist bis auf 24 gestiegen; ein zweiter, über 77 x, auf 23 und ein dritter, über 117 x, auf 21; 17 Ordinaten enden zwischen den Höhen 16 und 20.

Die Art, in der die 4 Polygone sich gestalten, läßt keinen Zweifel darüber, daß bei weiterem Häufen der Z eine Form mit hervorragender Spitze entstände. 2000—3000 Messungen würden zu einer Form ähnlich der am Vieleck des 4. Ringes der *S. alba vitellina pendula* beobachteten führen. Und fortgesetztes Steigern der Messungen ergäbe schließlich auch hier eine Zahlenfläche mit lang ausgezogenem Scheitel bei gleichbleibender Grundlinie, ein Polygon mit emporsteigendem Gipfel. — Zu derselben Folgerung führen die nun zu besprechenden Reduktionen.

Reduktionen.

Nur einmal wurde bisher eine Reduktion vorgenommen: bei der Vergleichung des 5. Ringes der Hauptreihe mit den vereinigten Kontroll-Ringen. Wir legten je 5 Glieder der Verteilungstafeln zusammen und erhielten dadurch 2 Zahlenreihen mit nur einem Maximum. Gehen wir nun einen Schritt weiter und verbinden die beiden Zahlenreihen, indem wir die Werte der entsprechenden Längen addieren, so ergibt sich eine neue, aus 1000 z bestehende Reihe, deren 13 Gruppen folgende Größe und Ordnung zeigen.

5 19 56 102 150 165 160 132 114 54 31 4 8

Bildet man zu diesen Zahlen im Koordinaten-System die Rechtecke, so erhält man die in Fig. 16 dargestellte Form, hinter der man das Vieleck des 5. Ringes schwerlich suchen wird. Sie strebt auffallend steil empor

und hat nur einen Gipfel. Die Asymmetrie ist stark entwickelt; rechts vom mittleren Rechteck, auf der Seite der längeren Zellen, finden sich 503, links, auf der Seite der kürzeren, nur 332 Werte. Alles Weitere lehrt die Figur.

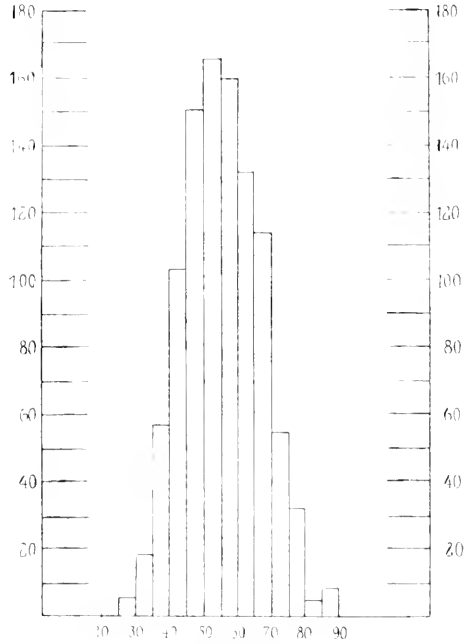


Fig. 16.

Als zweites Beispiel sei der 11. Ring mit seinem flachen Polygon gewählt und auch hier auf Gruppen von je 5 Zahlen reduziert. Der Abänderungsspielraum erstreckt sich, wie früher angegeben, über die Abszissen 36—108.

36—40	7
41—45	17
46—50	32
51—55	38
56—60	16
61—65	10
66—70	54
71—75	66
76—80	55
81—85	52
86—90	17
91—95	26
96—100	13
101—105	3
106—110	1

Das diesen Zahlen entsprechende Polygon zeigt die nebenstehende Fig. 17. Es ist, wie das vorige, eingipfelig, aber, da es nur die Hälfte der Zahlen enthält, weniger steil ansteigend. Es ist asymmetrisch, hat aber, der seltener vorkommende Fall, seine größere Hälfte auf der Seite der kürzeren Zellen; hier sind 234, auf der Seite der längeren nur 200 Zahlen vorhanden.

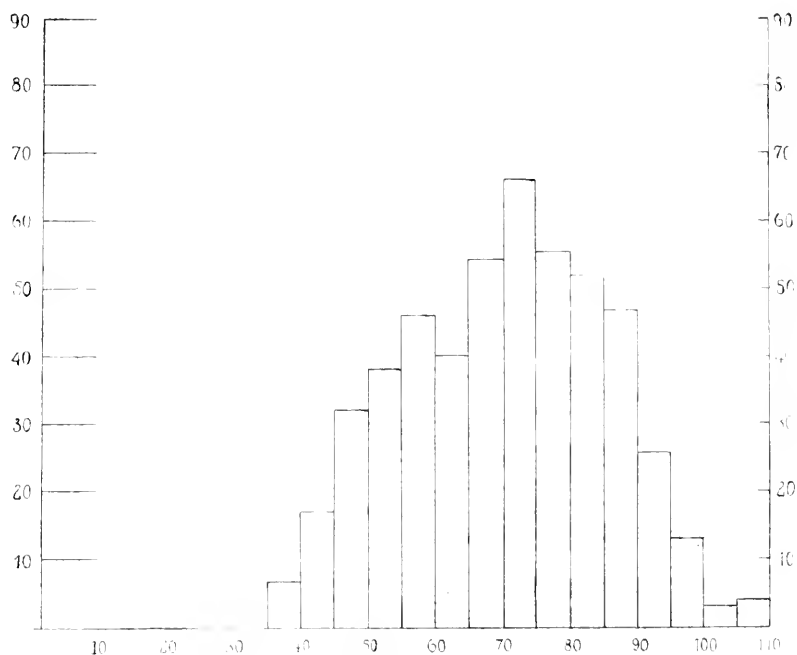


Fig. 17.

Das dritte Beispiel soll uns der Jahresring von 1915 mit seinen 1000 Messungen und seinem dabei doch vielgipfeligen flachen Vieleck liefern. Der großen Zahl wegen legen wir die Z über je 10 Abszissenwerten zusammen. Der Abänderungsspielraum umfaßt hier die zwischen 35 und 151 gelegenen x.

35— 44	8
45— 54	36
55— 64	85
65— 74	107
75— 84	151
85— 94	112
95—104	137
105—114	154
115—124	124
125—134	38
135—144	11
145—154	4

Das zu diesen Zahlen gehörende Polygon sieht man in Fig. 18. Es erhebt sich in seinem mittleren Teile bedeutend und fällt nach beiden Seiten steil ab. An Gipfeln sind 2, und zwar gleich hohe, vorhanden; auch die zwischen ihnen liegenden Zahlen erreichen beträchtliche Höhe. Man erhält unmittelbar den Eindruck, es strebe die Form sich zuzuspitzen, nur einen Gipfel zu bilden.

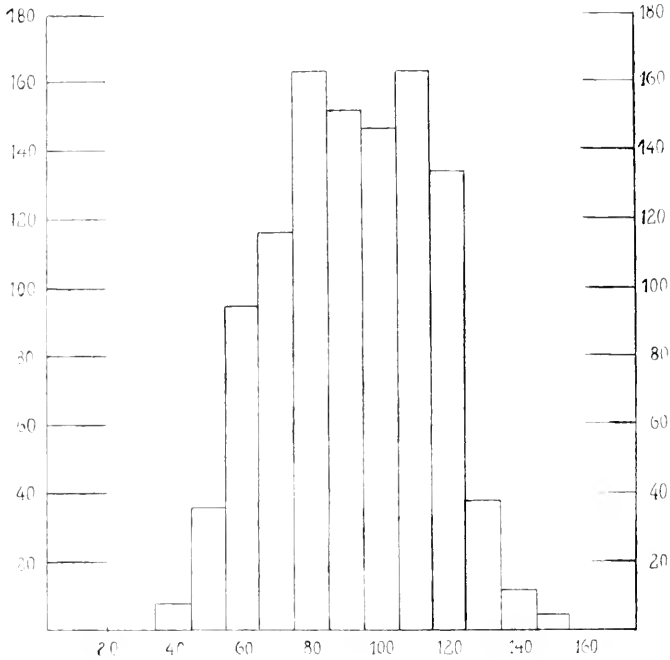


Fig. 18.

Faßt man die Erfahrungen zusammen, die wir an den auf 1000 gesteigerten Messungen und an den Reduktionen gewonnen haben, so folgt, daß das Längenwachstum unserer Holzzellen von einem Gesetze beherrscht wird, das sich dem Exponential-Gesetz nähert. Es ist klar, daß, wenn man an den Zellen der aufeinander folgenden Jahresringe nach einer noch nicht bestimmten Regel die Zahl der Messungen stets erhöhte, die Polygone sämtlich eingipfelig sein würden. Nur dadurch würden sie sich unterscheiden, daß infolge des immer wachsenden Abänderungsspielraumes die Grundlinien sich allmählich verlängerten. Sie würden asymmetrische Gestalt behalten, solange die Zellen an Länge zunähmen; ihre Hälften aber von dem Zeitpunkte an symmetrisch ausbilden, wo die Streckung aufhörte und die Zellen ihre mittlere Länge behielten, ein Zustand, der in höherem Alter des Baumes eintritt.

Wäre man dann, um auch dieser Möglichkeit noch zu erwähnen, nicht an das Messen diskreter Zellenlängen gebunden, sondern könnte alle Glieder der fließenden Längenreihe in Rechnung bringen, so würde sich wahrscheinlich eine Figur ergeben, die streng der *Gaußschen Fehler-Kurve* entspräche. — Sie würde aber wieder asymmetrisch werden, wenn bei weiter steigendem Alter sich die Zellenlänge verringerte, ihre stärkere Hälfte nun aber auf der linken Seite von der Mittellinie bilden.

Zusammenfassung.

Zum Schluß wollen wir versuchen, die wichtigsten der im Vorstehenden mitgeteilten Ergebnisse in kurzen Sätzen darzustellen.

1. Die Länge der Holzzellen nimmt mit dem Wachstum des Baumes zu und zwar geschieht dies bei den hier behandelten Weiden stetig, nicht periodisch. (Veränderter Satz *Sanios*.)

2. Einer bestimmten, durch ihr mittleres Maß gegebenen Zellenlänge entspricht ein Abänderungsspielraum von bestimmter Größe. Mit dem Wachstum der Zellen wächst auch ihr Spielraum.

3. Hand in Hand mit der Zunahme der Spielräume verändert sich die Gestalt der Verteilungstafeln der Zellenlängen. Das sie abbildende Polygon ist bei schmaler Grundlinie hoch und wird bei wachsender Basis flacher und flacher. Es hat anfänglich einen hohen Gipfel, bildet dann deren mehrere und endlich an den flachen Vielecken zahlreiche von unbestimmter Höhe.

4. Die Verteilungs-Kurven haben asymmetrische Form und zwar ist in der Regel die Seite der längeren Zellen stärker ausgebildet, als die der kürzeren.

Der 2., 3. und 4. Satz gelten unter der Voraussetzung, daß die für die verschiedenen Regionen des Stammquerschnittes gewonnenen Beobachtungszahlen gleich sind. Steigert man aber deren Zahl entsprechend der Längenzunahme der Zellen, dann zeigen die Verteilungsflächen auch bei wachsendem Abänderungsspielraume nur ein Maximum, eine Tatsache, die sich teils aus Beobachtungen, teils aus geeigneten Reduktionen ergibt.

Der Bau des Seitensproßgrundes.

Für das Verständniß des Wachstums der verkehrten Pflanze ist eine genaue Kenntniß des Baues der Ansatzstelle des Seitensprosses an seinem mütterlichen Träger erforderlich. Wir wenden uns daher diesem Gegenstande um so mehr zu, als, soweit uns bekannt, für die Weiden noch keine Angaben darüber vorliegen.

Der Bau des Sproßgrundes anderer Arten war wiederholt Gegenstand der Untersuchung. Ueber die dabei gewonnenen Ergebnisse sei zunächst kurz berichtet.

In seinen Arbeiten über den Gefäßbündelverlauf zeigt *Nägeli*¹⁾, wie die Bündel der Achselproßanlage sich zu denen des Tragblattes verhalten, wie sie sich bald gleich im Knoten an die Blattspurstränge anlegen, bald eigenläufig in den Stamm übertreten und erst in tieferer Region mit den Stammbündeln verschmelzen. Auf diese bekannten primären Vorgänge braucht hier bloß hingewiesen zu werden.

Den Bau weiter entwickelter Achselknospen der *Atragene alpina* führt *Hartig*²⁾ in einer Skelett-Figur vor Augen. Man gewahrt die einzelnen schon geschlossenen Holzkörper der Knospen in ihrem Ansatz an die Stränge des Tragblattes und des Stammes. Aufschluß über die uns beschäftigenden Fragen gibt weder die übrigens anschauliche Abbildung, noch der sie begleitende Text.

Die ersten näheren Angaben über das Wachstum der Achselprosse holziger Gewächse rühren von *Kienitz*³⁾ her. Von ihm wird der Verlauf der Fasern an der Ansatzstelle des Astes an der Mutterachse verfolgt. Er zeigt,

1) *Nägeli, C.*, Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik. Erstes Heft. Leipzig 1858. S. 64 ff.

2) *Hartig, G. L.*, Lehrbuch für Förster. 11. Aufl. Herausgeg. von *T. Hartig*, Stuttgart 1877. S. 133.

3) *Kienitz, W.*, Ueber die Aufforstung der Waldbäume. Suppl. z. allg. Forst- u. Jagdzeitung. Bd. 10, 1878. S. 61 u. 62. (Abgedr. im Handbuch der allgem. Botanik v. *N. J. C. Muller*, 1. T., Heidelberg 1880. S. 315 u. 316.)

wie die Fasern, von der Mitte ausgehend, sich zuerst radienartig nach allen Richtungen, dann aber bogenförmig nach den Seiten und weiterhin abwärts wenden. Die Bögen werden — wie sich von selbst versteht — um so größer, je mehr die Faserzüge anfänglich nach oben gerichtet waren; die nach unten gewandten behalten ihren Verlauf einfach bei. Die in der Mutterachse über dem Sproß von oben kommenden Fasern verbinden sich nicht alsbald mit den Zügen des Sprosses, etwa so, daß sie sich unmittelbar an diese anschließen, sondern sie weichen ihnen seitlich aus und bilden gewissermaßen sattelförmige Gestalten. In der zur Erläuterung beigegebenen Figur verlaufen die Fasern an der Scheitelungsstelle im ganzen ziemlich regelmäßig. Auffallend ist, daß oben in der Mittellinie zwei Faserzüge sich kreuzen, daß der eine von der rechten nach der linken, der andere von der linken nach der rechten Seite verläuft. In der halb schematischen Figur dagegen gewahrt man deutlich die Unregelmäßigkeit in den Zellenzügen: sie sind teilweise bogen-, teilweise S-förmig gekrümmt und in der Erklärung zu dieser Abbildung heißt es, daß die von oben herablaufenden Fasern sich „vielfach verschlungen“ nach rechts und links scheidelnd um den Ast biegen. Große Störungen in der Anordnung der Gewebe, wie sie bei den Weiden vorkommen, scheint *Kienitz* bei den von ihm untersuchten Arten nicht beobachtet zu haben. Erwähnt sei nach seiner Angabe, daß, wenn die Tragachse stärker wächst, als das Achselgebilde, die Achse unter diesem einen Wulst erzeugt, in dem die Fasern in der angegebenen Weise scheidelnd um den Achselsproß verlaufen.

Eingehend untersucht wurde die Achselsproß-Basis in der Folge durch *Strasburger*¹⁾. Von ihm wurde die Zusammensetzung des Gewebes von Blatt und „Kurztriebspur“ der Koniferen eingehend erörtert, und er gibt sorgfältig ausgeführte Figuren der Blattspur der *Picea excelsa* und der Sproßspur der *Pinus silvestris*. Zu seiner Fig. 40, Taf. II bemerkt er²⁾, daß das darin gegebene Bild „im Wesentlichen das nämliche ist, welches auch der Querschnitt eines jeden Astansatzes innerhalb der Tragachse bietet“. Es zeigt die Scheitelung der Tracheiden der Mutterachse über dem Achselsproß und an diesem den ebenfalls nach den Seiten gerichteten Verlauf der Fasern. Unter den Tracheiden sieht man kurze und anomal gebogene Formen; Markstrahlen sind reichlich vorhanden und sämtlich von geringer Länge. — Aus dieser Abbildung wie der in Fig. 39 gegebenen geht hervor,

1) *Strasburger, E.*, Histologische Beiträge. Heft III. Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. Jena 1891. S. 133 ff.

2) a. a. O. S. 134.

daß die Störungen im Gewebe der Ansatzstelle des Seitensprosses nicht bedeutend sind; doch ist zu bedenken, daß die Bilder jugendliche Zustände darstellen, daß damit über die weitere Entwicklung nichts ausgesagt ist.

Strasburger betrachtet die Dinge wesentlich im Hinblick auf die ernährungsphysiologischen Vorgänge. Er hebt hervor, daß die Stoffbewegung in der Achse und dem Achsel sproß von unten nach oben, nicht umgekehrt, stattfindet, und daß dieser Bewegungsform der Verlauf der verschiedenen leitenden Zellenformen entspreche.

Von Neuem hat sich *Jost*¹⁾ mit dem Gewebe des Achsel sproßgrundes beschäftigt. Die wichtigste Frage, die er sich vorlegt, lautet: wie verhält sich das Cambium am Astansatz? Durch sorgfältige Untersuchung weist er nach, daß die Cambiumzellen in der wachsenden Astachsel allmählich kürzer werden. Auf die weiteren Ergebnisse dieser feinen Arbeit haben wir hier nicht einzugehen, nur noch darauf hinzuweisen, daß *Jost* den durchaus unregelmäßigen Bau des Gewebes der Sproßachsel, die gewundenen und gebogenen Zellenformen, die Knäuelbildungen, klar erkannt und beschrieben hat. Er weist darauf hin — und damit ist der springende Punkt berührt —, daß in der Sproßachsel gleichnamige Pole der Zellen auf einander stoßen, und daß dadurch — nicht etwa durch Raummangel in der Achsel und durch diesen bedingte mechanische Verhältnisse — die Störungen im Bau hervorgerufen werden.

Damit gelangen wir zu unseren eigenen Untersuchungen.

Salix fragilis.

Auf die jugendlichen Verhältnisse, auf die ersten Vorgänge in der Blattachsel brauchen wir hier nicht einzugehen. Erwähnt sei nur, daß die Blattspur bei dieser, wie bei allen übrigen untersuchten Weidenarten, dreisträngig ist und daß der Bündelring der Achselknospe sich an der Ansatzstelle auf seiner Innenseite öffnet, dann in den sich ebenfalls öffnenden allgemeinen Ring des Mutterzweiges in der Art übertritt, daß die eine Hälfte seiner Stränge sich auf der rechten, die andere Hälfte auf der linken Seite einordnet, und daß dann zwischen diese beiden Hälften der Median-Strang der Blattspur eintritt. Diese Vorgänge reihen sich ähnlichen, bei anderen Arten vorkommenden, längst bekannten an.

Von diesen jugendlichen Verhältnissen wenden wir uns nun zu der Blattachsel des älteren Organes, an dem Tragzweig und Achsel sproß

1) *Jost, L.*, Ueber einige Eigentümlichkeiten des Cambiums der Bäume. Botanische Zeitung, 59. Jahrgang, 1. Abtlg. Leipzig 1901, S. 1 ff.

schon mehr oder weniger in die Dicke gewachsen sind. Fig. 5, Taf. XI gibt die äußere Ansicht der beiden Glieder an der Vereinigungsstelle. In der Mitte der Zweigachsel findet sich ein kleiner, von der vorderen nach der hinteren Seite verlaufender Wulst, der anfangs nicht oder nur wenig sichtbar ist, mit steigendem Alter aber mehr und mehr hervortritt. — Der Grund der Seitenachse ist anfänglich rundlich, nimmt aber in der Regel nach und nach elliptischen Umriss an.

Um nun in die inneren Verhältnisse Einblick zu erlangen, stellen wir durch die Ansatzstelle eines einjährigen Seitenzweiges an eine zweijährige Mutterachse etwa auf ihrer halben Höhe einen Querschnitt her. Das von diesem dem Auge dargebotene Bild zeigt Fig. 19, die bei 3,1facher

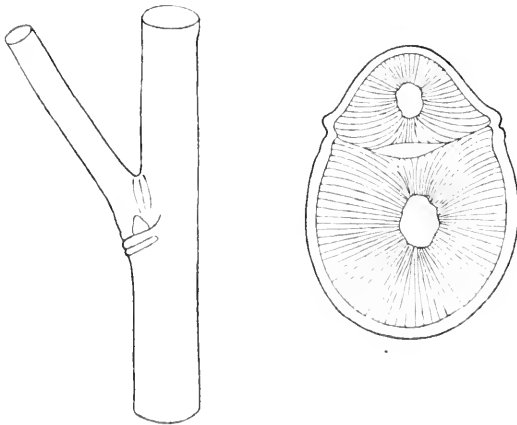


Fig. 19.

Vergrößerung hergestellt wurde. Der Tochttersproß ist beträchtlich kleiner, als die Tragachse. Der Schnitt selbst war so geführt worden, daß er schwach geneigte Richtung zur Längsachse der Mutterachse hatte; es war daher kein reiner Querschnitt, wich aber nur wenig davon ab. Er entstammte einem Zweige der *Salix viminalis*. Die von Trieben der *S. fragilis* hergestellten Schnitte geben dieselben Bilder dann, wenn Mutter- und Seitenzweig nach oben gewandt sind; an hängenden Gliedern treten Abweichungen insofern auf, als die Seitentriebe sich an der Ansatzstelle früh geotropisch krümmen, ein Umstand, der auf ihre Richtung im Innern Einfluß zu haben scheint.

Ein Blick auf die Figur läßt alsbald das Mark, die durch Linien angedeuteten Holzkörper und die Rinde erkennen; das Gewebe von Mark und Rinde ist weiß gelassen. Mutter- und Tochttersproß sind hier noch völlig verwachsen; ihre Grenzlinie im Holzkörper ist aber deutlich sichtbar;

sie wurde in der Figur durch eine Linie bezeichnet. Die Mitte im Grenzgebiet zwischen den Querschnitten nimmt eine Gewebemasse von flach linsenförmigem Umriß ein, die zwar an ihrer Grenze in das Gewebe der beiden Holzkörper übergeht, im ganzen aber doch ziemlich scharf umrissen ist. Sie besteht in ihrem Innern aus derbwandigem Parenchym und wurde in der Zeichnung, wie Mark und Rinde, weiß gelassen. An den Holzkörpern deuten die Linien den Verlauf der Markstrahlen an; außen und an den Seiten jedes Körpers sind sie gerade und radienförmig gerichtet; an der Verwachsungsfläche sind nur die innersten, kurzen gerade, alle übrigen verlaufen bogenförmig nach außen. Die Strahlensysteme und mit ihnen die sämtlichen übrigen Zellenformen der Holzkörper der beiden Sprosse weichen sich also aus. Zu beiden Seiten der linsenförmigen Gewebemasse, in der Verwachsungsfläche der nach außen gebogenen Holzteile, hat das Gewebe sehr unregelmäßigen Verlauf; die Faserzüge sind hier durch den Schnitt bald quer, bald der Länge nach, bald schief getroffen.

Vergleichen wir nun mit den beschriebenen Bildern den medianen Längenschnitt durch die Ansatzstelle des Seitensprosses an der Mutterachse. Fig. 1, Taf. II führt den Schnitt durch einen 2 jährigen Mutter- und 1 jährigen Tochttersproß, Fig. 35, Taf. II den Schnitt durch einen 6 jährigen Mutter- und 5 jährigen Tochterzweig vor Augen. In beiden Abbildungen bedeutet m das Mark, r die Rinde; die feinen Linien geben den Verlauf der Fasern, die starken zugleich die Grenzen der Jahrringe an. In der größeren Figur sind nur auf den Seiten der Blattachsel die zarten Linien eingetragen. In jeder Achsel findet sich ein kleiner Hügel; der der älteren ist bedeckt mit einer unregelmäßig gestalteten Masse abgestorbenen gebräunten Gewebes.

Wie stellt sich nun der Faserverlauf auf dem Längenschnitt dar? Wie die Figuren lehren, treten die Zellenzüge auf der Unterseite der Tochter sprosse umgestört in die Hauptachsen über, die Sproßachsen dagegen zeigen auffallende Unregelmäßigkeiten. In der Mitte des Winkels, den Mutter- und Tochttersproß bilden, gewahrt man in der unteren und mittleren Region einen Parenchym-Streifen; zu seinen beiden Seiten von ihm ausgehend Gefäß- und Holzzellenzüge, die der Schnitt bald schief, bald quer, bald der Länge nach, kurz in den verschiedensten Richtungen getroffen hat. Zwischen diesen Zügen ist abnorm reich Parenchym vorhanden. Unsere in natürlicher Größe gezeichneten Figuren deuten die Verhältnisse schematisch an. Die kurzen, in verschiedenen Richtungen verlaufenden Striche bezeichnen die in mannigfaltiger Weise vom Schnitte getroffenen

prosenchymatischen Zellenzüge. In der großen Abbildung erkennt man in der Mitte den Durchschnitt der Parenchymplatte, die, weil noch zu schwach entwickelt, in der kleinen Figur nicht sichtbar ist. Die Faserzüge des Mutter- und Tochterzweiges lassen bei ihrem Eintritt in den von beiden gebildeten Winkel gewöhnlich eine gewisse Regelmäßigkeit erkennen: sie biegen sich nach der Mittellinie des Winkels hin, ja häufig krümmen sie sich weiter, bis sie selbst nach außen gewandte Bögen darstellen. Unsere Figuren zeigen dies, doch ist zu ihnen zu bemerken, daß sie von der Unregelmäßigkeit des Verlaufes der kleinen Faserzüge keine Vorstellung geben, da sie mit einfachen, kurzen, in e i n e r Ebene gezogenen Strichen nicht darstellbar ist. Der eigentliche Zweck der Bilder ist, den Ort anzudeuten, an dem das Gewebe unregelmäßig gebaut ist.

Die bisher gemachten Angaben sollten zu allgemeiner Orientierung dienen. Wir wollen nun versuchen, dem Leser die Bilder vor Augen zu führen, die wir auf Grund einer öfters wiederholten Untersuchung auf lückenlos einander folgenden Quer- und Längsschnitten durch die Sproßachsel gewonnen haben.

Tief in dem spitzen Winkel der Achsel findet sich zunächst eine Parenchym-Schicht, deren Zellen mit kräftigen, reich getüpfelten Wänden versehen sind; die Form der Elemente, ihr Bau im ganzen, erinnert an Wundgewebe. Auf diese Schicht folgen prosenchymatische Zellen, hauptsächlich Gefäße und Holzzellen: sie bilden zwei, unter spitzem Winkel zusammenstoßende Platten, deren eine dem Mutter-, die andere dem Tochter sproß angehört. Auf medianen Längsschnitten können diese Platten täuschend den Schein erwecken, als ob hier die Gewebe der beiden Seiten unmittelbar und ungestört ineinander übergängen, als ob die Polarität der Zellen hier überwunden wäre oder diese des inneren Gegensatzes ganz entbehrten. Genaue Untersuchung auf lückenlos sich aneinander schließenden Querschnitten lehrte aber, daß die von den beiden Seiten einander entgegelaufenden Zellenreihen nicht in der Median-Ebene von der einen Seite auf die andere übertreten, sondern in dem spitzen Winkel einander ausweichen und in der Seitenebene umbiegen. Niemals wurde wahrgenommen, daß die Zellenzüge der einen Platte in die andere hinüberliefen. — Auf dieses Gewebe, das, soweit wir gesehen, niemals fehlt, folgt eine Parenchym-führende Schicht, die bis zu wechselnder Höhe emporreicht. Ihre Mitte besteht meist aus reinem Parenchym, das in seinem Bau dem vorhin beschriebenen gleicht, hier aber gewöhnlich früh abstirbt und dessen Wände sich bräunen. Dieses Parenchym der Mitte geht nun

auf beiden Seiten in solches über, in dem Holzzellen und vereinzelt Gefäße auftreten. Diese Elemente sind kurz, sehr unregelmäßig gestaltet und bilden Reihen von höchst unregelmäßigem Verlauf, vom Schnitt daher bald in dieser, bald in jener Richtung getroffen. Weiter nach den Seiten, in den beiden Richtungen der Median-Ebene, treten nun immer mehr die Zellenformen des Holzkörpers auf, hauptsächlich Holzzellen und Gefäße, getrennt durch Parenchym-Zellreihen, die Markstrahlen ähnlich sind und sich häufig unter nach außen offenem Bogen an die Markstrahlen des Holzkörpers ansetzen. Dieser Verlauf läßt sich auf Querschnitten manchmal deutlich, in anderen Fällen schwer oder nicht verfolgen. Es versteht sich von selbst, daß die Gefäß- und Holzzellenzüge den Parenchym-Strahlen folgen. Die Zellen des Parenchyms, sowohl die der Strahlen als alle übrigen, sind durchschnittlich von beträchtlicher, meist abnormer Größe, ein Umstand, mit dem die anomale Gestaltung der prosenchymatischen Zellenformen Hand in Hand geht.

An ihrem Umfange geht nun diese Grenzzone in das Gewebe der inneren Teile der einander gegenüberliegenden Holzkörper über. Hier begegnen wir den nach den beiden Seiten gebogenen, sich gewissermaßen scheidelnden Zellenzügen, die früher beschrieben wurden. (Vgl. die Fig. 1 und 35.) Von der Anordnung der Gewebe und dem Verlaufe der Linien mag noch die mit der Kamera bei schwacher Vergrößerung hergestellte Fig. 4, Taf. II eine Vorstellung geben. Der schwach halbmondförmig gebogene Umriß gibt die Grenze des Parenchyms an. Auf dieses folgt nach außen das Gebiet, in dem die ersten prosenchymatischen Zellformen mit teilweise noch ganz unregelmäßigem Verlauf auftreten. Hieran schließen sich dann die auf den beiden Seiten nach außen gewandten Strahlen und Gefäß- und Holzzellenreihen, deren Bestandteile hier fast durchweg mehr oder weniger anomalen Bau haben: die Parenchym-Zellen sind ungewöhnlich groß und die Gefäße und Holzzellen abnorm kurz und weit und auch sonst von abnormer Gestalt.

Der Bau der Parenchym-Zellengruppe wurde vorhin besprochen. Hier bleibt nur noch zu erwähnen, daß vereinzelt auch in ihrem Innern Gefäße und Holzzellen vorkommen, die, was kaum noch gesagt zu werden braucht, durchaus abnorm geformt sind.

Diese Masse von Parenchym wird aber beim Wachstum der Achsel nicht dauernd neu erzeugt: ihre Bildung erlischt von einer gewissen Höhe an, die sich durch Messung nicht genau bestimmen ließ und die wechselnd zu sein schien. Ihr Ort und seine ganze Umgebung wird nunmehr von den

Zellenformen des Holzkörpers eingenommen, die höchst unregelmäßig verlaufen. Hier treten nun unter andern abweichend gebauten Zellengruppen kleine und größere Knäuelformen von rundem oder elliptischem Umriß, neben den geschlossenen offene Ellipsen und andere Gestalten auf, die wir später auch noch näher besprechen werden. Das Ganze erinnert in allen Punkten an die Bilder, die man in den Wülsten gewahrt, welche an den Verwachungsflächen gleichnamiger Pole von Zweigen der *Cydonia japonica*, Weiden- und anderen Arten entstehen. Dieser Bau bleibt nun bei weiterem Wachstum der Achsel erhalten. Die älteren Zweige unterscheiden sich nur dadurch von den jungen, daß das Gebiet des unregelmäßigen Faserverlaufs in den medianen wie in den seitlichen Richtungen größer wird.

Von den Wachstumsstörungen in der Blattachsel geben die durch Mazeration freigelegten Zellenformen die beste Anschauung. Eine Anzahl solcher ist in den Fig. 20, 22, 27, 29, 31, 33, 34 Taf. I, Fig. 16, 18, 26 Taf. II dargestellt. Die Bilder geben Holzzellen wieder, teils gerade, teils gebogene Formen. Man beachte die gabelförmig gestalteten Enden und Auswüchse anderer Art. Die am meisten normal geformte Fig. 29 weicht von gewöhnlichen durch ihre geringe Länge und bedeutende Weite ab. Auch die Parenchym-Zellen haben oft abweichende Gestalt; sie bilden kleine Fortsätze und Auswüchse (Fig. 26 Taf. I, Fig. 5, 22 und 33 Taf. II). Sehr eigentümlich ist die in Fig. 22, Taf. I gezeichnete Form: es scheint, als sei sie aus einer Parenchym-Zelle hervorgegangen, die einen kleinen und zwei lange Fortsätze gebildet und dadurch einer Holzzelle ähnlich geworden sei. Bei einzelnen Gestalten, wie den in den Fig. 33, Taf. I, und 25, Taf. II gezeichneten, läßt sich nicht entscheiden, ob sie kurze Holzfasern oder abnorm entwickelte Parenchym-Zellen sind. Man sieht, diese Formen fließen an den Grenzen ineinander über. — Ebenso wie die genannten Elemente sind auch die Gefäße abnorm gebaut. Fast stets sind sie ungewöhnlich kurz und von geringer, oft dazu auf ihren verschiedenen Höhen ungleicher Weite. Ihre Anordnung in gewundenen Reihen bringt es mit sich, daß die Durchbrechungen oft abnorme Orte einnehmen. Die Umrisse dreier solcher Gefäße geben die Fig. 3, 10, 15 Taf. II wieder. Die punktierten Kreise oder Ellipsen gehören den Hinter-, die ausgezogenen den Vorderseiten an. An den beiden kurzen weiten Formen findet sich die eine Oeffnung an einer Längenseite, die andere an der oberen Querwand. Wie in der Einleitung zu diesem Abschnitte erwähnt, hat *Kienitz* versucht, den verwickelten Verlauf der Faserzüge an der Ansatzstelle des Seitenzweiges an der Mutter-

achse durch eine schematische Figur darzustellen, die sowohl in dem Handbuche Müllers, als in der Abhandlung Josts wiedergegeben worden ist. Da sie in der Tat der Anschauung zu Hilfe kommt, so mag sie auch hier einen Platz finden, jedoch mit Veränderungen, die unsere Untersuchung an den Weiden ergeben hat (Fig. 20).

Man denke sich den jungen Seitenzweig quer, also etwas geneigt zur Längsachse des Tragsprosses, durchschnitten. Dann gewahrt man, um

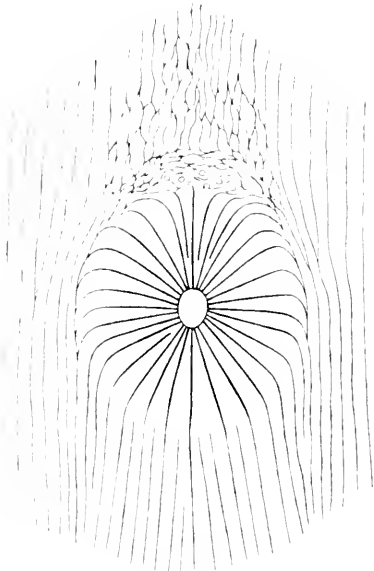


Fig. 20.

das Mark geordnet, die quer getroffenen Markstrahlen und die radial geordneten Zellenreihen des Xylems, die durch die kräftigen Linien angedeutet sind. Trägt man nun Schnitt um Schnitt ab, so gelangt man immer näher zur Ansatzstelle des Zweiges, und beobachtet hier nun den Uebertritt der Faserzüge in den Holzkörper der Tragachse. Er geht in der Weise vor sich, daß die Züge der Unterseite in ihrem Verlauf nicht gestört werden und sich einfach denen der Mutterachse einordnen. Anders die Züge der beiden Seiten: sie beschreiben an der Uebertrittsstelle abwärts gerichtete Bögen, deren Krümmung um so schwächer ist, je näher sie der unteren Mittel-

linie liegen, um so stärker, je weiter sie von dieser entfernt sind. Beim Eintritt in den Körper der Hauptachse vereinigen sie sich entweder mit deren Zügen, die von oben kommen oder verlaufen zunächst eigenläufig abwärts.

Ein ganz anderes Bild, als die untere, bietet die obere Seite dar. Hier biegen sich die Bündel rechts und links von der Mittellinie unter starker Krümmung nach außen und bleiben zunächst entweder eigenläufig oder vereinigen sich mit von oben kommenden, gleichsinnig nach den Seiten gerichteten Zügen. Diese gehören einem System an, dessen Glieder höchst unregelmäßig verlaufen und zwischen denen sich knäuelartige und andere abnorme Bildungen finden. Nach oben gehen diese Züge in die der Hauptachse über, die hier bis zu einiger Höhe ein Netz mit länglichen Maschen darstellen; erst darüber gewahrt man die ungestört von oben herablaufenden Linien. Die sämtlichen Glieder des Netzes

wenden sich von der Mittellinie aus nach den beiden Seiten; man gewahrt hier die Scheitelung, wie wir sie auf dem Querschnitte beobachteten. Die von oben kommenden Züge der Hauptachse und die aus dem Achsel sprosse eintretenden haben dann auf beiden Seiten dieselbe Richtung und können sich nun ungestört vereinigen.

Bei der eben gegebenen Schilderung hatten wir einen Seitensproß im Auge, dessen Holzkörper schon einige Stärke erlangt hat, und dessen radial gerichtete Zellenzüge also Durchschnitte von Platten andeuten. Es läßt sich die Sache aber auch in anderer Weise veranschaulichen. Man stelle sich den jungen Achsel sproß mit seinem System von Bündeln vor, die noch keinen geschlossenen Holzkörper bilden. Schen wir davon ab, daß auf den verschiedenen Höhen Blattspurstränge eintreten, setzen wir ferner voraus, daß die Bündel in dem Sprosse geradläufig seien, dieser aber an Umfang zunehmende, so würde unsere Figur der Voraussetzung auch entsprechen, doch wäre das anomale Bündel-System in der Sproßachsel noch nicht oder nur sehr schwach entwickelt und gerade dieser wichtige Teil nicht genugsam ausgedrückt. Die Figur *Kienitz'* gibt diese einfacheren Verhältnisse wieder und soll offenbar nur den Bündelverlauf des jugendlichen Zustandes veranschaulichen.

Die Wurzelachsel.

Unsere an der Sproßachsel gewonnenen Erfahrungen lassen vermuten, daß auch die Achsel der Seitenwurzel anomal gebaut sei. In der Literatur findet sich darüber, soviel uns bekannt, nur eine kurze Angabe *Strasburgers* ¹⁾. Sie lautet: „Entsprechend dem Anschluß der Aeste am Stamme verhält sich, bei den in die Dicke wachsenden Wurzeln, der Anschluß einer Tochterwurzel an ihre Mutterwurzel. Bricht man eine solche Wurzel aus, so erhält man eine gewölbte, annähernd glatte Bruchfläche nach dem Scheitel der Tragwurzel zu, reißt einen Span in Richtung der Wurzelbasis aus. Auch die Ansatzstelle einer solchen Seitenwurzel zeigt bei mikroskopischer Untersuchung die bogenförmige Umkrümmung aller radialen Reihen in der scheidelwärts orientierten Hälfte des Querschnittes. Alle diese Reihen richten sich nach der Wurzelbasis zu und setzen sich mit mehr oder weniger scharfer Biegung in die grundwärts laufenden Reihen der Elemente der Tragwurzel fort.“

1) a. a. O. S. 136.

Unsere eigene Untersuchung der *Salix fragilis* lehrt uns Folgendes.

Die Ansatzstelle einer Seitenwurzel an das Mutter-Organ führt Fig. 12 Taf. II vor Augen. Die Achsel ist verhältnismäßig breit und wird von einem flachen Hügel eingenommen, über den kleine Höhenzüge und damit abwechselnd Täler verlaufen. Schält man vorsichtig von den beiden Wurzeln die kräftige Rinde bis auf den Holzkörper ab, und entfernt dann die Tochterwurzel durch einen scharfen Schnitt bis zu ihrer Ansatzstelle, so erhält man das in Fig. 8, Taf. II gezeichnete Bild. Die durch den Schnitt schräg getroffene Seitenwurzel ist exzentrisch gebaut, so zwar, daß die große Exzentrizität schräg nach der Basis des mütterlichen Gliedes gerichtet ist. Von der Oberfläche des letzten Ringes treten auf allen Seiten Faserzüge aus, die sich an die Züge der Mutterachse ansetzen. Auf der dem Grunde der Wurzel zugewandten Seite ordnen sie sich ungestört dem Fasersystem der Mutterwurzel ein und verlaufen nach oben (oben im Sinne unserer Figur genommen) nach dem Grunde der Hauptwurzel. Die in der Achsel und auf beiden Seiten austretenden Züge verlaufen bogenförmig, und zwar die der Achsel von der Mittellinie aus nach den beiden Seiten, so daß auch hier die scheidelförmige Anordnung entsteht. Auf diese Züge folgt in der Achsel eine starke Schicht höchst unregelmäßig gebauten Gewebes mit mannigfach gewundenen Faserzügen, mit kleinen und großen, hier und da sehr großen, Knäuelformen. An die Faserzüge dieser Region setzen sich nun die von unten nach oben verlaufenden Züge der Mutterachse an und zwar wieder in der Art, daß sie zu beiden Seiten ausweichen und sich mit den dem Grunde der Mutterwurzel zugewandten Schenkeln der Faserbögen vereinigen, die von der Tochterwurzel austreten.

Schon die eben besprochene Figur läßt erkennen, daß der Umfang des anomal gebauten Gewebes in der Wurzelachsel größer ist, als der des entsprechenden Gewebes der Sproßachsel. Genauer zeigt dies der mediane Längenschnitt durch die Wurzelachsel. Man betrachte die beiden Fig. 7 und 27, Taf. II, von denen die eine eine jüngere, die andere eine ältere Mutterwurzel mit dem Seitengliede wiedergibt, und vergleiche sie mit den entsprechenden Bildern der Sproßachsel. Der Unterschied im Umriß des anomal gebauten Gebietes ist hier viel beträchtlicher als dort. Dabei läßt das Gewebe der Achsel hier eine gewisse Schichtung erkennen. Sie kommt dadurch zustande, daß die senkrecht und geneigt zur Schmittelebene verlaufenden Zellenzüge ungefähr konzentrische Schichten bilden. Diese folgen jedoch keineswegs regelmäßig aufeinander und treten bald mehr, bald weniger deutlich hervor. Unsere größere Figur wurde nach einem

Schnitte ausgeführt, an dem sie fast regelmäßig ausgebildet waren. — Aus den beiden Abbildungen ersieht man ferner, daß die Hauptmasse des abnorm gebauten Gewebes der Mutterwurzel angehört, daß das Seitenglied beträchtlich weniger an dessen Bildung beteiligt ist. Dasselbe zeigt der vorhin beschriebene Flächenschnitt, wenngleich minder anschaulich.

Schließlich sei noch ein rascher Blick auf die Bestandteile des Gewebes der Wurzelachsel geworfen. Es versteht sich von selbst, daß wir hier ähnlichen Zellenformen begegnen, wie wir sie in der Sproßachsel fanden. Unsere Fig. 16, 30 und 35 Taf. I, 2, 9, 11, 13, 14, 17, 19, 20, 21, 23 Taf. II geben einige der teilweise sehr seltsamen Gestalten von Holzfasern, Parenchym-Zellen und Mittelbildungen wieder, die wir nicht eingehend zu besprechen brauchen. An der in Fig. 35 dargestellten Form, die, wie die in Fig. 30 gezeichnete, offenbar einem Knäuel angehörte, fällt die starke Ausbauchung auf, welche die Frage nahelegt, ob die Zelle nicht aus parenchymatischer Anlage hervorgegangen sei. In noch höherem Maße gilt dies von der in Fig. 19, Taf. II dargestellten. Auf einen Punkt, der an manchen Zellen, parenchymatischen wie prosenchymatischen, hier besonders deutlich sichtbar war, mag noch hingewiesen werden. Es sind dies feine Fortsätze von ungleicher Länge, die bald in spitze, bald in abgerundete Enden auslaufen. Diese können nun dieselbe Wandstärke haben, wie die übrigen Teile der Zelle, oder zartwandiger sein, sogar fein hyphenartig aussehen. Es kann der Auswuchs seiner ganzen Länge nach, von seinem Beginn an, diese Beschaffenheit haben, oder es kann die Wandstärke nach der Spitze hin allmählich abnehmen. Unsere Figuren zeigen verschiedene solcher Beispiele. Die Spitzenbildung selbst wird man ohne Bedenken als eine Folge des Raummangels auffassen dürfen, der den Zellen nicht gestattet, ihre normale Gestalt und Länge zu entwickeln. Wie früher beschrieben, kommen auch an Ersatzfasern des normalen Holzkörpers ähnliche zarte Auswüchse vor; in dem Achselgewebe aber sind sie häufiger, teilweise von ganz anomaler Gestalt und treten an den verschiedenen Zellenformen auf, an prosenchymatischen wie parenchymatischen.

Den Abweichungen im Bau der Holzzellen entsprechen die der Gefäße. Auch hier finden sich die Reihen kurzer, parenchymatischer Gestalten mit der abnormen Stellung der Wanddurchbrechungen, wie wir sie in der Sproßachsel wahrnahmen. Die 3 Fig. 17 und 19 Taf. I, 6 Taf. II mögen davon eine Andeutung geben.

Eines besonderen, bisher nur einmal beobachteten Vorkommens ist hier noch zu erwähnen. Es fand sich, schon bei schwacher Vergrößerung

als ungewöhnlich auffallend, eine Zellengruppe, die sich bei näherer Untersuchung als aus Elementen der Rinde zusammengesetzt erwies. Sie bestand aus Parenchym, wie es der Rinde zukommt, aus kristallführenden Zellenreihen und echten Hartbastzellen. Darüber, welchen Ursprungs dieser seltsame Einschluß sein mochte, fehlt uns jede Vermutung. Weitere Untersuchung wird vielleicht zeigen, daß solche Anomalien nicht selten sind, und wird auch deren Entstehung aufklären.

Wer nur mit den normalen histologischen Verhältnissen von Stamm und Wurzel vertraut ist, könnte durch den beschriebenen Bau der Sproß- und Wurzelachsel überrascht sein. Wie wir gesehen, braucht man nur ein wenig Gewebe von den genannten Orten zu mazerieren, um alle die Zellenformen zu Gesicht zu bekommen, die sonst nur krankhaften Geweben eigen sind, eine gewiß merkwürdige Tatsache. Jede Sproß- und Wurzelachsel einer holzigen Pflanze ist also den Geweben nach pathologisch gebaut; dies jedenfalls, wenn man den Begriff des Pathologischen in dem weiteren Sinne faßt, in dem er auch Anomalien umschließt. Erwägt man aber, daß die Achsel auf Grund ihres Baues der Säftebewegung nicht dienen kann, daß sie für diese ein Hemmnis darstellt, so erscheint die Frage begründet, ob sie nicht auch im engeren Sinne pathologisch sei. Gleichviel aber, ob man diese Frage bejaht oder nicht, es bleibt nach allem wahr, daß eine holzige Pflanze mit sekundärem Dickenwachstum, wenn man von ihrem, diesem Wachstum vorausgehenden Jugendalter absieht, niemals völlig gesund ist.

Die eben beschriebenen Vorgänge, die auffallenden Störungen in der Gewebebildung der Zweig- und Wurzelachsel, beruhen darauf, daß in den Achseln gleichnamige Pole der verschiedenen Zellenformen zusammentreffen und deshalb keine einfachen Verbindungen entstehen können. Hier begegnen sich die Wurzelpole der Zellen des Achselsprosses und seines Mutter-Organes, daher das Ausweichen der Faserzüge und Markstrahlen, daher die Anomalien im Bau der Gewebe, des Prosenchymis wie des Parenchymis. Hier spielen sich alle die Vorgänge ab, die bei der künstlichen Verbindung gleichnamiger Pole an Sprossen und Wurzeln beobachtet werden. Darauf hat zuerst, wie früher erwähnt, *Jost* kurz hingewiesen; unsere Untersuchung führt dies näher aus. Sowohl *Kienitz* wie besonders *Strasburger* richteten den Blick wesentlich auf den Bau der Organe in Beziehung zu den Leitungsvorgängen, und befaßten sich nur wenig mit den Anomalien im Gewebebau der Achsel. [Diese aber sind maßgebend, sobald es sich um die Wachstumsursachen handelt.

Bei einer ersten raschen Betrachtung könnte man die Frage aufwerfen, ob nicht ungewöhnlicher Druck, den die Gewebe der Blattachsel etwa aufeinander ausübten, die anomale Gestaltung der Zellen bewirke. Allein diese Frage wäre deshalb mit nein zu beantworten, weil ein auf verwachsene Flächen ausgeübter Druck, sobald er ein gewisses Maß überschreitet, den Stillstand des Wachstums herbeiführt, nicht aber die Entstehung anomaler Zellenformen, wie sie in der Blattachsel auftraten, verursacht. Eine im Tübinger Institut ausgeführte Arbeit wird darüber nähere Angaben bringen.

Wir wollen nicht unterlassen, hier kurz auf die Polarität der Achsel sproß- und Wurzelanlage einzugehen.

Wiederholt haben wir die Ansicht entwickelt, daß der Ursprung der Polarität des Körpers aller zusammengesetzten Pflanzen in der befruchteten Eizelle zu suchen sei, daß, besonders bei den höheren Gewächsen, die gleichsinnige Polarität der Hauptachse und aller ihrer Glieder von dem polaren Bau der Eizelle ausgehe, daß sie nichts sei, als die Fortsetzung der Polarität dieser Zelle. Man vergegenwärtige sich nun das Bild einer Keimpflanze — das einfachste bildet die Dikotyle — mit ihren Blättern, Achsel sproß- und Seitenwurzelanlagen. An ihrer Stelle wurde, der noch größeren Anschaulichkeit wegen, das Schema Fig. 21 hergestellt. Jene — die Sproßanlagen — bilden, mögen sie nun in der Achsel mehr auf der Blatt- oder auf der Achsenseite entstehen, mit ihrer Längsachse meist spitze Winkel mit der des Mutter-Organs. Dementsprechend hat die Polarität in den beiden Teilen fast gleiche Richtung; beim Uebergange in das Seitenglied braucht also die Polarität der Tragachse nur wenig abgelenkt zu werden.

Anders verhalten sich die Seitenwurzeln. Hier ist die erste Anlage der endogenen Glieder ungefähr senkrecht zu der der Mutterachse gerichtet. Bei den höchst gestellten Gliedern wird diese Richtung auch im Laufe des Wachstums beibehalten; die tiefer stehenden dagegen wenden sich unter einem spitzen Winkel von wechselnder Größe abwärts, eine Bewegung, die schon beim Wachstum im Bereich der Rinde der Mutterwurzel beginnt und die, wie bekannt, auf dem Geotropismus des Organs und einer inneren Ursache beruht. Ist nun die junge Anlage senkrecht zu der des Mutter-Organs gestellt, so muß auch ihre Polarität entsprechend orientiert sein. Ueber die Art, wie diese Umpolarisierung vor sich gehe, kann man sich zwei Vorstellungen bilden: Es wäre erstens möglich, daß die Polarität der jungen, die Anlage zusammensetzenden Elemente, gleich von Beginn an um 90° von der des Trag-Organes abgelenkt würde. Oder es könnte die Anordnung in den Uebergangszellen von Mutter- und Tochtergebilde

allmählich stattfinden. Diese letztere Annahme hat die größere Wahrscheinlichkeit für sich. Die Betrachtung älterer Zustände legt sie nahe. Vielleicht hängt die Entstehung des Eigenwinkels der Seitenwurzeln mit dieser Ablenkung der Polarität zusammen.

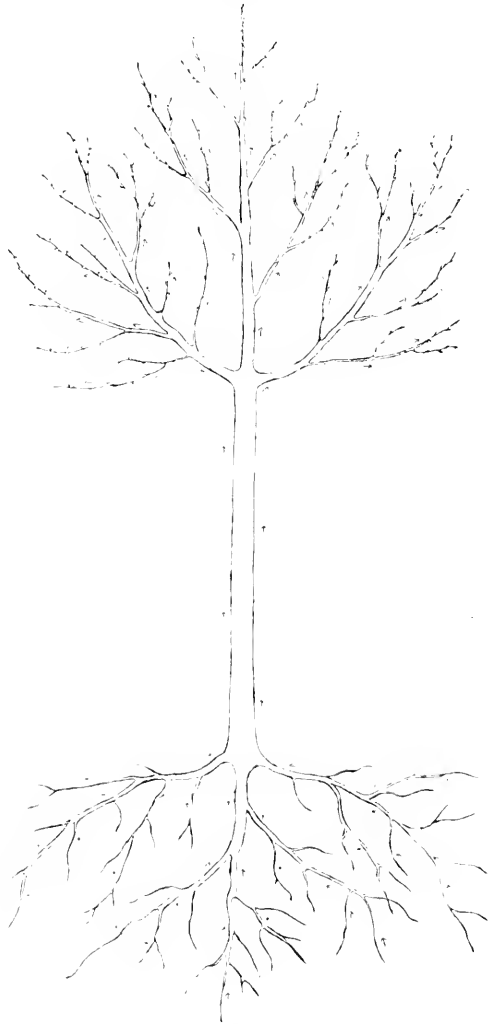


Fig. 21.

Alles eben Gesagte kann ohne weiteres auf die Anlage der Adventiv-Wurzeln an Stengeln, Wurzeln und Blättern angewandt werden. Es gilt für die Dikotylen wie für die Monokotylen. Dabei ist zu bedenken, daß die Richtung der Polarität in Wurzelanlagen an Organen, wie den Zwiebeln, von der des Trag-Organes nicht abweicht und daher keiner Ablenkung bedarf.

Ueber das Wachstum von Pflanzen und Organen in abnormen Lagen.

Wir wenden uns nunmehr der Frage zu, welchen Einfluß ungewöhnliche Lage auf das Wachstum ganzer Pflanzen oder einzelner Organe habe. Diese läßt mancherlei Behandlung zu. Hier beschränken wir uns in der Hauptsache auf die Fälle, in denen Pflanzen oder ihre Organe, denen natürlich aufrechte Stellung eigen ist, in abweichende Lagen gebracht werden.

Von den mannigfachen Ergebnissen der bisher von Anderen ausgeführten Untersuchungen über das weitschichtige Thema seien nur diejenigen angeführt, die zu unserer Arbeit in näherer Beziehung stehen. Hinsichtlich alles Weiteren darf auf die kritische Behandlung des Gegenstandes in *Pfeffers*¹⁾ großem Werke und auf die Abhandlung *Hering's*²⁾ verwiesen werden.

Die Angaben aller Beobachter stimmen darin überein, daß, unter sonst gleichen Bedingungen, das Längenwachstum von Pflanzen oder deren Teilen in verkehrter Lage geringer ist, als in natürlicher, aufrechter Stellung. Dies wurde festgestellt für einzellige Gebilde, für *Phycomyces nitens* von *Elfvig*³⁾ und *Hering*, für die Hauptachse der *Chara fragilis* von *Richter*⁴⁾, für die hängenden Zweige der Trauerbäume, für tropische Schlingpflanzen von *Raciborski*⁵⁾, für Keimpflanzen von *Hering*. Dieser zeigte weiter, daß das Längenwachstum der Internodien durch die abnorme Wirkung der Schwerkraft — denn um diese handelt es sich ja vor allem bei der Umkehrung — nicht nur verringert wird, sondern auch früher erlischt, als das der aufrecht stehenden Pflanzenteile.

1) *Pfeffer, W.*, Pflanzenphysiologie. 2. Bd. Leipzig 1904. S. 123 ff.

2) *Hering, G.*, Untersuchungen über das Wachstum invers gestellter Pflanzenorgane. Jahrb. f. wissensch. Botanik. 10. Bd. Leipzig 1904. S. 499 ff.

3) *Elfvig*. Beitrag zur Kenntnis der Einwirkung der Schwerkraft a. d. Pflanzen. 1880. Sep. a. Act. Societ. Scient. Fennic. Bd. 12.

4) *Richter, S.*, Flora 1894. S. 402.

5) *Raciborski*, Morphogenetische Versuche. Flora 1900. S. 35.

An den abwärts gewandten Zweigen gewisser Trauerbäume kann die durch die verkehrte Stellung verursachte innere Störung so weit gehen, daß sie nicht nur zu wachsen aufhören, sondern sogar von der Spitze aus absterben. Ebenso gehen bei einigen tropischen Lianen die herabhängenden Zweige von ihren Scheiteln aus zu Grunde.

Unsere neuen Untersuchungen, über die wir nunmehr berichten wollen, verfolgen zwei Aufgaben. Die erste ist dahin gerichtet, die bisher gewonnenen, oben kurz angedeuteten Erfahrungen in einem bestimmten, alsbald näher zu bezeichnenden Sinne weiter auszuführen und zu ergänzen. Das Ziel der zweiten ist, die inneren Veränderungen festzustellen, welche durch die Umkehrung hervorgerufen werden, ein Punkt, auf den bisher niemand das Augenmerk gerichtet hat.

In allen Versuchen, die bisher von den verschiedenen Forschern angestellt wurden, setzte man die Pflanzen oder deren Teile den Bedingungen, welche die Umkehrung herbeiführt, meist nur kurze Zeit aus. Die an den Trauerbäumen und Lianen gemachten Beobachtungen erstreckten sich zwar über längere Zeiträume, allein bei beiden handelt es sich um hängende Zweige aufrechter Achsen. Die allgemeine Aufgabe, die hier vorliegt, schien uns nun zu fordern, daß man die Pflanzen in völlig verkehrter Stellung, die Wurzeln nach oben gewandt, wachsen ließ und den Versuch, geeignete Arten vorausgesetzt, auf beliebig lange Zeit ausdehnte. Es war dabei die bisher noch gar nicht gestellte Frage zu beantworten, ob Pflanzen, die unter natürlichen Bedingungen nach oben wachsen, die verkehrte Stellung auf die Dauer ertragen.

Der Gang unserer Arbeit brachte es mit sich, daß zu den fraglichen Versuchen vor allem Weidenarten benutzt wurden. Aus verschiedenen Gründen dehnten wir die Untersuchung auf eine weitere holzige Art, *Araucaria excelsa*, und auf zwei fleischige Formen, *Opuntia robusta* und *Cereus peruvianus*, aus.

Versuche mit Weidenarten.

Zu den Versuchen dienten die Arten und Formen *Salix fragilis*, *elegantissima* und *alba vitellina pendula*: sie wurden in verschiedener Weise ausgeführt.

Zuerst setzte man im Frühjahr in Töpfe von mittlerer Größe kräftige Zweige der *S. elegantissima* als Stecklinge. Sie bewurzelten sich und bildeten an ihrem Scheitelende oder auch darunter bis zu etwa ihrer halben

Höhe Seitentriebe, die sich teilweise, hauptsächlich die Scheitelständigen, wieder verzweigten. Einer machte eine Ausnahme; sein oberer und mittlerer Teil ging zu Grunde; am basalen Ende, nicht weit von der Topfoberfläche entfernt, entstanden aber zwei kräftige Seitensprosse. — Im nächsten Frühjahr wurden zwei dieser Pflanzen, die zuletzt genannte und eine von denen, die nur an ihrem oberen Teile Tochttersprosse erzeugt hatten, in verkehrter Stellung im Freien an einem hohen Stativ angebracht, nachdem vorher die Töpfe in geeigneter Weise mit Moos überbunden worden waren. Um sie vor zu starker Erwärmung zu schützen, die den Wurzeln schädlich werden konnte, wurden größere Töpfe über sie gestülpt, und diese an sehr sonnigen Tagen noch mit weißen Tüchern bedeckt. — Neben dem Stativ stellte man Töpfe mit etwa gleich stark entwickelten Pflanzen auf, die zur Kontrolle dienen sollten. Von der verkehrten Stellung der Pflanzen am Stativ abgesehen, waren die sämtlichen Objekte im Wesentlichen denselben äußeren Bedingungen ausgesetzt.

Die Folge der Umkehrung war, daß an der in ihrem Scheitelteile mit Seitensprossen versehenen Achse alle vorhandenen Zweige sich entwickelten und reichlich Seitentriebe bildeten, daß aber nach und nach die am höchsten stehenden in der Entwicklung voraneilten und die stärksten Seitenglieder erzeugten. Diese entsprangen nun, was nicht übersehen werden darf, sämtlich den Oberseiten ihrer Tragsprosse. Im Herbst, als das Wachstum beendigt worden, waren die Unterschiede in der Stärke der Triebe sehr ausgebildet. — An den beiden Zweigen der zweiten Pflanze entwickelten sich anfangs auch die Scheitelenden am schnellsten, später aber bildeten sich in ihrer Mitte und weiter am basalen Ende Knospen zu Trieben aus. Im Herbst ergab sich, daß mehrere der basalen Triebe die größte Länge und Stärke erreicht hatten: ihnen folgten die des Scheitels unmittelbar, während die der mittleren Teile beträchtlich kürzer geblieben waren.

Anders verhielten sich die Kontroll-Pflanzen. An ihnen war das Scheitelende bei weitem bevorzugt; am mittleren und vollends am basalen Teile der Zweige entstanden keine oder nur schwache Triebe.

Aus den Ergebnissen der Versuche, die wir schon vor vielen Jahren mit abgeschnittenen Zweigen und Zweigsystemen von Weiden ausführten, um den Einfluß der Schwerkraft auf die Entwicklung der Knospen und das Wachstum der Triebe zu ermitteln, ergibt sich ohne Weiteres, daß wir die eben besprochenen abweichenden Entwicklungsvorgänge an den verkehrten Weidenpflanzen als eine Wirkung der Schwerkraft aufzufassen

haben. Unsere neuen Versuche bilden eine Ergänzung der einst ausgeführten.

Da die Pflege der Pflanzen bei der vorhin angegebenen Ausführung des Versuches, besonders das Begießen der Töpfe umständlich war, so wurde das Experiment in einer Form wiederholt, bei der diese Uebelstände wegfielen, und die zugleich eine mehrjährige Dauer möglich machten.

An einer freien Stelle im Garten wurde aus Pfählen und starken Querleisten ein Gestell aufgebaut. Auf ihm stellte man genügend große Töpfe auf, führte von unten durch ihre Abzugslöcher die basalen Enden kräftiger Zweige ein, die an ihren Scheitelteilen schon mit Seitenzweigen versehen waren, und füllte dann die Töpfe mit Erde an. Der Versuch wurde früh im März eingeleitet. Solange die Zweige sich bewurzelten, schützte man sie vor der Wirkung der Sonnenstrahlen; setzte sie später aber, als die Zweige sich zu entwickeln begonnen hatten, der vollen Belichtung aus. Zum Schutze der Töpfe gegen Erwärmung wurde das in dem früheren Versuche angewandte Verfahren benutzt. Im Winter brachte man die Pflanzen an einem, dem beschriebenen ähnlichen Gestelle an, in einem frostfreien Raume, aus dem sie im Frühling wieder an ihren Platz im Garten versetzt wurden. Der beträchtliche Umfang der Töpfe bot einem reichen Wurzelsystem Raum und gestattete bei der nun gewählten Form der Aufstellung leicht, den großen Wasserbedarf der Pflanzen zu befriedigen. Zu ihrer besseren Ernährung wurde die Erde von Zeit zu Zeit mit Nährlösung getränkt.

Auf dem Boden neben dem Gestell stellte man wieder Töpfe mit aufrechten Stecklingen auf, deren Herstellung und Pflege wir nicht näher zu erörtern brauchen.

Die Versuche haben 5 Jahre gedauert und in der Hauptsache ein ähnliches Ergebnis geliefert, wie die zuerst ausgeführten, deren Dauer kürzer war. In dem längeren Zeitraume zeigten die Pflanzen Verschiedenheiten, die im ersten Jahre nicht hervortraten. An der einen von zwei Pflanzen der *S. elegantissima* waren nur am Scheitelende Triebe gebildet, und es ist so ein zierliches Krönchen entstanden. Auch die zweite Pflanze hat ein solches erzeugt, das aber kleiner geblieben ist, und über dem aus dem mittleren Teile der Achse Triebe von mäßigem Umfange hervorgegangen sind. Die Pflanzen der *S. fragilis* und *alba vitellina pendula* entwickelten zwar anfangs auch am Scheitel aus den schon vorhandenen Zweigen und neben diesen Triebe, allein diese blieben bald hinter denen im Wachstum zurück, die im mittleren und basalen Teile der Achse hervor-

gegangen waren. Sie gewannen nach und nach die Herrschaft im System, indes die Sprosse des Scheitels, besonders die jüngeren, allmählich abstarben.

Noch in einem weiteren Punkte wichen die Pflanzen der verschiedenen Arten von einander ab. Die der *S. elegantissima* ertrugen die Topfkultur vortrefflich; jetzt, nach 5 Jahren, sind sie äußerlich noch völlig gesund. Die Pflanze der *S. fragilis* gedieh anfangs zwar auch, später aber entwickelte sie sich langsamer und starb endlich in ihrem Scheitelteile gänzlich ab. Ungefähr die Mitte zwischen den beiden Arten nimmt *S. alba vitellina pendula* ein: sie bildete ihre kräftigsten Triebe etwas über der Mitte der Achse; und auch an ihr gingen die Sprosse des Scheitelteiles langsam zu Grunde. Daraus und aus manchen anderen Beobachtungen folgt, daß der *S. fragilis* die Kultur in Töpfen nicht zusagt, und daß dasselbe, wenn auch in geringererem Grade, von der *S. alba vitellina pendula* gilt.

Endlich haben wir noch zu bemerken, daß im ganzen das Wachstum der verkehrten Pflanzen schwächer war, als das der aufrechten Kontroll-Pflanzen. Bestimmte Maße vermögen wir nicht zu geben: sie an den vielverzweigten Sproß-Systemen zu gewinnen, erwies sich als schwierig und wurde deshalb unterlassen. Der Unterschied selbst aber zwischen den beiden Pflanzenreihen war ohne Weiteres sichtbar: die hier gewonnene Erfahrung stimmt ferner mit allen an andern verkehrten Pflanzen gemachten Beobachtungen überein, über die wir im Folgenden berichten werden.

Versuche mit *Araucaria excelsa*.

Diese Art hat das bekannte, streng monokormisch-Verzweigungs-System. Wie verhält sich dieses nun bei der Pflege der Pflanze in verkehrter Stellung? Von vornherein dürfte man annehmen, daß dabei besondere Schwierigkeiten eintreten werden.

Von den zu den Versuchen benutzten Pflanzen seien einige Angaben über deren Wuchs vorausgesandt.

Vor 11 Jahren, als wir mit dieser Art zu experimentieren begannen, wurde allgemein eine Rasse gepflegt, die von der heute verwandten nicht unbeträchtlich abweicht. Die Pflanzen der früheren Zeit hatten kräftigen Wuchs; ihre Triebe waren stark und mit kurzen, derben Nadeln besetzt, die sich in ihrem mittleren und unteren Teile verbreiterten; ihre Farbe spielte schwach ins Gelbliche. Anders die heute käuflichen Pflanzen. Diese sind im ganzen zarter und haben mehr buschige Tracht. Die Seitenzweige sind weniger kräftig, die Nadeln länger und dünner, als bei der ersten Form;

ihre Farbe ist dunkler grün. Die einzelnen Pflanzen dieser Form sind unter sich wieder verschieden, die einen von kräftigerem, die andern von zarterem Wuchs. – Die zuerst beschriebene Form ist heute aus den Blumenläden gänzlich verschwunden: es war uns in den letzten 3 Jahren nicht möglich, auch nur eine Pflanze davon zu erhalten: überall findet man nur die zweite Form, die offenbar dem Geschmacke der Käufer besser entspricht, als die andere. Man wird in der Annahme nicht irren, daß die zweite, die buschige Form, eine unter den Händen der Züchter entstandene Rasse sei. Vermutlich gibt es darüber in der Garten-Literatur Angaben; uns sind solche bisher nicht zu Gesicht gekommen.

Zu unseren Versuchen dienten anfangs Pflanzen der ersten, später auch solche der zweiten Form. Die folgenden Bemerkungen über die Tracht der *Araucaria* gelten für beide Formen.

Die Seitenglieder 1. Ordnung mit den Seitensprossen 2. Ordnung sind dorsiventral gebaut. Jene nehmen, nachdem sie aus der Knospe hervorgetreten, anfangs horizontale oder schwach aufwärts geneigte Richtung an. In der Folge erheben sie sich und bilden nun mit der Hauptachse einen Winkel, der 30—40° betragen kann; ihr kurzes Scheitelende ist aber stets abwärts geneigt. Aus dieser Lage bewegen sie sich später wieder nach unten bis zu horizontaler Stellung; in höherem Alter beschreiben sie meist einen weiter abwärts gerichteten Bogen, wobei aber das Scheitelende sich wieder etwas erhebt, so daß es im allgemeinen immer dieselbe Lage beibehält.

Die Seitensprosse 2. Ordnung haben, solange sie noch kurz sind, horizontale Stellung. Diese können sie beibehalten, gewöhnlich aber erheben auch sie sich mehr oder weniger weit, ja sie können mit der Horizontal-Ebene einen Winkel von 40 und selbst noch mehr Grad bilden. In dieser Lage aber verharren sie nicht, sondern nehmen bei weiterem Wachstum zunächst horizontale Richtung an und krümmen sich dann in weitem Bogen abwärts; an alten Pflanzen sieht man sie fast ihrer ganzen Länge nach senkrecht nach unten gewandt und erhält den Eindruck, als seien sie durch ihr Eigengewicht passiv in diese Lage gebracht. Es sei noch beigefügt, daß der Winkel, den der Seitensproß 2. Ordnung mit der eigenen Mutterachse bildet, anfänglich spitz ist und etwa 40° beträgt, später aber wächst und sich meist bis zu einem rechten öffnet.

Die eben besprochenen Bewegungen werden der Hauptsache nach von gelenkartigen Polstern ausgeführt, die den Grund der Sprosse ein-

nehmen. Ueber den Bau dieser Organe und ihre weiteren Eigenschaften wird demnächst in eigener Arbeit berichtet werden.

Unsere Umkehrungsversuche, zu denen wir uns nun wenden, begannen vor 11 Jahren. Damals wurden zunächst 2 Pflanzen der vorhin beschriebenen kräftigen Form an großen festen Stativen in verkehrter Stellung angebracht. Die beiden noch jungen Pflanzen hatten annähernd 25 cm Höhe und je 3 Scheinquirls von Seitenästen 1. Ordnung. Die Hauptachsen wurden an Stäbe gebunden, so daß sie sich nicht empor krümmen konnten. Wie bei den ersten Versuchen mit Weiden wurden auch hier, um das Herausfallen der Pflanzen zu verhüten, die Töpfe mit Moos überbunden. Dies geschah derart, daß quer über den mittleren Teil des Topfes, den Stamm einschließend, eine dicht zusammengepreßte Schicht von Moos gelegt wurde, über die man dann 2 Drähte leitete, die um den ganzen Topf geführt und so verbunden wurden, daß sie dem Ganzen den nötigen Halt gaben. Zu beiden Seiten der Mooschicht liegen schmale Streifen der Erdoberfläche des Topfes frei; sie gestatten, jederzeit die Erde auf ihre Beschaffenheit, ihren Feuchtigkeitsgehalt u. a. zu untersuchen. Bei jedem Begießen müssen die Töpfe vom Stativ herabgenommen werden, eine Tatsache, die im Hinblick auf die jahrelange Dauer der Versuche einen leider nicht zu vermeidenden Uebelstand bildet. Denn das zweite Verfahren, das wir bei den Weiden-Kulturen benutzten, ist hier, wie ohne weiteres ersichtlich, nicht anwendbar. Und besonders kommt noch in Betracht, daß die Pflanzen wiederholt in größere Töpfe gesetzt werden mußten, was nur bei der angegebenen Stellung möglich war.

Nebenher mag noch beigefügt werden, daß die Pflanzen, von den Ferien abgesehen, stets vom Verfasser selbst gepflegt wurden.

Folge der Umkehrung war, daß die Seitensprosse 1. Ordnung des zuletzt angelegten Quirls sich empor bewegten, bis sie mit der Hauptachse einen oberen Winkel bildeten, der ziemlich genau dem entsprach, den sie an der aufrechten Hauptachse eingenommen hatten. Die Glieder des nächst älteren Quirls verhielten sich ähnlich, erreichten aber nur etwa horizontale Richtung oder gingen nur wenig darüber hinaus. Die Glieder des letzten Quirls endlich erhoben sich höchstens bis zu horizontaler Stellung, aber nicht weiter. — Die Seitenglieder 2. Ordnung nahmen nach und nach die Lage ein, die ihnen bei aufrechter Stellung der Pflanze eigen ist, und zwar geschah dies ohne Drehung. Die Dorsiventralität der Seitenzweige 1. Ordnung mit ihren Seitengliedern war also einfach umgekehrt.

So das Verhalten der Pflanzen der ersten Form der *Araucaria*. Später wurde der Umkehrungsversuch auch mit 2 Pflanzen der zweiten Form angestellt. Die eine davon hatte bis zu Beginn des Versuches etwa dieselbe Entwicklungshöhe erreicht, die für die Pflanzen der ersten Form angegeben wurde; die andere war um einen Scheinquirl von Seitengliedern 1. Ordnung reicher. An der letzten bewegten sich die Glieder des jüngsten Quirles, die im Durchschnitt 10 cm Länge hatten, in der Weise, wie wir sie für die entsprechenden Sprosse der Pflanzen der ersten Form angegeben haben. An der zweiten dagegen, wo diese Triebe höchstens 2 cm länger waren, krümmten sie sich in ihrem basalen Teile so weit empor, daß sie mit der Horizontal-Ebene einen Winkel bildeten, der bis zu 60° erreichte, von ihrer verkehrten Tragachse also nur um 30° abwichen. Ihre mittleren und vorderen Teile bogen sie wieder so weit abwärts, bis sie in ungefähr horizontale Stellung gelangt waren. Die kurzen Seitenglieder 2. Ordnung nahmen die ihnen unter normalen Bedingungen zukommenden Lagen ein, ohne sich zu drehen. — An der ersten wie an der zweiten Pflanze wurde die Dorsiventralität der Seitenglieder 1. Ordnung also einfach umgekehrt.

Was nun das Verhalten der Glieder der älteren Scheinquirle anlangt, so bedürfen die beiden Pflanzen einer gesonderten Besprechung. An der einen erhoben sich die Seitenglieder 1. Ordnung des zweitjüngsten Seitenquirles in ihrem unteren Teile bis zu Winkeln von $30-40^\circ$, krümmten sich aber in mittleren und oberen Teile wieder so weit abwärts, bis sie die ihnen unter gewöhnlichen Bedingungen zukommende Lage erreicht hatten; ihre Seitensprosse 2. Ordnung zeigten nichts Besonderes, weder auffallende Krümmungen, noch Torsionen. — Die Seitenglieder 1. Ordnung der älteren Scheinquirle veränderten ihre Lage, von den Endteilen abgesehen, nicht mehr; diese bogen sich etwas empor, nahmen aber bei weiterem Wachstum mit ihren Scheiteln gewöhnliche Stellung ein, ohne sich zu drehen. Ganz abweichend von allen bisher Beobachteten verhielten sich die Seitensprosse 2. Ordnung. Sie krümmten sich aufwärts, bis sie mit ihrem mittleren und vorderen Teile etwa senkrechte Stellung gewonnen hatten; dann bewegte sich das Scheitelende in der Richtung der Spitze des Muttersprosses nach außen, ein Vorgang, mit dem in allen Fällen eine mehr oder minder weitgehende Drehung um die Achse verbunden war. Als Folge dieser Bewegungen ergab sich, daß die Scheitelenden der Triebe genau oder beinahe in die Lage gelangten, die sie an der Pflanze in natürlicher Stellung einnahmen. Einfacher als diese verhielten sich andere Glieder; sie krümmten sich ebenfalls in ihrem unteren und mittleren

Teile empor, setzten aber diese Bewegung in ihrem oberen Teile ohne Drehung so weit fort, bis das Scheitelende wieder seine natürliche Lage erreicht hatte.

An der zweiten Pflanze führten die Sprosse 2. Ordnung der älteren Quirle dieselben Bewegungen aus, die wir eben beschrieben haben, nur kam noch ein weiterer Vorgang hinzu. Die Seitenglieder 1. Ordnung der ersten Pflanze krümmten sich sämtlich ohne Drehung nur in der Vertikal-Ebene; die der zweiten Pflanze bogen sich ebenfalls empor, drehten sich dabei aber in den vorderen Teilen noch so weit um ihre Längenaehse, daß die Scheitel wieder in ihre ursprüngliche natürliche Lage gelangt waren. Da nun die Seitenglieder 2. Ordnung im Bereich der gedrehten Strecke ebenfalls Bewegungen ausführten, die auf die Erreichung ihrer natürlichen Stellung hienzielten, so entstand ein Ganzes von sehr verwickelten Vorgängen, von Krümmungen und Drehungen, dessen Einzelbeschreibung wir hier aber um so mehr glauben unterlassen zu dürfen, als die Hauptaufgabe unserer Arbeit auf anderem Gebiete liegt.

Das verschiedene Verhalten der jungen und der älteren Seitensprosse 1. und 2. Ordnung zeigt deutlich, daß ihre Dorsiventralität mit steigendem Alter zunimmt. Doch verhalten sich die beiden Formen der *Araucaria*, wie wir gesehen, nicht übereinstimmend. Ob der Unterschied darauf beruht, daß bei der ersten die Dorsiventralität geringer ausgebildet ist, als bei der zweiten, oder ob nur ihre stärkeren Sprosse weniger beweglich sind, als die der zweiten, und deshalb die Krümmungen und Drehungen unterbleiben, mag dahingestellt bleiben.

Unsere an den Sprossen der *Araucaria* gewonnenen Erfahrungen reihen sich den von *Frank*¹⁾ für andere Koniferen, für *Taxus baccata*, *Pinus picea* und andere *Pinus*-Arten, sodann für *Thuja occidentalis*²⁾ ermittelten Tatsachen an. Die Dorsiventralität der Sprosse dieser Pflanze beruht teils auf der Wirkung der Schwerkraft, teils auf der des Lichtes. Daß für die Seitenglieder unserer *Araucaria* dieselben Verhältnisse gelten, geht aus den Umkehrungsversuchen bestimmt hervor, doch wurde nicht

1) *Frank, A. B.*, Die natürliche wagerechte Richtung von Pflanzenteilen usw. Leipzig 1870. S. 22.

2) *Frank, A. B.*, Ueber den Einfluß des Lichtes auf den bilateralen Bau der symmetrischen Zweige der *Thuja occidentalis*. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Herausgegeben von *Pringsheim*. IX. Bd. Berlin 1873—1874. S. 147 ff. Vgl. ferner *Pfeffer, W.*, Pflanzenphysiologie. II. Bd. Leipzig 1904. S. 180 ff. Hier eine kritische Behandlung aller hierher gehörenden Gegenstände.

entschieden, ob hier dem Licht oder der Schwerkraft die maßgebende Bedeutung zukomme, oder ob beide zusammenwirken.

Unser Augenmerk war bisher hauptsächlich der Dorsiventralität der Sprosse zugewandt. Wir haben uns nun mit dem sonstigen Wachstum der Glieder zu befassen, das für das Trachtbild der Pflanze ebenfalls bedeutungsvoll ist.

Eine junge, sich frisch entwickelnde, aus einem Steckling gezogene Pflanze bietet das bekannte Bild. Zwischen der Länge der Seitenglieder 1. Ordnung in den aufeinander folgenden Quirlen besteht ein zwar nicht strenges, aber doch ziemlich regelmäßiges Verhältnis: es fallen die Enden dieser Sprosse ungefähr in die Fläche eines Kegelmantels, den man sich über das System gelegt denken kann und der bald flacher, bald steiler ist. In höherem Alter bleiben die unteren Glieder im Wachstum zurück, und es geht dann das Umrißbild von der Kegel- in die Eiform über. — Anders die verkehrte Pflanze. An ihr eilt der jüngste, zur Zeit der Umkehrung schon vorhandene Scheinquirl in der Entwicklung voran, so daß er endlich einen breiten, großen Schirm bildet, dessen Glieder die über ihnen stehenden älteren mehr oder weniger, selbst beträchtlich, an Länge übertreffen. Dadurch erhält die Pflanze ein durchaus ungewöhnliches Aussehen. So hatten, um ein Beispiel anzuführen, die Sprosse eines jüngsten 6 zähligen Quirls zwischen 30 und 33 cm Länge, während die des nächstälteren 20—23 cm maßen, nur ein Sproß unter den vorhandenen 6 hatte 25 cm Länge.

In der eben beschriebenen Weise verhalten sich die jüngsten Glieder, wenn sie bei Beginn des Versuches schon einige Zentimeter lang sind. Treten sie erst eben aus der Knospe hervor, dann entwickeln sie sich weniger rasch, und es bilden nun die Triebe des nächstälteren Quirls den großen Schirm. So hatten dessen Sprosse an der einen Pflanze 35—40 cm Länge erreicht, indes die des nächstälteren Scheinquirls 24—31 cm und die des jüngsten nur 16—20.5 cm maßen. Also auch hier war die Tracht völlig anomal.

Wieder anders gestalten sich endlich die Dinge, wenn die Sprosse erst an der verkehrten Achse angelegt werden. Um dies herbeizuführen, bedarf es jedoch besonderer Vorsicht. Die wachsende Hauptachse krümmt sich sehr kräftig geotropisch empor. Gestattet man ihr diese Bewegung, so bildet sie an ihrem Scheitel Seitenglieder, die nun, weil in normaler Stellung, sich gestalten wie gewöhnliche Glieder. Befestigt man sie aber in der Weise an einem oder nötigen Falles auch an zwei Stäben, daß das

Scheitelende nach unten gewandt ist, dann entstehen Seitensprosse, die sich, soweit unsere Erfahrungen reichen, gänzlich anomal entwickeln. Sie bleiben erstens sehr kurz, zweitens wachsen sie ungleich rasch und bilden drittens ihre Seitenglieder unregelmäßig aus. Der Unterschied zwischen einem Quirl solcher Glieder und dem darüberstehenden, vor der Umkehrung angelegten, den großen Schirm bildenden, kann im Laufe der Jahre sehr



Fig. 22.

bedeutend werden. Fig. 22 führt das Bild unserer einen Pflanze vor Augen, bei der dieses Verhältnis besonders ausgebildet war. Um es herzustellen, wurde die Hauptachse in wagerechte, der Schirm des großen Scheinquirls in senkrechte Lage gebracht. Die dadurch hervorgerufenen kleinen Verlagerungen kommen nicht in Betracht. Als die Aufnahme gemacht wurde, hatte sich die Pflanze 8 Jahre in verkehrter Stellung befunden. Wie man sieht, besteht der große Quirl aus 6 Gliedern, von denen das eine kurz geblieben ist, während die andern länger geworden sind; die längsten maßen bis zu 80 cm. Alle entwickeln sich noch, wenn auch langsam. Von ihrer Ursprungsstelle aus sind sie in ihrem basalen und mittleren Teile abwärts gewandt; jenseits der Mitte erheben sie sich und

bilden so nach oben offene weite Bögen. Die wachsenden kurzen Scheitelenden dagegen sind ebenso awwärts gekrümmt wie die normalen Triebe, und ebenso weichen die Seitensprosse 2. Ordnung von den unter natürlichen Bedingungen entstandenen nicht ab.

So die Glieder des großen Schirmes. Man vergleiche nun damit den nach der Umkehrung entstandenen Quirl. Seine Sprosse haben sich nur schwach und auffallend unregelmäßig entwickelt. Die einen sind im Wachstum vorangeeilt, die andern mehr oder weniger zurückgeblieben. Ebenso ungleich war die Ausbildung der Triebe 2. Ordnung. Unsere Figur zeigt das Bild, wie es vor 3 Jahren war. Inzwischen sind die 2 schwächsten Sprosse abgestorben; zwischen den noch vorhandenen 4 ist der Unterschied noch beträchtlicher geworden. Das größte Glied hat eine Länge von 17,5 cm, das nächste mißt 10,5 cm, das dritte 8 und das kürzeste endlich nur 6,5 cm. — Der längste Sproß hat zunächst Seitenglieder von sehr ungleicher Länge, von denen heute noch 6 vorhanden sind, dann aber auf jeder Seite 7 weitere, die in normaler Folge nach dem Scheitel hin an Länge abnehmen, und die noch im letzten Frühjahr und Sommer verhältnismäßig kräftig gewachsen sind. Diese 14 Glieder haben frische grüne Farbe; die vorher erzeugten dagegen sind gelblich und stehen längst im Wachstum still. Ihr Aussehen läßt vermuten, daß sie in nicht ferner Zeit abfallen werden.

Der Unterschied zwischen diesem letzten Scheinquirl und dem großen Schirm ist nach allem außerordentlich groß und durchaus anomal. Man betrachte die Figur.

Auffallend ist nun, daß, während die Glieder des Schirmes sich so stark entwickelten, die der beiden älteren Quirle nicht gleichen Schritt hielten. Sie bildeten zwar in den ersten Jahren an ihren und ihrer Seitensprosse Scheiteln noch Zuwachse, stellten aber später ihr Wachstum nach und nach ein, wurden gelb, ließen die Seitentriebe fallen und starben endlich ab. Darin gingen die Glieder des ältesten Quirls voran, die des zweiten folgten erst später nach; der eine von diesen hielt sich noch lange Zeit, verfiel aber schließlich auch.

Wir haben bisher das Verhalten der Hauptachse unbeachtet gelassen. Zu ihr wenden wir uns jetzt und zwar zunächst zu dem ihres Scheitels. Nachdem dieser den letzten Scheinquirl erzeugt hatte, stand er jahrelang im Wachstum still, plötzlich aber, im Sommer 1914, begann er wieder sich zu entwickeln und legt nunmehr, ein halbes Jahr später, einen neuen Gliederquirl an, dessen Ausbildung noch zu verfolgen sein wird. Unsere

Annahme, daß der Scheitel nach so langer Ruhe nicht mehr wachsen werde, erwies sich also als irrtümlich.

Was aber an der Hauptachse den Blick am meisten auf sich zieht, sind Anschwellungen, die sie an der Ansatzstelle der Quirle bildet. Zur Beurteilung dieser Bildungen ist jedoch folgendes über die normale Pflanze vorauszu-
senden. Die Seitensprosse 1. Ordnung erzeugen an ihrem Grunde Gewebesockel, die hauptsächlich der Unterseite angehören und deren Bau und Bedeutung an anderem Orte in kurzem näher beschrieben werden soll. Sie erreichen nach und nach beträchtlichen Umfang und können sich durch Ausfüllung der zwischen ihnen vorhandenen Lücken so weit vereinigen, daß sie einen Ringwall um die Achse darstellen. In der Bildung dieses Walles aber verhalten sich die einzelnen Pflanzen verschieden: bei den einen wird er kräftig, bei den andern schwächer oder auch gar nicht entwickelt. — An der verkehrten Pflanze entsteht nun dieser Ringwall regelmäßig, sehr früh und erreicht nach und nach eine so bedeutende Größe, wie sie unter natürlichen Bedingungen niemals erlangt wird. An unserer einen Pflanze bot er nach 8 jähriger Entwicklung das in Fig. 23 gezeichnete Bild. Man sieht, daß die Ansatzstellen der Sprosse, die sich einst berührten, nun beträchtlich von einander entfernt sind. Die Anschwellung hat fast knollenförmige Gestalt angenommen; sie setzt sich von den Zweig-Basen aus nach unten und besonders nach oben fort; dort ist sie kurz abgerundet, hier läuft sie allmählich aus. Nach 11 Jahren hatte sich die Gestalt des Körpers nicht verändert, wohl aber sein Umfang. Sein Querdurchmesser betrug nun 45 mm, der Längendurchmesser auch annähernd 45 mm. Die Anschwellungen unter den älteren Quirlen entwickelten sich minder stark, ohne Frage infolge des geringeren Wachstums der Sprosse; die nächste, über der eben beschriebenen starken stehende, maß im Querdurchmesser 25, der Länge nach 18 mm.



Fig. 23.

Sehr zu beachten ist noch die Tatsache, daß aus der großen, dem

Schirm angehörenden Geschwulst Adventiv-Sprosse hervorgehen; sie entspringen fast sämtlich aus der nach oben gewandten Hälfte des Körpers, selten aus der unteren. Alle sind ihrer morphotischen Natur nach Hauptachsen, niemals beobachtete man das Entstehen eines adventiven Seitensprosses 1. oder 2. Ordnung. Die Glieder wurden, nachdem ihre Natur festgestellt worden, gewöhnlich entfernt. Einzelne blieben zunächst erhalten; sie entwickelten sich aber so energisch, daß man fürchten mußte, sie würden das Wachstum der älteren Glieder des Systems stören. Sie wurden daher ebenfalls beseitigt. Folge der steten Entfernung dieser Bildungen war, daß immer neue entstanden. Von der großen Anschwellung wurden nach und nach über 20 solcher Adventiv-Sprosse abgebrochen. — Besonders verdient noch einmal hervorgehoben zu werden, daß sie fast nur der Oberseite der Stammverdickung entspringen. Höchst wahrscheinlich beruht diese Ortsbestimmung auf dem Einflusse der Schwerkraft.

Faßt man alles über unsere *Araucaria* Gesagte ins Auge, so ergibt sich, daß sie die Umkehrung erträgt, ja daß sie instande ist, sich in der unnatürlichen Stellung lange am Leben zu erhalten. Darüber, wie lange sie das zu tun vermag, ob ihrem Leben eine vorzeitige Grenze gesetzt ist, gestattet unsere 11 jährige Pflege kein Urteil. Allein das mangelhafte Wachstum des Scheitels, die abnorme und kümmerliche Ausbildung der nach der Umkehrung erzeugten Seitensprosse, die Anschwellungen der Achse am Grunde der Scheinquirl, lehren deutlich, daß die Pflanze innere Störungen erfährt, daß die verkehrte Lage mit ihrer Natur nicht übereinstimmt. Da diese Störungen dauernd bleiben, so darf man bestimmt annehmen, daß ihre Wirkung sich soweit steigern wird, daß die Lebensfunktionen schließlich erlöschen, die Pflanze vorzeitig abstirbt.

Dies wird aber nur dann zutreffen, wenn die Pflanze mit ihrer ganzen Hauptachse dauernd in verkehrter Stellung bleibt. Gestattet man dem Scheitelende, sich emporzukrümmen und nun in aufrechter Lage Seitentriebe zu bilden, dann treten neue Verhältnisse ein. An einer der verkehrten Pflanzen hatte sich während der Ferienabwesenheit des Verfassers der Scheitel geotropisch aufwärts gebogen. Beim Versuch, diese Krümmung auszugleichen, brach der spröde Körper. Sehr rasch entstand über der Bruchstelle ein Adventiv-Sproß, der sich emporwandte, rasch und kräftig wuchs und einen Scheinquirl von 4 Gliedern bildete, dem sich bald ein weiterer 4gliedriger Quirl anschloß. Die Farbe der Glieder ist sattgrün und das ganze System von solcher Frische, daß man ihm ohne Bedenken eine lange Lebensdauer voraussagen möchte.

Einige Beachtung verdient die Verschiedenheit im Verhalten des unteren, den großen Schirm bildenden Quirles des verkehrten Teiles der Pflanze und des ersten, stärksten Quirles an dem aufrechten Adventiv-Sproß, den man jetzt für die unmittelbare Fortsetzung der Hauptachse halten könnte. Die letzten sind etwas dunkler grün, als die ersten; an jenen haben die Glieder durchschnittlich 48 cm, an diesen schon 42 cm Länge; diese wachsen beträchtlich rascher als jene. Dabei zeigt sich ein auffallender Unterschied in der Entwicklung ihrer Seitenglieder: an den Sprossen des aufrechten Stammteiles eilt die Achse im Wachstum weit voran, die Seitenglieder bleiben trotz ihrer raschen Entwicklung zurück; an den Sprossen des Schirmes dagegen wachsen die Seitenglieder schneller, als ihre Achse; das Bild des Scheitels ist daher sehr verschieden. — Dieselben Unterschiede finden sich auch an den aufeinander folgenden Quirlen einer normalen Pflanze; sie gehen hier aber allmählich in einander über, während sie an unserer verkehrten Pflanze unvermittelt neben einander stehen.

Der Augenschein lehrt, was ja von vornherein zu erwarten war, daß die gesamte Lebenstätigkeit der Pflanze, deren Scheitelteil sich in aufrechter Stellung entwickeln konnte, beträchtlich gefördert wird. Man darf erwarten, daß die Glieder des großen Schirmes bald zu Grunde gehen und nur die des aufrechten Achsenteiles erhalten bleiben werden. Daß diesem System eine längere Lebensdauer beschieden sein werde, als dem völlig verkehrten, läßt sich bestimmt annehmen: freilich ebenso bestimmt auch, daß es das Alter einer aufrechten, unter natürlichen Bedingungen wachsenden Pflanze, nicht erreichen werde. Denn die inneren Hemmnisse, die in dem verkehrten und zweifellos auch in dem scharf gekrümmten Teile der Achse vorhanden sind, bleiben bestehen und können durch die Tätigkeit des aufrechten Teiles höchstens verringert, nicht aber aufgehoben werden.

Schließlich darf nicht unerwähnt bleiben, daß Pflanzen, die zu Beginn unseres Umkehrungsversuches etwa gleichen Umfang hatten, wie die zum Versuch verwandten, dauernd in natürlicher Stellung gepflegt wurden. Die Bedingungen, unter denen sie lebten, wichen jedoch insofern ab, als man sie im Sommer im Freien, im Winter im Gewächshause aufstellte. Sie genossen also einen Vorzug vor den verkehrt stehenden, dem aber schwerlich große Bedeutung beizumessen ist. Sie sind allmählich bis zu 1,5 m hoch geworden und haben ihrer Höhe entsprechende lange Seitenglieder erzeugt. Der Unterschied zwischen diesen und den verkehrt stehenden Pflanzen ist, was kaum noch gesagt zu werden braucht, sehr bedeutend.

Versuche mit *Opuntia robusta*.

Aus verschiedenen, hier nicht näher auszuführenden Gründen wurde beschlossen, auch mit *Caeteen* Versuche anzustellen. Bisher geschah dies mit 2 Arten, mit der in der Ueberschrift genannten und mit *Cereus peruvianus*. Wir befassen uns zunächst mit der ersten.

Schon vor vielen Jahren beobachtete *Sachs* das Verhalten einer Pflanze der *Opuntia crassa*, die an einem Stativ in umgekehrter Stellung befestigt war. Er wurde dabei von einer anderen Fragestellung geleitet, als der unsrigen. Auf Grund seiner bekannten Hypothese der spezifischen, formbildenden Stoffe ging er von der Vorstellung aus, daß die Bewegungsrichtung der Sproßsubstanzen in der Pflanze durch Schwerkraft und Licht beeinflußt werde und deutete nun das Auftreten neuer Sprosse an seiner Pflanze im Sinne seiner Hypothese. Wie lange sein Versuch gedauert haben mag, ist nicht bekannt. In späteren Mitteilungen *Sachs'* wird der Pflanze, soweit unsere Kenntnis reicht, nicht mehr erwähnt.

Unsere eigenen Versuche, zu deren Besprechung wir uns nunmehr wenden, wollen zwei verschiedene Fragen beantworten. Die erste knüpft an die Beobachtung, daß an *Opuntia*-Arten mit starken, fleischigen Gliedern diese fast stets nach oben gewandt sind, daß sie höchstens horizontale Stellung einnehmen und daß sie, dementsprechend, ihre Sproßanlagen aus aufwärts gerichteten Blattaachsen hervorgehen lassen. Es war nun die Frage, ob Sproßanlagen, die sich in normaler Stellung zu entwickeln begonnen hatten, ihr Wachstum in verkehrter Richtung fortsetzen können. Zur Entscheidung der Sache wurde eine Pflanze, als ein junges Glied eben aus der Blattachsel hervorzutreten begann, in solche Lage gebracht, daß die Anlage senkrecht nach unten gewandt war. Nun ergab sich, daß sie in ihrer Entwicklung stehen blieb und langsam abstarb. Der Versuch wurde zunächst 4 mal angestellt und hatte stets dasselbe überraschende Ergebnis. In einem der folgenden Jahre wurde er noch einmal und wieder mit 4 Sproßanlagen ausgeführt: wieder gingen alle zu Grunde.

Was war nun die Ursache dieser Erscheinung? War es die ungenügende Beleuchtung der abwärts gewandten Sproßanlage oder war es die abnorme Wirkung der Schwerkraft? Um diese Frage zu beantworten, wurde in 4 von den 8 Versuchen unter den Knospen ein Spiegel aufgestellt, so daß sie von unten beleuchtet wurden. Auch unter diesen Verhältnissen starben die Knospen ab. Nun ließ sich aber einwerfen, daß die durch den Spiegel herbeigeführte Beleuchtung schwächer sei, als die bei normaler Stellung

durch das Sonnenlicht von oben verursachte. Um diesem Einwande zu begegnen, wurde über 2 eben heraustretende Knospen in einiger Entfernung ein aus weißem Flißpapier hergestellter Schirm angebracht, so zwar, daß nur diffuses, nie direktes Sonnenlicht auf die Anlage einwirken konnte. Nun entwickelten sie sich wie unter gewöhnlicher, d. h. zeitweise direkter, Beleuchtung.

Hiernach dürfen wir als festgestellt betrachten, daß das Absterben der nach unten gewandten Knospen durch die Schwerkraft verursacht wird. Soviel uns bekannt, ist dies das erste derartige Beispiel, das überhaupt beobachtet worden. Eine auf den Gegenstand gerichtete Untersuchung wird höchst wahrscheinlich noch weitere ähnliche Fälle kennen lehren.

Wie aber wirkt nun die Schwerkraft auf die Sproßanlagen? Offenbar sind hier 2 Möglichkeiten vorhanden. Die bisher gewonnenen Erfahrungen lehren, daß das Wachstum aufrechter Achsen durch den Einfluß der Schwerkraft gefördert wird. Gehen wir von der begründeten Annahme aus, daß auch unsere *Opuntien*-Sprosse und deren Anlagen diese fördernde Wirkung erfahren, so würde diese an den verkehrten Anlagen wegfallen und in diesem Mangel der Grund ihres Absterbens liegen. — Die zweite Möglichkeit besteht darin, daß es sich nicht bloß um einen solchen Mangel handle, sondern daß die verkehrt stehende Anlage durch die Schwerkraft direkt schädigend beeinflußt werde. Welche von diesen Möglichkeiten nun zutrifft, vermögen wir nicht zu sagen; unsere alsbald mitzuteilenden weiteren Beobachtungen geben darüber keinen eindeutigen Aufschluß; ja es erscheint zweifelhaft, ob sich überhaupt eine Entscheidung werde erreichen lassen.

Nachdem unsere erste Frage dahin beantwortet worden, daß die Sproßanlagen sich in verkehrter Richtung nicht entwickeln können, wenden wir uns zur zweiten. Diese lautet: Kann eine Pflanze, die unter gewöhnlichen Bedingungen einigen Umfang erreicht hat, die Umkehrung ohne Störung ertragen oder treten innere Veränderungen ein, die ihr Wachstum beeinträchtigen und den Verfall der Glieder früher oder später herbeiführen? Um hierüber Klarheit zu erlangen, wurden zwei Pflanzen der *Opuntia robusta* in verkehrter Stellung an Stativen angebracht. Wie dies geschah, braucht nach früher Gesagtem nicht mehr ausgeführt zu werden. Erwähnt sei nur, daß die Ballen in den Töpfen des großen Gewichtes der Pflanzen wegen mit genügend starken Drähten festgehalten wurden, und daß man weiter um eines der älteren Glieder der Pflanze in

einiger Entfernung vom Topfe auf kurzer Strecke eine mehrfache Schicht von Leinwand legte, um diese locker einen Draht führte, dessen Enden nach dem Topfe geleitet und an diesem befestigt wurden. So gelang es, dem Ganzen eine Festigkeit zu geben, die auch für die lange Dauer der Versuche ausreichte. Die so behandelten Pflanzen wurden nun an starken eisernen Stativen aufgehängt und in einem Gewächshause mit gemäßigter Temperatur gepflegt. Der Versuch begann vor 10 Jahren und wurde bis heute fortgesetzt. Beide Pflanzen wurden in der langen Zeit einmal umgetopft. Wir können nicht umhin, ihr Verhalten gesondert zu besprechen.

Die erste Pflanze hatte an Beginn des Versuches 6 Glieder, die je aus den Scheiteln ihrer Muttersprosse hervorgegangen waren und eine fast gerade Reihe bildeten. Der Umriß der 3 unteren Glieder war fast rund; die 3 oberen dagegen hatten die gewohnte breite, flächenartige Ausbildung. Das jüngste, endständige, war noch klein. Als nächste Folge der Umkehrung zeigte sich, daß das kleine Endglied verfiel; es wurde gelb, schrumpfte dann ein und fiel bei einer Berührung ab. Danach begann das Absterben des folgenden Gliedes, und von ihm aus setzte sich der Vorgang auf das dritte fort. Dieses aber erzeugte, als sein Scheitelende gelb zu werden begann, in seiner basalen Hälfte auf der einen Seite einen kräftigen Tochttersproß, der schwach nach oben geneigte, fast wagerechte Richtung einnahm. Das Mutterglied verfiel nun langsam vom Scheitel aus und starb auf der dem Tochttersproß gegenüber liegenden Seite bis zu seiner Basis ab; nur der Teil, der das junge Glied mit dem nach oben folgenden dritten Sprosse verband, blieb frisch und erhalten. — Ungefähr zu derselben Zeit, als der Seitensproß unten entstand, ging aus dem zweiten stammartigen Gliede oben ein weiterer Seitentrieb hervor. Seine Anlage- und Wachstumsrichtung war ungefähr horizontal, die Stellung seiner blattartigen Fläche fast senkrecht. Durch überwiegende Entwicklung seiner Unterseite erlangte er etwas aufwärts geneigte Lage. Aus seinem Scheitel ging später ein flacher Tochttersproß hervor, dessen Ebene sich mit der sehnigen kreuzte.

Während sich diese Vorgänge oben abspielten, entstand in geringer Entfernung von Sproß III auf der flachen Seite des Gliedes 4 ein weiterer Sproß, der sich in schwach aufwärts geneigter Richtung entwickelte und beträchtlichen Umfang erreichte. An seinem Scheitel entstand ein neuer und an dessen Scheitel noch ein weiterer. Indes diese auffallende Sproßreihe sich noch gesund erhielt, starb Glied I langsam

ab; ihm folgten die Triebe 2 und 3. Nun, nach 9 Jahren bot die Pflanze ein eigentümliches Bild. Alle Glieder an dem Grundstock waren abgestorben mit Ausnahme der fast wagerecht gestellten Sproßreihe, deren Glieder erheblichen Umfang erreicht haben. Das älteste war 21 cm lang und 10,5 cm breit, das zweite 18,5 cm lang und 10 cm breit, das dritte 12 cm lang und 7,8 cm breit. Die Stellung der Glieder zu einander war dabei derart, daß die Ebene jedes Tochttersprosses sich mit der seines Muttergliedes kreuzte, ein Verhältnis, das aber sonst nicht überall zutrifft. An dem Muttersprosse, der der Reihe den Ursprung gegeben, war die ganze Länge bis auf das kurze basale Ende, aus dem das untere Glied der Reihe hervorging, abgestorben.

Was endlich die alten Glieder mit dem rundlichen Umriß, I, II und III, anlangt, so hatten sie an Umfang zugenommen. Der große Durchmesser des Gliedes III, der zu Beginn des Versuches 42 mm betrug, hatte sich auf 55 mm vergrößert und ähnlich war die Zunahme der Glieder I und II.

Im Sommer 1913 erschien am Scheitel des Gliedes III ein neuer Sproß, dessen Scheitel aber leider zufällig verletzt wurde und der daher unentwickelt blieb. Neben ihm entstand im Herbste ein zweites Glied, das sich in der späten Jahreszeit auch nicht ausbilden konnte. Die ganze Sproßreihe bestand somit nun aus 4 aufeinander folgenden, stets scheitelständigen Gliedern.

So war das Ganze beschaffen, als zu Ende des Winters das Glied III plötzlich zu verfallen anfang; es wurde gelblich, die Oberhaut hob sich örtlich ab und nahm braune Farbe an. Der Vorgang begann am Scheitelende und setzte sich nach dem Grunde des Sprosses fort. Da auch das folgende Glied die ersten Anfänge des Verfalles erkennen ließ, so wurde nun die ganze Sproßreihe abgeschnitten. Sie sollte zur Untersuchung der mechanischen Verhältnisse dienen, und es war daher die Abtrennung — vor weiterem Verfall — notwendig, um das Gewicht der einzelnen Glieder und den Schwerpunkt der ganzen Reihe zu bestimmen. Auch bei vielfacher Wiederholung des Umkehrungsversuches dürfte es schwerlich gelingen, eine solche, fast horizontal gerichtete Gliederreihe wieder entstehen zu sehen.

So die erste Pflanze. Behandeln wir nun in aller Kürze die zweite.

Zu Beginn des Versuches bot sie ein Bild, das Fig. 24 leicht zu veranschaulichen gestattet. Es waren vorhanden das basale Glied I mit rundlichem Umriß, sodann, aus seinem Scheitel hervorgegangen, das Glied II, schon von mäßig flacher Ausbildung, ferner, diesem entsprungen,

die blattartigen Sprosse III und IV. In Entwicklung begriffen war endlich, neben III entstanden, Glied I von 15 mm Länge. Dieses krümmte sich

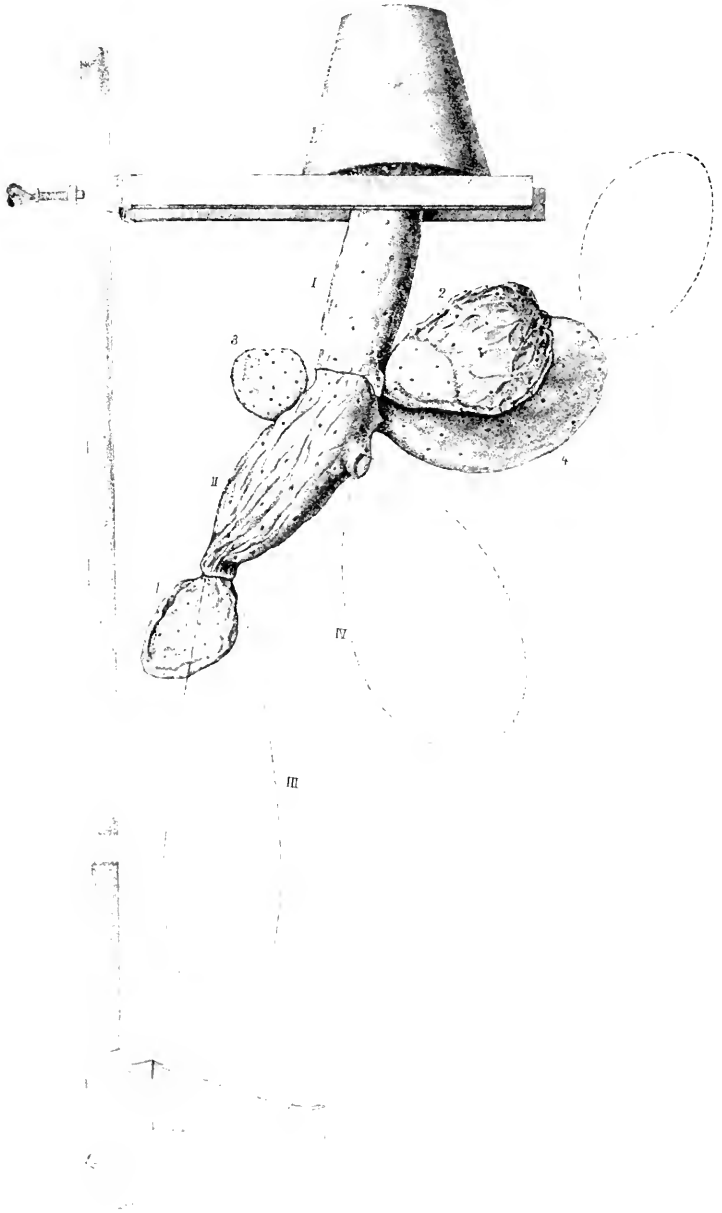


Fig. 24.

schwach aufwärts in der zu seiner Fläche senkrechten Ebene, erreichte aber nur geringe Größe.

Das erste, was nun langsam verfiel, waren die flachen Glieder III und IV. Noch vor ihrem Abfallen ging aus dem basalen Ende des Sprosses II

ein kleines Glied hervor, 3; ihm folgte, dem Scheitelende von I entspringend, das kräftigere 2. Nimmehr starb langsam Sproß 1 ab, weiter verfiel der untere und mittlere Teil des Gliedes II; unsere Figur führt das Einschrumpfen vor Augen. Hiernach begann Sproß 3 abzusterben; er wurde gelb und fiel ab, ohne geschrumpft zu sein. Bald nach ihm traten auch an Glied 2 die Anfänge des Verfalles auf; der Vorgang ging vom Scheitelende aus und setzte sich allmählich nach unten fort, hörte aber zunächst etwa 5 cm über der Ansatzstelle auf. Dieses basale Ende blieb noch viele Monate frisch, nachdem der größere Teil längst völlig abgestorben war; endlich aber ging auch es zu Grunde.

Vor etwa 2 Jahren ging aus dem Gliede II in der Nähe seiner Ansatzstelle ein starker Sproß, 4, hervor, der eine Länge von 16 cm erreichte. An seinem Scheitel endlich entstand im letzten Sommer ein kräftiger Trieb von 12 cm Länge und 8 cm Breite. — Da auch das lange Zeit gesund gebliebene basale Ende des Sprosses 2 jetzt verfällt, so sind von der ganzen Pflanze nur noch erhalten Glied I, ihr Grundstock, dann die beiden Sprosse 4 und 5 und vom Gliede II ein kurzes basales Ende, aus dem Glied 4 hervorgegangen war und das die Säfteleitung zwischen diesem und dem Hauptsproß I vermittelte.

Wie lange werden sich die Reste dieser und der zuerst beschriebenen Pflanze noch erhalten? Darüber wird uns die Zukunft belehren. Daß auch sie verfallen werden, ist nach allem Voraufgegangenen nicht zu bezweifeln.

Aus dem Verhalten unserer Pflanze dürfen wir schließen, daß sie auf die Dauer in verkehrter Stellung nicht zu gedeihen vermag. Wird sie in diese versetzt, so stirbt sie von ihren Scheitelteilen aus langsam ab. Zuerst verfallen die einzeln stehenden Glieder; diesen folgen allmählich die sie tragenden Sprosse. Daß diese länger erhalten bleiben, beruht höchst wahrscheinlich auf der lebhafteren Stoffwanderung und dem damit verbundenen kräftigeren Stoffwechsel, die in ihnen stattfinden. Auch der stärkere Bau des Bündelkörpers mag als solcher, abgesehen von den Leitungsvorgängen, zur Verlängerung ihrer Lebensdauer beitragen. In dieser Hinsicht ist das basale Glied am günstigsten gestellt und erhält sich daher am längsten.

Besonders hervorzuheben ist die Tatsache, daß die während der Versuchsdauer entstandenen, aufwärts oder wagerecht entwickelten Glieder durch ihre natürliche Stellung vor dem Verfall nicht bewahrt bleiben. Man darf annehmen, daß sie sich länger frisch erhalten, als die nach unten

schenden — bestimmte Erfahrungen haben wir bisher darüber nicht gesammelt —, aber sie verfallen auch. Entscheidend ist also nicht ihre natürliche Richtung, sondern ihre Zugehörigkeit zur verkehrten Pflanze.

Für die jungen Sproßanlagen wurde durch den Versuch festgestellt, daß ihr Absterben nicht durch mangelhafte Beleuchtung, sondern durch die abnorme Wirkung der Schwerkraft hervorgerufen wird. Bei der verkehrt aufgehängten Pflanze war der entsprechende Versuch nicht nötig, da die ihr zuteil werdende Beleuchtung nicht wesentlich von der abweicht, die die aufrecht stehende Pflanze erfährt. Uebrigens verrät ihr Verhalten unter der gewöhnlichen Pflege deutlich, daß sie gegen Lichtunterschiede, wie sie hier in Frage kommen, unempfindlich ist.

Hier mag endlich noch einem etwa möglichen Einwurf begegnet werden. Man könnte die Frage aufwerfen, ob nicht die verkehrten Pflanzen in der Pflege vor den aufrechten benachteiligt seien usw. Darauf wäre zu erwidern, daß ich die Pflanzen, von einigen Ferienwochen abgesehen, stets selbst vorsichtig gepflegt habe. Auch verrät ja ihr ganzes Verhalten, die Bildung neuer, starker Sprosse, daß die erforderlichen Lebensbedingungen nicht gefehlt haben. Dazu kommt, daß unsere *Opuntia*, wie die meisten fleischigen Pflanzen, in der Pflege nicht anspruchsvoll ist.

Nach allem Mitgeteilten können wir das Ergebnis unserer Versuche mit *Opuntia robusta* in folgender Weise zusammenfassen.

Ganz junge Sproßanlagen können sich nur in aufrechter oder in wagerechter Richtung entwickeln: nach ihrem Hervortreten in verkehrte Stellung gebracht, gehen sie rasch zu Grunde.

Eine unter natürlichen Bedingungen erwachsene Pflanze stirbt, wenn in verkehrte Lage übertragen, von ihren Scheitelteilen aus nach der Basis hin langsam ab, und zwar gilt dies sowohl für die bei Beginn des Versuches vorhandenen verkehrten, als für die während der Dauer des Versuches erzeugten Glieder mit nach oben gewandter oder horizontaler Richtung.

Versuch mit *Cereus peruvianus*.

Gleich beim Beginn dieses Teiles unserer Untersuchungen wurde die Frage erwogen, wie solche Pflanzen die Umkehrung ertragen würden, die unverzweigte, senkrecht emporwachsende Achsen bilden, wie zahlreiche *Cereus*-, *Echinocactus*- und *Mammillaria*-Arten. Der Annahme, daß sich bei ihnen die Folgen der Umkehrung rasch zeigen könnten, stand freilich die Tatsache gegenüber, daß sie träge wachsen, und daß demnach auch ihre Reaktions-Fähigkeit gering sein wird. Es wurde beschlossen,

zunächst probeweise einen Versuch anzustellen. Dazu wurde eine kräftige Pflanze des *Cereus peruvianus* gewählt, die fast genau 50 cm Höhe erreicht hatte und 4 Flügel besaß, von denen jeder von dem benachbarten 5,8 cm entfernt war. Ueber die Ausführung des Versuches, der vor 10 Jahren begann, braucht nach allem Früheren nichts gesagt zu werden.

In der langen nun verfloßenen Zeit hat sich die Pflanze in der verkehrten Stellung völlig frisch erhalten; ihre grüne Farbe hat sich nicht verändert; in der Erde des Topfes und im Bereiche des sie bedeckenden Moores sind immer wieder neue Wurzeln entstanden; — aber das Scheitelwachstum der Hauptachse ist eingestellt, hier hat seit Beginn des Versuches alle Entwicklung aufgehört. Die jetzt, nach 10 Jahren, vorgenommene Untersuchung des Scheitels lehrte, daß der Vegetationspunkt abgestorben war.

Die Verfassung der Pflanze läßt vermuten, daß sie in der verkehrten Stellung noch lange lebendig bleiben wird. Daß ihre Lebensvorgänge gestört werden, geht aus dem Aufhören des Längenwachstums der Achse und dem Absterben des Vegetationspunktes klar hervor. Fraglich ist aber, ob die Störung bloß das Längenwachstum der Achse betrifft oder auch auf andere Vorgänge bestimmend einwirkt. Die an den *Opuntia*-Pflanzen gemachten Erfahrungen sprechen dafür, daß die unnatürliche Lage auch in unserem Säulen-Cactus innere Hemmungen unbekannter Art verursache, die zu einem vorzeitigen Verfall führen werden. Die wichtigsten vegetativen Lebensaufgaben, die Wasseraufnahme und die Assimilation des Kohlenstoffes, gehen vor sich; aber man darf bezweifeln, daß diese ungestört stattfinden. Denn da die Assimilate ungenügenden Verbrauches halber in übergewöhnlichem Maße gespeichert werden müssen, so kann schon daraus eine Quelle weiterer Hemmungen entspringen. Wie und wann diese aber offenbar werden, muß einstweilen dahingestellt bleiben. Es ist bei allem, um dies noch einmal hervorzuheben, zu bedenken, daß das ganze Leben dieser Pflanzen einen trägen Charakter hat und daß der Versuch mit ihnen daher kein rasches Ergebnis liefern kann.

Ueber den Einfluss der abnormen Lage auf das Wachstum der Gewebe.

Wir wenden uns nunmehr zu unserer zweiten Aufgabe, zur Beantwortung der Frage, ob und wie natürlich oder künstlich herbeigeführte abnorme Stellung eines Organes das Wachstum seiner Gewebe beeinflusse. Hierbei haben wir verschiedene Dinge ins Auge zu fassen.

Handelt es sich um Organe, die in der abnormen, hier hauptsächlich verkehrten Lage noch in die Länge wachsen, so kann die experimentell festgestellte Hemmung des Wachstums erstens darauf beruhen, daß die Summe der Teilungen der Zellen — wir haben hier nur die prosenchymatischen im Auge — abnimmt, die Länge der erzeugten Zellenformen aber von der normalen nicht abweicht. Oder es kann die Zahl der Teilungen sich nicht verändern, wohl aber die Länge der Zellen abnehmen. Oder endlich, es kann beides stattfinden, Abnahme der Teilungen und geringeres Längenwachstum der Zellen.

Haben dagegen die Organe, wenn sie in die abnorme Lage gebracht werden, ihr Längenwachstum schon beendet, dann kann es sich hauptsächlich nur darum handeln, ob die Zellen, wenn sie aus dem cambialen Zustande heraustreten, zu ihrer natürlichen Länge heranwachsen, oder ob sie kürzer bleiben. — Die Möglichkeit, daß infolge der Lagenänderung, vor allem der Umkehrung, die Zahl der Querteilungen zunehme, etwa mehr Holzparenchym gebildet würde, ist zwar auch vorhanden, darf aber zunächst außer acht gelassen werden.

Unsere Untersuchung, deren Ergebnisse wir im Folgenden vorlegen, beschränkt sich der Hauptsache nach auf solche Organe, die normal aufwärts gewachsen waren und nun in die verkehrte Lage gebracht wurden, doch wurden auch an horizontal gestellten Gliedern Beobachtungen angestellt. Zu diesen dienten nur Zweige der *Salix fragilis*, zur Untersuchung des Einflusses der verkehrten Stellung dagegen verschiedene Arten. Stets handelte es sich um Organe, die bei Beginn des Versuches ihr Längenwachstum schon vollendet hatten, an denen sich die Wirkung der Lagenänderung nur auf die aus dem Cambium hervorgehenden Zellenformen erstreckte.

Zweige in wagerechter Stellung.

Salix fragilis.

Zur Untersuchung wurden 4 kräftige Zweige aus den höchsten Teilen des Baumes verwandt, die ungefähr gleichen Umfang hatten und annähernd wagerecht gestellt waren. Ob sie diese Lage vom Beginn ihrer Entwicklung an eingenommen oder erst später unter dem Gewicht ihrer Endspitze erlangt hatten, konnte nicht mehr entschieden werden. Untersucht wurden von jedem Zweige 200 Holzzellen des 4. Jahresringes; das Material entstammte der Mitte der Zweige. Wieder wurden Gruppen von je 50 Zellen

gebildet und, was kaum noch bemerkt zu werden braucht, die früher benutzten Vergrößerungen angewandt.

1. Zweig.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	49	35	63
2.	44,4	26	63
3.	51,3	32	69
4.	48	28	66
Mittel	48,2	30,2	65,2

2. Zweig.

1.	47	27	74
2.	48,1	27	70
3.	50	38,5	70
4.	49,1	27,5	72
Mittel	48,5	30,0	71,5

3. Zweig.

1.	50,4	30	65,5
2.	50,7	29	75
3.	50,4	29	71,5
4.	48,8	23	66
Mittel	50,07	27,7	69,5

4. Zweig.

1.	46,5	31	65,5
2.	46,2	30,5	60
3.	44,6	27	73,5
4.	45,5	29	71
Mittel	45,7	29,37	67,5

Die mittleren Längen der Zellen des ersten und zweiten Zweiges sind fast gleich, die des dritten weichen nur wenig ab, etwas mehr aber die des vierten, die etwa 6% kürzer sind, als die des ersten und zweiten, und ungefähr 8% kürzer, als die des dritten. Worauf die Abweichung dieses Zweiges beruhen mag, läßt sich nicht angeben; ob sie individueller Natur ist oder durch äußere Bedingungen hervorgerufen wurde, müssen wir unerörtert lassen. Doch sind die Unterschiede im ganzen gering und halten sich innerhalb des Rahmens der auch sonst beobachteten.

Berechnen wir nunmehr aus unseren 4 Zellengruppen die allgemeinen Mittelwerte und vergleichen sie mit den entsprechenden Zahlen des 4. Jahresringes aus der Hauptreihe. Die erste der beiden folgenden Reihen gehört den horizontalen Zweigen, die zweite dem aufrechten der Hauptreihe an.

Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
48,1	29,3	68,4
51,06	31,25	72,35

Die mittleren Längen in den beiden Reihen verhalten sich wie 100 zu 94,20, und es ist demnach das Längenwachstum der Holzzellen des 4. Ringes in den wagerechten Zweigen um 6% geringer, als das der Zellen im aufrechten.

Allein hier wäre ein Einwand möglich. Die verglichenen Beobachtungszahlen sind verschieden, 800 und 500, und die ihnen zukommenden Wahrscheinlichkeiten daher ungleich. Da diese sich verhalten wie die Quadratwurzeln aus den Beobachtungszahlen, so ist ihr Verhältnis 28,4 : 22,4. Der Unterschied zwischen diesen Wurzeln ist nicht groß. Es stände, wenn man nur die gegebenen Zahlen im Auge behielte, der Annahme nichts im Wege, daß der Unterschied zwischen den Mittelzahlen verschwände, wenn man statt der 500 Messungen an Zellen des 4. Ringes im aufrechten Zweige 800 ausführte. Allein die Annahme fällt dahin, sobald man die Verbreitung der Zahlen innerhalb des Abänderungsspielraumes betrachtet. Um hierin Einblick zu erhalten, stellen wir zu unseren 800 Messungen das Häufigkeits-Polygon her. Seine Gestalt ist in Fig. 25 wiedergegeben. Die Grundlinie umfaßt die Abszissen 23—75. Es hat viele Gipfel, darunter aber 4 beträchtlich vortretende, die zwischen die Abszissen 41 und 51 fallen. Drei dieser hohen Gipfel liegen unterhalb der Mitte der Fläche, der vierte dicht über ihr in der oberen Hälfte. Das Ganze ist daher asymmetrisch gebaut; es steigt in seinem unteren Teile steil empor und fällt im oberen langsam ab; hier findet sich eine Reihe kleinerer Gipfel. Die größere Summe der Zahlen gehört der unteren Hälfte an.

Vergleichen wir damit nun das Polygon des 4. Ringes im aufrechten Zweige. Es hat bei fast gleicher Grundlinie, 21—76, sehr verschiedene Gestalt. Von den vielen Gipfeln ragt einer wenig über die vier nächstgroßen empor; er gehört der oberen Hälfte an, die überhaupt die größere Summe der Zahlen umfaßt. Man sieht nun alsbald, daß 300 weitere Messungen die Gestalt des Polygons nicht in dem Sinne verändern könnten, daß sie der Fig. 25 gleich oder ähnlich würde. Selbst wenn unter den 300 Zellen eine verhältnismäßig große Zahl kurzer aufträte, nach allgemeinen statistischen Regeln dürfen wir bestimmt voraussetzen, daß die Längen sich im übrigen gleichmäßig verteilen würden, die Form des Polygons daher wenig verändert würde.

Aus allem folgt, daß die Holzzellen in den wagerechten Zweigen eine

um etwa 6% geringere Länge erreichen, als in den aufrechten. Deutlicher noch als in dieser Zahl tritt der Unterschied in den Polygonen hervor; in ihnen zeigt sich erst, daß in den horizontalen Zweigen die niedrigen Zellenlängen überwiegen, was aus der Prozentzahl keineswegs hervorgeht.

Das eben gewonnene Ergebnis wird durch eine Reihe weiterer Messungen bestätigt, die zugleich noch eine andere Frage beantworten sollten.

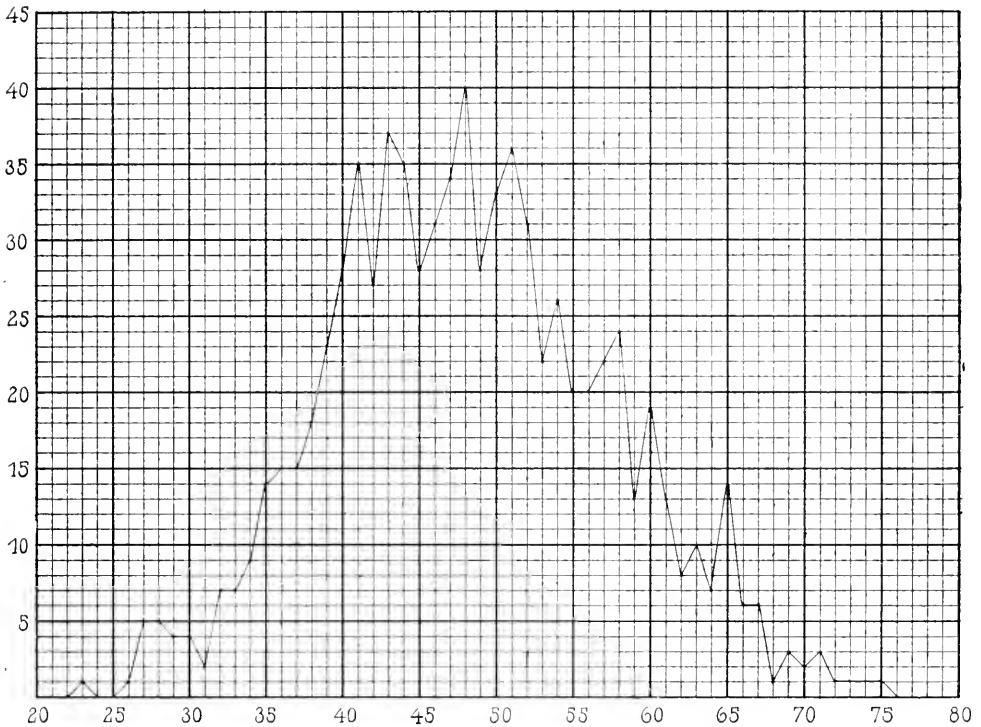


Fig. 25.

Bei den eben besprochenen Messungen wurde das Material von beliebigen Orten des Ringes in der Zweigmitte genommen. Wenn es auch nicht wahrscheinlich erschien, daß die Ober- und Unterseite des Zweiges sich verschieden verhalten, die Möglichkeit, daß es geschehe, mußte doch ins Auge gefaßt werden. Um hierüber Klarheit zu erlangen, wurde ein sehr kräftiger, fast wagerecht gestellter Zweig gewählt, der an seinem Scheitelende reich verzweigt war. Auch er gehörte der höchsten Region des Baumes an und hatte 5 Jahresringe. Wieder wurde das zum Messen benutzte Gewebe der Mitte des Zweiges entnommen, nun aber zur Hälfte der Ober-, zur Hälfte der Unterseite. Dieses Mal nahm man den 5. Ring zur Untersuchung, aus diesem, da er stark entwickelt war, wie sonst das Gewebe des mittleren Teiles. Je 400 Messungen wurden für jede Hälfte ausgeführt.

a) Holzzellen der Unterseite.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	56	38,5	76
2.	55,6	32	98
3.	51,7	28	65
4.	50,8	35	67
5.	49,8	33	66,5
6.	55,4	28	81
7.	54,4	33	79
8.	50,4	33,5	75
Mittel	53,1	32,6	75,9

b) Holzzellen der Oberseite.

1.	53,1	37,5	73
2.	52,9	27,5	81,5
3.	52,9	34	69,5
4.	50	25,5	65,5
5.	51,5	31	67
6.	49,8	30	72
7.	56,1	37	79
8.	54,4	30	84
Mittel	52,6	31,5	73,9

Die allgemeinen Mittelwerte der beiden Zahlenreihen weichen nur um 0,5 von einander ab, stimmen also so gut wie völlig überein. Dazu kommt, daß auch die Mittelwerte der geringsten und größten Längen nur wenig verschieden sind; alles Zeichen, daß das Wachstum der Zellen sehr gesetzmäßig vor sich geht. Da es sich für jede Seite um 400 Messungen handelt, so können wir den Schluß ziehen:

Das Wachstum der Holzzellen ist im wagerecht gestellten Zweige auf der Ober- und Unterseite gleich.

Wir vergleichen nunmehr die sämtlichen, oben vorgeführten Mittelwerte mit denen, die für den 5. Ring des aufrechten Zweiges bestimmt wurden. Die Mittelwerte der Ober- und Unterseite des horizontalen zusammengezogen sind in den 3 Reihen

52,8 32,05 74,9

Für den 5. Ring des aufrechten Zweiges fanden wir die entsprechenden Zahlen

56,37 34,2 82,1

Der Mittelwert 56,37 verhält sich zu dem Wert 52,8 wie 100 : 93,7; ein Verhältnis, das nur um 0,50 von dem entsprechenden für die 4. Ringe abweicht. Aus dieser Übereinstimmung geht klar hervor, daß unsere Zahlen brauchbar sind und zu Schlüssen berechtigen.

Um näheren Einblick in die Verteilung der Längen im 5. Ringe zu gewinnen, wurde auch zu den letzten 800 Messungen das Häufigkeits-Polygon hergestellt. Es hat die in Fig. 26 gezeichnete Form. Seine Grund-

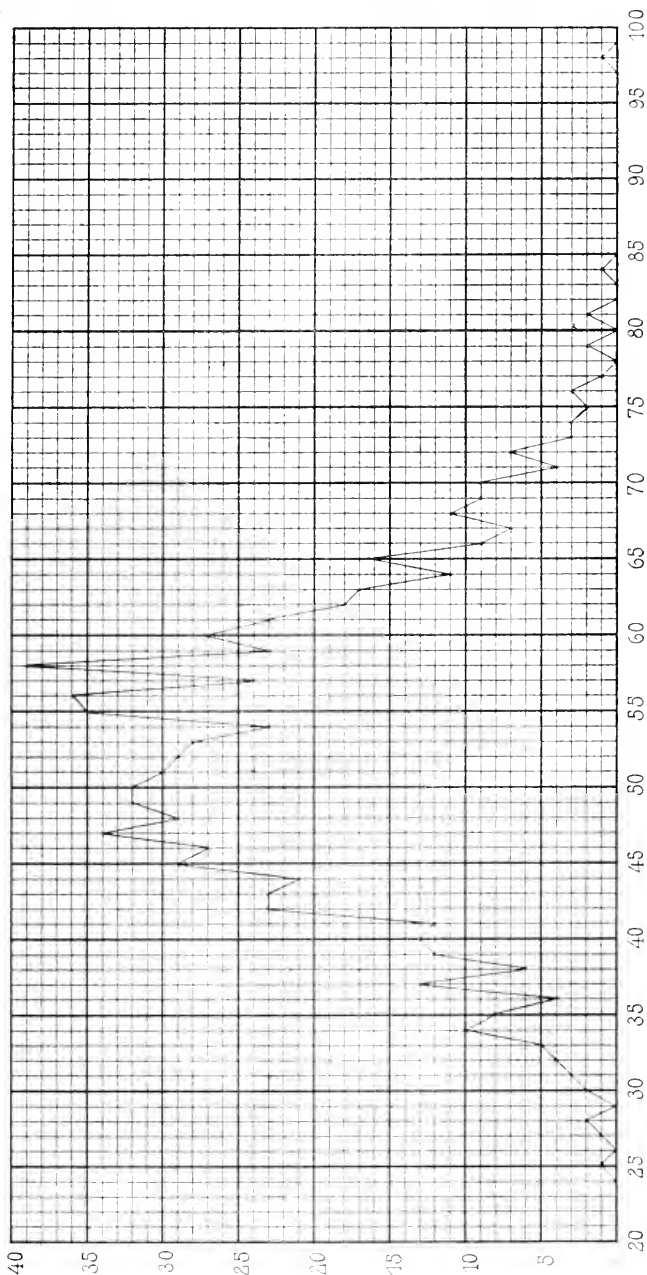


Fig. 26.

linie beginnt bei der Abszisse 25 und endigt bei 84; ganz vereinzelt steht die Zahl 98. Obwohl in den Einzelheiten, in der Zahl und Gestalt der Gipfel, von dem Polygon der 4. Jahrringe der 4 horizontalen Zweige

verschieden, stimmt es doch in der asymmetrischen Gestalt mit ihm überein. Es steigt ebenfalls in seinem unteren Teile steil empor und fällt im oberen langsamer ab; auch es ist unterhalb der Mittellinie umfangreicher, als in seinem oberen Teile, hat im Wesentlichen also ähnlichen Umriß wie jenes.

Die Vergleichung dieses Polygons mit dem des 5. Ringes im aufrechten Zweige, Fig. 5, führt ähnliche Verhältnisse vor Augen, wie wir sie bei den 4. Ringen fanden. Wir dürfen uns auf den bloßen Hinweis beschränken und wollen nur darauf aufmerksam machen, daß hier auch das ganze Polygon nach der Seite der geringeren Längen verschoben ist.

Aus den angeführten 1600 Messungen an Zellen des 4. und 5. Jahrringes wagerechter Zweige, verglichen mit 1000 Messungen an Fasern der entsprechenden Ringe des aufrechten Zweiges ergibt sich die Folgerung:

Das Längenwachstum der Holzzellen ist in wagerechten Zweigen der *Salix fragilis* um ungefähr 6% geringer, als in aufrechten. Vorausgesetzt ist hierbei, daß die Zweige an der Pflanze etwa gleiche Orte einnehmen und denselben äußeren Bedingungen ausgesetzt sind.

Die für die Holzzellen gewonnene Erfahrung dürfen wir ohne Bedenken auf die übrigen prosenchymatischen Zellenformen ausdehnen, und es wird der eben angeführte Satz höchst wahrscheinlich für sie alle, somit allgemeine Geltung haben.

Die Förderung aber, die das Wachstum der Zellen in den aufrechten Zweigen erfährt, ist — das dürfen wir aus unseren Beobachtungen an den Fasern der Ober- und Unterseite des horizontalen Zweiges bestimmt schließen — der Wirkung der Schwerkraft zuzuschreiben.

Es drängt sich nun die Frage auf, wie sich die parenchymatischen Zellenformen verhalten. Bleiben auch sie im wagerechten Zweige kürzer, als im senkrechten? Zur Beantwortung dieser Frage fehlen noch die erforderlichen Messungen, die, wie sich von selbst versteht, über eine große Summe von Zellen ausgedehnt werden müßten. Vermutlich gilt der Satz auch für sie.

Zweige in senkrecht verkehrter Stellung.

Salix fragilis.

Hier haben wir 2 Fälle zu unterscheiden. Es sind erstens abwärts gewandte Zweige aus der höchsten Region unseres Baumes, zweitens die Achsen von Stecklingen zu untersuchen, die in verkehrter Stellung am Stativ gezogen wurden, Stecklinge, zu denen selbst man Zweige aus den höchsten Teilen des Baumes benutzt hatte. Jene gehören einer normalen

Pflanze an, deren Wurzeln sich im Boden, unter den Zweigen und Aesten befinden, diese der Achse eines Stecklings, deren Wurzeln über ihr und ihren Zweigen stehen. Die Unterscheidung dieser Fälle könnte Zweifel hervorrufen. Die Schwerkraft wirkt beständig und es kommt nur auf die Richtung der Achse an, die ja in beiden dieselbe ist; auch sind in beiden die polaren Verhältnisse ungestört. Es ist nicht zu erwarten, daß die Stellung der Wurzeln allein einen Einfluß ausüben sollte. — Dem gegenüber aber ist zu erwägen, wie überaus verwickelt der Bau des lebendigen Körpers ist, und daß man überall, wo es sich um Wachstumsvorgänge handelt, in deren Deutung nicht vorsichtig genug sein kann.

a) **Verkehrte Zweige vom Baume.**

Das der Untersuchung dienende Gewebe wurde 4 annähernd senkrecht abwärts gerichteten Zweigen entnommen, die, wie die wagerechten, den höchsten Teilen des Baumes angehörten. An dreien wurden Fasern des 3., an einem die des 4. Ringes gemessen. Stets nahm man das Gewebe aus mittlerer Höhe des Zweiges.

1. Zweig. 3. Jahrring.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	39	21	51
2.	40,9	24	52
3.	37,2	26	49
4.	38,3	24	53
5.	38,3	29	49
6.	39,3	27	58
7.	40,5	27	50
8.	41,8	28	54,5
9.	38,3	18,5	52
10.	40	22,5	54
Mittel	39,3	24,7	52,3

2. Zweig. 3. Jahrring.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	40,4	31	49
2.	42,1	25,5	52,5
3.	40,3	24	52,5
4.	41,4	25	54
Mittel	41,0	26,3	52,0

3. Zweig. 3. Jahrring.

1.	38,6	24	51
2.	38,7	23	53
3.	38,7	22	54
4.	39,7	26,5	56
Mittel	38,9	23,8	53,5

Die gemeinsamen Mittelwerte aus diesen 3 Zahlenreihen sind

39,7 24,9 52,6

Die entsprechenden Zahlen des 3. Jahrringes im aufrechten Zweige waren

47,5 29,9 65,2

Die mittleren Längen in den beiden letzten Reihen verhalten sich zu einander wie 100 : 83,57. Das Wachstum der Holzzellen in den verkehrten Zweigen war demnach um etwa 16% geringer, als im aufrechten und um ungefähr 10% geringer, als in den horizontalen Zweigen. Das Häufigkeits-Vieleck, aus den 500 Zahlen des ersten der senkrecht nach unten gewandten Zweige gewonnen, zeigt Fig. 27.

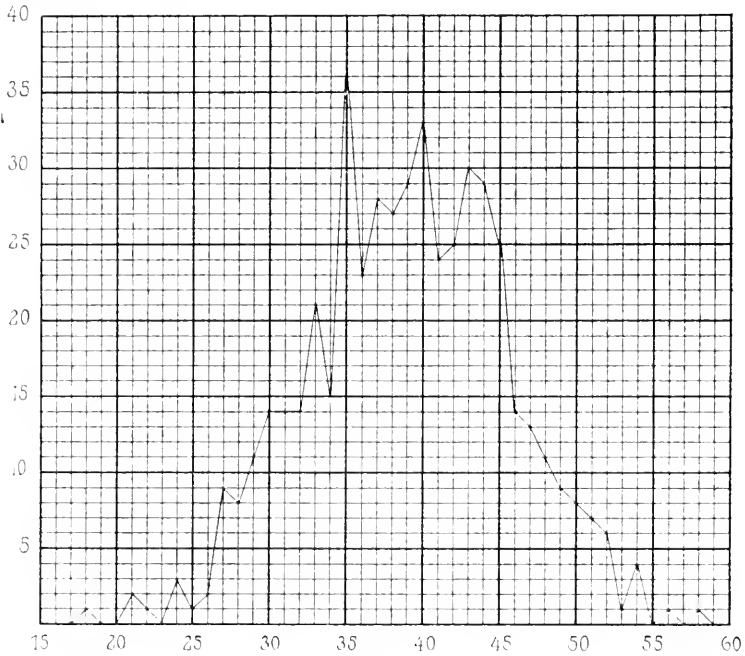


Fig. 27.

4. Zweig. 4. Jahrring.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	15	19	64
2.	47,5	25	66
3.	47	31	67,5
4.	45,6	29,5	65,5
5.	50,29	28	74
6.	18	24,5	69
Mittel	47,2	26,1	67,6

Den hier gewonnenen Mittelwerten entsprechen die Zahlen des 4. Jahrringes im aufrechten Zweige

51,06

31,25

72,35

Hier ist der Unterschied in den Längen der Zellen weniger groß, als im 3. Ringe. Die mittleren Längen 51,06 und 47,2 stehen im Verhältnis von 100 : 92,4; die Fasern dieses Ringes sind also nur um 7,6% kürzer, als die des aufrechten, und um 8,9% länger, als die der 3 ersten verkehrten Zweige; immerhin sind auch sie noch um 1,3% kürzer, als die der horizontalen Zweige.

Worauf der Unterschied zwischen den Längen der Zellen der 3 ersten Zweige und der des 4. beruht, läßt sich nicht angeben. Aeußerlich wichen die Zweige darin von einander ab, daß die ersten 3 lang und schlank waren, wie es die hängenden Triebe gewöhnlich sind, indeß der 4. kürzer, aber kräftiger war; auch wies er etwas von der Lotlinie ab, mit der die 3 ersten ziemlich genau zusammenfielen. Vielleicht hatte er seine Stellung erst nachträglich infolge des Gewichtes seiner Seitenglieder erlangt, und es wirkten aus seiner ersten Lage noch Bedingungen nach, die das Wachstum der Zellen beeinflussten.

Die Summe aller eben besprochenen Messungen, die an Zellen von frisch vom Baume abgeschnittenen Zweigen ausgeführt wurden, beträgt 1200. Wir wenden uns nun zu den am Stativ gezogenen Pflanzen.

b) Verkehrte Pflanzen am Stativ.

Salix fragilis.

Die Pflanze, der das Material zu den folgenden Messungen entnommen wurde, befand sich seit 2 Jahren in verkehrter Stellung am Stativ. Gemessen wurden hier die Zellen des 5. Ringes und zwar aus der mittleren Höhe der Achse.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	50,7	32	66,5
2.	55,03	30	80
3.	53,3	34,5	76,5
4.	56,7	30	75
5.	52,2	33,5	71,5
6.	52,8	30,5	73
7.	52,6	39	73
8.	51,1	32,5	67
9.	51,1	37,5	71
10.	50,3	37,5	75
Mittel	52,5	33,7	72,8

Für den 5. Ring des aufrechten Zweiges fanden wir die Zahlen

56,37	34,25	82,1
-------	-------	------

Die mittleren Längen der Fasern der beiden Ringe stehen in dem Verhältnis von 100 : 93,1; die Zellen der Pflanze am Stativ sind also um 6,9% kürzer, als die des normalen aufrechten Zweiges am Baume. Der Unterschied ist hier etwas geringer, als wir ihn im 4. Ringe der aufrechten und verkehrten Zweige am Baume fanden, und beträchtlich kleiner, als der in den 3. Ringen der beiderlei Zweige.

Aus unseren eben vorgelegten Zahlen ergibt sich, daß unsere Annahme, es könne möglicherweise die unnatürliche Stellung der Wurzeln, ihr Ort über der Achse mit deren Zweig-System, die Störung im Wachstum der Zellen noch erhöhen, nicht zutrifft. Die Längenabnahme der Fasern hat sich nicht nur nicht gesteigert, sondern ist sogar etwas weniger groß, als die im 4. Ringe des verkehrten Zweiges beobachtete.

Auffallend ist die Zunahme der Zellenlänge in den 3 Ringen, dem 3., 4. und 5. der verkehrten Zweige. Man könnte fragen, ob hier nicht eine Gesetzmäßigkeit vorliege und ob nicht in den folgenden Ringen die Unterschiede noch geringer und endlich die Längen sogar normal würden. Bemühungen, diese Frage zu beantworten, wurden bisher nicht angestellt. Erwägt man aber, daß das gesamte Wachstum an den verkehrten Pflanzen zunehmend schwächer wird, so erscheint die Annahme, daß ihre Bestandteile, die Zellen, sich umgekehrt verhalten sollten, so unwahrscheinlich, daß man sie unbeachtet lassen kann.

Faßt man alle an den verkehrten Achsen der *Salix fragilis* gemachten Beobachtungen zusammen, so folgt der Schluß, daß die Holzzellen in den verkehrten Achsen durchschnittlich um mindestens 10% kürzer bleiben, als in den aufrechten. Wie sich erwarten ließ, ist dieser Unterschied größer, als der zwischen den aufrechten und wagerechten Zweigen; er mag 3—4% mehr betragen, vielleicht auch noch größer sein. Wollte man die an den 3 ersten Zweigen ausgeführten Messungen zu Grunde legen, so wäre er beträchtlich größer. Hierauf, wie auf die Deutung der Vorgänge, kommen wir am Schlusse des Abschnittes zurück.

Salix alba vitellina pendula.

Wie früher erwähnt, wurde auch mit dieser Weidenform ein Umkehrungsversuch angestellt. Nachdem dieser 2 Jahre gedauert hatte, benutzte man die Achsen der aufrechten und verkehrten Pflanzen zu Messungen der Holzzellen. Die zu dem Versuche verwandten Zweige waren 1 jährig, aber sehr kräftig. Der nun erzeugte 2. Jahrring war schwach, der folgende 3. aber wohlausgebildet. An seinen Fasern wurden die Mes-

sungen vorgenommen und zwar entstammten sie wieder der mittleren Höhe der Achse.

1. Aufrechte Pflanze.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	50,1	25	76
2.	50,6	27	61
3.	51,59	30	74
4.	53,2	33	73,5
5.	52,2	35,5	68
6.	50,59	30	66
7.	52,5	36	78
8.	51,8	27,5	73
9.	50,3	33	69
10.	49,8	32,5	67
Mittel	51,3	30,9	70,8

51,3

49,8	50,3	50,4	50,59	50,6	51,58	51,59	52,2	52,5	53,2
-1,5	-1,0	-0,9	-0,71	-0,7	+0,28	+0,29	+0,9	+1,2	+1,9

2. Verkehrte Pflanze.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	48,4	26	68,5
2.	49,4	32	67,5
3.	48,7	29,5	69
4.	49,6	30,5	74
5.	48,3	28	74
6.	49,0	18	78
7.	48,7	30	69,5
8.	45,8	23	66
9.	45,1	23	68
10.	45,4	21	71
	47,8	26,1	70,5

+7,8

45,1	45,4	45,8	48,3	48,4	48,7	48,7	49,0	49,4	49,6
-2,7	-2,4	-2,0	+0,5	+0,6	+0,9	+0,9	+1,2	+1,6	+1,8

Die mittlere Länge der Holzzellen der verkehrten Pflanze ist sonach um 6,9%, also ziemlich genau um 7% geringer, als die der aufrechten. Daß die aus den Messungen gewonnenen Zahlen zuverlässig sind, zeigen die Abweichungen der mittleren Längen der einzelnen Gruppen von dem allgemeinen Mittel. In der oberen Reihe beträgt die größte Abweichung nach unten 1,5, nach oben 1,9, beide außerordentlich niedrige Zahlen. In der unteren Reihe sind die Abweichungen etwas größer, die untere beläuft sich auf 2,7, die obere auf 1,8, wieder ungewöhnlich geringe

Werte. Unsere 1000 Messungen berechtigen somit zu der Annahme, daß das Längenwachstum der Zellen in den beiden Achsen sehr beständig war.

Salix elegantissima.

Auch an den Holzzellen der in aufrechter und verkehrter Stellung gezogenen Pflanzen der *S. elegantissima* wurden Messungen ausgeführt. Das zur Mazeration benutzte Gewebe gehörte der mittleren Region des 5. Jahrringes an, der 2—2,5 mm im Durchmesser maß; wieder wurde es der Achse auf mittlerer Höhe entnommen. Da es sich bloß darum handelte, festzustellen, ob auch die Zellen dieser Weidenform sich den im Vorstehenden Genannten ähnlich verhalten, so wurden hier nur je 200 Fasern gemessen.

1. Aufrechte Pflanze.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	35,8	22	45
2.	38,2	27,5	49,5
3.	39,0	16	51,5
4.	37,5	24,5	51
Mittel	37,6	22,5	49,2

2. Verkehrte Pflanze.

1.	35,6	24,5	45
2.	36,4	22,5	53
3.	36,5	22	52,5
4.	37,9	27,5	49
Mittel	36,6	24,1	49,8

Die mittleren Längen der Zellen in der ersten und zweiten Reihe stehen im Verhältnis von 100 : 97,3; die Fasern der verkehrten Pflanze sind also nur um 2,7% kürzer, als die der aufrechten. Von allen bisher beobachteten ist dies der kleinste Unterschied. Möglich ist, wenn auch nicht wahrscheinlich, daß eine größere Zahl von Messungen ihn vergrößern würde. Vielleicht hängt die geringe Verschiedenheit damit zusammen, daß, wie wir früher sahen, die verkehrten Pflanzen der *S. elegantissima* von allen zum Versuch verwerteten Weidenarten am besten gediehen.

Araucaria excelsa.

Die Aufgabe, auch an aufrechten und verkehrten Pflanzen dieser Art vergleichende Messungen über die Länge der Tracheiden auszuführen, wird dadurch erschwert, daß die Grenzen der Jahrringe nicht deutlich hervortreten. Wir verfahren nun in der Art, daß wir 2 Stämme von

ziemlich genau gleicher Stärke wählten und die Längen der Zellen der äußersten Holzschicht bestimmten. Es ist klar, daß die hierbei gewonnenen Zahlen nur bedingten Wert haben. Das Gewebe der aufrechten Achse ist ihres schnelleren Wachstums wegen verhältnismäßig jünger, als das der verkehrten; dieses gehört einem älteren, jenes einem jüngeren Jahrringe an. Und da wir nun bestimmt annehmen dürfen, daß die allgemeine Regel über die Längenzunahme der Fasern in den auf einander folgenden Jahrringen auch für unsere *Araucaria* gilt, so folgt, daß die Zellen des aufrechten Stammes kürzer sein werden, als die des verkehrten. Die Unsicherheit, die somit der Bestimmung anhaftet, war der Grund, daß nur eine geringe Zahl von Tracheiden gemessen wurde, 100 von der aufrechten, 200 von der verkehrten Achse. Da die Tracheiden sehr lang sind, so mußte eine schwächere Vergrößerung angewandt werden; wir bedienten uns einer 27 fachen.

1. Aufrechter Stamm.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	62,36	30	103
2.	65,67	42	102
Mittel	64,01	36	102,5

2. Verkehrter Stamm.

1.	55,64	37	79
2.	56,47	33	81,5
3.	55,41	32	77
4.	53,79	27	75
Mittel	55,32	32,2	78,1

Nach den Zahlen der beiden Reihen ist das Wachstum der Tracheiden in der verkehrten Achse um 13,58% geringer, als in der aufrechten. Der Unterschied ist groß, wäre aber nach dem vorhin Gesagten noch größer, wenn das Gewebe von Achsen desselben Alters untersucht würde. — Zu den Zahlen ist zu bemerken, daß der Grad der Wahrscheinlichkeit, der den Beobachtungszahlen 100 und 200 zukommt, sich verhält wie 10 : 14,14, ein Umstand, der bei ihrer Beurteilung nicht unbeachtet bleiben darf. Im ganzen aber ergibt sich aus unseren Messungen bestimmt, daß die Tracheiden im verkehrten Stamme der *Araucaria excelsa* beträchtlich weniger in die Länge wachsen, als im aufrechten.

Solanum flavum.

Schließlich sei noch das Verhalten zweier krautiger Pflanzen besprochen, die sich durch kräftige Holzbildung auszeichnen. des *Solanum*

flavum und der *Nicotiana colossea*. Von beiden wurden je 4 ungefähr gleich starke Pflanzen ausgewählt; je 2 davon brachte man verkehrt am Stativ an, die 2 andern wurden in normaler Lage daneben aufgestellt. Beim Beginne des Versuches waren die Stämme noch zart, doch hatte die Holzbildung, wie sich aus der vergleichenden Untersuchung anderer Aehsen ergab, schon begonnen. Im Herbste, als das Wachstum dem Ende entgegenging, wurde der Versuch beendet. Alle Stämme hatten sehr kräftige Holzkörper erzeugt. Zur Untersuchung diente nun lediglich Material aus der äußeren Region der Stämme, das zweifellos gebildet worden war, nachdem die Versuchsbedingungen schon lange gewirkt hatten. Gemessen wurden nur Holzzellen.

Zu den im Nachfolgenden mitgetheilten Ergebnissen sei bemerkt, daß sie zu den ersten gehörten, die überhaupt gewonnen wurden. Die einzelnen Zahlengruppen sind noch ungleich groß. Erst damals, vor etwa 6 Jahren, wurde beschlossen, vergleichende Messungen an den Zellen des Holzkörpers vorzunehmen. Sobald die noch tastende Arbeit in die methodische überging, wurden stets Gruppen von bestimmter Größe abgezählt, anfangs von 100, bald darauf aber stets von 50, wie sie in diesem Abschnitte vorgeführt worden sind.

1. Aufrechte Pflanze.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1. 107 Zellen	44,08	26,5	60
2. 126 ..	41,38	25	65
3. 99 ..	42,56	27	64
332 Zellen Mittel	42,7	26,1	63

Wie man sieht, weichen die Mittelwerte in den 3 Zahlenreihen wenig von einander ab. Unter den 3 Gruppen sind die 1. und 3. nur wenig von einander verschieden; die 2. umfaßt etwas mehr Zahlen. Die Mittelwerte in allen 3 Reihen lassen auf große Beständigkeit schließen.

Die Verteilung der Längen innerhalb der oberen und unteren Grenze zeigt das Polygon Fig. 28. Seine Form gleicht im allgemeinen der uns bekannten vielgipfeligen; es hat 4 Höhenpunkte, von denen der eine etwas über die andern vorragt; dazu kommen noch kleinere Gipfel. Die Seite der höheren Zahlen ist etwas stärker entwickelt, als die der niedrigen.

2. Verkehrte Pflanze.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1. 119 Zellen	38,68	21,5	61
2. 122 „	41,26	20	63
3. 85 „	39,86	26	61
326 Zellen Mittel	39,9	22,5	61,6

Von den 3 Mittelwerten gilt dasselbe, was von denen der aufrechten Pflanze gesagt wurde.

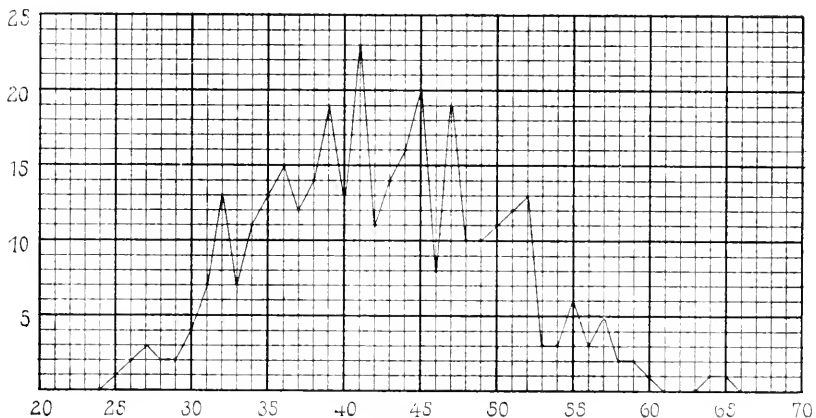


Fig. 28.

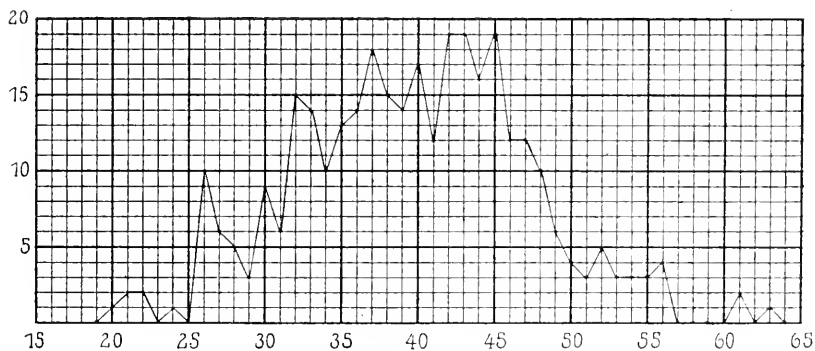


Fig. 29.

Das zu den Zahlen gehörende Polygon hat die in Fig. 29 wiedergegebene Gestalt. Seine Gipfel treten weniger hervor, als die des vorhergehenden. Die Verschiebung des Ganzen nach der Seite der kürzeren Zellen ist deutlich, ebenso die starke Entwicklung der unteren Zahlen.

Die beiden Zahlenreihen 332 und 326 sind fast gleich. Ihre allgemeinen Mittel, 42,7 und 39,9, stehen im Verhältnis von 100 : 93,4. Das Längenwachstum der Holzzellen in der verkehrten Achse ist also ziemlich genau um 6,6% geringer, als das der Fasern in der aufrechten.

Nicotiana colossea.

1. Aufrechte Pflanze.

	Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	74 Zellen	52,5	31	69
2.	59 ..	55,5	40,5	75
3.	67 ..	55,3	35,5	75
4.	38 ..	51,6	36,5	64
5.	56 ..	51,2	25	71,5
6.	62 ..	49,9	29	79
7.	45 ..	57,5	31	85,5
8.	41 ..	60,3	31,5	80,0
442 Zellen Mittel		54,2	32,5	74,8

Die Häufigkeit der verschiedenen Faserlängen ersieht man aus dem Polygon Fig. 30. Es hat eine Reihe von Gipfeln, deren einer beträchtlich über die andern hervortritt. Die Gestalt des Ganzen verrät jedoch, daß die Erhebung bei der Zahl 56 eine zufällige Erscheinung ist, und die Fläche keine Ausnahme von den übrigen bildet.

2. Verkehrte Pflanze.

	Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	82 Zellen	50,7	33	78,5
2.	103 ..	46,47	25	67,0
3.	66 ..	54,3	35,5	79,0
4.	69 ..	51,4	28	79,0
5.	66 ..	50,4	28,5	86,5
6.	100 ..	48,68	71,0	30,5
486 Zellen Mittel		50,32	36,8	70,1

Die Verbreitung der einzelnen Zellenlängen führt das Polygon Fig. 31 vor Augen. Es hat nicht, wie das vorige, einen besonders hervortretenden Gipfel, aber seine 6 höheren Maxima ragen weiter empor, als die der Fläche der aufrechten Achse, abgesehen von dem einen weit vorragenden Höhenpunkte. Im Ganzen drängen sich die Zahlen mehr im mittleren Teile zusammen. Das Polygon enthält 44 Zahlen mehr, als das der aufrechten Pflanze; es leuchtet jedoch im Hinblick auf die Größe der Zahlen alsbald ein, daß dieser Unterschied auf die Gestalt der Fläche nur geringen Einfluß hat. Wichtig für uns ist auch hier die Verschiebung der Fläche der verkehrten Pflanze nach der Seite der niedrigen Zahlen.

Die Mittelwerte der beiden Zahlenreihen, 54,2 und 50,3, weichen um 7,2% von einander ab; die Zellen der aufrechten Achse sind um soviel kürzer, als die der verkehrten. Der Unterschied ist etwas geringer, als bei den Fasern des Solanum flavum, wo er 6,6% betrug, doch stehen die beiden Wachstumsabnahmen einander sehr nahe.

Zum Schlusse darf nicht unterlassen werden, darauf hinzuweisen, daß die Polygone der beiden krautigen Pflanzen im Allgemeinen denen der Weiden ähnlich sind: sie sind unregelmäßig mehrgipfelig, wie die

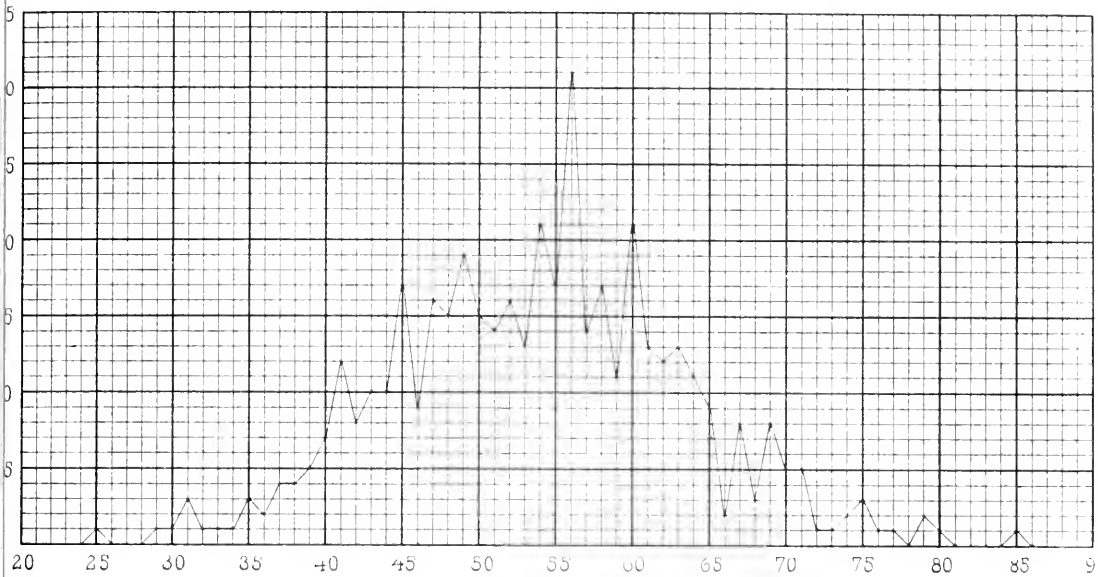


Fig. 30.

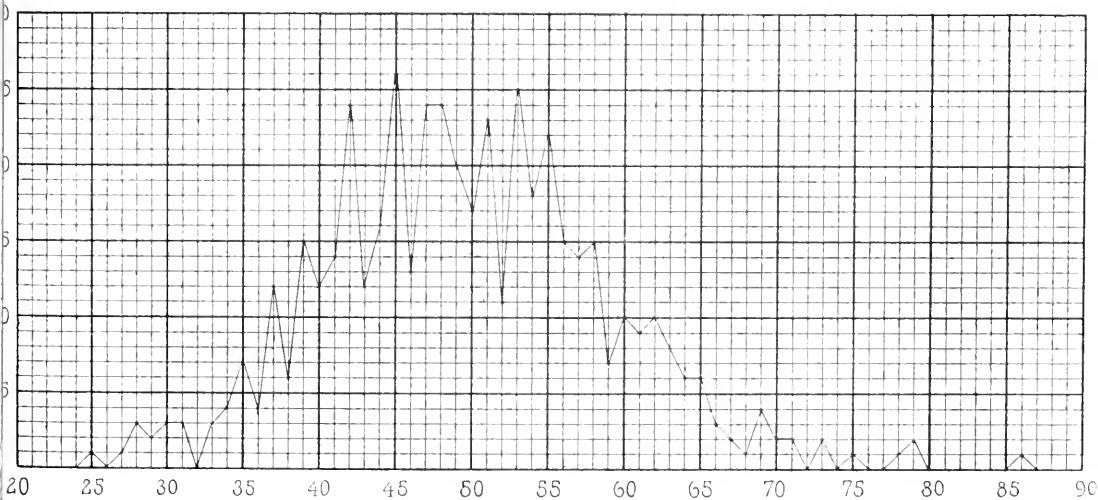


Fig. 31.

der Weiden von deren 2. Jahrringe an. Wir hatten vorausgesetzt, daß sie eingipfelig sein würden, wie die Zahlenfläche der Holzzellen des 1. Jahrringes der *Salix fragilis* und waren überrascht über die mehrgipfelige Form. Der näheren Untersuchung dieses Gegenstandes wurde bisher

nicht nachgegangen. Unser Mazerations-Material entstammte, wie angegeben, dem äußersten Teile des Holzkörpers. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die Zellen des inneren, zuerst angelegten Teiles sich anders verhalten, daß ihr Polygon eingipfelig ist. Träfe das zu, dann spielten sich in den stark wachsenden Achsen unserer beiden krautigen Arten und mit ihnen vielleicht vieler Anderen dieselben Vorgänge ab, die sich bei den Weiden auf mehrere Jahre verteilen. Ueber diese Dinge kann erst weitere Untersuchung Klarheit verschaffen, wie über eine große Reihe weiterer Fragen, die sich hier aufdrängen. Was die fernere vergleichende Untersuchung aber auch ergeben möge, soviel geht aus unseren Beobachtungen als sehr wahrscheinlich hervor, daß die für das Wachstum der Holzzellen der Weiden festgestellte Regel — wir dürfen sie wohl als Gesetz bezeichnen — von weit verbreiteter, wenn nicht allgemeiner Geltung ist. Die für die Holzzellen und Gefäße gewonnene Regel ist aber, wie früher schon angegeben, auf alle prosenchymatischen Zellenformen auszudehnen.

Zusammenfassung.

Wir stellen nunmehr die über das Wachstum der Holzzellen in horizontalen, aufrechten und verkehrten Achsen gewonnenen Erfahrungen kurz zusammen.

Salix fragilis. Der Einfluß der wagerechten Stellung der Zweige äußert sich darin, daß ihre Holzzellen um 6% weniger in die Länge wachsen, als die der aufrechten Achsen. Die Ober- und Unterseite verhalten sich dabei nicht verschieden.

Bei der Untersuchung der abwärts gewandten Zweige wurden 2 Fälle unterschieden: die nach unten gerichtete Achse am Baume und die verkehrte Achse, deren Wurzeln sich oben befanden.

Für den verkehrten Zweig am Baume ergab sich, daß die Zellen des 3. Jahrringes um 16% kürzer waren, als die des entsprechenden Ringes im aufrechten Zweige. Mit den Fasern eines 4. Jahrringes vorgenommene Messungen, freilich nur 300, lieferten ein geringeres Ergebnis: die Zellen waren nur um 7.6% kürzer, als die des 4. Ringes im aufrechten Zweige. Der Unterschied war hier nur etwa halb so groß, als zwischen den Zellen der 3. Jahrringe.

An einer Pflanze, die in verkehrter Stellung mit nach oben gewandten Wurzeln gezogen war, hatten sich die Zellen des 5. Jahrringes um 6,9% weniger verlängert, als die der aufrechten Achse mit den Wurzeln am natürlichen Orte. Daraus folgt, daß die Stellung der Wurzeln, ob über

oder unter den Zweigen der sonst normalen Pflanze, auf das Längenwachstum der Holzzellen keine oder nur geringe Wirkung ausübt.

Salix alba vitellina pendula. Die Holzzellen des 3. Jahresringes der in verkehrter Stellung, die Wurzeln nach oben gewandt, am Stativ gezogenen Pflanze waren um 6,9% kürzer, als die des 3. Ringes der aufrechten Pflanze.

Salix elegantissima. In der verkehrt gezogenen Pflanze blieben die Zellen des 5. Ringes nur um 2,7% kürzer, als in der des 5. Ringes der aufrechten Pflanze. Dies war der geringste Unterschied, der überhaupt beobachtet wurde.

Araucaria excelsa. Bei dieser Art blieben die Tracheiden um 13,58% im Längenwachstum hinter denen der aufrechten Pflanze zurück.

Solanum flavum. In der verkehrten Achse bleiben die Holzzellen um 6,6% kürzer, als in der aufrechten.

Nicotiana colossea. Bei dieser Art erreichen die Fasern in dem verkehrten Stamm eine Länge, die um 7,2% geringer ist, als die den Zellen der aufrechten Achse eigene.

Nach Allen folgt aus unseren, an den verschiedenen Arten angestellten Beobachtungen, daß das Längenwachstum der Holzzellen in der verkehrten Achse geringer ist, als in der aufrechten; daß aber das Maß des schwächeren Wachstums bei den untersuchten Arten ungleich ist. Im geringsten Falle beträgt es 2,7%, im höchsten 16%; meistens beläuft es sich auf 6,6%, 6,9% oder 7,6%. Als Durchschnitt wird man daher etwa 10% annehmen können.

Da wir nun zweifellos die Schwerkraft als die Ursache dieser Vorgänge betrachten können, so ergibt sich der Satz:

Der Einfluß der Schwerkraft hat zur Folge, daß das Längenwachstum der Holzzellen in den verkehrten Achsen durchschnittlich um etwa 10% geringer ist, als in der aufrechten. In der wagerecht gestellten Achse ist der Unterschied etwas weniger groß, er beträgt ungefähr 6%.

Die verkehrte Pflanze.

I. Experimentelle Untersuchung.

Nummehr gelangen wir zum Hauptgegenstande unserer Untersuchung, zur verkehrten Pflanze, zu der Pflanze, deren Scheitelende, der Sproßpol, bewurzelt und von Erde, die übrige Länge der Achse mit dem basalen Teile, dem Wurzelpol, von Luft umgeben ist. In allen Versuchen, mit Ausnahme eines einzigen, war die Stellung der Achse in Beziehung zum Erd-Radius auch verkehrt, in dem einen hatte sie aufrechte Lage, war aber doch am Scheitelende bewurzelt.

Zu den Versuchen dienten hauptsächlich Arten der Gattung *Salix*, die nun schon so oft auf diesem Gebiete benutzten Pflanzen, sodann *Ampelopsis quinquefolia*, *Hedera helix* und *Solanum dulcamara*. Daneben wurden noch gelegentlich an andern Arten Beobachtungen angestellt, die aber nicht in Betracht kommen. Weit im Vordergrund stehen die Weiden; mit ihnen sei daher begonnen.

Versuche mit Weidenarten.

Die zu den Versuchen verwandten Arten waren *Salix fragilis*, *elegantissima*, *alba vitellina pendula*, *acutifolia*, *pentandra*, *viminalis* und *prunifolia*. In den wesentlichen Zügen verhalten sich alle gleich, im einzelnen aber zeigen sie mannigfaltige Abweichungen, die gesondert zu besprechen sind.

Der Vollständigkeit halber führen wir hier in aller Kürze die Beobachtungen vor, die an andern Orten eingehend besprochen wurden.

Stellt man früh im Frühling Zweige der genannten Weiden aufrecht und verkehrt in Trinkgläser, die mit Wasser gefüllt sind, so gewahrt man die bekannte Erscheinung. An den aufrechten Zweigen entstehen am basalen Ende lange und kräftige, reichlich mit Seitengliedern versehene Wurzeln, die stärksten in der Nähe der Schnittfläche. Von den Knospen entwickeln sich die des Scheitelendes, unter gleich starken die endständige,

zum längsten Triebe. Die verkehrten Zweige dagegen bilden am untergetauchten Teile nur wenige zarte Wurzeln, deren längste gewöhnlich nicht weit unter der Wasseroberfläche entspringen: außerdem gewahrt man in der Nähe der basalen Schnittfläche kleine Hügel, Wurzelanlagen, die unter der Rinde verborgen bleiben oder sie eben durchbrechen, dann aber nicht weiter wachsen können. Auch an diesen Zweigen bilden sich gewöhnlich Knospen des Scheitelendes zu Trieben aus, die aber im Wasser zart bleiben und deren Blätter nur geringen Umfang erreichen. An den von Luft umgebenen Teilen gehen aus den Knospen bald keine Triebe hervor, bald entstehen sie dicht über dem Wasser oder vereinzelt auch mehr nach der Basis hin.

Hinsichtlich aller Einzelheiten sei auf die angegebenen Arbeiten verwiesen.

Um nun das weitere Verhalten der Zweige beobachten zu können, muß man sie als Stecklinge in Erde setzen. Man kann hierbei in verschiedener Weise vorgehen. Man kann sie einfach im Freien in ein zu dem Zwecke zubereitetes Beet stecken, wird dann aber finden, daß, auch wenn sie vor der Wirkung des direkten Sonnenlichtes geschützt werden, von den verkehrten Zweigen eine beträchtliche Anzahl zu Grunde geht, ohne im Bereich der Erde Wurzeln erzeugt zu haben. Im Gegensatze hierzu wachsen die aufrecht gesetzten Zweige fast ausnahmslos zu Pflanzen heran.

Um sicherer zum Ziele zu gelangen, setzt man die für die Entwicklung in verkehrter Stellung bestimmten Pflanzen in Schalen oder, noch besser, gleich einzeln in Töpfe, überdeckt sie mit Glasglocken und stellt sie in schattigem Raume auf. Unter diesen Bedingungen bildet die Mehrzahl der Zweige an ihren Scheitelenden Wurzeln. Fast regelmäßig entstehen diese an Zweigen solcher Arten, die in dampfgesättigtem Raume oder an den von Wasser umgebenen Scheitelteilen leicht Wurzeln erzeugen, wo der Unterschied zwischen beiden Enden nur darin besteht, daß das Basale die in der Rinde schlummernden Wurzelanlagen etwas reichlicher auswachsen läßt, als der Scheitelteil. Hierher gehört *S. fragilis*. Weniger regelmäßig treten die Wurzeln auf an Zweigen der *S. elegantissima*, *S. alba vitellina pendula* und *S. pentandra*, doch versagen auch bei diesen die Stecklinge in der Wurzelbildung nicht oft.

Haben sich die Zweige bewurzelt, so gewöhnt man sie nach und nach an die Luft im Gewächshause oder im Freien und pflanzt sie später auf ein an geschützter Stelle gelegenes Beet.

Ueber das Verhalten der zur Kontrolle gezogenen aufrechten Steck-

linge genügen wenige Worte. Unter günstigen äußeren Bedingungen bewurzeln sie sich fast ausnahmslos schnell und reichlich und bilden dann an ihrem Scheitelende Triebe, von denen sich — gleich starke Knospen vorausgesetzt — die höchst gestellten am kräftigsten entwickeln. Das Dickenwachstum der Achse ist normal, fast gleichartig auf der ganzen Länge, im ersten Sommer aber meistens gering.

Anders die verkehrten Steeklinge. Ihr gesamtes Wachstum ist schwächer, als das der aufrechten. Sie bilden ihre stärksten Triebe fast regelmäßig in geringer Entfernung von der Erdoberfläche; weiter entwickeln sich häufig Knospen der höher, selbst in der Nähe der Basis gelegenen Zweigteile. Die an diesen Orten entstandenen Sprosse nehmen von unten nach oben an Länge ab. Aber nicht bloß über der Erde entstehen an diesen Zweigen Triebe, sie gehen auch aus den im Bereich der Erde gelegenen Knospen des Scheitelteiles hervor. Entfernt man sie nicht, so übertreffen sie bald alle übrigen im Wachstum, bewurzeln sich selbst und beeinträchtigen die Ausbildung der oberirdischen Teile so sehr, daß sie, und zwar von oben nach unten, mehr oder minder rasch verfallen. Diese Triebe sind also zu beseitigen, wenn der Versuch gelingen soll. Da sie, besonders bei einzelnen Arten, immer wieder hervortreten, so hat man solche Pflanzen dauernd zu überwachen.

Werden die fraglichen Sprosse entfernt, dann treten an dem oberirdischen Teile der Achse und an den Seitenzweigen charakteristische anomale Entwicklungsvorgänge ein, die zwar bei allen Arten in den wesentlichen Zügen dieselben sind, bei den einzelnen aber in beachtenswerten Punkten so weit von einander abweichen, daß sie gesondert besprochen zu werden verdienen.

Salix alba vitellina pendula.

An dem nach oben gewandten basalen Ende der Achse beschränkt sich das äußerlich sichtbare Wachstum gewöhnlich auf die Bildung eines schwachen Callus; wahrscheinlich ist auch das Cambium kurze Zeit tätig. Aber bald erlischt hier alle Neubildung, und es beginnen diese Teile schon im Sommer, spätestens im Herbst zu verfallen; sie werden gelb, dann braun und sterben bis zu ungleicher Tiefe völlig ab. Die Grenzlinie zwischen dem noch gesund bleibenden und dem absterbenden Gewebe wird gewöhnlich durch eine Knospe oder einen kurzen Trieb bestimmt; über diesem macht der Verfall Halt, während er sich auf der gegenüberliegenden Seite bis zu wechselnder Entfernung fortsetzt. Indes sich diese Vorgänge

an der Basis abspielen, entstanden am Grunde der unteren Seitentriebe Gewebesockel, und im Zusammenhang damit verdickte sich die Achse ringsum. Am kräftigsten entwickelt sich der Sockel unter dem stärksten, der Erdoberfläche nächsten Zweige; die der oberen bleiben kleiner, entsprechend der abnehmenden Stärke der Triebe. Von der Ansatzstelle des untersten Zweiges aus nach aufwärts wächst die Achse in die Dicke, bald anfangs gleichförmig ringsum, bald schon von Beginn an gegenüber dem



Fig. 32.

Sprosse etwas stärker, so daß der Umriß elliptisch wird. Von unten nach oben nimmt das Wachstum der Achse langsam, unterhalb des starken unteren Zweiges aber plötzlich ab, so daß nun das völlig anomale Stamm bild entsteht, das Fig. 32 zeigt. — Von den im Boden entstandenen Wurzeln entwickeln sich nur wenige, zwei oder selbst nur eine, zu kräftigeren Bildungen, die dann, soweit beobachtet, dicht unter der Erdoberfläche, also

möglichst weit entfernt vom Scheitelende, stehen. Auch an ihrem Grunde bilden sich kleine Sockel, die aber nicht um die Achse herumgreifen, sondern auf die Basis beschränkt bleiben. Im zweiten Jahre setzen sich die Vorgänge fort, die im ersten begonnen hatten. Die Achse stirbt schrittweise von oben nach unten weiter ab, und ebenso gehen die Seitenzweige in derselben Richtung langsam zu Grunde. Zuletzt bleibt von ihnen fast immer nur einer, der der Erdoberfläche und damit dem Scheitel, nächste erhalten. Entfernt man ihn, so entwickelt sich der nächst höherstehende zum kräftigsten Triebe.

Von besonderer Bedeutung ist das Dickenwachstum dieses stärksten Sprosses. Es geht überwiegend einseitig und zwar auf der nach unten und außen gewandten, der morphologisch scheidelsichtigen, Seite vor sich. Dies war im ersten Jahre äußerlich noch nicht sichtbar, wird es aber im zweiten; man gewahrt nun deutlich, daß der Zweig parallel zur Median-Ebene exzentrisch wächst. Der Sockel, der schon im ersten Jahre an seinem Grunde angelegt wurde, entwickelt sich kräftig weiter, und zwar hauptsächlich auch auf der unteren Seite. Er setzt sich wie eine Umwallung auf beiden Seiten um die Achse herum fort, ein Vorgang, der, wie wir sehen werden, nach und nach immer weiter entwickelt wird. Konnte man schon im ersten Herbst beobachten, daß die Achse in ihrem unteren Teile exzentrisch wuchs, so wird dies jetzt deutlicher; ihr Umfang nimmt auf der dem Zweige gegenüberliegenden Seite stärker zu, als auf der entgegengesetzten. Die Höhe, bis zu der dies geschieht, ist ungleich und hängt, mindestens teilweise, davon ab, ob der oder die nächsten Seitensprosse, die über dem starken unteren stehen, früh absterben oder noch kürzere oder längere Zeit lebendig bleiben und die Stoffwanderung in der Achse erhalten.

Auf der eben beschriebenen Bahn, die die Entwicklung der verkehrten Pflanze eingeschlagen, schreitet sie nun weiter fort. Sind einmal die ersten Schwierigkeiten überwunden, und haben sich die inneren Vorgänge den neuen Lebensaufgaben angepaßt, dann kann sie bei dieser Weidenform verhältnismäßig rasch verlaufen und die Pflanze nach 4 oder 5 Jahren dem Auge ein Bild wie das in Fig. 33 dargestellte gewähren. Hier sieht man rechts die Mutterachse A, die in ihrem nach außen gewandten Teile schon stark gewachsen und deren Oberfläche infolge der vielfachen Sprengungen in der Korkhülle rissig geworden ist; an der Grenze dieses und des noch glatten Teiles der Innenseite ist eine kleine Furehe vorhanden, die aber gewöhnlich fehlt. Links steht der geotropisch emporgekrümmte große

Achsel sproß H. Seine nach außen gerichtete, scheidelsichtige Seite hat ebenfalls schon eine rissige Oberfläche, entsprechend seinem exzentrischen Wachstum. Der Ringwall, der die Achse und den Tochttersproß verbindet, hat sich hier schon stark nach unten entwickelt und beträchtliche Höhe erreicht. In der Gabel, die Mutter- und Tochttersproß bilden, steht hier noch ein schwacher Trieb, aus einer Knospe über dem Seitentriebe H hervorgegangen. Er war zu der Zeit, als die Zeichnung hergestellt wurde, in seinem unteren Teile noch lebendig, starb aber bald darauf völlig ab.

Bevor wir uns dem unteren Teile der Pflanze zuwenden, haben wir noch auf eine wichtige Erscheinung hinzuweisen, der wir zwar bei *S. fragilis* in ausgebildeterer Form begegnen werden, die aber bei allen Arten auffällt und auch bei der hier behandelten Form, soweit beobachtet, regelmäßig auftritt. An dem starken Seitensprosse bildet sich schon früh in meist nicht großer Entfernung vom Grunde ein Achsel sproß, der stets der Unterseite, also der scheidelsichtigen Hälfte, des mütterlichen Trägers entspringt, h in Fig. 33. In der Regel entwickelt sich dieser Sproß nun besonders kräftig, während der über ihm stehende Teil seiner Mutterachse im Wachstume zurückbleibt und später fast immer abstirbt. An der in Fig. 33 abgebildeten Pflanze hat sich dieses Verhältnis schon soweit ausgebildet, daß von dem ersten Achsel sproß, H, nur noch das stark entwickelte basale Ende vorhanden, alles Weitere aber zu Grunde gegangen ist; man sieht von ihm bei s nur noch einen kleinen, zur Seite gedrängten Rest, indes der untere Teil mit dem Achsel sproß, h, in eine Flucht fällt und mit diesem einen einheitlichen Körper bildet, der sich geotropisch emporgewandt hat. An dem Seitensproß h kann sich nun das Spiel wiederholen; er erzeugt auf seiner Unterseite oder auch auf der einen Flanke, nicht aber auf der Oberseite, einen Seitentrieb, der nun die Führung übernimmt, während der über ihm stehende Teil des Trägers wieder abstirbt.

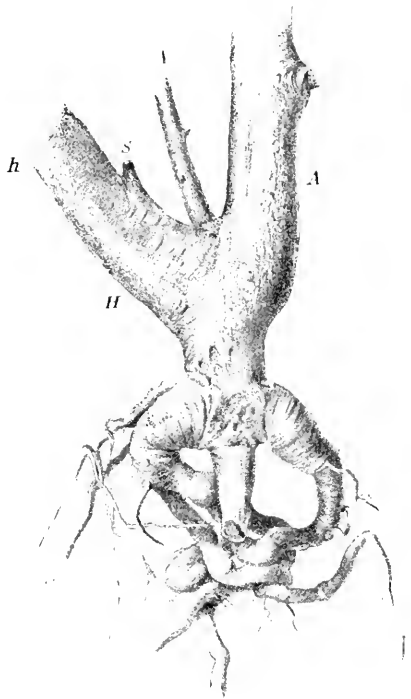


Fig. 33.

Doch bildet dieser Vorgang hier nicht die Regel, während er bei andern Arten beständig stattfindet und mit noch andern Erscheinungen verbunden ist, die hier gewöhnlich nicht vorkommen.

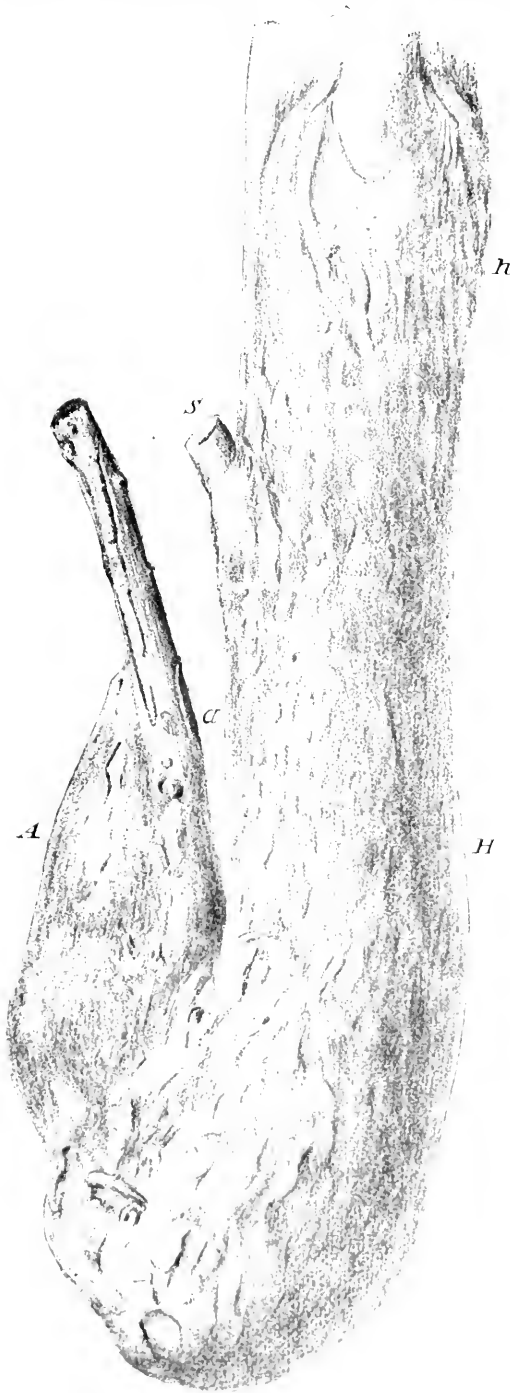


Fig. 51.

Betrachten wir nun den unteren Teil der Pflanze. Sie hat zwei einander gegenüberstehende starke Wurzeln erzeugt, ein Vorkommen, das auch sonst noch beobachtet wurde, während in andern Fällen nur eine entstand; beide sind in ihrem basalen Teile ungewöhnlich verdickt. Ihre auffallenden Krümmungen dürften der Hauptsache nach, wenn nicht ausschließlich darauf zurückzuführen sein, daß die Pflanze anfänglich im Topfe gepflegt wurde, der den Wurzeln nur beschränkten Raum zur Entwicklung bot. Das einst dünne Stammstück über den Wurzeln ist inzwischen beträchtlich in die Dicke gewachsen, seine Fortsetzung nach unten, das zapfenförmige Ende zwischen den Wurzeln, ist nur noch in seinem oberen Teile lebendig und hat hier auch etwas an Umfang gewonnen, ist an seinem Scheitelende aber schon abgestorben. Haben sich die Pflanzen bis zu dieser Höhe entwickelt, dann sind die größten inneren Schwierigkeiten überwunden und es ist

keine Gefahr für ihre Erhaltung mehr zu fürchten. Das anfänglich langsame Wachstum wird rascher, und nach einigen Jahren lassen die reich verzweigten oberen Teile der Pflanze nicht mehr erkennen, wie groß die Widerstände waren, die ihrem Gedeihen bei Beginn des Versuches entgegenstanden. Darüber wird uns die anatomische Untersuchung Aufschluß geben. Von den zum Experiment benutzten Arten gehört die hier besprochene zu denen, die bei sorgfältiger Pflege jene Hemmungen verhältnismäßig leicht überwinden. Dem bisher Gesagten fügen wir endlich noch die Beschreibung des unteren, für uns wichtigsten Teiles einer Pflanze von vorgeschrittenem Alter bei. Fig. 34 gibt ihn in der Seitenansicht. Links gewahrt man das basale Ende des einstigen Stecklings. Auf den oberen, abgestorbenen, folgt der durch sein exzentrisches Wachstum ausgezeichnete Teil. Die schwache Wölbung, die anfangs auf der dem Achselsproß abgewandten Seite erzeugt worden war, ist nun zu einem mächtigen Wulste herangewachsen, dessen Stärke von oben nach unten zunimmt. Sein größter radialer Durchmesser beträgt mehr als 5 cm, der dazu senkrechte an seiner am meisten entwickelten Stelle reichlich 3 cm. Er ist auch in seinem schwächsten oberen Teile noch lebendig, da, wo der Muttersproß selbst schon abgestorben ist oder sich im Verfall befindet. Die Grenze, bis zu der er noch erhalten, gewahrt man bei a. Auf der nächsten Strecke unter dieser ist das Dickenwachstum auf der dem Wulste gegenüberliegenden Seite schon völlig erloschen, weiter unten aber, in der Nähe des großen Achselsprosses, nimmt der Umfang noch zu, wenig auf der Innenseite, etwas mehr auf den beiden Flanken.

Der große Seitensproß, H, hat sich hier mächtig entwickelt, aufrechte Stellung erlangt und stellt ein mit stattlicher Krone versehenes Stämmchen dar. Bei s ist noch ein Rest des abgestorbenen oberen Teiles der Achse vorhanden; der Tochttersproß, h, einst auf der Unterseite entstanden, bildet nun ihre unmittelbare Fortsetzung. Auf der Höhe ihrer oberen Ansatzstelle hat sie einen Durchmesser von 6 cm, sie wächst hier noch stark exzentrisch. Außerlich erkennt man das leicht an der Beschaffenheit der Rindenoberfläche, die auf der Innenseite noch fast glatt, außen aber und auf den Flanken rissig ist. Auch der Tochterzweig, h, ist in seinem unteren, über s liegenden Teile noch exzentrisch gebaut, doch nicht in demselben Maße, wie sein Mutter-Organ. Weiter oben aber verrät die Oberfläche, daß nun das Wachstum ringsum mehr gleichförmig geworden ist.

Besondere Beachtung verdient der untere Teil der Pflanze. Von dem einstigen Scheitelteile des Stecklings sieht man hier nichts. Der Körper

ist unten und auf der dem Betrachter zugewandten Seite völlig geschlossen und sein Gewebe geht fast ununterbrochen in das des Wulstes der Mutterachse über, nur eine geringe Vertiefung zeigt die Grenze zwischen beiden an. Auf der gegenüberliegenden Seite entspringt in etwa 5 cm Höhe eine starke Wurzel; seitlich von dieser wurden noch zwei weitere, beträchtlich schwächere erzeugt. Aber auch in der Umgebung der Wurzeln findet sich keine Spur des Scheitelteiles der Hauptachse. Die Antwort auf die Frage, was aus ihm geworden sei, gibt ein Längenschnitt, der median durch den ganzen Körper geführt wurde, und der uns in anatomischen Teile unserer Arbeit näher beschäftigen wird. Es zeigt sich, daß das Scheitelende völlig überwallt und damit eingeschlossen war. Wir werden später bei Erörterung der Heilungsvorgänge auf diese Dinge zurückkommen.

Eine weitere, mit der vorigen gleichalte Pflanze, weicht von ihr in einigen Punkten ab (Fig. 35). Der wulstartig entwickelte Teil unter dem abgestorbenen Ende der Hauptachse ist bedeutend schwächer; er mißt im größten radialen Durchmesser nur 3 cm. Der starke Seitenzweig hat sich hier auf weiterer Strecke emporgekrümmt; der Raum zwischen dem Mutterorgan und dem Tochttersproß ist daher beträchtlich größer, als bei der zuletzt beschriebenen Pflanze. Auch hier wird das Scheitelende der verkehrten Achse von Gewebe umhüllt. Der ganze untere Teil der Pflanze bildet einen mächtigen, knollenartigen Körper, dessen Länge von der Ansatzstelle der großen Seitenachse bis zum unteren Ende 18 cm beträgt, und der im oberen Drittel einen größten Durchmesser von 11,5 cm hat. Seine ganze Oberfläche ist von rissiger Borke bedeckt, aus der wieder eine starke und verschiedene kleine Wurzeln hervortreten. Das Ganze macht einen durchaus pathologischen Eindruck, ungleich mehr noch, als der entsprechende Teil der vorigen Pflanze.

Endlich sei noch eine Pflanze besprochen, die jetzt 11 Jahre alt ist und einen stattlichen Baum bildet. Seine aus sehr zahlreichen aufrechten und hängenden Aesten und Zweigen bestehende Krone hat einen Umfang von ungefähr 16 m und eine Höhe von etwa 6 m. Der Umfang des Stammes an der Erdoberfläche beträgt 1,52 m, der des Stammes und Wulstes am basalen Ende des einstigen Stecklings in dessen unterem Teile 1,10 m; auf der Höhe des oberen Geschwulstteiles der des Stammes für sich 90 cm. Der Wulst selbst hat eine Höhe von fast 20 cm, eine größte Breite von beinahe 10 cm und einen radialen größten Durchmesser, der sich freilich nur annähernd bestimmen ließ,

von 8 cm. Auf halber Höhe des Wulstes war einst ein Seitenzweig entstanden, der mehrere Jahre zu seiner Ernährung beitrug, dann aber abstarb und jetzt nur noch als vertrockneter Rest vorhanden ist.



Fig. 35.

Auch an dieser Pflanze hat einst ein Seitenglied des ersten, kräftigen Seitenzweiges an der verkehrten Achse die Führung erlangt und das über

ihm stehende Ende des Mutter-Organes zur Seite gedrängt. Dieser Teil selbst ist noch vorhanden und steht 48 cm über der Erde. Hier hat der Stamm einen Umfang von 49 cm. Wichtig ist die Gestalt des Stammes auf der Höhe des Wulstes am basalen Ende der verkehrten Achse. Er bildet hier eine Rinne, in der der Wulst steht. Diese ist dadurch entstanden, daß der Stamm auf der dem Mutter-Organ zugewandten Seite sehr wenig wuchs, während er sich auf der entgegengesetzten Seite und auf den beiden Flanken höchst kräftig verdickte; hier in der Art, daß zu beiden Seiten des Wulstes Wölbungen entstanden, die eine immer tiefer werdende Rinne bildeten, welche eben den Wulst umgibt. Ueber der Höhe dieses Körpers setzt sich die Rinne fort; sie wird hier allmählich tiefer und tiefer, bis sie schließlich eine so enge Furche darstellt, daß sie durch die beiden sie erzeugenden Gewebehügel beinahe geschlossen wird. Ueber dieser Höhe aber öffnet sie sich wieder und wird nach oben flacher. Sowohl an der abgeflachten Gestalt, als an der Beschaffenheit der Haut erkennt man alsbald, daß die Achse nur wenig gewachsen ist. Diese Strecke reicht noch etwa bis zu 30 cm über die enge Rinne empor. Erst von da an hört die Glätte des Streifens auf und geht in die rissige Korkoberfläche über. Auf dieser Höhe erhält der Stamm nun ungefähr runden Umriß.

Nicht zu überschen ist die Tatsache, daß aus dem unteren Teile des Stammes reichlich Adventiv-Wurzeln hervorgehen, die höchstens ein paar Millimeter lang werden und dann vertrocknen. An einer normalen Pflanze treten diese Organe nicht oder nur selten auf.

Das anfänglich langsame, später aber rasche, sogar auffallend rasche Wachstum des Baumes verrät, daß die durch die Umkehrung hervorgerufenen inneren Störungen, wenn nicht völlig, so doch fast gänzlich überwunden wurden. Lediglich die Entstehung der Adventiv-Wurzeln am Grunde des Stammes könnte man als letzte Nachwirkung der einst vorhandenen Hemmungen deuten. Unter der beträchtlichen Zahl von Bäumen und Bäumchen, die aus verkehrten Stecklingen der verschiedenen Weidenarten gewonnen wurden, war dieser der bei weitem kräftigste. Nur ein kundiges Auge wird seinen Ursprung erkennen. Er gehört der Form an, die, wie schon erwähnt, über jene inneren Störungen wohl am leichtesten hinwegkommt.

Salix fragilis.

Abgeschnittene Zweige dieser Art bewurzeln sich, wie früher gezeigt, wenn verkehrt in Wasser gestellt, in feuchten Sand oder Erde gesteckt,

sehr leicht und reichlich. Anfangs unterscheiden sich die Wurzeln auf der bedeckten Strecke nicht oder nur wenig von einander, später aber entwickeln sich die der Erdoberfläche nahen in steigendem Maße stärker, als die tiefer stehenden.

Dieser leichten Bewurzelung entspricht aber keineswegs eine eben so reiche Ausbildung der oberirdischen Teile. Vielmehr treten hier so



Fig. 36.

bedeutende Störungen auf, daß nur ein beschränkter Teil der Stecklinge sie überwindet und erhalten bleibt, indes die große Mehrzahl nach und nach zu Grunde geht.

Die ersten Wachstumsvorgänge verlaufen ähnlich den bei der vorigen Form beobachteten und brauchen nicht besprochen zu werden. Wir wenden uns daher gleich der späteren Entwicklung zu und behandeln zunächst solche Fälle, in denen große, endlich zum Tode führende innere

Störungen entstehen. Von mehr als 24 Stecklingen, die sich sämtlich mehr oder minder reichlich bewurzelt hatten, kamen nur zwei über die inneren Hemmungen hinweg: alle übrigen gingen daran zu Grunde. Dies geschah bald schon früh und bestand im raschen Verfall aller Teile, bald erst später und allmählich. Wo dies geschah, gingen dem Absterben äußere, leicht sichtbare krankhafte Erscheinungen voraus, die, vom allgemeinen pathologischen Standpunkte aus betrachtet, einige Beachtung verdienen. Wir wollen ein paar solche Wesen näher betrachten.

1. Pflanze. Der einzige erhaltene Seitensproß steht etwa 13 cm über den obersten Wurzeln. Ihm gegenüber ist eine Geschwulst entstanden, die nach und nach — die Pflanze ist jetzt 9 Jahre alt — den in der Fig. 36 angegebenen Umfang erlangt hat. Sie reicht bis zu 6,4 cm über die obere Ansatzstelle des Sprosses empor und ist 2,4 cm über dieser am stärksten entwickelt, sie hat hier einen radialen Durchmesser von 4,2 cm: ihre ganze Höhe beträgt 9 cm. Ueber ihr ist der basale Zweigteil abgestorben, ebenso das ihr gegenüberliegende Gewebe der Achse bis zu etwa 1,6 cm Entfernung von dem Seitenzweige. Die horizontale Gewebebrücke, die von dem Sproßgrunde aus auf beiden Seiten um die Achse herumläuft und in den Wulst mündet, hat sich nach unten entwickelt und endet 1,8—2 cm unter dem Wulste und dem Seitenzweige. Der unter der wagerechten Brücke gelegene Stammteil mißt bis zur obersten Wurzel 12 cm, ist auf seiner ganzen Länge ungefähr gleich stark und hat einen Durchmesser von 2,4—2,6 cm. Auf der dem Betrachter abgewandten Seite ist sein Rindengewebe in einem Streifen von 6—8 mm Breite bis in die Nähe des Bodens abgestorben. Im Bereich der Wurzeln, deren stärkste dicht unter der Erdoberfläche entspringen, hat die Achse denselben Umfang, den sie darüber aufweist; nur unter den kräftigeren Wurzeln sind kleine Sockel entstanden. Das äußerste Scheitelende, das sich anfangs einseitig etwas verdickt hatte, ist am Absterben.

Damit kommen wir zu dem Seitensprosse. Er erlangte im ersten Jahre mäßige Stärke, während drei über ihm stehende sich nur wenig entwickelten. Diese starben im nächsten Jahre ab, jener dagegen bildete sich weiter aus. Aus seiner Unterseite ging in 6 cm Entfernung von der Ansatzstelle ein Seitenglied hervor, das verhältnismäßig kräftig wuchs und sich geotropisch emporkrümmte (2 in der Figur). Schon jetzt nahm man wahr, daß das Gewebe seiner Oberseite in einem schmalen, 4—6 mm breiten Streifen abzusterben begann; ebenso fing sein Scheitelende an zu verfallen. Im dritten Jahre bildete der Seitenzweig 2 auf seiner Unter-

seite, nahe der Mittellinie, einen Tochttersproß, der sich nicht, wie ein normaler Trieb, nach oben wandte, sondern stark geneigt seitwärts, nach dem Stämmchen hin, hinter diesem hinwuchs (3). Während dieser Vorgänge drehte sich der basale Teil des Gliedes 1 etwas um seine Längsachse; dasselbe tat der Sproß 2 in seinem unteren Teile. Jener wendet daher dem Beschauer seine einstige Ober-, dieser seine Unterseite zu. Der Hauptseitensproß, 1, starb inzwischen mit seinen Seitenbildungen langsam vom Scheitelende aus bis zum Ursprunge des Tochterzweiges, 2, ab; von dem verfallenen Teile sieht man in der Figur nur noch einen kleinen Rest als fast schwarzes Zäpfchen. Der anfänglich gelbe Streifen absterbenden Gewebes auf der Oberseite, der Unterseite im morphologischen Sinne, ist allmählich dunkelbraun geworden; hier ist das ganze Gewebe bis auf den Holzkörper zu Grunde gegangen. — Ähnlich verhielt sich der auf der Unterseite des Zweiges 1 entstandene Tochterzweig 2. Auch auf seiner Oberseite bildete sich ein Streifen absterbenden Gewebes, der später auf Grund der Drehung des Zweiges auf die Hinter- und Unterseite zu liegen kam. Wie sein Mutter-Organ verfiel auch er langsam vom Scheitel aus; heute ist nur noch ein kurzes Ende über der Ansatzstelle des Tochterzweiges 3 vorhanden. — Am Zweige 3 endlich sind, und zwar wieder auf der Unterseite, 4 Triebe entstanden, von denen der zweite, von der Basis aus gezählt, sich am kräftigsten entwickelt hat; ihm folgt an Stärke der zunächst über ihm stehende und diesem der dem Scheitelende nahe, das selbst am Absterben ist; der schwächste ist der in der Nähe des Grundes entspringende. Die Oberseite hat nur einen kleinen Zweig hervorgebracht, der aber früh zu Grunde ging. Das Gewebe der Oberseite ist bisher erhalten; nur auf einer kurzen Strecke, nicht weit vom Zweiggrunde, hat es gelbe Farbe angenommen; die Verletzung der Rinde reicht noch nicht bis in die Tiefe, doch ist wahrscheinlich, daß sich von hier aus ein schwarzer Streifen bilden wird, wie wir ihn an seinem Muttersprosse beobachteten. — Werfen wir endlich noch einen Blick auf den Seitenzweig 4. Der von diesem erzeugte stärkste Trieb entspringt zwar auch dem Grunde am nächsten, aber auf der Oberseite, ein Verhalten, das dem normalen entspricht und annehmen läßt, daß seine eigene Verzweigung die gewöhnliche Regel befolgen wird.

2. Pflanze. An die Besprechung der ersten Pflanze knüpfen wir noch die kurze Betrachtung einer zweiten (Fig. 37 a), die sich in der Hauptsache ähnlich verhält, in einzelnen Punkten aber abweicht und die Störungen noch deutlicher hervortreten läßt.

Ueber das mit Wurzeln besetzte Scheitelende und das Achsenstück zwischen diesem und dem Hauptseitenproß braucht nur gesagt zu werden, daß auch hier das Gewebe auf der dem Seitenzweige abgewandten Seite in einem 6—8 mm breiten Streifen abstarb. In der Figur verläuft der

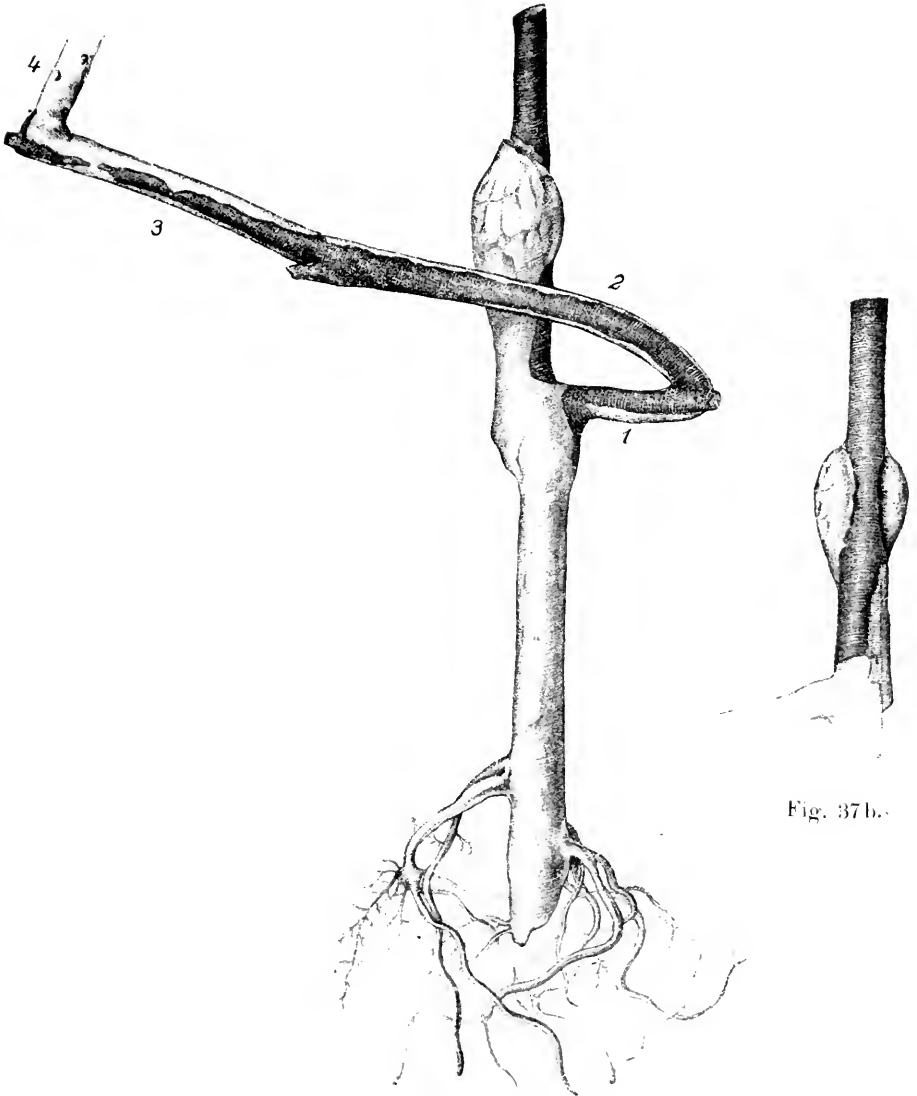


Fig. 37 a.

Streifen auch hier auf der Hinterseite, dem auf der rechten Hälfte schräg nach vorn gerichteten Hauptzweige gegenüber. Auf der linken, der von diesem abgewandten Seite ist ein Wulst entstanden, dessen Länge mehr als 13 cm beträgt. Von dem Zweige zu dem Wulste verlaufen auf beiden Seiten die hier nur mäßig hervortretenden, horizontalen Gewebebrücken.

Unterhalb der unteren Ansatzstelle des Seitenzweiges erstreckt sich der Wulst bis zu einer Tiefe von ungefähr 2,4 cm, oberhalb der oberen dehnt er sich bis zu 8,8 cm Höhe aus; sein basaler Teil ist am stärksten entwickelt und hat einen größten radialen Durchmesser von 3,6 cm. Oberhalb der Geschwulst ist der Zweig a) gestorben, ebenso das Gewebe der ihm gegenüberliegenden Zweighälfte. Ueber diese tote Strecke sind die Ränder des Wulstes teilweise hingewachsen, wie Fig. 37 b zeigt, die diese Zweigstelle von hinten gesehen darstellt. Sollte die Pflanze sich noch länger erhalten, so könnten sich die beiden Wulstlippen vereinigen. Ihr ganzer Zustand läßt jedoch erwarten, daß sie bald absterben wird. Was wir hier aber nur als möglich annehmen können, wurde bei *S. pentandra*, wie wir später mitteilen werden, wirklich beobachtet. Das Verhalten des Seitenzweiges mit seinen Abkömmlingen war dem der vorigen Pflanze im Wesentlichen ähnlich. Er bildete in 6 cm Entfernung von seinem Grunde auf der Unterseite einen Tochterzweig, der sich in seinem unteren Teile so stark nach der Hauptachse hin krümmte, daß er fast wagerechte Richtung erlangte. Dabei drehte er sich derart um seine Längsachse, daß seine Oberseite mit dem breiten Streifen abgestorbenen Gewebes nach vorn sah. Dasselbe geschah mit dem Hauptsproß 1, an dem wieder das Scheitelende und danach die darauf folgenden Teile bis zur Ansatzstelle des Seitenzweiges 2 abstarben. Dieser erzeugte 16 cm entfernt von seinem Grunde auf seiner Unterseite einen Trieb 3, der nun die Führung übernahm und das Wachstum in horizontaler Richtung fortsetzte. Aus ihm gingen verschiedene Seitensprosse hervor, von denen der stärkste der Oberseite angehörte und etwas hinter der Mittellinie stand („hinten“ in Beziehung auf den Betrachter). Durch Drehung des Mutter-Organes gelangte er in fast senkrechte Richtung und entwickelte sich weiter, indes der ganze über ihm stehende Zweigteil zu Grunde ging. Die Drehung des Mutterzweiges bewirkte, daß seine Oberseite mit dem Streifen abgestorbenen Gewebes wieder nach vorn gewandt wurde. Der Sproß 4 verhielt sich abweichend von allen vorausgehenden. Er entsprang, wie erwähnt, nicht nur der Oberseite, sondern wuchs empor und bildete die stärksten Glieder an seinem Scheitelende, wie gewöhnliche Zweige; auch seine Rinde blieb ringsum gesund.

Soviel über die beiden Pflanzen. Wir dürfen unterlassen, weitere ähnliche Beispiele, von denen wir eine Reihe vor uns haben, zu beschreiben. Sie weichen in Einzelheiten wohl von einander ab, gleichen sich aber in den besprochenen Hauptpunkten. Allen gemeinsam sind Erscheinungen

eständigen Absterbens ganzer Zweigteile und bestimmter Gewebestreifen an Zweigen, wie sie an den verkehrten Pflanzen der *S. alba vitellina pendula* in dieser Form nicht auftreten, und die unsere Kenntnis der inneren, durch die Umkehrung verursachten Störungen sehr wesentlich erweitern. Diese Punkte seien noch einmal kurz hervorgehoben.

Auf der dem Seitensprosse gegenüberliegenden Seite verfällt das Gewebe der Hauptachse im Bereich eines 4—6 oder noch mehr mm breiten Streifens, der von der Höhe des Sprosses bis auf den Boden reicht. An der Seitenachse 1. Ordnung entsteht, wie bei der zuerst behandelten Weide, in einiger Entfernung vom Grunde auf der Unterseite der stärkste Seitensproß 2. Ordnung. Alle über diesem erzeugten Teile, Seitenzweige wie deren Tragachse, sterben nach und nach ab; auf der von ihm abgewandten Oberseite bildet sich, wie an der Hauptachse dem Seitensprosse 1. Ordnung gegenüber, ein anfangs gelber, später brauner Streifen toten Gewebes, der sich bis auf den Zweiggrund ausdehnt. Dieselben Vorgänge wiederholen sich am Seitenzweige 2. und, wenn auch in einem Falle schon schwächer, am Seitengliede 3. Ordnung. Erst die Sprosse 4. Ordnung entwickeln sich in einer Weise, die man wird als normal bezeichnen dürfen. Auffallend ist endlich die Richtung der Seitenzweige 1., 2. und 3. Ordnung: sie nehmen mehr oder minder geneigte, selbst fast horizontale Lage an und verlassen dabei die Flucht, welche aufeinander folgenden Zweigen an aufrechten Pflanzen eigen ist. Daher entstehen so seltsame Bilder, wie unsere Figuren sie andeuten.

Die angeführten Wachstumsverhältnisse bilden eine geradezu fesselnde Erscheinung und ziehen die Beobachtung immer wieder auf sich. Man vergegenwärtige sich das Verhalten aufrechter Stecklinge, die Verzweigung und Richtung normaler Sprosse, die Bedeutung des Scheitels, den Einfluß der Schwerkraft auf die Entstehung der Triebe auf der Oberseite geneigter Glieder und die Gesundheit aller Teile — und vergleiche damit nun die verkehrte Pflanze.

Wir brechen hier zunächst ab, und werden die vergleichende Betrachtung später fortsetzen.

Bevor wir zu den beiden Pflanzen übergehen, welche die inneren Hemmungen überwandten, sei noch ein drittes Beispiel beschrieben, in dem die Folgen der Umkehrung noch störender auftreten, als in den eben erörterten.

3. Pflanze. Der Zweig wurde im Frühjahr 1908 gesteckt. Er war 3 Jahre alt und sehr kräftig; seine Länge betrug 32 cm und sein Durch-

messer 21 mm. Im ersten Jahre erzeugte er 9,5 cm über der Erde einen Seitenzweig, der im nächsten Jahre 6,5 cm von seinem Grunde entfernt auf der Unterseite einen Tochtertrieb bildete, bis zu dem er später langsam abstarb. Dieser Zweig der zweiten Generation bildete im dritten Jahre auf seiner Unterseite einen Tochttersproß in etwa 10 cm Entfernung von seiner Basis und darüber noch einen kleinen Trieb, der jedoch ebenso wie der zugehörige obere Teil des Mutterzweiges zu Grunde ging, der letztere bis zur Ansatzstelle des Sprosses auf der Unterseite. Dieser erreichte im ersten Jahre eine Länge von 28 cm und brachte im nächsten Jahre zwei Triebe hervor, von denen der eine fast 30, der andere 20 cm lang wurde. Jener stand an dem geneigten Mutter-Organ, dessen Scheitel nahe, auf der Oberseite, dieser, etwas tiefer auf der Unterseite. Hier wirkte also die Umkehrung auf den Ort der Seitenglieder nicht mehr ein, während ihr Einfluß im vorhergehenden Jahre noch deutlich sichtbar war. In den beiden folgenden Jahren wurden an den Enden nur noch ganz kurze und schwache Triebe erzeugt. Es bleibt noch zu erwähnen, daß an den beiden Tochttersprossen der 1. und 2. Generation das Gewebe ihrer Oberseiten in derselben Weise abstarb, wie an den entsprechenden Zweigen der 1. und 2. Pflanze.

An der verkehrten Hauptachse entstand im 1. Jahre früh an der basalen Schnittfläche in der Cambialregion ein kleiner Callus; bald aber begann die Rinde von oben her abzusterben, ein Vorgang, der sich im nächsten Jahre fortsetzte und zwar

in folgender Weise. Sie und mit ihr das parenchymatische Gewebe des Holzkörpers ging ringsum zu Grunde bis zu 13 cm Tiefe unter dem oberen Ende und weiter auf der dem Seitensproß gegenüberliegenden Zweighälfte bis auf den Boden. In der Folge setzte sich der Gewebeverfall auch auf der Seite des Sprosses an verschiedenen Orten fort, so daß die Oberfläche

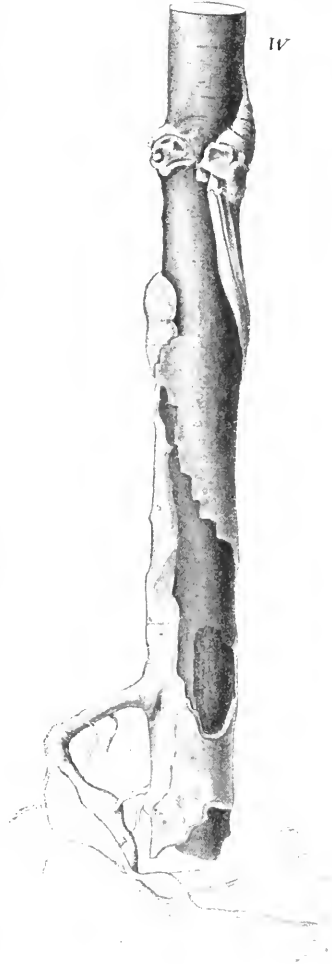


Fig. 38.

endlich ein seltsames Bild von toten, absterbenden und noch lebendigen Rinden- und Holzteilen bot.

Nach 6 Jahren wurde der Versuch beendet. Den Anblick des noch mit Gewebe versehenen unteren und mittleren Teiles der Achse gibt Fig. 38 von der dem Tochterzweige gegenüberliegenden Seite wieder, die die verschiedenen Bestandteile der Oberfläche am deutlichsten zeigte. An ihr bezeichnen die dunkeln, fast schwarz gehaltenen Teile den bloßgelegten Holzkörper, die dunkelgrauen die abgestorbene Rinde; sie war anfangs mit braunen Hautlappen bedeckt, die sich aber längst abgelöst haben; die hellgrauen Teile endlich geben die noch lebenden Gewebestreifen an. — Unten links sieht man die Wurzeln, die einzigen vorhandenen, von denen die obere am kräftigsten entwickelt ist. Von ihr um einen Winkel von etwa 90° entfernt steht auf der Hinterseite der noch vorhandene Rest des Seitensprosses und seiner Glieder. Beide, die Wurzel und der Sproß sind durch einen schraubenlinig verlaufenden Streifen lebendigen Gewebes mit einander verbunden, in dem sich die gesamte Stoffwanderung vollzieht. In der Nähe der Wurzeln ist das Gewebe noch erhalten; auf der ihnen gegenüberliegenden Stammseite blieb es lange frisch, war aber nun auch abgestorben. Zu beiden Seiten des Zweiges waren noch unregelmäßig umschriebene Züge lebendigen Gewebes vorhanden, deren einer sich sogar bis zu einiger Höhe über den Sproß erstreckte; einen Teil von diesem gewahrt man auf der rechten Seite der Fig. 38 oben. Der Rand des Lappens besteht aus Callus, der über die abgestorbene Rinde hinwächst. Ein noch ausgebildeterer Callus-Körper wurde auf der andern Seite des Zweiges erzeugt; von ihm sieht man bei s einen breiten, der toten Rinde angeschmiegeten Teil. Von den Wurzeln und dem Sproß und der sie verbindenden Brücke gingen belebende Wirkungen aus, die sich auch über die nächste Umgebung hinaus erstreckten und ganze Gewebmassen nicht nur erhielten, sondern zum Wachstum anregten, das örtlich sogar lebhaft war. Ob es sich bei diesen Wirkungen nur um stoffliche Vorgänge, um Ernährung, handelte, oder ob noch Einflüsse anderer Art im Spiele waren, muß vorläufig dahingestellt bleiben.

Ueber die histologischen Vorgänge, die das Absterben der Rinde einleiten, wird später berichtet werden.

Die Betrachtung der drei eben beschriebenen Beispiele lehrt, daß die in der verkehrten Pflanze auftretenden inneren Störungen sich bei der *S. fragilis* in besonders deutlicher Weise offenbaren. Sie äußern sich darin, daß der innere Zusammenhang zwischen den Teilen des Körpers

gestört, daß die Kette von Verbindungen, die zwischen den verschiedenen Teilen des Körpers besteht, und die das ausmacht, was wir als Lebens-einheit, als physiologisches Individuum bezeichnen, teils gelockert, teils zerrissen wird. Dies zeigt sich erstens in dem schrittweisen Absterben der oberen und mittleren Teile der Achse mit ihren Seitenzweigen, zweitens an den entsprechenden Vorgängen an ihrem mit den Wurzeln besetzten unterirdischen Teile, endlich drittens aber, und zwar noch deutlicher, in dem Verfall der Gewebestreifen an der Hauptachse und den aufeinander folgenden Seitensproß-Generationen jedesmal gegenüber dem kräftigsten Seitengliede. An einem aufrechten Steckling wächst die Achse auch dann, wenn am Scheitel nur ein starker Seitenspross erzeugt wurde, unter diesem ringsum gleichmäßig, die Verbindung der zellularen Bestandteile des ganzen Umfangs ist ungestört. An der verkehrten Pflanze dagegen wird dieser Zusammenhang aufgehoben, und infolge davon geht das Gewebe der dem Sproß gegenüberliegenden Seite zu Grunde. Besonders diese Tatsache ist sehr lehrreich.

Es versteht sich von selbst, daß Pflanzen mit solchen Mängeln im Bau nur eine kurze Lebensdauer beschieden ist. Man kann von ihnen sagen, daß sie in beständigem Kampfe mit dem Tode liegen, dem sie mehr oder minder rasch verfallen. An anderem Orte haben wir gezeigt, daß man durch geeignete Mittel Lebens-einheiten herstellen kann, die nur aus Bruchstücken des Körpers, eines Kohlrabi, eines *Phyllocaetus* bestehen, aber bei ihnen entsprach die Stellung der ernährenden, aufeinander angewiesenen Glieder der natürlichen Ordnung, und es konnten die Stöcke verhältnismäßig gut gedeihen. Ganz anders die uns jetzt vorliegenden Einheiten. An ihnen stehen die Glieder nicht in natürlicher Folge, daher die größeren Störungen. Aber auch an ihnen suchen sich einzelne Gewebe, solange noch Nährstoffe vorhanden sind, zu erhalten. Der Trieb zum Leben, der Drang zum Dasein offenbart sich hier in überraschender Art. Aber handelt es sich bei diesen Wucherungen bloß um Vorgänge, die keine morphotischen Beziehungen zum Ganzen mehr haben, die bloß zufälliger Natur sind, oder lebt auch in diesen Teilen noch das Streben zum Ganzen, zum Wiederaufbau der Einheit? Auf diese Frage vermögen wir keine Antwort zu geben.

Damit wenden wir uns den beiden Pflanzen zu, welche die inneren Hemmungen leichter ertragen. Die eine von ihnen hat diese heute, nach 11jähriger Versuchsdauer, soweit überwunden, daß man bestimmt behaupten darf, sie werde in nicht ferner Zeit normale innere Gewebeverbindungen her-

gestellt haben, die ihre fernere gedeihliche Entwicklung sichern. Die andere wurde der Untersuchung geopfert. Ihre ganze Verfassung berechtigte zu der Annahme, daß auch sie sich bei weiterer Pflege erhalten und gekräftigt hätte. Mit ihr wollen wir uns nunmehr befassen.

4. Pflanze. Das Bild des unteren Teiles der Pflanze führen die Fig. 39 a und b vor Augen; jene gibt die Hauptansicht, diese die rechte Seitenansicht des Körpers. Unten sieht man die Wurzeln, deren stärkste wieder nahe der durch die punktierte Linie angegebenen Erdoberfläche stehen. Von der reichen Wurzelmasse sind nur die stärkeren Glieder angegeben, alle schwächeren, besonders die Faserwurzeln, weggelassen. Jene zeigen, von den starken Sockeln an ihrem Grunde abgesehen, nichts Auffallendes; die noch vorhandenen Windungen rühren von der anfänglichen Pflege im Topfe her, sie sind nicht abnorm. Auf den bewurzelten Teil des Stammes folgt ein 4,2 cm langes Stück mit schwach elliptischem Umriß, dessen großer Durchmesser in die Median-Ebene des Körpers fällt, und der ringsum wohl erhalten ist. An dem nun folgenden Stammteile gewahrt man auf der rechten Seite einen mächtigen Wulst, der eine Höhe von 9,5 cm und eine größte Breite von 4,2 cm hat. Die Form dieses Wulstes, von der rechten Seite betrachtet, zeigt Fig. 39 b. Er ist im oberen und unteren Teile breit, im mittleren schmaler; oben hat er einen größten Durchmesser von 3,7 cm, unten von 4,1 cm; an der engsten Stelle in der Mitte mißt er 2,4 cm.

Das obere basale Ende des einstigen Stecklings ist bis zu der mit a bezeichneten Höhe abgestorben, von da an bis zur oberen Grenze der Geschwulst und noch in deren Bereich bis zu etwa 3 cm Tiefe hat sich das Gewebe lange frisch erhalten; seine Farbe verrät aber, daß es jetzt ebenfalls verfällt.

Dem unteren Teile des Wulstes gegenüber steht der starke Seitenast 1, auf dessen Unterseite in 19 cm Entfernung vom Grunde der Seitenzweig 2 entspringt. Der Ast 1 ist bis zur Ansatzstelle des Zweiges 2 stark exzentrisch gebaut; sein großer Durchmesser, der in die Richtung der senkrechten Median-Ebene fällt, beträgt im basalen Teile 3,5 cm, der dazu senkrechte 2,05 cm. Die Beschaffenheit der Oberfläche der beiden Seiten lehrt, daß die Exzentrizität fast ausschließlich auf dem Wachstum der unteren beruht. Der Astgrund bildet in seinem mittleren und unteren Teile einen Sockel, der auf beiden Seiten in den Ringwall übergeht, welcher den Ast mit dem Wulste verbindet. Die Entfernung der unteren Grenze des Sockels von der Achsel des Astes beläuft sich auf 5,5 cm. — Ueber der Ansatzstelle

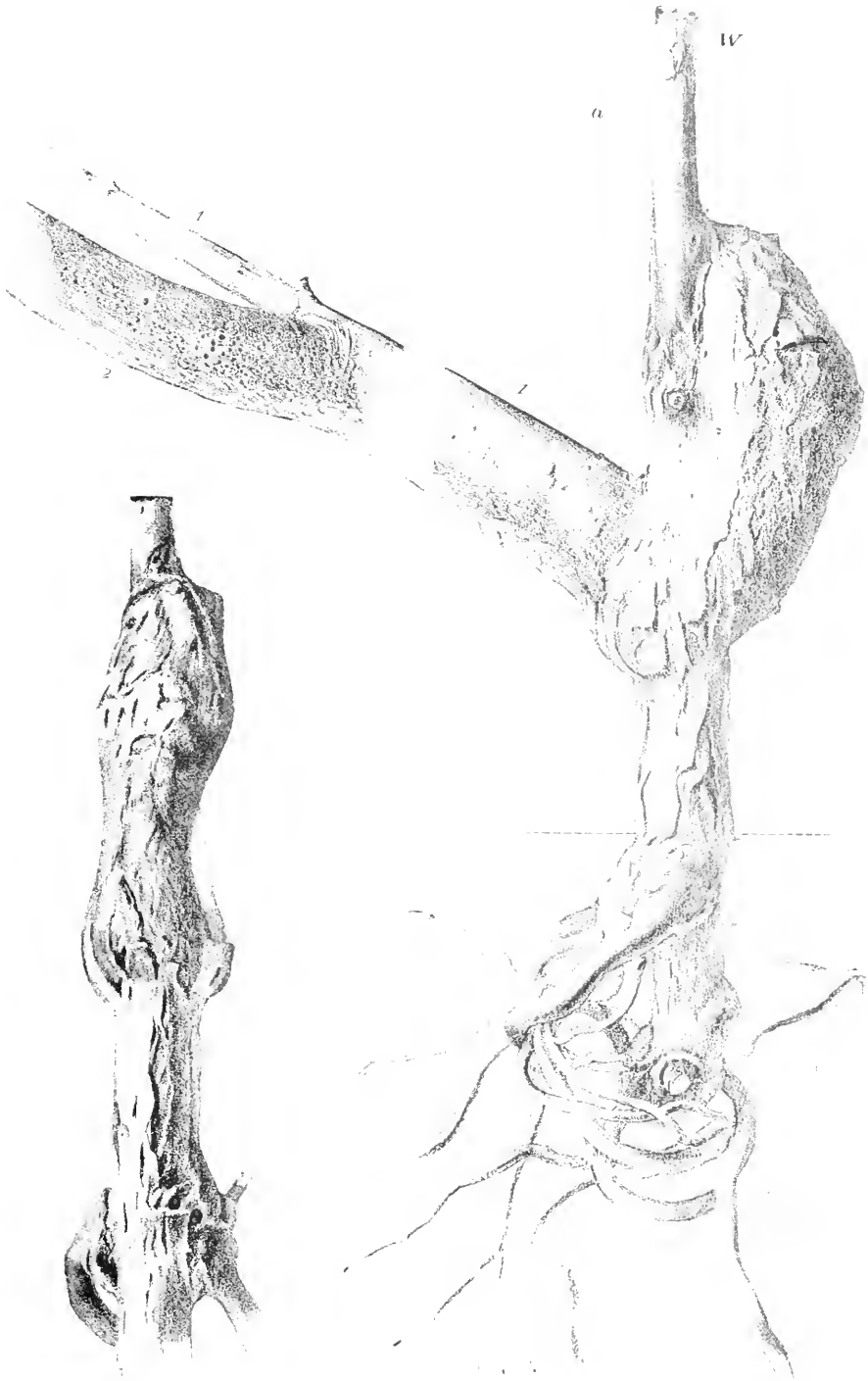


Fig. 39 b.

Fig. 39 a.

des Seitenzweiges 2 ist der Ast längst abgestorben; er war auf der ganzen Strecke radiär gebaut.

Der Seitenzweig 2 des Astes hält in seinem unteren Teile noch die Richtung des Mutter-Organ ein, wendet sich dann aber in seinem mittleren und oberen Teile allmählich empor, ohne aber aufrechte Stellung zu erlangen. In seiner unteren Region hat er noch stark exzentrischen Bau; die große Achse des annähernd elliptisch umschriebenen Querschnittes mißt 3,5, die kleine 2,9 cm: jene ist wieder senkrecht gestellt. Die Exzentrizität wird auch hier durch das überwiegende Wachstum der Unterseite hervorgerufen. Sie nimmt jedoch nach der Mitte des Zweiges hin allmählich ab: in 30 cm Entfernung vom Grunde ist sie schon beträchtlich geringer, und noch weiter oben verschwindet sie völlig. Hiermit hängt offenbar zusammen, daß der Zweig in seinem oberen Teile gleichmäßig ringsum Seitenglieder bildet, daß er keinen basalen stärksten Sproß auf der Unterseite erzeugt. Hierin weicht Pflanze 4 von den bisher besprochenen und allen ähnlichen, sowie den alsbald zu erörternden ab: bei allen entstand am Seitensproß 2 auf der Unterseite des basalen Teiles das kräftigste Seitenglied, das die Führung im Verzweigungs-System übernahm.

Die Pflanze bildete auch noch darin eine Ausnahme, daß an Sproß 1 bis zur Ansatzstelle des Zweiges 2 das Gewebe der Oberseite erhalten blieb, daß sich die Oberseite des exzentrischen Teiles des Zweiges 2 ebenso verhielt, und daß auch der zwischen den Wurzeln und dem Hauptseitengliede 1 liegende Stamnteil ringsum unversehrt blieb. Darüber wird die histologische Untersuchung das Nähere bringen.

Unsere Pflanze wurde, wie erwähnt, der Untersuchung geopfert. Ihr ganzes Aussehen, ihr verhältnismäßig kräftiges Wachstum berechtigten zu der Annahme, daß sie nach einigen Jahren die inneren Störungen überwunden und sich dann ungehemmt gestaltet haben würde.

5. Pflanze. Die zweite Pflanze, welche, wie die vorige, den inneren Schwierigkeiten besser widerstand, als alle übrigen, hat sich inzwischen weiter entwickelt. Die Länge ihres ganzen Verzweigungs-Systems beträgt ungefähr 2,15 m. Sie glich früher der Schwesterpflanze in den Hauptpunkten, in der Gestalt der Hauptachse über der Erde bis zu der horizontalen Gewebebrücke, in der Form der Geschwulst, im Bau des großen Seitenzweiges n. a. Sie wich aber darin ab, daß nicht der Seitenzweig 2. Ordnung schon normale Sproßbildung am Scheitel erlangte, sondern seinen stärksten Trieb noch auf der Unterseite des basalen Teiles bildete, der nun das Wachstum fortsetzte und dessen Verzweigung erst normal

wurde, indes das Mutter-Organ bis zu seiner Ursprungsstelle langsam abstarb. Auch an dieser Pflanze sind die Oberseiten der Sprosse 1. und 2. Ordnung wohl erhalten mit Ausnahme einer kurzen Strecke am basalen Ende des großen Zweiges 1. Ordnung; hier sind Haut und äußere Rinde abgestorben, die innere Rinde aber und das darunter liegende Gewebe gesund. — Die Geschwulst, die wagerechte Gewebebrücke und was besonders wichtig, der Sockel unter dem Hauptaste haben sich beträchtlich weiterentwickelt. Dieser hat sich nach unten so weit verlängert, daß seine Entfernung von der unter ihm stehenden höchsten Wurzel nur noch 8 cm beträgt; seine Höhe von der unteren Grenze bis zur Astachsel mißt 7.5 cm. Die Geschwulst ist zu einem mächtigen Körper geworden; sie hat sich, und zwar überwiegend im oberen Teile, in die Breite entwickelt und bildet hier, von oben betrachtet, ein schwach \sim -förmig gestaltetes Gebilde. Sie hat eine größte Breite von 7.5 cm und, von der horizontalen Brücke bis zur oberen Grenze gemessen, eine Höhe von 8 cm. Der Körper gehört zu den am stärksten entwickelten, die wir überhaupt beobachtet haben.

Von dieser Pflanze läßt sich mit einer an Sicherheit grenzenden Wahrscheinlichkeit behaupten, daß sie in nicht ferner Zeit die inneren Schwierigkeiten überwunden haben wird. So sehr sie aber auch durch ihr kräftigeres Wachstum von den zuerst beschriebenen kranken Pflanzen abweicht, sie stimmt darin noch mit ihnen überein, daß sie keine emporstrebenden stärkeren Glieder bildet. Ihre kräftigsten Sprosse halten wagerechte, oder doch stark geneigte Richtung ein. Das wird sich ändern, sobald die normalen Gewebeverbindungen hergestellt sein werden. An einem aufrechten Steckling entstehen früh Triebe, die aufwärts wachsen und von denen einer gewöhnlich zur Hauptachse wird. An dem verkehrten geschieht dies nicht, ein Umstand, der einen wohl zu beachtenden Unterschied zwischen den beiden Pflanzen bildet.

Salix elegantissima.

Leichter als *S. fragilis* erträgt diese Art die durch die Umkehrung verursachten Störungen. Bei sorgsamer Pflege der Stecklinge gehen nur wenige zu Grunde; die Mehrzahl bleibt erhalten und entwickelt sich im allgemeinen ähnlich, wie die bisher untersuchten Arten, zeigt aber eine Besonderheit, die bisher bei keiner anderen Form beobachtet wurde.

Eine kräftige 5 jährige Pflanze bot das in Fig. 40 a dargestellte Bild, den Anblick von der linken Seite gibt Fig. 40 b wieder; die Achse hat über 35 cm Länge. Der obere Teil ist bis zu etwa 6 cm Tiefe

abgestorben. Auf dieser Höhe beginnt der stark einseitig entwickelte Wulst, dem gegenüber bis zu etwa 5 cm Tiefe das Rindengewebe abgestorben



Fig. 10 a.



Fig. 740 b.

ist. Wie die Figuren lehren, hat die Achse fast bandartige Gestalt angenommen. Ihr größter Durchmesser beträgt 4,2 cm, der dazu senkrechte

im stärksten Teile der Geschwulst nicht ganz 2 cm. Diese Ausbildung beruht weit überwiegend auf dem Wachstum der dem Hauptsproß gegenüberliegenden, zum geringen Teile jedoch auch auf der Zunahme der ihm zugewandten Seite. Der Grund für dieses Verhalten lag darin, daß sich ein auf mittlerer Höhe der Geschwulst stehender Seitenzweig längere Zeit frisch erhielt und die bessere Ernährung der Seite bewirkte; er war erst kürzlich abgestorben, und seine Narbe ist noch sichtbar. Die Querschnittsfigur wird die Beteiligung der verschiedenen Gewebe an dem exzentrischen Wachstum des Stammes genauer dartun. Am Grunde des flachen Stammteiles, der großen Exzentrizität gegenüber, steht der starke Seitensproß H, und vorn, wenig höher, ein Schwesterzweig, der sich weniger entwickelt, aber bis zur Beendigung des Versuches erhalten hat; er wurde bis auf ein kurzes basales Ende (s. die Figur) entfernt. Seine Basis ist sockelartig verbreitert; auf ihrer Tätigkeit beruht es, daß die Hauptachse hier weniger flach gebaut ist, als weiter oben.

Der Hauptseitensproß ist noch bis an sein Scheitelende ringsum mit lebendigen Seitengliedern versehen, doch eilen auch hier die der Unterseite der oberen und mittleren Region im Wachstum voran. Er hat auf der Höhe des untersten Seitenzweiges einen Durchmesser von 30 mm. Sein Querschnitt an dieser Stelle unterscheidet sich dadurch von dem des entsprechenden Zweiges der großen Pflanze der *S. fragilis*, daß er auf der dem Beschauer zugewandten und der entgegengesetzten Hälfte der Unterseite stärker entwickelt ist, als auf der Oberseite. Er ist also auch exzentrisch gebaut, aber anders, als der der vorigen Arten. Weiter oben wird jedoch die Ellipse mehr gestreckt, und noch weiter oben geht sie allmählich in Kreisform über. — Den Grund des Zweiges bildet auch hier ein kräftiger, nach unten verlängerter Sockel, der auf beiden Seiten in den Ringwall übergeht.

Von den inneren Störungen, die sich an den Pflanzen der *S. fragilis* im Absterben von Gewebestreifen an der Hauptachse und an den Seitengliedern 1. und 2. Ordnung äußerte, gewahrt man hier nichts. Die Rinde hat vielmehr überall glatte Oberfläche und gesundes Aussehen, und zwar gilt dies nicht bloß für die vorliegende kräftige Pflanze, sondern für alle verkehrten Individuen, starke und schwache, die wir beobachtet haben. Die anatomische Untersuchung wird zeigen, daß die exzentrischen Achsen auch an den Orten geringsten Wachstums alljährlich einen freilich nur dünnen Jahrring erzeugten.

Betrachten wir nun den unterirdischen Teil, der darum besondere

Beachtung verdient, weil an ihm Erscheinungen auftreten, die bei keiner der bisher von uns untersuchten Weidenarten vorkommen. An den Stecklingen fällt zunächst auf, daß sie aus dem Boden immer neue Sprosse hervorsenden, auch wenn alle primären Knospen oder die aus ihnen hervorgegangenen Triebe entfernt wurden. Die Untersuchung des Scheitelendes lehrt, daß es einen eigentümlichen Wulst erzeugt, aus dem die Sprosse dauernd neu hervorgehen, wenn man die an der Erdoberfläche sichtbar werdenden immer wieder zerstört. Es ist höchst wahrscheinlich, daß alle, oder doch ein großer Teil der später entstehenden Triebe adventiver Natur sind. Der Wulst, der ihren Entstehungsherd bildet, erreicht nun bei der besprochenen Behandlung der Pflanze immer größeren Umfang. An unserer 5jährigen Pflanze hatte er eine Höhe von 4,8 cm und einen Querdurchmesser von 5,5 cm erreicht; er umfaßt hier die Achse zu etwa Dreiviertel ihres Umfanges und ist von den Wurzeln umgeben. Von unseren Figuren gibt die eine die Stammseite mit dem Wulste, die andere die gegenüberliegende wieder; auf dieser sieht man unten das abgestorbene Zweigende. An älteren Pflanzen wächst der Körper immer mehr, wenn man die aus ihm hervorgehenden Triebe stets entfernt; uns liegen solche vor, deren größter Durchmesser 8 und 9 cm beträgt. Bei diesen Bildungen handelt es sich, was hier schon vorweg bemerkt werden mag, um dieselben Erscheinungen, die wir bei den Kopfweiden gewahren; die anatomischen Verhältnisse sind, wie wir später zeigen werden, bei beiden in allen wesentlichen Punkten gleich.

Wir knüpfen hieran die Beschreibung eines Vorkommens, das bisher auch nur bei *S. elegantissima* beobachtet wurde, das aber durch den Experimentator gewiß auch bei anderen Arten hervorgerufen werden kann. Statt nur eines Hauptseitensprosses waren deren zwei gebildet worden, die einander gegenüber auf gleicher Höhe standen und sich etwa gleich stark entwickelten. Folge davon war, daß nun über diesen nicht ein langer Wulst entstand, sondern zwei, welche in die Ebene fielen, die sich mit der der Zweige kreuzte. Die Achse bildete hier einen auffallend gestalteten flachen Körper, Fig. 41, der auf beiden Seiten gewölbt, in der Mitte aber eingezogen war. Unsere Figur gibt ihn fast vollständig, bis zur Höhe der Zweige, über denen er abgeschnitten wurde, wieder. Die Kurven in ihrem oberen, dunkel gehaltenen Teile deuten das schrittweise Absterben des Gewebes vom basalen Ende her an. Bei der Beendigung des Versuches befand sich die Grenze zwischen dem abgestorbenen

und gesunden Gewebe bei g. Die merkwürdigen anatomischen Verhältnisse des Körpers werden uns später beschäftigen.

Um etwa möglichen, durch unsere Bilder hervorgerufenen, Mißverständnissen vorzubeugen, sei endlich noch erwähnt, daß nicht immer das Stammstück gegenüber dem großen Seitenzweige sich so bedeutend in die Länge entwickelt, wie es bei den besprochenen Beispielen geschah. Bei andern entstand ein Wulst von nur geringer Höhe. Auch der Ringwall, der den Sockel des Sprosses mit dem Wulste verbindet, verlängert sich nicht immer kräftig nach unten. So hat eine Pflanze, die nun 11 Jahre alt ist, einen weit weniger in die Länge entwickelten Wulst. Es ist nur eine starke Wurzel vorhanden, die an der Erdoberfläche aus der Achse hervorgeht. Das Verzweigungs-System hat sich auf Grund der Stellung, die sie einnimmt, überwiegend in die Breite entwickelt. Sieht man von der geringen Entwicklung der Pflanze und von ihrer Geschwulst ab, so kann man sagen, sie sehe äußerlich gesund aus: die Gestalt und Farbe der Blätter, die Beschaffenheit der Rinde sind wie bei einem normalen Baume. Wie an diesem stirbt an ihr alljährlich eine Anzahl kleinerer Triebe ab, wird aber stets durch eine größere Summe neuer ersetzt. Diese Dinge können aber nicht darüber täuschen, daß die inneren Lebensvorgänge großen Störungen unterworfen sind: die Kleinheit der Pflanze und die Zunahme der Geschwulst schließen jeden Zweifel aus. Bei der Langsamkeit des Wachstums des Wulstes nach unten und seiner großen Entfernung von der Wurzel ist nur geringe Aussicht vorhanden, daß die inneren Hemmungen überwunden werden. Ob dies Ziel erreicht wird oder schon vorher der Tod eintritt, hat die Zukunft zu lehren.

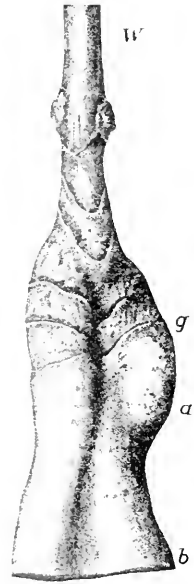


Fig. 41.

Salix acutifolia.

An der verkehrten Achse der Stecklinge dieser Art treten Anschwellungen auf, wie sie in ähnlicher Art auch bei andern Formen vorkommen, die aber in ihrem Auftreten doch eigentümlich sind und daher verdienen, kurz besprochen zu werden. Es sei ein Beispiel erörtert, dem die übrigen in der Hauptsache gleichen.

An der verkehrten Achse entstanden auf der ganzen Länge bis zu

einiger Entfernung von der basalen Schnittfläche Triebe, deren Länge wie gewöhnlich von unten nach oben abnahm: die höchste, nicht ausgewachsene Knospe war 4,2 cm von der Schnittfläche entfernt. An dieser bildete sich zunächst ein Callus von 1,5 mm Höhe; später aber begann er und das ganze basale Ende abzusterben. Bis zum Schlusse der Wachstums-Periode war es bis zur Tiefe von 13 mm auf der Seite der höchsten Knospe und bis zu 25 mm auf der entgegengesetzten Seite verfallen. Ueber der Knospe schwoh die Achse zu einer Geschwulst an, die bis zum Ende des Herbstes 21 mm Länge und 4 mm Höhe erreichte. Ein weiterer, etwa gleich hoher, aber kürzerer Körper entstand über der nächsten Knospe, die 13 cm unter der basalen Schnittfläche stand und sich zu einem kleinen Triebe entwickelte. — Im zweiten Jahre entwickelte sich die Geschwulst über der basalen Knospe weiter; ihr radialer Durchmesser nahm um 2 mm zu. Gleichzeitig setzte sich die Wulstbildung unterhalb der Knospe bis zu 15 mm Tiefe fort und erlangte dieselbe Höhe, wie der Körper über der Knospe. Auch die tiefer, über dem Triebe entstandene Geschwulst wuchs im zweiten Jahre noch, aber weniger als die obere; dies geschah, obschon der kleine Sproß schon im Sommer abstarb, ein Zeichen dafür, daß das Wachstum der Geschwulst und des Triebes unabhängig von einander sind. — Wie sehr der Zusammenhang der Gewebe auf gleicher Höhe am Umfange der Achse auch hier gelockert war, beweist die Tatsache, daß die Seite gegenüber der oberen Geschwulst immer weiter abstarb, indes diese noch an Umfang zunahm.

Das eben besprochene Verhalten wurde auch an anderen Zweigen beobachtet, und es darf daher als Eigenschaft der Art bezeichnet werden,



Fig. 42.

daß sie an den Achsen der verkehrten Stecklinge an beliebigen Orten über dem Hauptseitensproß, selbst in der Nähe der Basis, mehr oder minder kräftige Geschwülste erzeugen. Die eben besprochene Pflanze starb in der Folge ab. In Fig. 42 ist ein Beispiel dargestellt, wo ebenfalls in geringer Entfernung vom basalen Ende unter einer Knospe ein Wulst entstand, der sich rasch entwickelte und rings um den ganzen Zweig fortsetzte. Ein weiteres Beispiel führt Fig. 43 vor Augen. Hier betrug die Länge der Achse über dem Hauptseitensproß 36 cm. Etwa 5,3 cm unter der basalen Schnittfläche entstand eine Geschwulst, die sich rings um das Organ stark entwickelte; sie war bei Beendigung des Versuchs 5,5 cm hoch und hatte einen größten Querdurchmesser von 5 cm. Ihre untere Grenze war 9,5 cm von der Achsel des großen Seitensprosses entfernt.

Im übrigen verhält sich die Art wie die früher beschriebene. Die Achse wächst dem Hauptseitensproß gegenüber stark exzentrisch, ebenso

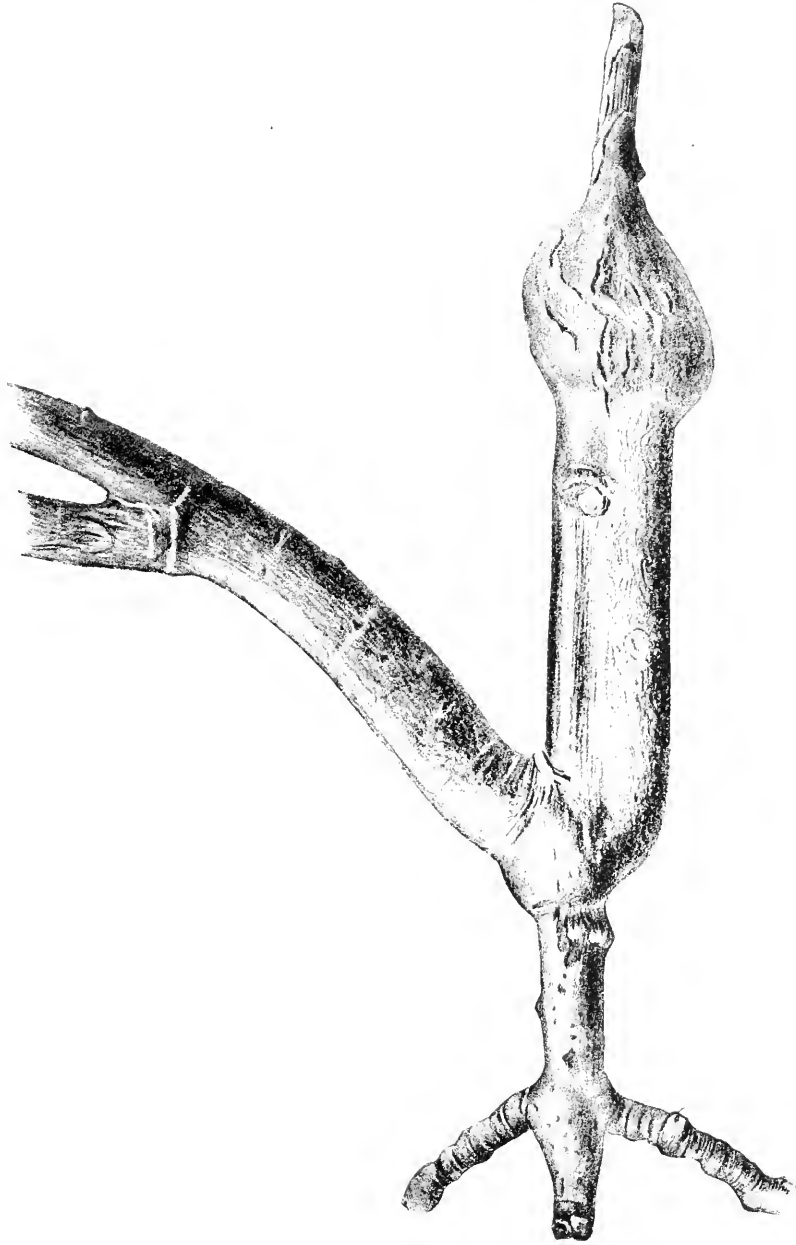


Fig. 43.

der Tochterzweig auf seiner Unterseite. Auf dieser wurde in etwa 11,5 cm Entfernung vom Zweiggrunde der kräftigste Seitensproß 2. Ordnung er-

zeugt. Im Boden sind zwei kräftige Wurzeln entstanden, unter denen die Achse wulstartig angeschwollen ist.

Salix pentandra.

Auch bei den verkehrten Pflanzen dieser Art kehren die wesentlichen Erscheinungen wieder, die wir für die andern Arten angegeben haben, und brauchen daher nicht besprochen zu werden. Doch wurde an einer Pflanze ein Vorgang beobachtet, dem wir zwar schon einmal, jedoch in weniger ausgebildeter Form, begegneten, und der beachtet zu werden verdient. An der Hauptachse entstand, dem großen Seitensprosse gegenüber, in gewohnter Weise der Wulst. Die in dem verkehrten Organ auftretenden inneren Störungen waren hier so bedeutend, daß außer dem ganzen basalen Ende bis zur Geschwulst auch das Gewebe der dem Achselsproß zugewandten Seite bis zu seiner oberen Ansatzstelle und ferner der ganze unterirdische Teil bis zum Ursprungsorte der einzigen großen Wurzel, der sich auf der Hinterseite bei w befindet, abstarb. Von diesem gewahrt man vorn noch einen kurzen Rest; alles Uebrige ist längst zersetzt. Die Geschwulst selbst aber entwickelte sich auf ihren beiden Flügeln, weit überwiegend auf ihrem rechten — im Sinne des Beschauers — so, daß sie die gebräunte Oberfläche des Mutter-Organes überwallten und sich endlich vereinigten. Die Verwachsungsnaht liegt vorn; der rechte Flügel der Geschwulst ist über die ganze Rückseite und die dem Achselsproß zugewandte Seite hingewachsen.

Zum Verständnis der Fig. 44 sei noch beigefügt, daß die Wurzel und der Seitensproß 1 innerlich, wenn auch erst auf einer Seite, in normale polare Verbindung getreten und daß daher die Stoffbewegung und Ernährung von der Hauptachse unabhängig geworden sind. Die fast völlig abgestorbene Hauptachse und die diese umgebende lebendige, vom Seitensproß und der Wurzel aus ernährte Geschwulst hängen wie ein störender Fremdkörper an dem von der Wurzel und der Seitenaehse gebildeten System. Bei längerer Entwicklung würde auch die Geschwulst allmählich zu Grunde gehen und ihr Rest mit dem der verkehrten Hauptachse dem unkundigen Auge wie ein schwer verständliches Anhängsel an der Pflanze erscheinen.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß der Seitenzweig 1 exzentrisch gewachsen ist, und daß er auf seiner einstigen Unterseite seinen kräftigsten Tochterzweig erzeugt hat, über dem er aber nicht abgestorben ist, sondern sich weiter entwickelt hat, freilich schwächer als Zweig 2.

Salix viminalis.

Als letzte der zum Versuch benutzten Arten sei endlich noch *S. viminalis* genannt. Ein verkehrter Steckling¹⁾ hatte nach mehreren Jahren



Fig. 44.



Fig. 45.

1) Die Pflanze wurde uns vor langer Zeit von Herrn Professor *G. Berthold* in Göttingen überlassen. Sie entwickelte sich im Tübinger Garten weiter und wuchs zu der gezeichneten Form heran. Dem verehrten Kollegen sei auch hier noch einmal Dank für sein freundliches Entgegenkommen abgestattet.

die in Fig. 45 dargestellte Gestalt angenommen. Wie man sieht, bildet der starke Wulst mit dem basalen Sockel des Seitenastes H einen abwärts entwickelten, umfangreichen, einheitlichen Körper, aus dem unten der Scheitelteil der Hauptachse hervortritt. Dieser ist an seinem äußersten Ende abgestorben, darüber aber nicht nur erhalten, sondern sogar noch etwas in die Dicke gewachsen. Auf der linken Seite ist eine starke Wurzel entstanden, die in die Flucht des Seitenastes fällt und, nach dem Äußeren zu urteilen, mit diesem schon in polarer Hinsicht normal verbunden ist.

II. Histologische Untersuchung.

Unter den verschiedenen Weidenarten, von denen der innere Bau der verkehrten Pflanzen untersucht wurde, stehen *Salix fragilis* und *elegantissima* im Vordergrund. Wir beginnen mit der ersteren.

Salix fragilis.

Den Ausgangspunkt soll die große verkehrte Pflanze bilden, die früher beschrieben und in den Fig. 39 a und b abgebildet wurde.

Wir fassen zunächst den oberen Teil der Achse mit der großen Geschwulst ins Auge und stellen einen Querschnitt durch den ganzen Körper an der Stelle her, wo der Wulst am umfangreichsten ist. Fig. 46 gibt das

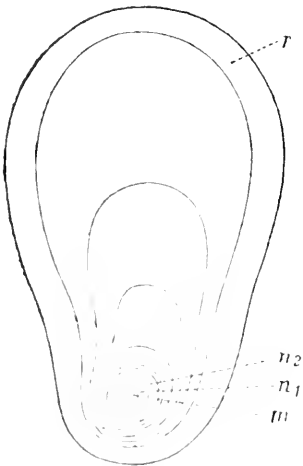


Fig. 46.

Bild des Schnittes; es wurde in natürlicher Größe möglichst genau entworfen, nur die kleinen Unebenheiten der Oberfläche unberücksichtigt gelassen; die inneren Linien geben die Grenzen der Jahrringe, des Markes und der Rinde an. Man gewahrt unten das kleine Mark, durch den inneren Kreis angedeutet, dann zwei Jahrringe, die der Zweig vor der Umkehrung erzeugt hatte, und die normal radiär gebaut sind, n_1 und n_2 . Nun folgt der erste nach der Umkehrung gebildete Ring. Er hat sehr geringen Durchmesser und ist ringsum ungefähr gleich stark. Die nun folgenden 4 Ringe sind exzentrisch gebaut und zwar in steigendem Maße. Der 2. mißt im größten Durchmesser 2,5 mm, der 3. schon 8,5 mm, der 4. 14 mm und der 5. endlich 20,5 mm. Dazu zeigen die Ringe eine schwache Asymmetrie: die linke

Seite ist da, wo die kräftige Zunahme der Jahrringe beginnt, etwas stärker einwärts gebogen, als die rechte. — Auf der der großen Exzentrizität gegenüberliegenden Seite sind die Ringe nur wenig entwickelt, ihre Durchmesser sind zwar ungleich, die Unterschiede aber so gering, daß man sie erst bei stärkerer Vergrößerung gewahrt. Auch die stark entwickelte Rinde hat ungleiche Mächtigkeit. Auf der unteren, der am wenigsten entwickelten Seite mißt sie annähernd 2,5 mm im Durchmesser, gegenüber, in der Mitte der großen Exzentrizität, 3,5 mm. zwischen beiden, an den Orten ihrer größten Stärke, 4,5 mm.

Den nächsten Querschnitt führen wir wieder durch die Hauptachse, dieses Mal aber unter der Geschwulst, etwa auf halber Höhe zwischen dieser und den am höchsten stehenden Wurzeln. Hier bietet der Stamm das in Fig. 47 bei 1,6 facher Vergrößerung hergestellte Bild. Der Umriss und der Verlauf der Ringe ist schwach und etwas unregelmäßig elliptisch;

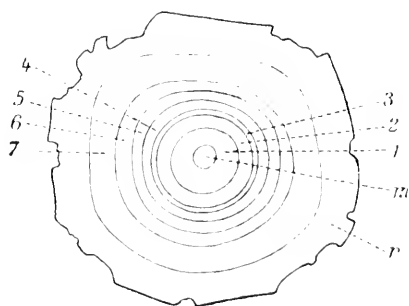


Fig. 47.

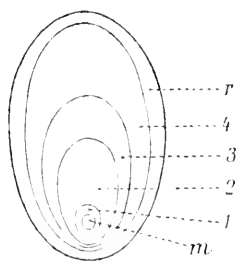


Fig. 48.

die größere Achse fällt in die Ebene, die man sich durch den großen Wulst, die Mitte der Achse und den Hauptseitensproß gelegt denken kann; sie hat fast 31 mm im Durchmesser, die dazu senkrechte kleinere 28,5 mm. Trotz der Abweichung von der Kreisform ist der Stamm hier doch als radiär gebaut zu bezeichnen. Das Mark, *m*, wird umschlossen von den zwei vor Beginn des Versuches gebildeten Jahrringen, die schwach exzentratisch gestaltet sind, 1 und 2. Auf diese folgt der erste, nach der Umkehrung entstandene, sehr dünne Ring 3, dem sich der nächste, 4, mit nur wenig größerem Durchmesser anreihet. Die nun folgenden 3 Ringe, 5, 6 und 7, nehmen an Stärke langsam zu; der letzte hat den größten Durchmesser 4 mm und übertrifft den vorhergehenden um etwa das Doppelte. — Im Wesentlichen denselben Bau wie den eben beschriebenen hat die Achse auf der Strecke zwischen den oberen und unteren Wurzeln, nur ist sie hier ganz radiär und etwas weniger umfangreich.

Damit wenden wir uns zu dem Seitenzweige 1. Ordnung, dessen Querschnitt Fig. 48 in natürlicher Größe wiedergibt. Er wurde in 3 cm Entfernung vom Sproßgrunde ausgeführt; die Figur gilt fast unverändert für die ganze Länge des Organes bis zur Ansatzstelle des Seitenzweiges 2. Der Querschnitt hat elliptischen Umriß; sein großer Durchmesser beträgt 33 mm, der kleine 20,5 mm. Der Holzkörper ist stark exzentrisch gebaut, sein großer Durchmesser, von der Markgrenze an gerechnet, mißt 25,5 mm, der kleinste auf der gegenüberliegenden Seite nur 3 mm. Die große Achse gehört der morphotischen Oberseite an und ist nach unten gewandt. Im ersten Jahrringe ist die Exzentrizität noch gering; der große Durchmesser beträgt 1,4 mm, der kleine 0,9 mm, der Unterschied also 0,5 mm. Beim zweiten Ringe sind die entsprechenden Größen 9 und 1,25 mm; der Unterschied steigert sich auf 7,75 mm. Der dritte Ring hat einen großen Durchmesser von 5,5 mm: einen kleinen von nur sehr geringer

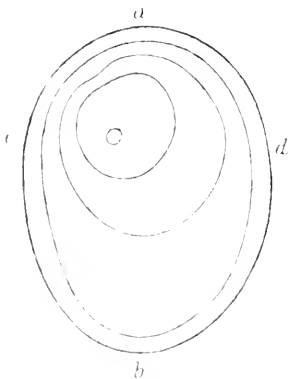


Fig. 49.

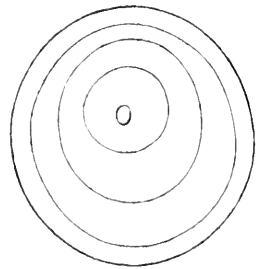


Fig. 50.

Entwicklung. Beim 4. Ring endlich beträgt der große Durchmesser 9,5 mm, der kleine, wieder nur schwach ausgebildete, 0,25 mm, der Unterschied also 9,25 mm.

Aus dem Seitensproß 1. Ordnung geht in 19 cm Entfernung vom Grunde der Seitenzweig 2 hervor (Fig. 39 a). Er entspringt der Unterseite, jedoch nicht genau in deren Mittellinie, sondern etwas seitlich davon, in der Zeichnung auf der Vorderseite. Auch er ist in seinem unteren Teile exzentrisch gebaut. Ein Querschnitt in geringer Entfernung vom Grunde hergestellt, bietet das in Fig. 49 mit dem *Bergerschen* Apparat bei 1,6 facher Vergrößerung möglichst genau gezeichnete Bild. Die Verhältnisse sind sehr eigentümlich. Der Bau des Holzkörpers ist exzentrisch, aber nicht symmetrisch, wie der der Mutter-Organes, sondern asymmetrisch. Der

Umriß des Ganzen ist fast elliptisch, die große Achse mißt (in der Vergrößerung) 43,5 mm, die kleine 33 mm. An der Asymmetrie ist die Rinde nicht, oder nur sehr wenig beteiligt; sie zeigt sich nur am Holzkörper. Um die Größe der Exzentrizität und Asymmetrie zu bestimmen, führen wir folgende Maße an. Die größte Entfernung vom Mittelpunkte des Markes bis zur Grenze des Holzkörpers, in der Richtung nach *b*, beträgt 27 mm, die größte Entfernung nach der entgegengesetzten Seite, in der Richtung nach *a*, 11,2 mm. In der Querrichtung hat die Achse einen größten Durchmesser von 17,5 mm, einen kleinsten von 9,5 mm, dieser ungefähr der kleinste Durchmesser am ganzen Körper. — Die Lage der Achsen in Beziehung zum mütterlichen Gebilde ist nun derart, daß das Mark und der kürzeste Radius schräg nach außen gewandt sind. — Besonders zu beachten ist der Umstand, daß die Lage der verschiedenen Radien in den aufeinander folgenden Ringen ungleich ist. Im ersten, der sich schon sehr kräftig entwickelt hat, ist der größte Radius schräg nach oben, im zweiten schräg abwärts, im dritten endlich fast genau nach unten gerichtet.

Wie schon das äußere Aussehen des Zweiges verrät, nimmt die Exzentrizität mit der Entfernung von seinem Grunde ab. 30 cm darüber zeigt der Querschnitt das in Fig. 50 dargestellte Bild. Die Exzentrizität ist noch vorhanden, aber erheblich schwächer ausgebildet, als unten. Auch die eben erwähnte Ungleichheit in den Ringen ist zwar noch sichtbar, aber auch minder ausgeprägt, die Richtung der großen Durchmesser aber unverändert geblieben. Das Bild stellt den Übergang zum radiären Bau dar, der auf der folgenden Zweigstrecke, etwa 40 cm über dem Grunde, schon völlig erreicht wird. Wie in der Verzweigung wird also auch im anatomischen Bau der Sproß in seinem oberen Ende normal.

Es bleibt uns nun noch ein letzter Querschnitt übrig, der durch die Wurzel. Außerlich betrachtet erscheint sie zylindrisch, der Querschnitt lehrt aber, daß auch sie exzentrisch gebaut ist. Dies zeigen unsere Figuren 51 und 52, die jedoch nicht nach Wurzeln unserer Pflanze, sondern nach denen einer andern entworfen sind. Beider Umriß ist fast kreisrund. Im ersten Beispiel haben alle 6 Jahrringe und die Rinde exzentrischen Bau; in dieser und im innersten Ringe ist er am stärksten ausgebildet, weniger in den 5 folgenden Ringen. Ungleich ausgeprägter ist das Verhältnis im zweiten Beispiel, in dem 4 Jahrringe vorhanden sind. Die große Achse des Holzkörpers mißt hier 17 mm, die kleine 5 mm; in der Rinde beträgt der große Durchmesser 11 mm, der kleine 4,2 mm (alles nach den vergrößerten Bildern gemessen). In den beiden, wie in andern

untersuchten Fällen war die große Achse des Körpers nach unten gewandt.

Den eben vorgeführten Figuren und Erörterungen mögen zur Ergänzung noch die Durchschnitte des oberen Zweigteiles eines verkehrten Stecklings am Schlusse des zweiten Jahres nach der Umkehrung beigelegt werden. Fig. 53 stellt den Querschnitt durch die beginnende Geschwulst gegenüber dem starken Hauptprosse dar. Auf das Mark folgen 2 radiär

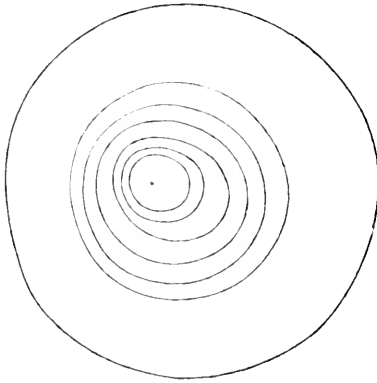


Fig. 51.

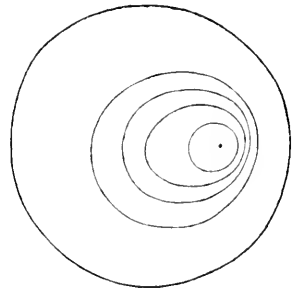


Fig. 52.

gebaute Jahrringe n_1 und n_2 , vor der Umkehrung erzeugt. Ihnen reiht sich der erste, nach der Umkehrung gebildete 1, an; er ist in der unteren, dem Achselsproß zugewandten Hälfte sehr dünn, in der oberen etwas stärker, hier auf der rechten Seite mit einer kleinen Ausbuchtung versehen. Auch der nächste Ring 2 ist in seinem unteren Teile sehr zart, im oberen aber bedeutend kräftiger entwickelt, als der vorige. Auch die Rinde r ist auf den beiden Seiten von ungewöhnlich verschiedener Stärke, auf der unteren hat sie schon begonnen, abzusterben; die kleinen radialen Linien geben die Grenze zwischen dem lebendigen und absterbenden oder schon abgestorbenen Gewebe an. Den

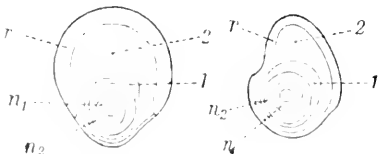


Fig. 53.

Fig. 54.

zweiten Querschnitt, der in tieferer Region, jedoch auch noch über der Ansatzstelle des Achselsprosses geführt wurde, gibt Fig. 54 wieder. Hier war der erste anomale Ring 1 in seiner oberen Hälfte etwas stärker und gleichmäßiger ausgebildet, als

auf dem oberen Schnitte; doch überwiegt auch hier die rechte Seite im Wachstum. Der zweite Ring 2 hat auch hier einseitig stärkeren Umfang erreicht und ist dabei asymmetrisch gestaltet, im ganzen aber schwächer

ausgebildet, als auf dem Schnitt aus dem höheren Teile der jungen Geschwulst. Dasselbe gilt von der Rinde, die aber hier noch ringsum erhalten und von frischer Farbe war. Die beiden Schmitte zeigen, wie ungleich das Wachstum auf nur wenig von einander verschiedenen Höhen der Geschwulst sein kann. Wahrscheinlich wäre aus ihr bei weiterer Entwicklung ein Körper hervorgegangen, dessen oberer Teil den unteren an Stärke übertroffen hätte, und der auf seiner dem Seitenzweige zugewandten Seite abgestorben wäre.

Nachdem wir die Querschnitte der verschiedenen Teile unseres Körpers einer vergleichenden orientierenden Betrachtung unterworfen, haben wir als nächsten wichtigsten Gegenstand die *Gewebebrücke* zu untersuchen, die den großen Wulst mit dem Achsel sproß verbindet.

Um in die verwickelten Bauverhältnisse einzudringen, tragen wir das Gewebe der Rinde in dem bezeichneten Stammgebiet vorsichtig ab, so zwar, daß der ganze Faserverlauf im Holzkörper klar vor Augen liegt. Das Bild einer solchen Fläche gibt Fig. 5, Taf. III wieder. Unten sieht man den oberen Teil des radiär gebauten Stammstückes zwischen der Brücke und den Wurzeln, rechts den Grund des Achsel sproßes und links den unteren Teil der großen Geschwulst. Wie man gewahrt, verlaufen die Fasern — wir gebrauchen diesen Ausdruck für die sämtlichen prosenchymatischen Bestandteile des Holzkörpers, denen ja die parenchymatischen folgen — von dem Achsel sproß nach der Geschwulst; im oberen Teile der Brücke sind die Biegungen stark, weiter unten werden sie flacher; in der Mitte und noch mehr in der Tiefe haben sie geraden, von rechts unten nach links oben gerichteten Verlauf. Im unteren Teile der Geschwulst sind die Faserzüge regelmäßig und folgen der Umrißlinie des Körpers, in der Höhe aber, die unsere Figur eben noch andeutet, werden sie unregelmäßig. Sie biegen sich anfangs schwach, dann stärker wellig, behalten aber ihre frühere Richtung noch bei, bis sie sich plötzlich unter starker Krümmung seitwärts wenden, die der rechten Seite angehörenden nach rechts, die der linken Seite nach links, diese aber alsbald mit scharfer Knickung rückwärts biegend und sich ebenfalls nach rechts wendend. In der nächsthöheren Region der Geschwulst, die nicht mehr gezeichnet wurde, schlagen die Faserzüge die umgekehrte Richtung, von rechts nach links, ein, im ganzen aber in unregelmäßiger Weise. Das Bild eines solchen Verlaufes gibt Fig. 12, Taf. VI, die nach einem ähnlichen Körper der *S. alba vitellina pendula* hergestellt wurde, auf die wir später zurückkommen, und deren Deutung wir versuchen werden. Auf der in unserer

Fig. 5, Taf. III wiedergegebenen Fläche ist der Faserverlauf in der Hauptsache gleichmäßig, nur selten wird er durch knäuelartige Bildungen gestört; die meisten dieser Formen finden sich in dem Vorsprunge auf der rechten Seite unten, wo die Faserzüge stark gebogen sind; man beobachtet sie weiter auf der Unterseite der Brücke, über ihrem Ursprunge an der Hauptachse.

Das über die Krümmung der Fasern Gesagte gilt jedoch nur für die Geschwulst; der Teil der aufrechten Achse, aus dem sie hervorgegangen, der selbst nur wenig in die Dicke gewachsen ist, hat den geraden Faserverlauf gewöhnlicher Glieder: von ihm sieht man in unserer Figur bei a ein kurzes Stück, in das die Züge des Seitenastes ungestört eintreten.

Als besonders wichtig drängt sich nun die Frage auf, wie sich die Faserzüge der Hauptachse an die der Brücke anschließen. Wie unsere Figur zeigt, biegen die von unten kommenden Fasern der Achse nach der Geschwulstseite hin aus und legen sich in dieser Richtung an die Fasern der Brücke an. Wir werden später sehen, daß dieser Verlauf den polaren Verhältnissen der Gewebe durchaus entspricht. Im übrigen ist er einfach, Störungen, Knäuel und ähnliche Bildungen kommen vor, aber nicht häufig.

Das eben beschriebene Flächenbild wollen wir nun durch ein zweites ergänzen. Wir drehen den Körper um 90° und betrachten seine Achsel sproßseite schräg von unten, so, daß wir den Buckel am Grunde des Astes mit seiner nächsten Umgebung klar vor uns haben. Das nun gebotene Bild des Faserverlaufes zeigt Fig. 13, Taf. III. Man sieht den auf beiden Seiten verdickten Sproßgrund über der Ansatzstelle an der Hauptachse. Hier verlaufen nun die Fasern in folgender Art. Sie kommen von oben in geraden Zügen herab und wenden sich dann in dem Buckel zu beiden Seiten einer geraden oder gebogenen, etwa die Mitte einnehmenden Linie — sie wurde in der Figur durch einen etwas verstärkten Strich angedeutet — und bilden nach rechts und links wagerecht verlaufende Linien. Im unteren Teile des Hügels sind die Umbiegungen scharf, ihre Schenkel können bis zu einem rechten Winkel von einander abweichen: weiter oben sind sie offener. Das ganze Bild der Fasern gleicht daher einem Scheitel. Daß dieser Faserverlauf nicht ohne Ueberwindung innerer Widerstände eingeleitet und erhalten wird, lehren die zahlreichen Knäuelbildungen, die hier überall vorhanden sind. Aehnlich wie in dem Hügel verhalten sich die Fasern im angrenzenden höchsten Teile der Hauptachse: auch sie weichen

zu, beiden Seiten der Mittellinie nach rechts und links aus und legen sich gleichsinnig an die Züge des Hügels.

Wir betrachteten eben die Brücke und ihre Umgebung von außen. Um nun den Bau weiter klar zu legen, führen wir zunächst zwei Längenschnitte aus, einen in der Median-Ebene der Ansatzstelle des Seitensprosses, den andern senkrecht dazu etwa in der Mitte der Brücke. Den ersten führt Fig. 9, Taf. III, den zweiten Fig. 11, Taf. III vor Augen; bei beiden bildet das Mark die innere Grenze.

Es sei zuerst der Median-Schnitt betrachtet. Auf ihm gewahrt man auf der linken Seite das Mark der Hauptachse *m*, in welches das des Seitensprosses *m* einbiegt; die äußere obere Grenze bildet die an beiden etwa gleichstarke Rinde *rr*. Die Linien 1, 2, 3, 4 geben die Grenzen der vorhandenen 4 Jahrringe in dem großen exzentrisch gebauten Teile an; man vergleiche damit das Querschnittsbild Fig. 48. Diese Linien bezeichnen zugleich den Verlauf der Fasern; die dicht aufeinander folgenden Grenzen der Jahrringe in der kleinen Exzentrizität zwischen *m* und *r* oben sind nicht angegeben. Unten rechts sieht man den Durchschnitt des Hügels, dessen Faserverlauf in der Oberflächenansicht eben verfolgt wurde. Die dichten Gruppen schräg von oben nach unten gerichteter Linien zeigen den Verlauf der Markstrahlen und damit zugleich den der Fasern an, die hier senkrecht zur Median-Ebene (der Fläche der Zeichnung) gerichtet sind. Man vergleiche damit die Oberflächenansicht Fig. 5, Taf. III. Wir erinnern daran, daß es sich hier um die Sproßachsel handelt, die außergewöhnlich stark entwickelt ist, und deren anomal gebautes Gewebe daher bedeutenden Umfang gewonnen hat. Um sich die Sache besser zu veranschaulichen, betrachte man die Fig. 5, Taf. XI der normalen Sproßachsel, kehre sie um und denke sich den Sproß schräg nach oben gekrümmt, wie in der verkehrten Pflanze; so ergeben sich die ähnlichen Beziehungen. Man erkennt alsbald, was sich übrigens von selbst versteht, daß die durch das Zusammentreffen gleichnamiger Pole verursachten Störungen sich fortgesetzt haben, daß der Bau der Achsel sich nicht verändert hat, abgesehen davon, daß das anomal gebaute Gewebe sich infolge des abnorm starken Wachstums der Sproßachsel entsprechend entwickelt hat.

Werfen wir nun einen Blick auf den zweiten Schnitt, der senkrecht zur Median-Ebene durch die Mitte der Brücke geführt wurde, Fig. 11, Taf. III.

Hier gibt *m* wieder das Mark und *r* die Rinde an; *n* bedeutet den vor der Umkehrung erzeugten, aus 2 Jahrringen bestehenden Holzteil,

die Zahlen 3, 4, 5, 6 und 7 zeigen die Grenzen der anomalen Ringe an. Der innerste (3.) verläuft fast gerade, der zweite (4.) bildet etwas über der Mitte eine schwache Ausbuchtung, der nächste (5.) auf halber Höhe eine beträchtlich stärkere, der 6. darunter eine noch kräftigere und der 7. endlich unten die am weitesten entwickelte. Die Höhenpunkte liegen also unter einander, wandern gewissermaßen. Der Gipfelpunkt des 4. Ringes liegt ungefähr 29 mm unter der Schnittfläche, der des 5. 31 mm, der des 6. 42 mm und der des 7. endlich 55 mm. Die zarten, schwach bogenförmig verlaufenden Linien geben die Richtung der Markstrahlen an, die dazwischen liegenden Gefäße und Holzzellenreihen stehen senkrecht auf der Ebene der Zeichnung. Besonders bedeutungsvoll ist das Wachstum der Jahrringe nach unten und seine allmähliche Steigerung. Wir werden später sehen, daß hierin eine der Heilungsmöglichkeiten, eine der Möglichkeiten zur Wiederherstellung des normalen Faserverlaufes gegeben ist.

Nachdem wir den Bau der Querschnitte der verschiedenen Teile des Stammes, der Achsel sprosse und der Wurzel und ferner den Verlauf der Fasern in der wagerechten Brücke und den angrenzenden Stammteilen festgestellt haben, wenden wir uns nunmehr zur Untersuchung der näheren Bestandteile der Glieder unserer Pflanze und beginnen mit dem

Stammteil zwischen der Wurzel und dem großen Seitensproß.

Wie früher angegeben, hat der Stamm 7 Jahrringe. Von diesen waren bei Beginn des Versuches 2 vorhanden, beide kräftig ausgebildet. Nach der Umkehrung wird im ersten Sommer ein sehr schwacher Ring entwickelt; sein Durchmesser beträgt kaum 0,8 mm. Der im nächsten Jahre erzeugte ist etwas stärker, er mißt 1,2 mm. Der darauf folgende hat einen radialen Durchmesser von 1,6 mm. Im 4. Jahre des Versuches entsteht ein Ring von 2,2 mm Stärke, und der im 5. Jahre gebildete mißt 4 mm. Diese Durchmesser geben ein klares Bild des Wachstums der Pflanze nach der Umkehrung. Man sieht, wie die inneren Störungen erst allmählich überwunden werden, und diesen inneren Verhältnissen entspricht die äußere Entwicklung genau.

Damit gehen wir zur Betrachtung der Elemente der Ringe über. Der schwache erste Ring, der 3. in der Figur, ist auffallend reich an Gefäßen, die aber durchschnittlich kleiner sind, als die eines gewöhnlichen Ringes

gleichen Alters (Fig. 32, Taf. I). Die meisten liegen einzeln, doch kommen auch teilweise eigentümliche Gruppen vor, erstens radiale Reihen, wie man sie auch im normalen Holze beobachtet, die hier aber oft länger werden, zweitens rundliche Gruppen von 3, 4, 5 und mehr Gefäßen, die wahrscheinlich aus einer Mutterzelle hervorgingen. Solche Gruppen können die ganze Breite zwischen zwei Markstrahlen einnehmen und auf diese noch wie auseinanderdrängend einwirken. — Die Holzzellen sind verhältnismäßig zartwandig und meist in Reihen geordnet. Die Markstrahlen setzen sich vom vorhergehenden normalen Ringe aus ungestört fort, ihre Zellen aber sind in tangentialer Richtung etwas breiter, als die jenes Ringes.

Der zweite Jahrring ist dem ersten ähnlich. Er ist in seinem inneren und mittleren Teile reichlich, im äußeren weniger mit Gefäßen versehen; längere Reihen und anomale Gruppen werden hier, jene zumal im äußeren Teile, schon häufiger. Die Holzzellen sind auch hier noch zartwandig und bilden meist Reihen; die tangentielle Breite der Markstrahlen hat noch etwas zugenommen, und es ist ferner die Zahl der Strahlen gewachsen, ein Gegenstand, den wir noch genauer zu verfolgen haben werden.

Im nun folgenden dritten, nach der Umkehrung entstandenen Jahrring ist die Summe der Gefäße geringer, als im vorigen. Im inneren Teile sind sie zwar noch reichlich vorhanden, im mittleren und äußeren aber kommen sie weniger häufig vor; die Zahl der beschriebenen ungewöhnlichen Gruppen und Reihen aber ist gewachsen. Die Holzzellen haben stärkere Wände und sind an manchen Stellen regellos gelagert. Die Markstrahlen sind in größerer Zahl vorhanden, und ihre Breite hat zu-, ihre radiale Länge aber abgenommen.

Im vierten Ringe führt zwar der innere Teil noch zahlreiche Gefäße, aber der Unterschied zwischen ihm und der darauf folgenden gefäßärmeren Region ist geringer, als im vorigen Ringe.

Im fünften Ringe weicht endlich der innere Teil von dem darauf folgenden in der Gefäßsumme noch weniger ab. Die geringe Zahl einzelner Gefäße auf der Einheit der Querschnittsfläche springt hier als kennzeichnendes Merkmal unseres Querschnittes alsbald in die Augen. Zerstreut finden sich überall die eigentümlichen Gruppen und Reihen; doch sind sie hier noch nicht so häufig wie im Holze der Geschwulst, Fig. 4, Taf. IV, wo ihre Verbreitung den Höhenpunkt erreicht. Im äußersten Teile des Ringes treten die langen Reihen von Gefäßen auf, die ebenfalls durchaus abnorm sind.

Vergleicht man die beschriebenen äußeren Querschnitte mit dem normalen, so erhält man den Eindruck, es sei dort die gesamte Gefäß-

fläche auf der Einheit des Querschnittes geringer, als hier. Ob dieser Eindruck aber den tatsächlichen Verhältnissen entspricht, ist fraglich. Es ist möglich, ja für die späteren Ringe wahrscheinlich, daß die Summe der wasserleitenden Zellenformen in den beiderlei Stämmen, wenn auch vielleicht nicht gleich, so doch nicht sehr verschieden ist; daß die durch die Gruppen dargestellte Fläche auf dem Querschnitte des anomalen Stammes von der nicht sehr abweicht, die die einzelnen Gefäße auf dem Querschnitte des gewöhnlichen Stammes bilden. Die Frage läßt sich nur durch Messungen entscheiden, welche bisher nicht angestellt wurden. Der Umstand aber, daß in den letzten Jahrringen, die zu der Zeit erzeugt wurden, wo die Sproßbildung schon gekräftigt und der Wasserbedarf entsprechend gesteigert war, auch die erforderlichen Wasserbahnen hergestellt werden mußten, legt die Annahme nahe, daß die gesamte Fläche der Gefäße auf dem Stammquerschnitt von der des normalen Schnittes nicht sehr verschieden sei.

Schon ein rascher Blick auf den Querschnitt lehrt, daß die Zahl der *Markstrahlen* größer ist, als die dem Schnitt der normalen Achse eigenen, daß ferner hier und da 2 reihige Strahlen vorkommen, und daß endlich, wie schon erwähnt, die Gestalt der einzelnen Strahlzellen von der im gewöhnlichen Stamm erzeugten abweicht. Diese wichtigen Dinge sind nunmehr genauer festzustellen.

Um über den ersten Punkt, die Zahl der Strahlen auf der Einheit der tangentialen Breite des Querschnittes und über die Summe der zwei-reihigen Strahlen Klarheit zu erlangen, wurden 7 Schnitte untersucht, die verschiedenen Orten des 5., nach der Umkehrung entstandenen Jahrringes entnommen waren.

Tangentiale Breite des Schnittes in mm	Zahl der Strahlen		Zahl der 2reihigen Strahlen
	Gesamte	Auf 1 mm	
1,8	40	22,2	4
3	60	20,0	4
2	42	21	4
3,7	71	19,2	3
2,5	51	20,4	3
2,6	53	20,3	5
2,8	56	20,0	4
Summe 18,1	373	143,1	27
Mittel 1	20,4	20,4	1,5

Auf die Breite 1 mm kommen hiernach im Mittel 20,4 Strahlen. Die für die einzelnen Schnitte bestimmten Mittelwerte ordnen sich so eng um das allgemeine Mittel, daß man auf große Beständigkeit der Verhältnisse schließen darf.

Wie früher gefunden, kommen im normalen Holze auf die Breite eines Millimeters 11,7 einreihige Strahlen. In der verkehrten Achse steigt die Zahl also fast auf das Doppelte. Dazu kommt hier noch eine, wenn auch nicht große, so doch wohl zu beachtende Zahl zweireihiger Strahlen, die im normalen Holze fast völlig fehlen.

Soviel über die Zahl der Strahlen.

Um nun auch das Verhältnis zwischen radialer Länge und tangentialer Breite der einzelnen Strahlzelle annähernd zu bestimmen, wurden auf einer Querschnittsfläche solche Strahlen ausgewählt, die ausschließlich aus liegenden Zellen bestanden. Man maß nun 22 solcher Zellen und verglich die gewonnenen Zahlen mit denen, die für 22 entsprechende Zellen des Querschnittes eines gewöhnlichen Astes festgestellt wurden. In beiden Fällen gehörten die Zellen dem 7. Jahrringe an, in der verkehrten Achse also dem 5. nach der Umkehrung erzeugten. Die in einem früheren Abschnitt mitgeteilten Maße der Markstrahlzellen beruhten auf der Untersuchung mazerierten Gewebes; hier handelt es sich, wie gesagt, um Messung der Zellen auf dem Querschnitt.

Die radiale Länge der Zellen im Stamm der verkehrten Pflanze betrug 14,3 Einheiten. Die geringste Länge, 9,5 Einheiten, war einmal, die größte, 19,5 Einheiten, dreimal vertreten. Die geringste tangentiale Breite von 3,5 Einheiten hatten 5, die größte von 4,5 Einheiten 6 Zellen; der mittlere Durchmesser betrug 4,2 Einheiten.

In der normalen Pflanze hatten die Zellen eine mittlere Länge von 26,4 Einheiten; die geringste maß 17,5, die größte 39 Einheiten, beide je einmal vertreten. Dieser Länge entsprach ein mittlerer tangentialer Durchmesser von 2,8 Einheiten; der kleinste mit 2 Einheiten war einmal, der größte mit 3,5 Einheiten fünfmal vorhanden.

Hierzu ist zu bemerken, daß nach unseren früheren, an mazeriertem Material auf Grund von 100 Messungen gewonnenen Zahlen die mittlere radiale Länge der Zellen 23,2 betrug, also um 3,2 Einheiten kleiner war. Dieser Unterschied wird verständlich, wenn man bedenkt, daß auf dem Querschnitt nur die längsten Strahlen ausgewählt wurden, während die mazerierten Zellen genommen wurden, wie sie sich eben boten. — Anders ist es bei den Messungen an der verkehrten Achse. Hier wurden bei nachträglicher Untersuchung mazerierten Gewebes — es geschah bei der alsbald mitzuteilenden Messung von Holzzellen — einzelne längere Zellen gefunden, als die längsten auf dem Querschnitt beobachteten. Es ist daher möglich, daß der Mittelwert etwas höher ist, als unsere Zahlen an-

geben: groß wird der Unterschied aber gewiß nicht sein. Aus unseren Zählungen und Messungen ergibt sich, daß in der Achse der verkehrten Pflanze erstens die Zahl der Markstrahlen, zweitens die Summe der zweireihigen Strahlen größer ist, als im gewöhnlichen Stamme. Ferner folgt, daß dort die einzelnen Zellen des Strahles radial kürzer, tangential aber breiter sind, als hier; es ist sonach das Streben vorhanden, isodiametrisches, d. h. reines Strahlen-Parenchym zu bilden.

Nach allem ergibt sich der Satz: Im Holzkörper des Stammes der verkehrten Pflanze wird die Parenchym-Bildung beträchtlich gesteigert; sie mag ungefähr das Doppelte von der der normalen aufrechten Achse erreichen.

Wir wenden uns nunmehr zu den Holzzellen. Wie schon erwähnt, bilden sie häufig Gruppen von regelloser Anordnung, während im normalen Stamme die geraden Reihen vorherrschen. Dazu kommt, daß sie hier durchschnittlich etwas großlumiger und dünnwandiger sind, als dort. Man vergleiche die Fig. 1 und 2, Taf. III, die das Verhältnis ungefähr veranschaulichen. Am wichtigsten aber unterscheiden sich die Fasern der beiden Stämme in ihrer Länge und Form. Wir richten den Blick zunächst auf die Länge der Zellen.

Von den vorhandenen 7 Ringen waren, wie früher angegeben, 2 vor Beginn des Versuches, 5 nachher gebildet worden. Um darüber Klarheit zu erlangen, ob man zu dem Versuche einen nicht bloß äußerlich, sondern auch innerlich gesunden Zweig gewählt hatte, wurden außer den in der verkehrten Stellung erzeugten auch die beiden vorher entstandenen, kräftigen Ringe untersucht. Von jenen fiel der dritte, sehr schwache, deshalb aus, weil beim Abschneiden der Gewebestücke seine Grenzen nicht sicher einzuhalten waren. Die Zahl der Messungen betrug bei den beiden ersten Ringen je 250, beim 4. 300, beim 5. und 6. je 200, beim 7. endlich 500. Die einzelnen Gruppen umfaßten wieder je 50 Zellen; als Vergrößerung diente, was kaum noch gesagt zu werden braucht, die früher angewandte.

a) Die normalen Ringe.

1. Jahrring.

Das zur Mazeration benutzte Gewebe wurde dem ganzen Ringe mit Ausnahme seines primären Teiles entnommen.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	33,9	18	44,5
2.	36,9	25	49,5
3.	34,9	17	45,5
4.	36,1	24	47,5
5.	36,3	20	51,0
Mittel ¹	35,6	20,8	47,6

In der Hauptreihe der Messungen fanden wir für den ersten Ring als Mittelwert aus 500 Messungen 34,8 Einheiten. Die nur aus 250 Messungen gewonnene Zahl stimmt mit jenem Werte fast völlig überein.

2. Jahrring.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	47,1	30	67
2.	42,59	28	57
3.	44,6	24	62
4.	42,4	25,5	55
5.	42,29	30	57,5
Mittel	43,8	27,5	59,7

Die mittlere Länge 43,8 weicht von der in der Hauptreihe beobachteten 41,9 nur um 1,9 ab; der Unterschied wäre bei 500 Messungen vielleicht ganz verschwunden. Im ganzen weisen unsere Zahlen auf große Beständigkeit hin, und wir dürfen demnach schließen, daß unser Zweig normal gebaut war.

b) Die anomalen Ringe.

4. Ring (2. anomaler).

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	29,6	9,5	49
2.	25,5	10,5	46,5
3.	32,0	11	59
4.	29,6	10	49
5.	29,3	14,5	47,5
6.	28,2	12	46
Mittel	29,03	11,2	49,5

Die Vergleichung dieser Zahlen mit der des normalen Ringes führt zu dem überraschenden Ergebnis, daß der Mittelwert unseres anomalen Ringes fast um die Hälfte kleiner ist, als der dort vorhandene. In jenem beträgt die mittlere Länge 51,06 Einheiten, in diesem nur 29,03, also 22,03 Einheiten weniger. Erst diese Messungen gewähren tieferen Einblick in die großen Störungen, die das Wachstum des verkehrten Stammes hemmen.

5. Ring (3. anomaler).

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	31,8	10	48
2.	31,8	11	50,5
3.	31,1	12	47,5
4.	32,7	16,5	42,5
Mittel	31,8	12,4	47,1

Im gewöhnlichen 5. Ringe haben die Holzzellen eine Länge von 56,37 Einheiten; in der verkehrten Achse messen sie 31,8 Einheiten. Der Unterschied ist noch etwas größer, als der zwischen den beiden 4. Ringen; dort betrug er 22,03, hier beläuft er sich auf 24,57 Einheiten.

6. Ring (1. anomaler).

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	36,5	18	59
2.	35,5	17,5	56
3.	37,1	17,5	57,5
4.	36,8	15	60
Mittel	36,5	17,0	58,1

Die Holzzellen des normalen 6. Ringes messen 56,57 Einheiten (man beachte, was früher über diese Zahl der Hauptreihe gesagt wurde), die des anomalen 36,5; der Unterschied ist etwas geringer, als in den beiden vorigen Ringen, er beträgt 20,07 Einheiten.

7. Ring (5. anomaler).

Das Material gehörte dem äußeren Teile des Ringes an.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	50,7	29	68
2.	46,59	21	63
3.	47,0	22	63
4.	41,2	20	61
5.	46,1	23	61,5
6.	50,5	23,5	73
7.	46,2	25	62,5
8.	45,6	18	62
9.	41,0	21	59
10.	46,1	19	68
Mittel	46,7	22,7	61,4

Als mittlere Länge der Zellen des 7. Ringes im normalen Aste fanden wir 60,02 Einheiten, also 13,32 mehr, als in unserem anomalen Ringe. Der Unterschied hat sich, verglichen mit dem zwischen den vorhergehenden Ringen, nicht unwesentlich verringert.

Zu diesen 500 Messungen wurde das Häufigkeits-Polygon dargestellt. Es hat die in Fig. 55 wiedergegebene Gestalt und weicht beträchtlich ab von dem des normalen Ringes. Es ist vielgipfelig und asymmetrisch, so zwar, daß die Zahlen vom Mittelwerte bis zu 55 alle übrigen überragen; der höchste Gipfel erreicht die Ordinate 28, der nächste die Höhe 24, die folgenden 20, 19 und 18. — Im Polygon des normalen Ringes erheben sich die beiden höchsten Punkte der Fläche nur bis zu den Ordinaten 19 und 17.

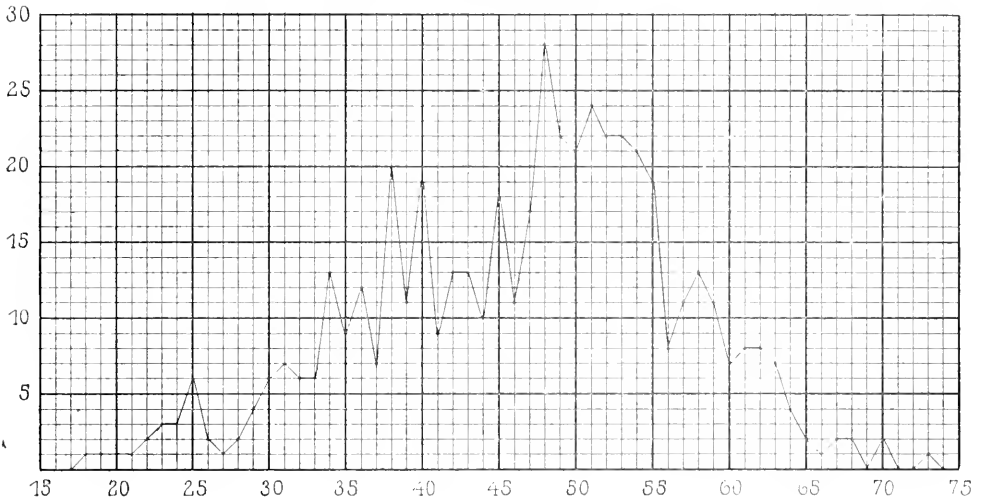


Fig. 55.

Der Abänderungsspielraum umfaßt die Zahlen zwischen 18 und 73, also 55 Zahlen, und weicht damit bedeutend ab von dem des normalen Ringes, der bei 29 beginnt und bei 102 endigt, also 73 Zahlen umspannt.

Es seien nun die Unterschiede zwischen den Längen der Zellen der normalen und anomalen Ringe übersichtlich zusammengestellt.

Jahrringe	Normale	Anomale	Unterschied
4.	51,06	29,03	22,03
5.	56,37	31,8	24,57 + 2,54
6.	56,57	36,5	20,07 — 4,5
7.	60,02	46,7	13,32 — 6,75

Während im 4. und 5. Ringe der Unterschied in den Zellenlängen wächst, nimmt er in den drei folgenden ab, weniger zwischen dem 5. und 6., beträchtlicher zwischen dem 6. und 7. Die Annäherung der Zellenlängen der anomalen Ringe an die der normalen nimmt also mit dem Wachstum der Ringe zu (s. den Querschnitt Fig. 47). Daran knüpft sich die Frage, ob bei weiterem Wachstum die Abweichung zwischen den beiderlei Ringen

nicht noch mehr abnähme und schließlich gänzlich schwände. Aus später anzugebenden Gründen ist diese Frage zu verneinen.

Soviel über die Länge der Fasern. Werfen wir jetzt einen Blick auf ihre sonstige Gestalt. Bei der Durchmusterung des mazerierten Gewebes der anomalen Ringe begegnet man unter der überwiegenden Mehrzahl gewöhnlicher Formen solchen mit mamigfaltigen Abweichungen. Unsere Fig. 38, 39, Taf. II, 6, 12, Taf. III, 13, 14, 15, 16, Taf. IV zeigen eine Reihe solcher Anomalien: 4 davon geben längere, 4 kurze Gestalten wieder. An jenen fallen erstens die Biegungen, sodann die Enden auf; es finden sich Gabelungen von sehr ungleicher Art, ferner ungewöhnliche Auswüchse, die wie Eruptionen infolge des gesamten Längenwachstums erscheinen. Am meisten weichen die kleinen Zellen von der normalen Gestalt ab, ja sie können hier schon seltsame Formen annehmen, die man an einem äußerlich so einfachen geraden Stammstücke, wie dem zwischen Wurzel und Hauptseitensproß, schwerlich erwarten dürfte (s. die Figuren). An ihnen gewahrt man hier und da eigentümliche, sehr feine Auswüchse (Fig. 38, Taf. II), die öfter vorkommen mögen, als man sie beobachtet, da sie leicht abbrechen. Auswüchse verschiedener Art finden sich, wie früher beschrieben, auch an den Holzparenchymzellen des normalen Holzkörpers, allein sie treten dort seltener auf, während sie sich hier häufiger und zwar, um dies noch einmal hervorzuheben, hauptsächlich an den abnorm gestalteten kurzen Holzzellen bilden.

Unter den abgebildeten Fasern zeichnen sich Einzelne durch ihre große Weite aus, ein Umstand, auf den schon bei der Untersuchung des Querschnittes hingewiesen wurde. Um dies näher festzustellen, wurde der größte Querdurchmesser von 30 mittleren und größeren Zellen des mazerierten Gewebes bestimmt. Es ergab sich ein Mittelwert von 5,5 Einheiten; der kleinste Durchmesser betrug 3,5, der größte 8,0 Einheiten. Auf die Ursachen dieser Wachstumserscheinungen werden wir später eingehen.

Um auch in die Störungen, die das Wachstum der Gefäße unserer verkehrten Achse erfährt, näheren Einblick zu gewinnen, wurde sowohl die Länge als die größte Weite von 100 dieser Elemente aus dem mazerierten Materiale des 7. Jahringes bestimmt. Wie die Holzfasern entnahm man auch die Gefäße dem äußeren Teile des Ringes. Die Gruppen umfaßten je 25 Gefäße.

Gruppe	Mittlere Länge	Mittlere Weite	Geringste Länge	Geringste Weite	Größte Länge	Größte Weite
1.	49,3	6,1	32	4	73	10,5
2.	42,0	8,1	22	5	64	11
3.	45,4	8,0	24	4	70	11,5
4.	45,7	8,5	13,5	4,5	65,5	11,5
Mittel	45,6	7,7	22,9	4,4	68,1	11,1

Die bei diesen Messungen angewandte Vergrößerung war 170 fach, während der Umfang der normalen Gefäße bei 80facher Vergrößerung bestimmt wurde. Rechnen wir der Einfachheit halber statt der 170- nur 160 fache und führen diese auf das Maß der normalen Zellen, also auf die Hälfte, zurück, dann ergeben sich für unsere Gefäßreihe die Zahlen

22,8 3,85 11,45 2,2 34,0 5,5

An Gefäßen des 7. normalen Ringes wurden keine Messungen vorgenommen, wohl aber an denen des 8., die von denen des 7. jedenfalls nur wenig abweichen. Die für sie gewonnenen Zahlen waren in entsprechender Folge:

43,3 5,3 24,8 3,1 54,6 7,3

Es ist sonach die Länge der Gefäße des 7. Ringes des verkehrten Stammes um fast die Hälfte geringer, als die des 8. Ringes der aufrechten Achse, die Weite um fast $\frac{1}{3}$ kleiner, als die jener Elemente. Der Unterschied ist wahrscheinlich noch etwas größer, als angegeben, da die beim Messen der anomalen Gefäße angewandte Vergrößerung um etwa $\frac{1}{17}$ zu groß angenommen wurde.

Nach den angeführten Zahlen ist die Störung, die das Wachstum der Gefäße erfährt, noch größer, als das an den Holzzellen beobachtete. Wir fanden, daß diese im 2. anomalen Ringe etwa die halbe Länge der Zellen des normalen erlangt hatten, ein Verhältnis, das dem unter den Gefäßen der 7. und 8. Ringe glich, daß aber im 7. anomalen Ringe die Holzzellen nur um etwa $\frac{1}{3}$ kürzer waren, als im entsprechenden normalen Ringe. Sie überwinden also die Hemmungen rascher, als die Gefäße.

Bevor wir den Stammteil zwischen den Wurzeln und dem Hauptseitensproß verlassen, haben wir noch eine Tatsache zu erwähnen, die in histologischer Hinsicht einige Beachtung verdient. Im ersten nach der Umkehrung erzeugten Jahrringe werden Zellenformen erzeugt, die im normalen Körper, soweit bisher beobachtet, nicht vorkommen. Sie haben die in den Fig. 4, 10, Taf. III und Fig. 37, Taf. II dargestellte Form; Fig. 10, Taf. III und 37, Taf. II zeigen sie in der tangentialen, Fig. 4, Taf. III in der radialen Ansicht. Sie sind bald ungeteilt, bald durch einzelne Quer-

wände gefächert. Ihre radialen Wände führen reichlich Tüpfel, den tangentialen fehlen diese. Die ungeteilten Formen haben einige Aehnlichkeit mit Ersatzfasern, die geteilten mit Holzparenchym. Sie treten im 1. Ringe schon unmittelbar an der Grenze des normalen Ringes auf, gehören also zu den zuerst erzeugten Bildungen. Auch im 2. anomalen Ringe kommen sie noch vor, danach aber, soweit wir gesehen, nicht mehr. Da sie im gewöhnlichen Holzkörper nicht vorhanden sind, so kann man sie als neue, den ersten Jahrringen der verkehrten Achse eigene Zellenformen bezeichnen. Aehnlichen Gestalten werden wir an andern Orten in der verkehrten Pflanze begegnen.

Blicken wir auf alles an dem, zwischen den Wurzeln und dem großen Seitensproß gelegenen Achsenteile, Beobachtete zurück, so ergibt sich, daß die Wachstumsstörungen in seinem Holzteile sehr beträchtlich sind; dies zeigt sich in der gesteigerten Parenchym-Bildung, der Kürze der Gefäße und Holzzellen und den bei ihnen vorkommenden anomalen Gestalten. Aber die Hemmungen gehen doch nicht so weit, daß sie zu Abweichungen im Verlauf der Fasern, zu stärkeren Biegungen oder gar Knäueln führten. Vielmehr wird bis in die Nähe der wagerechten Gewebebrücke der gewöhnliche Verlauf beibehalten. Unter dieser erst verlassen die Faserzüge die gerade Bahn und weichen nach der Seite der großen Geschwulst aus; aber dies geschieht gleichsinnig (Fig. 5, Taf. III) und ist nicht mit der Bildung von Knäueln und ähnlichen Figuren verbunden. Warum diese hier ausbleiben, wird sich später ergeben. Wir verlassen damit einstweilen unseren Stammteil und behandeln nunmehr zunächst die

Große Geschwulst gegenüber dem Achselsproß.

Wie früher angegeben, ist der Faserverlauf am Grunde des Körpers, gleich über der Brücke, noch im Wesentlichen gleichsinnig, verändert sich aber da, wo der Querdurchmesser der Geschwulst zu steigen beginnt. Die Zellen beschreiben hier wellenlinige Biegungen, die anfangs schwach sind, dann aber rasch stärker werden und bald in sehr verwickelte Figuren übergehen. Den Anfang davon zeigt unsere Abbildung Fig. 5, Taf. III links unter der Schnittfläche; die Fortsetzung nach oben wurde nicht gezeichnet, da schon vorher ein ähnliches Bild der *S. alba vitellina pendula* ausgeführt worden war (Fig. 12, Taf. VI). Es stellt das kurze basale Ende der verkehrten Achse dar, die sich fast völlig in Geschwulst verwandelt hatte. Links unten sieht man die Schnittfläche, oben das abgestorbene

Ende der Achse. Die Fasern treten an der Schnittfläche etwa senkrecht zu dieser ein, verlaufen im unteren und mittleren Teile geneigt nach oben rechts und biegen nun in scharfem Bogen um, so daß sie einen fast horizontalen Zug bilden. Ähnlich sind die Verhältnisse oben im Körper; hier verlaufen die Fasern von rechts oben nach links unten, biegen sich dann nach der rechten Seite und darauf unter starker Krümmung wieder nach der linken Seite bis zu etwa wagerechtem Verlauf. Zwischen den Zellenzügen, besonders da, wo zwei entgegengesetzt gerichtete Züge sich begegnen, sieht man zahlreiche verwickelte Figuren, rundliche und elliptisch gestaltete, einfache und zusammengesetzte Knäuel u. dgl. m. . . Auf die Entstehung werden wir später eingehen.

Ein Blick auf die Abbildungen läßt erwarten, daß die prosenchymatischen Zellenformen unserer Körper zum beträchtlichen Teile anomal gebaut sind, und daß nach unseren bisherigen Erfahrungen ferner das Parenchym ungewöhnlich stark entwickelt ist. Die Untersuchung bestätigt diese Annahmen.

Was zunächst die Parenchym-Bildung anlangt, so ist nicht bloß eine ungewöhnlich große Zahl von Strahlen vorhanden, sondern es werden die 2-, 3- und 4-, selbst 5 reihigen Strahlen häufig. Ganz besonders gilt dies für die Orte, an denen die Faserzüge umbiegen und für das Gewebe an und in den Knäueln. Dazu kommt, daß einzelne Strahlzellen oder Gruppen anomal großen Umfang erreichen. Unsere Fig. 17, Taf. IV führt einen tangentialen Längenschnitt vor Augen, der auf mittlerer Höhe von 5 Strahlen durchzogen wird, von drei 1 reihigen, einem 2 reihigen und einem 4 reihigen; der 2 reihige zeichnet sich durch besonders große Zellen aus. Die Form der Elemente läßt ferner alsbald erkennen, daß in den mehrreihigen Strahlen die stehenden Zellen gegenüber den liegenden sehr zurücktreten, was, wenn gleich in beschränkterem Maße, auch für die 2- und 1 reihigen gilt. Unser Bild gibt einen Gewebeteil mit verhältnismäßig geradem Faserverlauf wieder. Viel häufiger werden die mehrreihigen Strahlen an den Umbiegungsstellen der Faserzüge und in der Nähe der Knäuel, wie in diesen selbst. In Fig. 12, Taf. IV ist eine kleine Fläche aus dem Gewebe einer Krümmungsstelle der Fasern dargestellt. Hier sind auf engem Raume 3 kurze, breite Strahlen vorhanden, von denen der eine an seiner breitesten Stelle 5, ja 6 Zellen im Durchmesser zählt; unten schließen sich 2 weitere kurze, breite Strahlen an, und ähnlich sind alle in der ganzen Biegung gestaltet. Wohl zu beachten sind auch die 1- oder 2 zelligen Strahlen, die hier sehr häufig vorkommen, im normalen Gewebe aber fast gar nicht

wahrgenommen werden. Besonders sei auch noch auf die Größe der einzelnen Zellen hingewiesen, die an solchen Orten den Höhenpunkt erreicht.

Vergleicht man die Figuren der drei tangentialen Schnitte aus dem abnorm gebauten Holze, 18, 17 und 12, Taf. IV mit dem Bilde des entsprechenden Schnittes des normalen Stammes, Fig. 9, Taf. IV, so ergibt sich, daß der Bau der Markstrahlen allein genügt, um das Maß der Störung zu beurteilen, die das Wachstum der Gewebe beeinflußt, daß sich die mehr oder minder ausgebildete pathologische Natur der Gewebe aus der Beschaffenheit der Markstrahlen ablesen läßt.

Für das Stammstück zwischen den Wurzeln und dem Hauptseitenproß konnten wir durch Bestimmung der Zahl der Markstrahlen auf die Längeneinheit des Stammumfangs und weiter die Zahl der Zellenreihen in den einzelnen Strahlen das Verhältnis zwischen Parenchym und Prosenchym annähernd feststellen. Es wurde versucht, auf dieselbe Weise das fragliche Verhältnis auch für den ganz abnorm gebauten Teil der Geschwulst zu bestimmen, die Bemühungen aber aufgegeben, da das Messen der tangentialen Durchmesser an den gebogenen Zellenzügen sich als zu schwierig und unsicher erwies. Nur ein genaues planimetrisches Verfahren würde hier zum Ziele führen; dieses anzuwenden war uns aber bisher nicht möglich. Wir beschränken uns daher einstweilen auf den unmittelbaren Eindruck, der zu der Ueberzeugung führt, daß an den genannten Orten die Parenchym-Bildung einen besonders hohen Grad erreicht.

Damit gelangen wir zu den Holzzellen. Schon der Längenschnitt lehrt, daß ihre Form von der der normalen Fasern teilweise weit abweicht. Genauer zeigt dies das mazerierte Gewebe. Neben einer großen Anzahl von geraden oder fast geraden gewahrt man die verschiedensten anomalen Gestalten. Einige davon sind in den Fig. 1, 2, 3, 5, 6, 7, Taf. IV abgebildet. Die längeren und wenig abweichend geformten gehören den geraden Faserzügen, die kürzeren und gebogenen den Krümmungen und Knäueln an. Auf die Besprechung der einzelnen Formen dürfen wir verzichten und uns mit dem bloßen Hinweis auf die Ausbildung der Enden begnügen.

Um die Wachstumsverhältnisse der Holzzellen in der Geschwulst näher zu bestimmen, wurden wieder Messungen ausgeführt. Dabei war jedoch zu erwägen, daß sich schwerlich so beständige Beziehungen ergeben würden, wie wir sie noch in dem geraden Stammenteile und dem großen Seitensprosse fanden: der unregelmäßige Bau des Gewebes ließ das nicht erwarten. Es konnte sich also lediglich um die Gewinnung von Näherungswerten handeln. - Beim Messen wurde so verfahren, daß man nur gerade

oder annähernd gerade Formen wählte, alle gebogenen dagegen außer acht ließ. Die Zahlen liefern demnach keine Mittelwerte aller Zellen des untersuchten Gewebes, sondern nur der im ganzen längeren Formen, die ja die Uebersahl unter den geraden bilden. — Dies vorausgesandt führen wir die Zahlen an, die sich aus der Untersuchung des 2., 3., 4. und 5. anomalen Ringes, also der 4—7 aller Ringe auf dem Querschnitt ergaben. Es wurden mit Ausnahme des 5. Ringes je 5 Gruppen gezählt, die wieder je 50 Messungen umfaßten. Das Gewebe wurde stets dem äußeren und mittleren Teile der stärksten Seite des Ringes entnommen.

4. Jahrring (2. anomaler).

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	34	16	56
2.	31	15	50
3.	33,1	15,5	52
4.	32,6	11	54
5.	33,4	21	46
Mittel	33,4	16,3	51,6

Die Zellen dieses Ringes sind etwas länger, als die desselben Ringes im Stammstücke zwischen den Wurzeln und dem Hauptseitensproß; dort maßen sie 29,03 Einheiten, also 4,37 weniger, als hier. Zum Verständnis dieser Tatsache sei an das erinnert, was eben über das gemessene Material gesagt wurde.

5. Jahrring (3. anomaler).

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	48,8	28	66
2.	45	20	63
3.	42,6	25,5	68
4.	43,3	26	63
5.	37,9	25	53
6.	44,2	25,5	59
7.	41,2	22	62
Mittel	43,3	24,5	62

Da die ersten 4 Gruppen auffallend große Zahlen ergaben, so wurden noch 2 weitere gemessen, daher die größere Zahl der Gruppen. In diesem Ringe und dem zugehörigen in dem Stammteile zwischen den Wurzeln und dem großen Seitensproß ist der Unterschied zwischen den Zellenlängen noch größer, als zwischen denen der vorigen Ringe. Dort betrug die Faserlänge 31,8 Einheiten, also 11,5 weniger, als im 5. Ringe der Geschwulst. Der sehr hohe Mittelwert in diesem dürfte daher rühren, daß das unter-

suchte Gewebe zufällig aus geraden Faserzügen genommen war, ein Umstand, auf den wir später bei Erörterung der Knäuelbildungen zurückkommen werden.

6. Jahrring (4. anomaler).

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	37,7	19	62
2.	37	17	57,5
3.	37,3	22	57
4.	37,3	20	64,5
5.	36,9	15	49
Mittel	37,2	18,6	58

Die Länge der Zellen dieses Ringes weicht nur wenig von der ab, die wir für seine Fortsetzung im Stammstück zwischen den Wurzeln und dem großen Seitensproß fanden. Jene betrug im Mittel 36,5 Einheiten, also nur 0,7 weniger, als die eben für den Ring der Geschwulst gefundene.

7. Jahrring (5. anomaler).

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	36,8	20	54
2.	39,2	18	56
3.	35,5	21,5	50
4.	39,3	14	53,5
5.	34,1	15,5	55,5
Mittel	37,04	17,8	53,8

Die Mittelzahl dieses Ringes weicht von der des vorhergehenden nur um 0,16 ab; die beiden Zahlen sind also fast gleich; beträchtlich aber ist der Unterschied zwischen seiner Zellenlänge und der des 7. Ringes im Stammteile zwischen den Wurzeln und dem Seitensproß; sie bleibt um 9,6 Einheiten hinter jener zurück.

Die Zahlen des 4. und 6. Ringes begründen die Annahme, daß der für den 5. Ring gewonnene Mittelwert auf einem Zufall in der Wahl des Gewebes beruht und daß die wahre Mittelzahl niedriger sei und sich den für den 4. und 6. Ring festgestellten Mitteln anschließe. Für den 7. Ring wird man dagegen voraussetzen dürfen, daß sie zu niedrig sind, und daß eine sehr große Zahl von Messungen an den Zellen verschiedener Gewebeteile des Ringes einen höheren Mittelwert ergeben würde.

Die eben mitgeteilten Messungen bestätigen unsere Erwartung, daß sich keine beständigen Beziehungen, keine ungefähr gleichförmige Längenzunahme der Fasern in den aufeinander folgenden Ringen ergeben würden. Daß solche Beziehungen vorhanden sind, läßt sich nicht bezweifeln, allein

sie würden nur durch eine die unsrigen an Größe weit überragende Zahl von Messungen der den verschiedensten Orten der Ringe entnommenen Zellen zu ermitteln sein. Diese Arbeit auszuführen lag nicht in unserer Absicht. Uns genügt es, die Unregelmäßigkeit im Bau des Gewebes der Geschwulst auch durch Längenmessung der Fasern festgestellt, sodann aber weiter — und dies ist das Wichtigere — bestimmt zu haben, daß die Fasern der Geschwulst durchschnittlich beträchtlich kürzer sind, als die des normalen Gewebes. Auf diesen Punkt werden wir in dem Abschnitte, der die Versuche zur Erklärung der Ursachen des Wachstums der Fasern behandelt, zurückkommen.

Daß die für die Holzzellen gewonnenen Erfahrungen in entsprechender Weise auch für die übrigen prosenchymatischen Zellenformen gelten, versteht sich von selbst. Hier sei nur darauf hingewiesen, daß sich unter den Gefäßen neben der überwiegenden Mehrzahl gerader röhrenförmiger Gestalten von verschiedener Länge auch kurze, abnorm gebaute Formen finden. Fig. 17, Taf. VI zeigt eine Gruppe von 4 kurzen, unregelmäßig gebogenen, Fig. 14, Taf. VI eine Gruppe von 2 mit parenchymatischem Umriß, an denen die Durchbrechungen den Endflächen angehören, die den Abschluß der kürzeren Achse der Zellen bilden.

Im ganzen ergibt sich aus unseren Beobachtungen und Messungen, daß die Störungen im Wachstum der Zellen der Geschwulst, wie zu erwarten war, größer sind, als in dem Stammenteile zwischen den Wurzeln und dem großen Seitensprosse.

Alles bisher Gesagte bezog sich auf den mittleren Teil der Geschwulst. Wir können diesen Körper nicht verlassen, ohne noch einen raschen Blick auf seinen am höchsten gelegenen, auf den Teil zu werfen, wo sein Umfang abnimmt und die Grenze des abgestorbenen Gewebes beginnt. Die hier beobachteten Zellenformen weichen weiter von den gewöhnlichen ab, als alle sonst in der Geschwulst wahrgenommenen; sie zeichnen sich vor allem durch ihre Kürze aus. In den Fig. 8, 18, 15, 17, 20, 21, 22, Taf. III, Fig. 10 und 11, Taf. IV, Fig. 36 und 40, Taf. II sind einige Bilder der diesen Teil zusammensetzenden Zellen wiedergegeben. Fig. 8 und 18, Taf. III, 10 und 11, Taf. IV stellen die Umrisse von Gefäßen dar, die teilweise ganz abnorm gestaltet sind; man beachte besonders die Wanddurchbrechungen: sie nehmen bald die Enden, bald die Vorder- und Hinterseiten ein; gelegentlich tritt an demselben Gefäß die eine Oeffnung am Ende, die andere seitlich auf. Fig. 8, Taf. III zeigt eine Form, in der die beiden Oeffnungen dicht übereinander liegen, darüber aber ein langes, schnabelartiges Ende erzeugt

worden war. Eigentümlich ist ferner das in Fig. 18 gezeichnete Beispiel, in dem die beiden Gefäße da, wo sie mit ihren Enden übereinander greifen, fast bauchartig verbreitert sind.

An den etwas gequollenen Wänden der mazerierten Tracheiden sind die Tüpfel einfach, an den nicht behandelten dagegen meist behöft (Fig. 14, Taf. III).

Besondere Beachtung verdienen die Ersatzfasern. Fig. 15, Taf. III zeigt eine kurze, ungeteilte Form; die Fig. 17 und 20 zwei längere Gestalten mit je einer Querwand, die Fig. 21 und 22 endlich zwei mit je drei Querwänden. Diese beiden gleichen in jeder Hinsicht echten Holzparenchymzellen. Hier wird also eine Gewebeform erzeugt, die im normalen Holze dieser Art nicht auftritt; ein Vorkommen, das offenbar mit dem Streben nach Parenchym-Bildung zusammenhängt, welches das ganze pathologische Gewebe beherrscht.

So viel über die Zellenformen in den höchsten Teilen der Geschwulst, wie sie sich aus dem mazerierten Gewebe ergeben. Wir werfen nun noch einen Blick auf den Querschnitt durch jenen Geschwulstteil. Er lehrt uns, daß der Anomalie in der Form der Zellen eine Anomalie in der Zusammensetzung des Gewebes entspricht, die mit jener mindestens gleichen Schritt hält. Das Wesentliche besteht darin, daß der tracheale Teil eine abnorm gesteigerte Entwicklung erfährt. Wie die halbschematische Fig. 16, Taf. III zeigt, liegen die Gefäße und Tracheiden teils einzeln, teils, und zwar überwiegend, in kürzeren oder längeren Reihen, die in tangentialer Richtung dicht aufeinander folgen. Die gesamte Fläche, die die beiden trachealen Zellenformen auf der Einheit des Querschnittes einnehmen, erreicht hier eine Größe, wie sie sonst nirgends beobachtet wurde. Welche Ursachen dieses auffallende Verhältnis bewirken mögen, läßt sich nicht sagen, ebensowenig die Frage beantworten, ob der abnormen Gefäßmenge eine besondere ökologische Bedeutung zukomme.

Die horizontale Brücke zwischen Geschwulst und Achselsproß.

Wir wenden uns nunmehr zur Untersuchung der horizontalen, genauer schwach geneigten Gewebelücke, die den unteren Teil der eben besprochenen Geschwulst mit dem großen Achselsproß verbindet. (Fig. 5 und 13, Taf. III.) Hier sind zwei Fragen zu beantworten. Die erste lautet, wie kommt die Brücke zustande, wie entsteht das wagerecht verlaufende

Fasergewebe aus senkrecht gerichtetem? Die zweite ist auf den histologischen Bau, auf die Beschaffenheit des Gewebes der Brücke gerichtet. Wir behandeln zunächst die erste Frage.

Eine einfache Ueberlegung läßt alsbald erkennen, daß der Wechsel in der Richtung der Fasern auf zweierlei Weise erfolgen kann, entweder durch Biegung der Fasern im cambialen Gewebe oder durch dessen Zerfall in parenchymatische Zellen und durch Neubildung von Fasern mit der abweichenden Richtung aus diesen. Obwohl die erste Möglichkeit wenig für sich hat, muß sie doch aus später anzuführenden Gründen ins Auge gefaßt werden.

Um die Frage zu entscheiden, tragen wir das Gewebe der 4 äußeren Ringe ab und zerlegen den nun folgenden ersten Ring in aufeinander folgende Tangential-Schnitte. Dabei ergibt sich Folgendes. Die innerste Schicht, die unmittelbar an die langen Fasern des letzten normalen Ringes grenzt, besteht aus einem derbwandigen Parenchym von der in Fig. 3, Taf. III dargestellten Form. Seine Zellen sind ungleich groß, meist aber isodiametrisch; ihre Wände reich mit Tüpfeln versehen, diese selbst rundlich oder spaltenförmig. An dieses Gewebe, das nur eine dünne Lage bildet, schließt sich als nächste eine Schicht, deren Beschaffenheit Fig. 34, Taf. II wiedergibt. In ihr sind längere Zellen entstanden, deren große Achse senkrecht zur Hauptachse des Organs verläuft. Das neben und zwischen diesen liegende Parenchym ist teilweise in kurzen Reihen geordnet, die die Anfänge der neuen Markstrahlen bilden. Die längeren Elemente sind als Uebergangsbildungen zu Tracheiden und Fasern zu betrachten. In der nun folgenden Schicht gewahrt man die ersten Tracheiden-Züge, deren einzelne Glieder parenchymatisch gestaltet oder wenig verlängert sind, Fig. 24, Taf. II. Ihre Wände sind, soweit beobachtet, einfach getüpfelt, gewöhnlich in der Art, daß sie wie gefeldert erscheinen. Die gezeichnete Form gehörte einer Reihe an, die sich nach beiden Seiten fortsetzte. Nach den Tracheiden und örtlich auch schon mit ihnen treten die ersten Gefäße auf. Diese sind kurz, von parenchymatischer Form und bilden gerade oder gewundene Reihen, Fig. 28, Taf. II; ihr größerer Durchmesser ist gewöhnlich senkrecht zur Längenrichtung des Zuges gestellt. Die Wände dieser ersten Gefäße sind meist dicht behöft getüpfelt, Fig. 28, Taf. II; das gezeichnete Element bildete ein Glied aus der in Fig. 34 dargestellten Reihe. — Mit den Gefäßen entstehen die ersten echten Holzfasern, die noch sehr kurz sind und alle die Anomalien in der Form aufweisen, die wir in der Geschwulst beobachtet haben. Hier, in diesen

Uebergangsschichten, begegnet man auch den eigentümlichen Holzparenchymzellen, die wir in den ersten anomalen Jahresringen des verkehrten Aehsenteiles zwischen den Wurzeln und dem Aehselsproß fanden (Fig. 4, 10, Taf. III, 37, Taf. II). Die weitere Gestaltung dieser kurzen, in der Hauptsache noch parenchymatisch gestalteten, Gewebeformen zu den längeren vollzieht sich in den folgenden Gewebelagen verhältnismäßig rasch. An Stelle der kurzen Gefäße treten nach und nach länger werdende auf, die die bekantnen Gruppen bilden; ebenso werden die Tracheiden, Holzzellen und Ersatzfasern allmählich länger, bis endlich ein Gewebe hergestellt ist, in dem die Längachsen der parenchymatischen Zellenformen ungefähr senkrechte Richtung zu derjenigen haben, die den entsprechenden Formen der Mutterachse, aus deren Meristem sie hervorgegangen, zukommt.

Die uns beschäftigende Frage, wie die Umlagerung der Brückenelemente vor sich gehe, ist also dahin zu beantworten, daß nicht etwa die Cambiumzellen oder deren jüngste Abkömmlinge sich umbiegen, was dann offenbar nur mit teilweiser Lösung des Zusammenhanges der Zellen geschehen könnte, sondern daß das Meristem durch Querteilung im Parenchym zerfällt, in dem nun die Umlagerung stattfindet, und aus welchem das neu orientierte Gewebe der Brücke hervorgeht.

Hieran aber knüpft sich nun alsbald die weitere Frage, ob mit dieser Umlagerung des Gewebes auch seine Polarität sich verändere, oder ob sie unabhängig von der Längenrichtung der Zellen ihre ursprüngliche Richtung beibehalte. Die Betrachtung der Faserzüge in der Brücke verleiht der ersten Annahme die größere Wahrscheinlichkeit und legt die Vermutung nahe, daß in ihnen die Spößpole der Zellen dem großen Aehselsproß, die Wurzelpole der Geschwulst zugewandt seien. Wir werden später beweisen, daß diese Annahme wirklich zutrifft, die Polarität ihre Richtung also um ungefähr 90° verändert hat.

Soviel über die Entstehung unserer Gewebebrücke und über die Veränderung der Polarität ihrer Zellen. Wir richten nun noch den Blick auf den Bau des Holzkörpers des letzten Jahrringes, dessen Faserzüge, wie unsere schematische Figur zeigt, sehr gleichförmig verlaufen.

Von den höchsten Teilen der Brücke hergestellte Tangential-Schnitte lassen alsbald erkennen, daß das Gewebe hier noch durchaus anomal gebaut ist. Die Zahl der Markstrahlen ist ungewöhnlich groß, ebenso die Summe der 2 reihigen Strahlen; das Bild mag ungefähr die Mitte zwischen den in den Fig. 18 und 17, Taf. IV dargestellten Geweben einhalten. Auch

die Weite der einzelnen Strahlzellen entspricht, was kaum noch gesagt zu werden braucht, der für das krankhafte Holz festgestellt. Die Gefäße bilden die bekannten Gruppen und sind von geringer Länge.

Zur Ergänzung dieser Beobachtungen sei noch das Ergebnis von 200 Messungen mitgeteilt, die an Holzzellen des letzten, des 7. Jahrringes vorgenommen wurden. Das Gewebe wurde dem äußeren Teile des Ringes auf der Höhe der Brücke entnommen. Jede Gruppe umfaßte wie sonst 50 Zellen. (Vergrößerung wie gewöhnlich.)

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	16,4	27	98
2.	50,99	21	72,5
3.	42,5	17	58
4.	43,4	15,5	67
Mittel	45,8	20,1	73,9

Unter den mittleren Längen ist die der 2. Gruppe ungewöhnlich groß, sie übertrifft den Mittelwert um 5,1 Einheiten. Dieser Umstand, sowie die beträchtlichen Verschiedenheiten unter den größten Längen der Gruppen weisen deutlich auf die pathologische Natur des Gewebes hin, in dem ja die örtlichen Verschiedenheiten größer sind, als im normalen. Erst eine große Zahl von Messungen würde zu einem sicheren Ergebnis führen. Doch dürfen wir im Hinblick auf die an den entsprechenden Ringen der großen Geschwulst und des Stammstückes unter dem Achselsproß gewonnenen Zahlen annehmen, daß die gefundene mittlere Länge der Zellen der Brücke von dem wahren Mittelwerte nicht sehr abweiche und sich zur Vergleichung benutzen lasse. Im normalen Ringe hatten die Fasern des 7. Ringes eine Länge von 60,02 Einheiten, also 14,22 mehr, als in dem Ringe der Brücke. Der Unterschied ist so groß, daß weitere Messungen ihn vielleicht etwas verringern, nicht aber beseitigen könnten. Zu beachten ist, daß die Zellen des 7. Ringes der Brücke fast dieselbe Länge haben, wie die des 7. Ringes im Stammstück unter dem Achselsproß, die 46,7 Einheiten beträgt, während die des gleichen Ringes der Geschwulst nur 37,04, also 9,66 Einheiten weniger, mißt.

Aus allem Angeführten ergibt sich, daß in unserer Gewebebrücke Bedingungen vorhanden sind, die als Wachstumsstörungen wirken und die normale Gestaltung der Zellenformen verhindern.

Der große Achselsproß.

Nunmehr wenden wir uns der Untersuchung des Achselsprosses zu.

Zunächst ist noch einmal auf das Bild des Querschnittes (Fig. 48) hinzuweisen, der 3 cm über dem Sproßgrunde hergestellt wurde. Er hat stark exzentrischen Bau. Von den beiden Durchmessern mißt der große mediane 33 mm, der dazu senkrechte kleine nur 20,5 mm. — Im 1. Jahresringe ist die Ungleichheit noch gering: der große Durchmesser beträgt 1,4 mm, der gegenüberliegende kleine 0,9 mm. Im 2. Ringe wird sie beträchtlich größer, die entsprechenden Zahlen sind 9 mm und 1,2 mm. Im 3. finden wir die Zahlen 5,5 mm und 0,5 mm; und im 4. endlich die Durchmesser 9,5 mm und 0,25 mm.

Wie der Querschnitt und der tangentielle Längenschnitt des großen exzentrischen Teiles des letzten Jahrringes erkennen lassen, ist das Holz im unteren Teile des Zweiges noch etwas anomal gebaut; die Markstrahlen sind großzellig und hier und da zweireihig, und die Gefäße bilden die bekannten eigentümlichen Gruppen. In der Annahme, daß die Längen der Holz-zellen diesen Beobachtungen entsprechen würden, führten wir an den Fasern aller 4 Ringe Messungen aus, 100 an denen des 1., je 200 an denen des 2., 3. und 4. Ringes.

1. Jahrring.

Das zu untersuchende Gewebe wurde dem stark entwickelten äußeren Teile des Ringes und zwar in seinem ganzen Durchmesser entnommen.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	35,6	17	58
2.	35,1	17,5	45
Mittel	35,5	17,2	51,5

Da die mittleren Längen der beiden Gruppen und ebenso die Mittel der geringsten Längen in beiden fast übereinstimmten, so wurde auf weitere Messungen verzichtet.

2. Jahrring.

Das Gewebe wurde wieder der großen Exzentrizität des Ringes, aber nur seinem äußeren Teile entnommen.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	41,1	20,5	58
2.	43,19	21	58
3.	39,3	24	56,5
4.	39,5	15	56,5
Mittel	40,8	20,1	57,2

3. Jahrring.

Hinsichtlich des Materials ist zu wiederholen, was beim vorigen Ringe gesagt wurde.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	47,3	29	63
2.	49,0	31	64
3.	48,59	28,5	64,5
4.	47,6	25	68,5
Mittel	48,1	28,4	65

4. Jahrring.

Auch hier wurde das Gewebe dem bei den beiden vorigen Ringen angegebenen Orte entnommen.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	59,3	33	99
2.	57,8	30	81
3.	55,99	25	86
4.	57,1	26	79,5
Mittel	57,5	28,5	86,4

Die hier gewonnenen Mittelzahlen der 4 Ringe unseres Achselsprosses seien nunmehr mit denen der 4 normalen aus der Hauptreihe vergleichend zusammengestellt.

Jahrring	Mittlere Länge		Geringste Länge		Größte Länge	
	Hauptreihe	Seiten-sproß	Hauptreihe	Seiten-sproß	Hauptreihe	Seiten-sproß
1.	34,8	35,5	21,3	17,2	47,7	51,5
2.	41,9	40,8	26,6	20,1	55,3	57,2
3.	47,59	48,1	29,9	28,4	65,2	65
4.	51,06	57,5	31,2	28,5	72,3	86,4

Wie man sieht, sind die mittleren Zellenlängen in den 3 ersten Jahrringen des normalen Astes und des Seitensprosses der verkehrten Pflanze fast gleich, in den vierten Ringen aber unterscheiden sie sich in auffallender Weise: die des Seitensprosses sind um 6,4 Einheiten größer, als die der normalen Achse. Zur Erklärung dieser überraschenden Tatsache könnte man annehmen, daß lediglich ein Zufall vorliege, und daß eine größere Zahl von Messungen den Unterschied aufheben oder doch verringern würde. Dagegen spricht aber die verhältnismäßig große Beständigkeit nicht bloß der mittleren, sondern auch der geringsten und größten Längen in den 4 Gruppen des Achselsprosses. — Höchst wahrscheinlich handelt es sich hier um eine geotropische Erscheinung: der Sproß war gerade auf der Höhe, der das untersuchte Gewebe entnommen wurde,

stark emporgekrümmt; das gesteigerte Wachstum der Außenseite aber dürfte auf dem erhöhten Längenwachstum der Zellen dieser Seite beruhen. Ähnlichen Bau wie die große Exzentrizität des Holzkörpers hat seine schwach entwickelte Innenseite. Quer- und Längenschnitte bieten im ganzen den Anblick normalen Gewebes dar, nur sind im äußeren Teile der Jahrringe abnorm gebaute Gefäßgruppen noch in ungewöhnlich großer Zahl vorhanden. Messungen und Zählungen wurden jedoch am Gewebe dieses Teiles nicht ausgeführt.

Aus den eben angeführten Beobachtungen und Messungen geht hervor, daß im Seitensproß 1. Ordnung der verkehrten Pflanze die Länge der Holzzellen in den ersten 4 Jahrringen des basalen Teiles der in den entsprechenden Ringen der normalen Achse vorhandenen gleichkommt oder selbst übertrifft, während im Bau der Markstrahlen und der Gefäße die anomalen Verhältnisse noch deutlich wahrnehmbar sind. Die Unterschiede sind aber nicht bedeutend und man darf daher sagen, daß in dem Seitensproß, wenn ihm sonst ungestört zu wachsen gestattet ist, der normale Bau angestrebt und selbst im unteren Teile fast schon erreicht wird.

Der Seitenzweig 2. Ordnung.

Der Seitenzweig 1. Ordnung ist stark exzentrisch, aber symmetrisch gebaut. Anders der Seitenzweig 2. Ordnung: auch sein Holzkörper hat exzentrischen, aber bei elliptischem Umriß asymmetrischen Bau (Fig. 49). Die Verbindung des organischen Mittelpunktes mit dem von ihm entferntesten und dem ihm nächsten Punkte des Umfanges bildet keine gerade, sondern eine gebrochene Linie. Um das Verhältnis einfach zu beschreiben, mag es gestattet sein zu sagen, der Schnitt habe 2 Exzentrizitäten, deren eine durch die die Buchstaben a und b verbindende Linie bezeichnet wird, während die andere andeutende von c nach d verläuft. Die Stellung des Zweiges an seiner Mutterachse ist nun folgende. Er entspringt nicht genau auf deren Unterseite, sondern etwas seitlich von der Mittellinie auf der Vorderseite (vgl. Fig. 39 a). Die große Exzentrizität, d. h. die durch b bezeichnete Seite, ist nach unten gerichtet; die zweite große, unter d gelegene Exzentrizität hat einwärts, der Mutterachse zugewandte, die kleine unter e dieser abgewandte Lage. Das Mark ist also exzentrisch nach außen gelagert.

Quer- und Längenschnitte, aus dem basalen Teile des Zweiges hergestellt, zeigten in allen wesentlichen Punkten normale Verhältnisse. Um weiteren Einblick zu erhalten, wurden auch hier wieder Längenmessungen an Holzzellen ausgeführt, und zwar an 200, der großen Exzentrizität des 3. Ringes unter b, und an 200 der kleinen, zwischen a und c gelegenen, entnommen.

a) Holzzellen aus der größten Exzentrizität bei b.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	48,5	37	63
2.	48,7	25	73
3.	48,0	28,5	62
4.	48,5	23	64
Mittel	48,4	28,4	65,5

b) Holzzellen aus der schwächsten Exzentrizität zwischen a und c.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	49,6	27	71
2.	49,4	30	70,5
3.	47	31,5	70
4.	46,99	26	64
Mittel	48,2	28,6	68,8

Die Mittelwerte in den beiden Reihen stimmen fast völlig überein, ebenso die geringsten Längen, nur die größten Längen weichen um 3,3 Einheiten von einander ab.

Im normalen Ringe finden wir den Mittelwert 47,59, für die geringste und größte Länge die Zahlen 29,9 und 65,2. Die Unterschiede zwischen den beiden Reihen sind so klein, daß man sagen kann, die Holzzellen unseres Seitensprosses haben normale Länge.

Der in Fig. 49 dargestellte Querschnitt gehört dem basalen Teile des Zweiges an; er wurde in etwa 5 cm Entfernung von dessen Ansatzstelle geführt. Mit der Entfernung von der Basis verändert sich sein Bild, er nähert sich mehr und mehr dem radiären Bau. Fig. 50 zeigt einen Schnitt, der in 30 cm Höhe über dem Sproßgrunde hergestellt wurde; hier gewahrt man noch die eben beschriebene eigentümliche Exzentrizität, aber nur angedeutet. In noch größerer Entfernung gelangt das Mark immer mehr in den Mittelpunkt, bis endlich der rein radiäre Bau erreicht ist.

Wir dürfen nicht unterlassen, auf die ungewöhnliche Stärke hinzuweisen, die in diesem Zweige schon der 1. Jahrring erreicht. Sie fällt

um so mehr auf, wenn man sie mit der des Muttersprosses vergleicht, die nicht über die normale Entwicklung hinausgeht.

Fassen wir alles an dem großen Achselsproß und seiner Tochterbildung Beobachtete zusammen, so ergibt sich, daß die Bedingungen, welche die Störungen in der Anordnung der Gewebe, in der Gestalt der Jahrringe und in deren feinerem Bau verursachen, mit der Entfernung von der verkehrten Mutterachse allmählich schwächer werden und endlich gänzlich aufhören. In der Nähe der Achse äußern sie sich nach beiden Richtungen, der anatomischen und der histologischen; mit wachsender Entfernung von der Achse schwinden zunächst die histologischen, später erst die anatomischen Störungen.

Die schwache verkehrte Pflanze.

(Fig. 38.)

Die Pflanze, die uns bisher beschäftigt hat, war, wie wir gesehen, in ihrer verkehrten Hauptachse und in den basalen Teilen der Seitenglieder pathologisch gebaut, hatte aber die dadurch verursachten großen Störungen im Stoffwechsel verhältnismäßig weit überwunden, und es ist, wie schon früher erwähnt, bestimmt anzunehmen, daß sie sie in den nächsten Jahren völlig überwunden haben würde. An die bei ihr festgestellten anatomischen und histologischen Tatsachen knüpft sich die Frage, ob auch die Pflanzen, die den inneren Hemmungen weniger widerstanden, denselben Bau haben, wie jene; oder ob ihre Gewebe-Anomalien, den größeren Störungen entsprechend, auch bedeutenderen Umfang erreichen. Zur Beantwortung dieser Frage wäre die Aufgabe erwachsen, eine Reihe von Pflanzen mit äußerlich mehr oder minder, gewissermaßen gradweise, entwickeltem Krankheitsbilde vergleichend zu untersuchen. Auf die Ausführung einer solchen Arbeit wurde verzichtet, wohl aber das Schlußglied einer derartigen Reihe, die früher beschriebene, beständig mit dem Tode ringende Pflanze, Fig. 38, einer näheren Betrachtung unterworfen.

Diese lehrte nun, daß das Gewebe des letzten, des 7. Jahrringes etwa auf halber Höhe der Achse ungefähr so beschaffen war, wie das im höchsten Teile der Achse der großen verkehrten Pflanze, das wir auf S. 187 beschrieben haben. Sowohl der Gefäßreichtum, wie er sich aus dem Querschnitt ergibt, wie die Gestalten der Zellen, der Gefäße, Tracheiden und Holzzellen gleichen den dort beobachteten fast völlig. Auch hier finden sich die kurzen, abnormen Gestalten mit den ungewöhnlich ausgebildeten Enden; vor

allem treten auch hier die Holzparenchymzellen auf, die uns in jenem Gewebe besonders auffielen. Man vergleiche die Fig. 15, 17, 20, 21 und 22, Taf. III.

Um weiteren Einblick, ein Maß für die inneren Störungen zu gewinnen, die in der Achse herrschen, wurden wieder Längenmessungen an Holzzellen ausgeführt. Das Gewebe entnahm man dem schwachen 7. Jahrringe; die Zahl der Bestimmungen betrug 500. Ueber die Gruppen und Maße braucht nichts beigefügt zu werden.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	20,1	8,5	39
2.	19,3	8,8	33
3.	19,02	11	33,5
4.	18,59	7,5	39
5.	16	8	27
6.	16,7	9	27,5
7.	25,7	9	44,5
8.	18,7	9	39
9.	17,5	8,5	28,5
10.	17,8	8	28,5
Mittel	18,97	8,7	33,95

Der Unterschied zwischen diesen Zahlen und denen des normalen 7. Ringes ist bedeutend. Dort betrug das allgemeine Mittel 60,02, die mittlere geringste Länge 36,17, die größte 89,16 Einheiten; das allgemeine Mittel war also um mehr als 3 mal größer, als das in der verkehrten Achse beobachtete. Nicht zu übersehen ist dabei, daß die mittlere geringste Länge in dieser um mehr als 4 mal kleiner war, als die des normalen Zweiges, während in den größten mittleren Längen der Unterschied nicht ganz das Dreifache ausmachte. Nach unten sind die Verschiedenheiten also größer, als nach oben.

Deutlicher und anschaulicher noch als aus den Mittelzahlen geht die Abweichung der Holzzellen des krankhaften Gewebes von denen des gesunden aus den zu den Zahlen gehörenden Häufigkeits-Polygonen hervor. Das zu den eben mitgeteilten Messungen hergestellte Polygon hat die in Fig. 56 wiedergegebene Gestalt. Seine Grundlinie umfaßt 41 Zahlen; es beginnt bei 7 und endigt bei 48. Es hat 4 Gipfel, die so dicht beisammen liegen und von denen der eine dermaßen überwiegt, daß man sagen kann, es strebe nach Eingipfeligkeit. Seine Gestalt ist asymmetrisch; die Bedeutung der geringen Längen gegenüber den größeren kommt darin auffallend zum Ausdruck; die Kurve steigt auf der jenen angehörenden Seite steil empor und fällt auf der der längeren Zellen allmählich ab.

Mit diesem Polygon vergleiche man nun das vielgipfelige des normalen 7. Ringes, dessen Grundlinie, wie früher erörtert, bei der Zahl 29 beginnt, bei 102 endet und somit 73 Einheiten umfaßt. Der Unterschied ist überraschend groß; auf jede weitere Besprechung glauben wir jedoch verzichten zu dürfen.

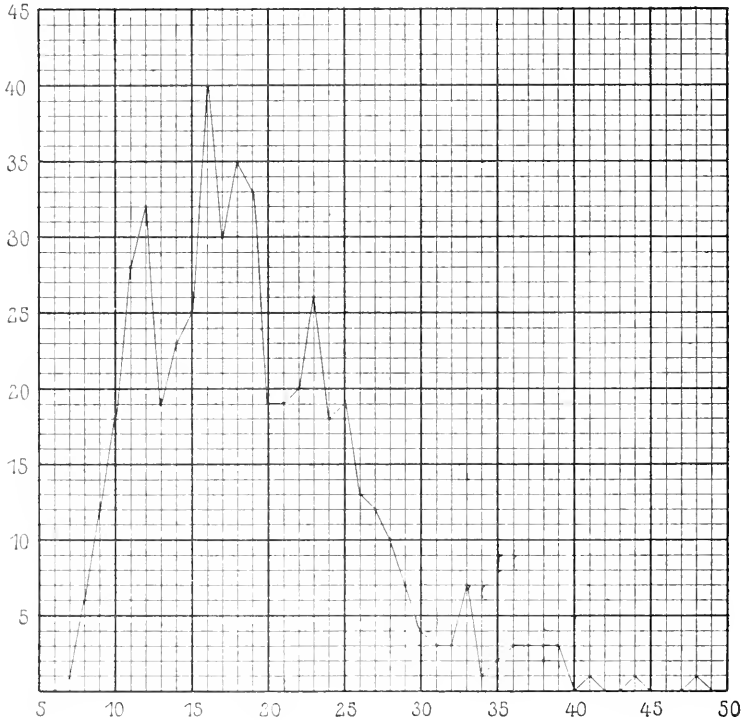


Fig. 56.

Die Zellen des 7. Jahrringes unserer verkehrten Pflanze sind die kürzesten unter allen bisher gemessenen; sie sind fast nur halb so lang wie die des 1. normalen Ringes. Es sei daran erinnert, daß in diesem die mittlere Faserlänge 34,8, die mittlere geringste Länge 21,3, die größte 47,7 beträgt; die geringsten Längen in den beiden Ringen stehen also etwa im Verhältnis wie 1 : 2,4, die größten wie 3 : 4. Hierbei darf nun aber nicht übersehen werden, daß die zu den beiden Ringen gehörenden Polygone zwar in einem wichtigen Punkte ähnlich, sonst aber ungleich sind. Das des 1. normalen Ringes ist ausgesprochen eingipfelig; in dem pathologischen 7. Ringe häufen sich die Zahlen zwar auch um den Mittelwert, aber die Gipfel der Fläche bleiben niedriger und erinnern noch an die vielgipfelige Gestalt des Polygons des normalen 7. Ringes. Und dies geschieht, trotzdem die Fasern des pathologischen 7. Ringes, wie erwähnt, nur etwa

halb so lang sind, wie die des ersten normalen. Diese Tatsache ist gewiß beachtenswert. Sie zeigt deutlich, daß die Gesetzmäßigkeit im Wachstum der Jahrringe, die wir nachgewiesen haben, nicht bloß von den Zellenslängen abhängt, sondern daß dabei noch andere Bedingungen wirksam sind.

Die eben beschriebenen Verhältnisse wurden in dem höchsten Teile des untersuchten, etwa 9 mm starken Gewebestreifens beobachtet. Schon in etwas geringerer Tiefe, im 6. Ringe, nimmt die Länge der Zellen rasch zu. Von dem Gewebe, dessen Zellenzüge teils geneigt, teils selbst wagerecht verliefen, wurden 2 Gruppen von je 50 Fasern gemessen, wobei sich folgende Werte ergaben.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	30,3	10	50
2.	32,69	14	56
Mittel	31,5	12	53

Die Länge der Zellen wächst also sehr rasch, trotzdem der Ring älter ist, als der zuerst untersuchte äußere 7., erreicht aber doch noch nicht ganz das Maß der Fasern des 1. normalen Ringes. Auch zu diesen 100 Zahlen wurde ein, freilich nicht wiedergegebenes, Häufigkeits-Polygon hergestellt, dessen Grundlinie annähernd die Länge der dem 7. Ringe eigenen hatte, in dem aber die höheren Zahlen mehr hervortraten.

Weitere Messungen an Zellen älterer Ringe wurden nicht ausgeführt. Man darf annehmen, daß in diesen die Länge der Fasern noch mehr zunahm, und daß sie etwa denen gleichkamen, die wir für die Elemente der Ringe der großen verkehrten Pflanze feststellten.

Die Wurzel.

Nachdem die Untersuchung der Achse und ihrer Verzweigungen bis hierher durchgeführt worden, bleibt uns nun noch die der Wurzel übrig. Es sei jedoch gleich bemerkt, daß sie nicht in der entsprechenden Ausdehnung vorgenommen wurde, sondern sich lediglich auf einige orientierende Punkte beschränkte.

Die erste Frage war, welches Bild der Querschnitt im ganzen bietet. Es ergab sich, daß er in allen untersuchten Fällen in der Nähe der Ansatzstelle bald mehr, bald weniger exzentrischen Bau hatte. Die Fig. 51 und 52 zeigen zwei Beispiele, das eine einer 4-, das andere einer 6-jährigen Wurzel. In beiden ist die Exzentrizität im ersten Jahrringe wenig entwickelt; in den folgenden nimmt sie in der 4-jährigen Wurzel rasch, in der 6-jährigen

langsam zu. Sie erstreckt sich über den Holzkörper und die Rinde, über diese in der Art, daß der Umriß des ganzen Körpers beinahe kreisrund wird. Die Exzentrizität des Holzkörpers ist größer, als die der Rinde; in der 4-jährigen Wurzel verhält sich im Holzkörper die kleine Exzentrizität zur großen wie 1:3,5, während in der Rinde das Verhältnis 1:2,6 besteht. In der 6-jährigen Wurzel sind die entsprechenden Verhältnisse im Holzkörper 1:1,63, in der Rinde 1:1,41.

Die erwähnten Verhältnisse finden sich, wie gesagt, im basalen Teile der Wurzel. Wie weit sich die Exzentrizität erstreckt, ob sie sich über die ganze Länge erhält, konnte nicht festgestellt werden, da keine der Wurzeln ungestört gewachsen war. Alle waren an ihren Scheiteln früh, wahrscheinlich durch Tierfraß, verletzt worden, Seitenwurzeln hatten das Wachstum übernommen. Diese waren nur schwach exzentrisch gebaut, ebenso oder radiär die Glieder höherer Ordnung.

Ob aber der exzentrische Bau dieser Wurzeln als pathologisch aufzufassen ist, wie der der Seitenzweige, ließ sich bisher nicht bestimmt entscheiden. Denn auch die Wurzeln aufrechter Stecklingspflanzen hatten, wenn auch unter den untersuchten nicht alle, so doch teilweise, exzentrischen Bau; ja einzelne darunter wichen sogar sehr weit vom radiären ab. Es war uns bisher nicht möglich, diesen Dingen genauer nachzugehen; wir hoffen aber, später darüber Näheres mitteilen zu können. Für heute mag uns der Hinweis genügen, daß der exzentrische Wurzelbau nicht, wie bei den Zweigen, notwendig mit pathologischen Verhältnissen zusammenhängt.

Durchaus pathologisch ist dagegen der Gefäßbau der Wurzeln des verkehrten Stecklings. Der Querschnitt ist in seinem basalen Teile bedeutend gefäßärmer, als der der normalen Wurzel, die großen Gefäßreichtum besitzt. Dazu kommt, daß die Gefäße in Durchschnit beträchtlich kleineren Durchmesser haben, als die der gewöhnlichen Wurzel, und daß sie ferner häufig die eigentümlichen Gruppen bilden, die wir in dem krankhaften Holze der Zweige beobachten. Wie das mazerierte Gewebe lehrt, haben sie häufig anomale Gestalt: sie zeigen Ausbuchtungen, abnorm gebaute Enden usw., und sind kürzer, als die gewöhnlichen Formen.

Wie unter den Gefäßen, findet man auch unter den Holzzellen oft die abnormen Formen, welche wir in krankhaften Holze der Zweige beobachten. Auch lehrt der vergleichende Blick alsbald, daß sie kürzer sind, als die gewöhnlichen. Um hierüber genauere Kenntnis zu erlangen, wurden je 300 Messungen an mazerierten Zellen zweier Adventiv-Wurzeln ausgeführt, von denen die eine der Basis eines aufrechten, die andere

dem Scheitelende eines verkehrten Stecklings entsprungen war, und die etwa gleiche Stärke hatten. In beiden Fällen wurde das zu untersuchende Gewebe dem 1. Jahrringe entnommen. Die Gruppen bestanden wie gewöhnlich aus je 50 Zellen, und es dienten zum Messen die sonst verwandten Vergrößerungen.

a) Wurzel des aufrechten Stecklings.

Länge der Holzzellen.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	38,7	15,5	68
2.	49,4	19	73
3.	55,3	14,5	82
4.	43,6	12,5	82,5
5.	44,9	12,5	80
6.	42,1	11	68,5
Mittel	45,6	14,1	75,6

Das zu diesen Zahlen gehörende Häufigkeits-Polygon hat die in Fig. 57 wiedergegebene Gestalt. Es ist vielgipfelig und hat bei breiter Basis sehr flache Gestalt. Die Grundlinie beginnt bei der Zahl 11 und endigt bei 86, umfaßt also 75 Einheiten. Der mittlere Gipfel ragt nur wenig über die beiden nächsthohen hervor; er erhebt sich nur bis zu der Höhe 13.

Das Polygon weicht auffallend von dem des 1. Jahrringes des Zweiges ab. Wie wir fanden, ist dieses eingipfelig; seine Basis umfaßt nur die zwischen 17 und 55 liegenden Zahlen und sein Gipfelpunkt erreicht die Höhe 45. — Die mittlere Länge der Fasern ist erheblich geringer, als in der Wurzel; sie beträgt nur 34,8 Einheiten, also 10,8 weniger, auf 100 berechnet fast 22 weniger, als die der Wurzelfasern. — Ob das hier für die Wurzel des Stecklings gefundene Verhältnis allgemein für alle Wurzeln der Art gilt, bleibt noch zu untersuchen. Hätte es allgemeine Geltung, so wäre damit ein bemerkenswerter Unterschied zwischen Wurzel und Sproß festgestellt.

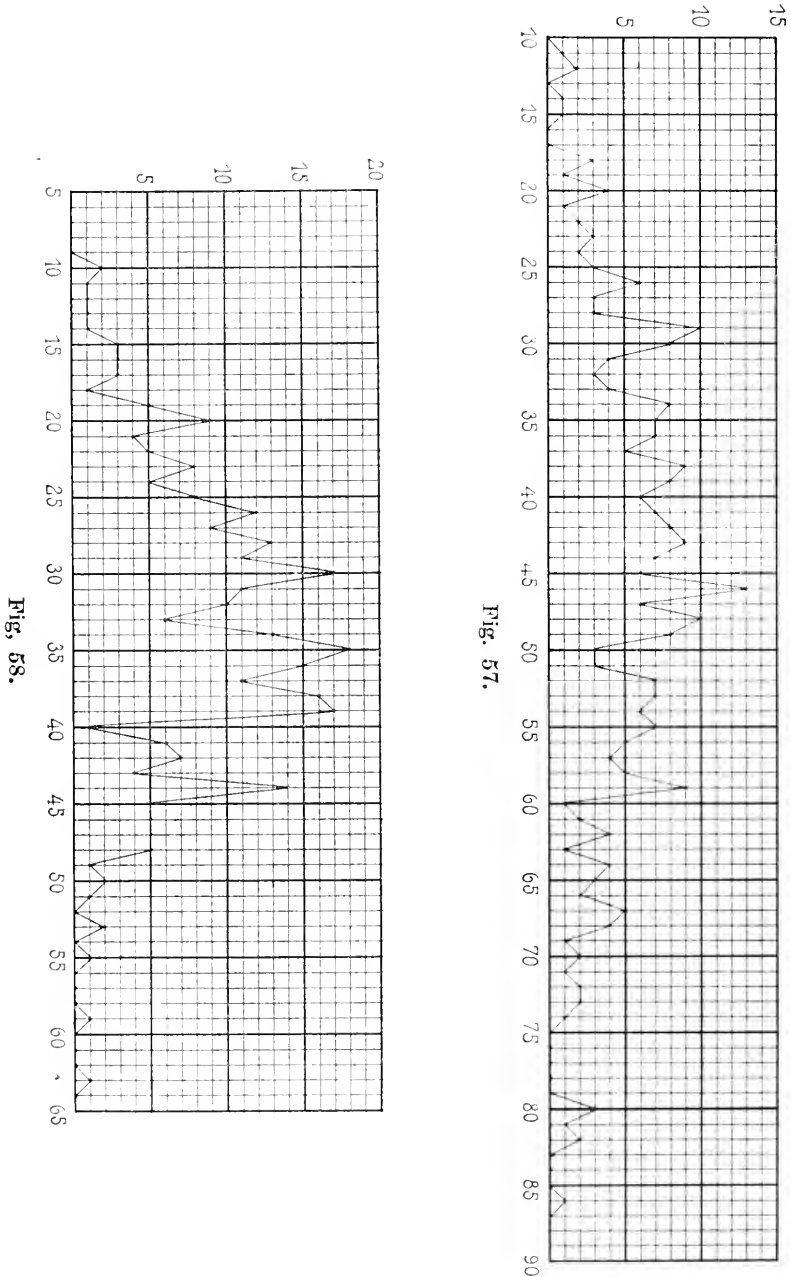
Damit wenden wir uns zu der

b) Wurzel des verkehrten Stecklings.

Länge der Holzzellen.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	35,6	17,5	63
2.	31,7	16,5	59
3.	33,2	10,0	48
4.	31,29	11,5	48
5.	31,9	13,5	55
6.	32,4	15	53
Mittel	33,2	14	54,3

Das zu diesen Zahlen hergestellte Häufigkeits-Polygon zeigt Fig. 58. Seine Grundlinie umfaßt 53 Einheiten, 22 weniger, als die der Basis der Wurzel des aufrechten Stecklings. Dem entspricht, daß es höher ist, und



daß sich seine Zahlen nach der Mitte mehr zusammendrängen. Uebrigens ist es auch mehrgipfelig, und es sind die 3 mittleren und höchsten Gipfel fast gleich hoch.

Von der Form der Polygone abgesehen, unterscheiden sich die Wurzeln der beiden Stecklinge hauptsächlich durch die Länge der Holzzellen. Die der Wurzel des verkehrten sind um 12,4 Einheiten, also um fast 25% kürzer, als die der Wurzel der aufrechten Pflanze. Hier kehrt sonach das Verhältnis wieder, das wir an den Zweigen der aufrechten und verkehrten Pflanzen beobachteten.

Soviel über die Wurzeln der beiden Stecklingspflanzen. Um jedoch die Untersuchung nicht bloß auf sie zu beschränken, wurden noch je 100 Messungen an den Wurzeln zweier weiterer Stecklinge vorgenommen. Davon war die des aufrechten sehr kräftig, die des verkehrten zwar schwächer, aber doch auch wohl ausgebildet und reich verzweigt. Wie früher wurde auch hier das Gewebe dem basalen Ende der Wurzeln entnommen, in etwa 10 cm Entfernung von der Ansatzstelle.

a) Wurzel des aufrechten Stecklings.

Gruppe	Länge der Holzzellen.		
	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	52,7	16	79
2.	52,4	24,5	77,5
Mittel	52,5	20,2	78,2

Hier sind die Zellen noch um fast 7 Einheiten länger, als in der Wurzel des ersten aufrechten Stecklings; der Unterschied zwischen ihnen und den Fasern des 1. Zweigjahresringes ist also noch größer, als in jenem Falle. Aus dem schon angeführten Grunde soll auf die nähere Besprechung der Tatsache verzichtet werden.

b) Wurzel des verkehrten Stecklings.

Gruppe	Länge der Holzzellen.		
	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	36	17,5	53
2.	33,9	15,5	53
Mittel	34,9	16,5	53

Die hier gefundene Mittelzahl 34,9 weicht nur um nicht ganz 2 Einheiten von der des ersten verkehrten Zweiges ab, der Unterschied ist so gering, daß er nicht in Betracht kommt.

Die Zellen des ersten Ringes der Wurzel des zweiten verkehrten Stecklings weichen von denen des zugehörigen aufrechten bedeutend ab; die an den beiden ersten Pflanzen gemachten Erfahrungen werden also in verstärktem Maße bestätigt.

Aus allem Angeführten geht hervor, daß die inneren Störungen, welche die Achse und ihre Zweige an der verkehrten Pflanze erfahren, sich auch auf ihre Wurzeln erstrecken. Auch in diesen bleiben die Holzzellen kürzer, als in der Wurzel der aufrechten Pflanze; sie sind ferner häufig abnorm gestaltet. Dasselbe gilt von den Gefäßen, die ebenfalls nicht die gewöhnliche Länge erreichen, sich oft anomal gestalten und Gruppen von besonderer Art bilden.

Diese Abweichungen wurden jedoch zunächst nur für das basale Ende der Wurzel festgestellt. Wie weit sie sich vom Grunde aus erstrecken, bleibt noch zu untersuchen. Man darf annehmen, daß mit der Längenzunahme des Organs der Bau seiner Zellen sich mehr und mehr dem normalen nähert, vor allem in den Seitengliedern; daß in den Wurzeln ähnliche Verhältnisse herrschen, wie wir sie in der Achse und ihren Zweigen fanden.

Die Wurzel der schwachen Pflanze.

(Fig. 38.)

Einer besonderen Besprechung bedarf die Wurzel der schwachen verkehrten Pflanze, deren weit abweichender Stammbau uns früher beschäftigte.

Der 1. Jahrring ist ziemlich kräftig und wenig exzentrisch gebaut. Sieht man von der geringen Gefäßzahl ab, so macht sein Querschnitt im ganzen einen normalen Eindruck. Die folgenden Ringe aber sind gänzlich abweichend zusammengesetzt und lassen stellenweise ihre Grenzen schwer erkennen.

An das feste Gewebe des 1. Ringes schließt sich der schmale 2. Ring, der aus dünnwandigen Elementen, kleinen Gefäßen, zartwandigen Holzzellen und den verwandten Zellenformen besteht. Die letzten Holzzellen sind radial sehr schmal und bilden die Grenze des Ringes. Seine Markstrahlen sind breiter, als die des 1. Ringes.

Der nun folgende 3. Ring ist durchaus anomal gestaltet. Er hat stellenweise Holzzellen mit mäßig verdickten Wänden gebildet, stellenweise aber deren Bildung unterlassen und durch zartwandige Zellen ersetzt. Die Gefäße sind wenig größer, als die des vorigen Ringes, ihre Anordnung aber unregelmäßig; sie treten in radialer Richtung bald mehr, bald weniger vor. Die äußere Grenze des Ringes gleicht der des zweiten.

Der letzte Ring endlich ist am unregelmäßigsten gebaut. Die Stellen mit unterbrochener Holzbildung sind hier noch breiter, als im vorigen Ringe;

die Holzzellengruppen mit den Gefäßen ragen in das zartwandige Gewebe wie ungefähr halbkreisförmig umschriebene Wülste. Die Markstrahlen sind sehr breit, breiter als im letzten Ringe; der ganze Umriß des Körpers ist höchst unregelmäßig gestaltet.

Wie zu erwarten war, ergab die histologische Untersuchung dieser Ringe, daß ihre Zellenformen meist anomale Gestalt haben. Die Gefäße sind kurz und, wie schon erwähnt, eng, die Holzzellen von mannigfach unregelmäßiger Form. Aehnlich sind die Tracheiden gebaut, die hier auffallend häufig auftreten, beträchtlich häufiger, als im normalen Holze.

Salix elegantissima.

Auch an dieser Weide wurde die histologische Untersuchung bis in die Einzelheiten durchgeführt. In der Darstellung dürfen wir uns aber auf das Wichtigste, vor allem auf die Punkte beschränken, in denen die Form von *S. fragilis* abweicht.

Wir betrachten zunächst die Querschnittsbilder der verschiedenen Achsenteile. Hier haben wir 2 Fälle zu unterscheiden: einen, in dem an der verkehrten Achse nur ein Hauptseitenproß erzeugt, und einen zweiten, in dem zwei einander gegenüber auf gleicher Höhe gebildet wurden. Wir verweisen auf das früher darüber Gesagte. Im ersten Falle gleichen die Bilder der Querschnitte in der Hauptsache den bei *S. fragilis* beobachteten; im zweiten kommt eine Abweichung vor, die einige Beachtung verdient.

I. Fall. Es sei zunächst ein Blick auf die Pflanze mit nur einem Hauptseitenzweige geworfen (Fig. 40). Der Querschnitt durch den zwischen den Wurzeln und dem großen Seitensprosse gelegenen Teil der Hauptachse gewährt dasselbe Bild, das wir an dem entsprechenden Stammteile der *S. fragilis* wahrnahmen, dieselbe etwas längliche, fast stumpf vierkantige Form (Fig. 59). Es waren vor der Umkehrung 3 ringsum etwa gleich starke Jahrringe gebildet, an die sich die 4 nach Beginn des Versuches erzeugten schließen. Von diesen ist der erste sehr schwach; die folgenden, besonders der letzte, sind kräftiger. In den 3 letzten kommt die Exzentrizität zum Ausdruck. Die Rinde ist stark entwickelt, ebenfalls nach zwei Seiten exzentrisch; sie hat noch keine Risse, die bei dieser Form erst später auftreten, als bei *S. fragilis*.

Wenden wir uns nun zu dem flachen Stammteile über dem Hauptseitenproß. Er ist noch stärker exzentrisch gebaut, als der entsprechende Teil an der Achse der *S. fragilis* (Fig. 60). Sein erster, wenig entwickelter Ring ist ringsum fast gleich stark, nur auf der einen Seite, die der später

entstehenden Exzentrizität schräg gegenüberliegt, ist er, eine auffallende Erscheinung, etwas verstärkt. Die nächsten Ringe sind nach der dem Seitensproß gegenüberliegenden Seite stark exzentrisch ausgebildet, so zwar, daß die Mittellinien der einzelnen Ringe eine nach derselben Seite gebrochene Linie darstellen; daher die schwach asymmetrische Gestalt des Ganzen. Wie die Jahrringe ist auch die Rinde einseitig stärker entwickelt, doch beträchtlich weniger als jene.

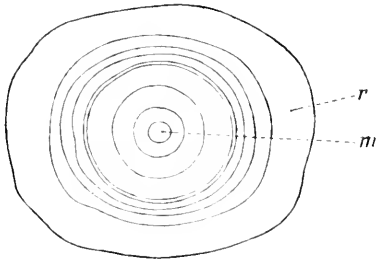


Fig. 59.

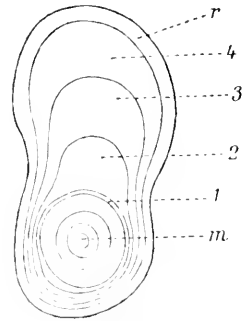


Fig. 60.

Das Querschnittsbild des starken Seitensprosses in seinem basalen Teile gibt Fig. 61. Der 1. Ring ist noch fast radiär gebaut, die 3 folgenden aber haben sich zunehmend exzentrisch entwickelt und zwar wieder auf der morphologischen Innen-, nach außen gewandten Seite. Dieses Wachstum hält bis zum Ende des 4. Jahres an, dann beginnt es sich auf den

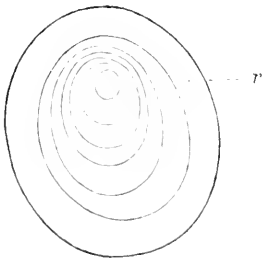


Fig. 61.

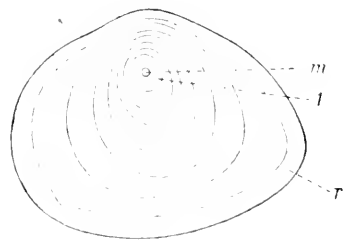


Fig. 62.

beiden schmalen Seiten der Ellipse zu steigern, ein Vorgang, der sich in den folgenden Jahren fortsetzt, so daß nach und nach ein Querschnitt entsteht, wie ihn Fig. 62 zeigt. Die Exzentrizität wird beibehalten, allein der größte Durchmesser verändert seinen Ort. Anfangs fällt er mit der großen Achse der Ellipse zusammen; später bildet er damit einen Winkel, der 70—80° betragen kann. Diese Form wird aber nur im basalen Teile

des Zweiges ausgebildet; in einiger Entfernung davon verändert sie sich, der Umriß wird rundlich, und schon in 15 cm Entfernung von der Ansatzstelle weist der Querschnitt das in Fig. 63 dargestellte Bild auf. Die Exzentrizität ist noch vorhanden, aber nur schwach ausgebildet; die beiden vortretenden Seiten sind verschwunden. Auf der Seite der kleinen Achse

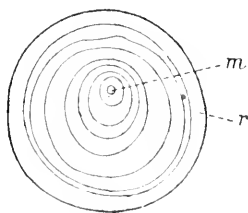


Fig. 63.

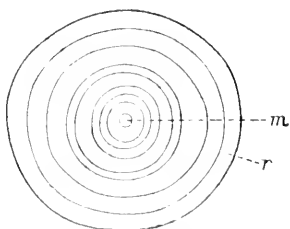


Fig. 64.

der Ellipse haben sich die Jahrringe zunehmend entwickelt, so daß nun fast schon Kreisform erreicht ist. In noch größerer Entfernung von der Basis nimmt der Querschnitt nach und nach radiären Bau an; Fig. 64 zeigt das Bild in 26 cm Entfernung vom Grunde. Diese Form wird nun beim weiteren Wachstum beibehalten.

Die eben beschriebenen Veränderungen des Querschnittes, seine im ersten Jahre noch fast radiäre Form, dann die zunehmend exzentrische Gestaltung, dann die abnorme Entwicklung der Seiten und endlich der Uebergang zur radiären Entwicklung, verdienen alle Beachtung. Man erinnere sich der Formveränderungen an den Zweigen der *S. fragilis*, die, obwohl in den Hauptpunkten ähnlich, im einzelnen doch beträchtlich verschieden wären. Wie beim normalen Wachstum, so macht sich auch bei diesen abnormen Bildungsvorgängen die Natur der Art geltend.

Wie früher (S. 158) erwähnt, kommt es an kräftigen Pflanzen dieser Weidenform vor, daß außer dem Hauptseitensprosse darüber noch ein weiterer oder selbst zwei weitere ausgebildet werden, die sich, besonders der am tiefsten stehende, jahrelang halten können. Ihr Wachstum gleicht in allem Wesentlichen dem der Hauptseitenachse und braucht daher nicht näher erörtert zu werden. Zu erwähnen ist nur, daß in einzelnen Fällen am Grunde der Zweige stark entwickelte Sockel auftreten, die sonst nicht beobachtet wurden.

Die sämtlichen bisher besprochenen Verhältnisse lassen bestimmt erwarten, daß die Verbindung der Gewebe des Achselsprosses mit der Mutterachse, der Bau der horizontalen Brücke der für *S. fragilis* festgestellten

gleichen. Dies trifft in der Tat in allen Punkten zu. Indem wir auf alle Einzelheiten verzichten, verweisen wir auf die beiden Figuren 9 und 11, Taf. III. Die erste stellt den medianen Längenschnitt durch die Ansatzstelle des Achselsprosses an das mütterliche Glied, die zweite den dazu senkrechten Längenschnitt durch die Brücke dar. Rechts sieht man den Achselsproß; m gibt das Mark an, die Zahlen 1, 2, 3, 4 die Jahrringe, r die Rinde. Alles übrige bedarf nach dem über die entsprechenden Verhältnisse bei *S. fragilis* Gesagten keiner weiteren Erörterung. Dasselbe gilt von Fig. 11, Taf. III, auf der man ebenfalls die Jahrringe gewahrt, hier aber mit dem horizontalen Verlauf der Fasern.

2. Fa II. Ueber den beiden auf gleicher Höhe stehenden Aesten ist, wie erwähnt, in der sich mit ihnen kreuzenden Ebene ein flacher, auf zwei Seiten entwickelter Körper entstanden (Fig. 41), der auf der einen Fläche etwas gewölbt, auf der andern, der in der Figur dargestellten, ausgehöhlt ist. Seine Gestalt ist auf den verschiedenen Höhen ungleich; unten flacher, oben, bei a, mehr abgerundet. Die in der Zeichnung rechte Seite ist stärker ausgebildet als die linke; sie schwillt oben fast wulstartig an. Darüber nimmt der Umfang allmählich ab und geht endlich in den runden basalen Teil über. Wie früher angegeben, ist der Körper bis zur Grenze g abgestorben; die Ringe geben den schrittweise erfolgten Verfall an.

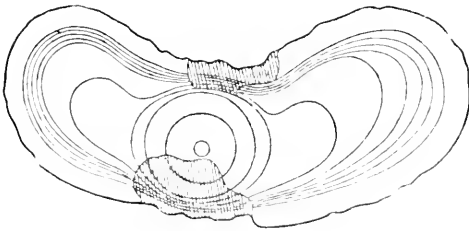


Fig. 65.

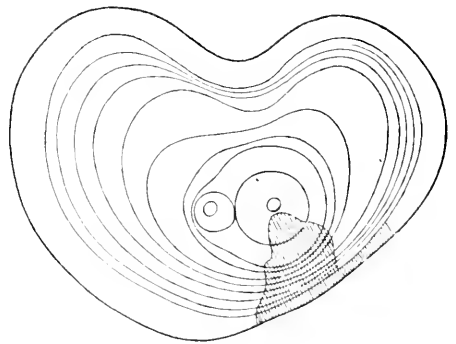


Fig. 66.

Von den Querschnitten betrachten wir nunmehr zwei. Der erste wurde auf der mit b bezeichneten Höhe in geringer Entfernung von den Seitensprossen geführt; er zeigt das in Fig. 65 wiedergegebene Bild. Der durch die Schraffierung bezeichnete Teil war schon abgestorben oder im Absterben begriffen. Zu Beginn des Versuches hatte der Zweig 2 Jahrringe mit radiärem Bau. Schon im ersten Jahre nach der Umkehrung war das Wachstum verhältnißmäßig kräftig; der neue Jahrring entwickelte sich

zwar noch allseitig, aber auf zwei gegenüberliegenden Seiten deutlich stärker. Im folgenden Jahre entwickelte sich die Achse beträchtlich stärker und nun ganz exzentrisch. Aehnlich war es im dritten Jahre; von da an aber nahm der Durchmesser der Ringe ab. Schon vom zweiten Jahre an wuchsen die Ringe gleichsinnig nach einer Seite stärker, und ferner nahm der eine Flügel kräftiger zu, als der andere, so daß nun die flache, auf der einen Seite gewölbte, auf der andern hohle Form entstand, die die Figur vor Augen führt.

Vergleichen wir nun mit dem eben beschriebenen Schnitte den zweiten, an einer höheren Stelle, bei a, geführten (Fig. 66). Man erkennt alsbald die beiden Flügel wieder; die Figur ist aber umgekehrt, der stärkere liegt auf der linken, der schwächere auf der rechten Seite. Der Unterschied zwischen dem kleinen und großen Durchmesser ist geringer; der Körper strebt nach Abrundung. In der Mitte gewahrt man im Bereich des zweiten, noch vor der Umkehrung erzeugten Jahrringes, den Querschnitt eines kleinen Tochterzweiges. Wie die Grenzen der Jahrringe lehren, war das Wachstum in den 2 ersten Jahren unregelmäßig und sehr eigentümlich; erst später wurde es in den beiden Flügeln mehr gleichartig. Neben dem Streben nach Abrundung fällt am meisten der Umstand auf, daß der Winkel, den die Wachstumsrichtungen der beiden Flügel miteinander bilden, beträchtlich spitzer ist, als der auf dem Schnitt aus dem unteren Stammteile vorhandene. Nicht übersehen dürfen wir, daß die Fläche des abgestorbenen und absterbenden Gewebes hier geringer ist, als auf dem ersten Schnitte. Sie liegt einseitig auf der gewölbten Seite, wie auf jenem, nahe der Mitte, hier wie dort an den Orten, an denen das Wachstum am geringsten war. Wir dürfen annehmen, daß die Ursachen, welche die langsame Entwicklung der Gewebe des Körpers in der Richtung seines kleinen Durchmessers bewirkten, mit denen zusammenhängen, die ihren frühen Verfall bedingen. Vielleicht bildet mangelhafte Ernährung seine nächste Ursache. Träfe dies aber zu, dann würde es sich erst um die eigentlich entscheidende Frage handeln, darum, was nun die ungenügende Ernährung hervorgerufen habe. Es ist klar, daß wir damit wieder auf die Gestaltungsgesetze zurückkommen, die unsere abnorme Pflanze beherrschen, Gesetze, die uns ihrem Wesen nach verborgen sind.

Der exzentrische Bau der beiden Seitenäste bedarf keiner, wohl aber die Brücke an ihrem Grunde einer, jedoch nur kurzen, Besprechung. Schon aus der Stellung des flachen Holzkörpers, aus seiner Kreuzung mit der Median-Ebene der Zweige ergibt sich, daß diese ungefähr gleich stark an seiner

Bildung beteiligt sind. In der Mitte der Brücke begegnen sich die beiden Zellenzüge, die vom Grunde der Zweige nach dem basalen Ende der Mutterachse gerichtet sind; sie stoßen dort mit ihren Wurzelpolen zusammen, die sich nun gleichsinnig nach oben ausweichen, ein Vorgang, der nur mit geringen, sich fast ausschließlich auf die Brücke beschränkenden, Störungen verbunden ist. Jeder der beiden Flügel des flachen Holzkörpers besteht also ungefähr zur Hälfte aus dem Gewebe des einen, zur Hälfte aus dem des andern Zweiges. Vielleicht hängt das gleichsinnige Wachstum der beiden Flügel nach einer Seite, die Bildung einer Bauch- und Rückenseite, mit der etwas kräftigeren Entwicklung des einen Astes zusammen.

Der Bau und die Entwicklung des flachen Holzkörpers unserer Pflanze bilden eine nicht unwichtige Ergänzung zu den an den Pflanzen mit einem Hauptseitenzweige gewonnenen Erfahrungen. Die beiden flachen Stammformen lehren, in welehen abnorme Bahnen das Wachstum des Weidenstammes durch den Experimentator gelenkt werden kann. Der einseitig wachsende Körper erinnert an die Bretterwurzeln tropischer Bäume, mancher Ficus-, Sterculia-, Parkia-¹⁾ und anderer Arten; der zweiseitig wachsende an flache Lianen-Stämme, wie *Rhynchosia phaseoloides*, *Bauhinia* u. a.

Die Anschwellung am Scheitel der Achse.

Unter allen bisher untersuchten Arten ist, wie früher angegeben, *S. elegantissima* die einzige, die am Scheitelende der verkehrten Pflanzen im Boden knollenförmige Anschwellungen bildet, die schließlich stattlichen Umfang erreichen können. Sie entstehen infolge der immer erneuten Entfernung der Sprosse, die aus dem Scheitelende hervorgehen. Diese Triebbildung erlischt nicht. An 12 Jahre alten Pflanzen ist sie noch so lebhaft, oder lebhafter, als an 2- oder 3 jährigen.

Den Durchschnitt einer mäßig entwickelten Anschwellung zeigt Fig. 20, Taf. VIII. Man gewahrt einen Holzkörper von unregelmäßigem Umriß, umgeben von einer sehr ungleich entwickelten Rinde, *r*, die von Kork, stellenweise schon von Borke, überzogen ist. Die Jahrringe verlaufen unregelmäßig wellig, im ganzen aber doch konzentrisch. Ihr Gewebe ist stellenweise abgestorben, gebräunt oder selbst schwarz. In diesem Holzkörper, der als allgemeiner bezeichnet werden mag, fallen 7 Mittelpunkte

1) Vgl. die Abbildung der Parkia-Wurzel in *Haberlands Physiologischer Pflanzenanatomie*, 4. Aufl. Leipzig, S. 164.

mit eigenen Jahrringen auf, 5 kleine und 2 größere. 3 davon, 1 großer und 2 kleine sind schon verfallen und gebräunt; sie wurden in der Figur durch stärkere Linien hervorgehoben.

Das Gewebe des allgemeinen Holzkörpers ist sehr unregelmäßig gebaut; die Faserzüge verlaufen bald senkrecht, bald horizontal, bald zwischen den beiden Lagen beliebig geneigt; sie sind demnach bald im Quer-, bald im geraden oder schiefen Längenschnitt getroffen. An manchen Orten finden sich knäuelartige oder sonst unregelmäßig gestaltete Figuren. Die 7 Mittelpunkte mit ihren Ringen bilden die Holzkörper von Seitensprossen, die von dem Gewebe der Mutterachse überwältigt und eingeschlossen wurden. Wie dies im einzelnen geschieht, soll bei der Darstellung der Kopfweiden beschrieben werden, denen die Anschwellungen am Scheitel der Achse unserer *S. elegantissima* in allen wesentlichen Punkten gleichen. Auf den diese merkwürdigen mißgebildeten Gestalten behandelnden Abschnitt sei daher verwiesen.

Die Wurzel.

Endlich haben wir noch des Querschnittes der Wurzel zu gedenken. Sowohl 4 starke Wurzeln der untersuchten großen Pflanze, als mehrere kleine waren in ihrem basalen Teile exzentrisch gebaut. Die regelmäßigste Form mit elliptischem Umriß gibt Fig. 67 wieder; andere waren ähnlich, aber breiter elliptisch und wieder andere unregelmäßig gestaltet. In dem abgebildeten Beispiele hat der 1. Jahrring nur schwach elliptischen, fast runden Umriß; erst in den folgenden Ringen entwickelt sich die Exzentrizität. Diese aber wird mit zunehmender Entfernung vom Wurzelgrunde geringer und geht endlich in die runde Form über. Hier ließ sich also feststellen, was bei *S. fragilis* des Materials wegen nicht möglich war, daß mit der Entfernung von der Achse die Ursachen, die den anomalen Querschnitt der Wurzel bewirken, an Stärke allmählich abnehmen; daß hier also dieselben Verhältnisse herrschen, die wir an den Zweigen beobachteten. Doch ist die Form des Ueberganges einfacher; die in Fig. 62 dargestellte Zwischengestalt fehlt an der Wurzel.

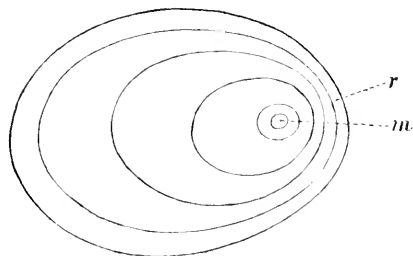


Fig. 67.

Die Bestandteile des Holzkörpers.

Wir wenden uns nunmehr zur Betrachtung der Histologie des Holzkörpers, dürfen uns hier aber hauptsächlich auf die Punkte beschränken, in denen unsere Form von *S. fragilis* abweicht.

Es sei zunächst der Stammteil zwischen den Wurzeln und dem großen Seitensproß ins Auge gefaßt. Vor allem wichtig ist der Bau des ersten, nach der Umkehrung entstandenen Jahrringes. Er hat nur geringe Stärke; der radiale Durchmesser beträgt 0,11 mm. Seine Zusammensetzung ist sehr eigentümlich. Er besteht aus Gefäßen und einer besonderen Zellenform, die im normalen Holzkörper weder dieser noch einer anderen Art beobachtet wurde. Die Gefäße liegen einzeln oder bilden kleine Gruppen; sie haben eckigen Umriß und verhältnismäßig zarte Wände; ihre Größe erreicht höchstens die der mittleren des normalen Körpers. Der Längenschnitt zeigt, daß sie meist kurz, oft von parenchymatischer Gestalt und häufig unregelmäßig gebogen sind. Ihre Querwände haben vielfach mehr oder weniger geneigte Stellung. Die erwähnte neben den Gefäßen auftretende Zellenform zeigt Fig. 5, 6, 7, Taf. V. Sie besteht teils aus langen Gestalten, die offenbar je aus einer Cambiumzelle unmittelbar hervorgegangen, teils aus kurzen, die durch Querteilung von Cambiumzellen entstanden sind. In der Figur links gewahrt man eine lange, rechts 2 Reihen der kurzen Zellen. Ihre Querwände haben horizontale oder schwach geneigte Richtung. Die Wände sind reichlich mit einfachen rundlichen oder elliptisch umschriebenen Tüpfeln versehen. Im Winter führen sie dichten Gehalt an Reserve-Stoffen. Die langen Formen sind Tracheiden, die kurzen Holzparenchym-Zellen ähnlich, mit beiden aber nicht zu verwechseln. Sie stellen besondere Gewebe-Elemente dar, die dem krankhaften Holze eigen sind. Im äußeren Teile des Ringes verändern sie sich allmählich; die ungeteilten Gestalten werden länger und weiter, ihre Wände stärker und die Tüpfelung ärmer (Fig. 13, Taf. V). In dieser Form kann man sie als Übergänge zu den Holzzellen betrachten, von denen sie sich aber durch die Gestalt und die dunkle Farbe der Wände deutlich unterscheiden.

Ungleich stärker als der 1., ist der 2. Jahrring. Er erreicht einen radialen Durchmesser von 1,4 mm und örtlich selbst noch etwas mehr. Auch er beginnt mit der Erzeugung von Gefäßen und der anomalen Zellenformen, die im inneren Teile des ersten Ringes beobachtet wurden; sie werden auch noch in der auf die erste folgenden Zone in Gruppen gebildet, zwischen denen nun aber reichlich die dem Umfange des ersten Ringes

angehörigen Formen auftreten. In der nun folgenden Region verändert sich das Bild nicht unwesentlich dadurch, daß kleine Gruppen echter Holzzellen entstehen, die an der Stärke und der weißen Farbe der Wände leicht erkennbar sind. Ungefähr auf derselben Höhe des Ringes bilden sich auch Holzparenchym-Zellen und zwar in verhältnismäßig großer Zahl. Der tangentielle Längenschnitt bietet an einzelnen Stellen einen überraschenden Anblick dar. Reihen kürzlich entstandener Holzparenchym-Zellen wechseln ab mit 1- oder 2 reihigen Markstrahlen (Fig. 15, Taf. V), so daß das Ganze einen auffallend parenchymatischen Eindruck macht. In der Figur sind die Wanddicken und die Tüpfelung der Zellen nicht gezeichnet, ihre Umrisse aber möglichst getreu mit der Kamera wiedergegeben. Man beachte die verschiedene Gestalt der Markstrahlzellen (Fig. 1, 2, 3, Taf. V, verglichen mit den normalen 8 und 9).

Dem 2. Ringe ähnlich ist der 3. gebaut, der 0,9 mm Durchmesser hat. Auch er beginnt mit den anomalen Zellenformen; allein diese bilden nur einen schmalen Ring und gehen rasch in die gewöhnlichen Holz- und Holzparenchym-Zellen über, von denen jene nun einen Hauptbestandteil des Körpers bilden.

Das für den 3. Ring Gesagte gilt im Wesentlichen auch für die folgenden; doch verschwinden die eigentümlichen Zellenformen immer mehr.

Den eben gegebenen Ausführungen, die sich in der Hauptsache nur auf die genannten besonderen Zellen bezogen, schließen wir noch einige Bemerkungen über den Bau der Gefäße und Holzzellen und die Häufigkeit der ersteren an. Die Untersuchung des mazerierten Gewebes lehrte wie erwartet, daß die beiden Zellenformen sehr häufig anomal gestaltet sind. Statt alles weiteren sei auf die Fig. 25, Taf. V, 13, Taf. VI verwiesen. Sie stellen einzelne Gefäße dar, die hier wieder lediglich in den Umrissen gezeichnet sind.

An den Holzzellen ist zu beachten, daß ihre Wände im ganzen dünner sind, als die der Fasern der normalen Achse. Man vergleiche das bei *S. fragilis* hierüber Gesagte. Die beiden Fig. 19 und 20 auf Taf. V deuten das Verhältnis an. Fig. 20 zeigt eine Gruppe von Libriformzellen aus dem gewöhnlichen Zweige, Fig. 19 eine Gruppe aus der verkehrten Achse. Die Fasern der ersten sind unregelmäßig, die der letzteren regelmäßig in Reihen geordnet, eine Lagerung, die jedoch nicht als Verschiedenheit an die beiden Stammformen geknüpft ist, sondern die hier wie dort vorkommt. Die beiden Figuren wurden möglichst sorgfältig nach Gruppen gezeichnet,

an denen die Unterschiede deutlich hervortraten, doch ist dazu zu bemerken, daß sie nicht immer gleich scharf ausgesprochen sind.

Der ungewöhnlichen Formen der Gefäße haben wir eben gedacht; es ist nun noch ein Blick auf ihre Häufigkeit auf dem Querschnitt zu werfen. Es sei zunächst an das Bild des normalen Schnittes erinnert (Fig. 4, Taf. V). Dieses gibt, wie früher erwähnt, einen ganzen Jahrring wieder. Die Gefäße liegen teils, und zwar häufiger, einzeln, teils in kurzen Reihen; die im Frühjahr erzeugten großen sind mit den kleinen des Herbstes durch Uebergangsformen verbunden. Die verschiedenen Orten entnommenen Schmitte gewähren annähernd dasselbe Bild.

Anders die an unserer verkehrten Achse ausgeführten Schmitte. Ihre Bilder sind ungleich; die einen zeichnen sich durch großen Reichtum an Gefäßen aus, indeß die andern weniger führen, selbst arm daran sind. Man wird jedoch sagen dürfen, daß sie durchschnittlich reicher sind, als die des normalen Ringes. Einen Schnitt mit großer Gefäßzahl zeigt Fig. 16, Taf. V. Auf ihm fallen außer der Zahl die häufigen Radial-Reihen und die abnorm gestalteten Gruppen auf, die sich in dieser Ausbildung in den gewöhnlichen Achsen nicht finden. Frühjahrs- und Herbstholz unterscheidet sich in der Zahl und der Größe der Gefäße nicht oder nur wenig von einander. In der Figur gibt die obere Querlinie wieder die Grenze zwischen dem Frühjahrsholz dieses und dem Herbstholz des vorigen Ringes an. Unten folgte in geringer Entfernung die Grenze des Herbstholzes, deren Gefäße aber von denen der übrigen Ringteile nicht abwichen.

Die große Zahl der Markstrahlen und die Breite des einzelnen Strahles werden alsbald besonders behandelt werden. Hier sei nur auf ihren oft schwach welligen Verlauf auf unserem Schmitte hingewiesen gegenüber den meist geraden Linien, die sie auf dem Querschnitte des normalen Ringes bilden.

Endlich sei noch der Tatsache erwähnt, daß sich auf den Querschnitten des Holzkörpers hier und da kleine oder größere Flächen parenchymatischen Gewebes finden, dessen Zellen ungleich groß und von ebenso ungleicher Gestalt sind (Fig. 17, Taf. V). Diese Gruppen bilden Markflecke, denen wir an andern Orten in unserer Pflanze in großer Zahl begegnen, und die dort bedeutenden Umfang erreichen. Auf das später darüber Gesagte sei hier verwiesen.

Die an dem Stammstück zwischen den Wurzeln und dem Hauptstausproß beobachteten Verhältnisse findet man im Wesentlichen wieder in dem basalen bandartigen Teile, der horizontalen Brücke und dem unteren

Ende des großen Seitensprosses. Die Bilder der Querschnitte dieser Teile weichen von den oben beschriebenen des unteren Stammstückes hauptsächlich nur dadurch ab, daß in ihnen Markflecke auftreten, in geringer Zahl in dem basalen Ende, in großer in dem Seitensproß, ein Gegenstand, den wir, wie erwähnt, noch besonders zu behandeln haben. An den Holz- zellen wurden auch vergleichende Messungen ausgeführt, deren Ergebnisse aber, da sie die an *S. fragilis* gewonnenen lediglich bestätigen, nicht mit- geteilt zu werden brauchen. Eine Ergänzung zu den dort vorgenommenen bilden dagegen die an den Markstrahlen ausgeführten Messungen, die wir daher nicht übergehen wollen. Bevor wir uns zu ihnen wenden, werfen wir noch einen Blick auf die

Knollenförmige Anschwellung am Scheitel der Achse.

Der verschiedenen, bald regelmäßigen, bald mehr oder weniger unregel- mäßigen Bilder der Querschnitte haben wir früher gedacht. Dem Verlaufe der Faserzüge entsprechen, wie sich von selbst versteht, die Gestalten der sie zusammensetzenden Gewebeformen. Neben regelmäßigen kommen in den knäueiförmigen und sonstigen Bildungen abweichende, oft geradezu bizarre Formen vor. Sie gleichen durchaus den unter ähnlichen Verhältnissen wahrgenommenen und bedürfen daher keiner näheren Erörterung. Statt alles weiteren sei auf die Abbildungen einiger teils wenig, teils weit von den normalen Formen abweichender Holzzellen und Gefäße verwiesen (Fig. 11, 18, 23, 14, Taf. V; Fig. 5, 6, 7, 8, 11, Taf. VI). Man beachte vor allem unter den ersteren die Gestalten mit den eigentümlichen Aus- wüchsen.

Die Markstrahlen.

Den großen Wert der Zahl und Breite der Markstrahlen für die Be- urteilung des Grades der krankhaften Natur eines Gewebes haben wir früher erkannt. Es seien nun den an der Achse und den Zweigen der *S. fragilis* gemachten Erfahrungen zur Ergänzung noch die entsprechenden an *S. elegantissima* gewonnenen beigelegt. Hier wurden die Verhältnisse der Hauptachse und ihrer Seitenglieder verschiedener Ordnung unter- sucht.

a) Achsenteil zwischen den Wurzeln und dem Hauptsproß.

Die Schnitte selbst entnahm man stets dem äußeren Teile des letzten Jahrringes.

Breite des Querschnittes	Zahl der Strahlen	Zahl der Strahlen auf die Breite 1 mm
4 mm	91	22,7
4,2 „	92	21,9
4,5 „	97	21,5
3,2 „	71	23,1
2,6 „	63	24,2
18,5 mm	417	22,6

Die Abweichung der Zahlen der letzten Reihe von ihrem Mittelwert ist so gering, daß man auf große Beständigkeit schließen darf.

Bei diesen Bestimmungen war versäumt, auf die Zahl der Zellenreihen in den einzelnen Strahlen zu achten. Um auch darüber Klarheit zu erlangen, wurden nachträglich noch 2 Schnitte von je 4,5 mm Breite untersucht. Es fanden sich auf dem einen 12, auf dem andern 14 2-reihige, aber keine 3-reihigen Strahlen. Auf die Breite eines Millimeters kommen also fast 3 2-reihige Strahlen, eine ungewöhnlich hohe Zahl.

b) Flacher basaler Achsenteil auf mittlerer Höhe.

Tangentiale Breite des Schnittes in mm	Zahl der Strahlen		Zahl der 2-reihigen		Zahl der 3-reihigen Strahlen
	Gesamte	Auf 1 mm	Gesamte	Auf 1 mm	
2,4	47	19,5	5	2,08	0
2,4	50	20,8	1	1,66	0
2,4	46	19,1	1	1,66	1
3,5	74	21,1	5	1,42	1
Summe 10,7	217	80,5	18	6,82	2
Mittel 1	20,1	20,1	1,70	1,70	0,18

Das allgemeine Mittel weicht um etwa 9% von dem des unteren Achsenteiles ab; die mittlere Summe der 2-reihigen Strahlen ist dort aber beträchtlich größer als hier.

c) Großer Seitenzweig 1. Ordnung.

1. Außenseite mit dem großen Durchmesser.

Tangentiale Breite des Schnittes in mm	Zahl der Strahlen		Zahl der 2-reihigen Strahlen	
	Gesamte	Auf 1 mm	Gesamte	Auf 1 mm
3,1	55	17,7	2	0,61
2,6	48	18,4	1	0,4
2,25	39	17,3	3	1,2
2,2	43	19,5	1	0,45
6,0	118	19,5	4	0,66
2,75	51	19,6	2	0,72
18,9	357	112,0	13	4,07
1	18,8	18,8	0,67	0,67

Das allgemeine, hier festgestellte Mittel weicht von dem des basalen Teiles der Hauptachse um etwa 8% ab; ungleich größer ist aber der Unterschied zwischen den 2-reihigen Strahlen an den beiden Orten.

2. Innenseite mit dem kleinen Durchmesser.

Um festzustellen, ob die Verhältnisse in dem am schwächsten entwickelten Teile der Achse denjenigen des am meisten ausgebildeten ähmlich oder unähnlich seien, wurden noch die Strahlen aus 4, aus jenem Teile gewonnenen Schnitten bestimmt.

Tangentiale Breite des Schnittes in mm	Zahl der Strahlen		Zahl der 2-reihigen Strahlen	
	Gesamte	Auf 1 mm	Gesamte	Auf 1 mm
4,4	80	18,1	3	0,68
3,9	73	18,7	1	1,02
2,6	43	18,7	3	1,30
2,5	48	19,2	2	0,8
13,4	241	71,7	12	3,80
1	18,6	18,6	0,95	0,95

An 2-reihigen Strahlen waren auf den 4 Schnitten vorhanden 3, 4, 3, 2, im ganzen also 12, auf der Breite 1 mm also 0,9. 3-reihige Strahlen wurden auch hier nicht beobachtet. Sieht man von den Unterschieden in der Zahl der 2-reihigen Strahlen ab, so ergibt sich, daß auf der schwach und auf der stark entwickelten Seite der Achse die Zahl der Strahlen gleich groß ist.

d) Größter Seitenzweig 2. Ordnung.

Der Zweig ist der unterste, am stärksten entwickelte; er entspringt am Mutterzweig in 9 mm Entfernung von dessen Ansatzstelle. Die zu untersuchenden Schnitte wurden dem Zweige in der Höhe von 17 cm über dem Grunde entnommen.

Tangentiale Breite des Schnittes in mm	Zahl der Strahlen		Zahl der 2-reihigen Strahlen	
	Gesamte	Auf 1 mm	Gesamte	Auf 1 mm
2,3	48	20,8	1	0,43
2,3	47	20,4	1	0,43
2,7	54	20,0	0	0,0
1,5	31	20,6	1	0,66
2,5	51	20,4	0	0,0
1,4	29	20,7	1	0,71
12,7	260	122,9	1	2,23
1	20,4	20,4	0,31	0,37

Die eben mitgeteilten Zählungen ergaben auffallend übereinstimmende Werte, die auf große Beständigkeit im Bau der Strahlen hinweisen. Die Zahlen sind etwas höher, als die im Zweige 1. Ordnung beobachteten; doch ist dafür dort die Zahl der 2-reihigen Strahlen größer. Auch ist zu beachten, daß die einzelnen Strahlzellen in diesem Zweige schon fast sämtlich die Breite der gewöhnlichen Formen haben.

e) Seitenzweig 3. Ordnung.

An diesem Zweige wie dem der folgenden Ordnung, die beide stielrund waren, wurden nur wenige Zählungen vorgenommen. Die Stelle, aus der man die Schnitte herstellte, befand sich etwa 100 cm über dem Grunde des Hauptzweiges 1. Ordnung.

Breite des Querschnittes	Zahl der Strahlen	Zahl der Strahlen auf die Breite 1 mm
2,1	48	22,8
2,1	49	23,3
4,2	97	23

Alle Strahlen waren 1-reihig und von gewöhnlicher Breite.

f) Seitenzweig 4. Ordnung.

Die Höhe der untersuchten Stelle über dem Grunde des Seitenzweiges 1. Ordnung betrug 108 cm.

Breite des Querschnittes	Zahl der Strahlen	Zahl der Strahlen auf die Breite 1 mm
1,7 mm	36	21,1
1,85 „	38	21,1
1,75 „	45	25,7
5,30 mm	119	22,6

Auch diese Strahlen waren sämtlich 1-reihig und ihre Zellen hatten einzeln normale Breite.

g) Großer Wulst am Scheitelende der Achse.

Um auch von dem Strahlenreichtum der Geschwulst am Scheitel der Achse eine Vorstellung zu gewinnen, wurden Querschnitte aus einem Gebiete hergestellt, das wenig unregelmäßig gebaut war. Es ergaben sich folgende Zahlen:

Tangentiale Breite des Schnittes in mm	Zahl der Strahlen		Zahl der Zellereihen im Strahl			
	Gesamte	Auf 1 mm	1	2	3	4
3	70	23,3	41	21	6	2
2,7	54	20	39	11	1	0
3	71	23,6	49	11	7	1
8,7	195	66,9	129	46	17	3
1	22,3	22,3	11,8	5,28	1,95	0,31

Die Zahl der Strahlen ist hier groß, doch nicht größer, als die höchsten der an den Zweigen beobachteten. Der Unterschied zwischen diesen und dem Wulst wird aber größer, wenn man die Zahl der Zellereihen in den einzelnen Strahlen mitbeachtet.

Erst aus diesen Zahlen ersieht man, in wie hohem Maße die Parenchym-Bildung in dem Wulste wächst. Es ist aber zweifellos, daß an mehr unregelmäßig gebauten Orten, als dem untersuchten, die Masse des Parenchyms erheblich beträchtlicher ist, als hier. Und dabei ist nicht zu übersehen, daß die Breite der einzelnen Strahlzellen fast durchweg die größte ist.

Breite der einzelnen Strahlen.

Die im Vorigen angeführten Zahlen bedürfen einer Ergänzung: es ist noch die tangentielle Breite der einzelnen Strahlen zu bestimmen. Um einen annähernd richtigen Mittelwert zu gewinnen, wurden aus dem über der Wurzel gelegenen Achsenteile bei 320 facher Vergrößerung 12 Strahlen möglichst genau gemessen; 9 davon waren 1-reihig, 3 2-reihig. Die Maße wurden von den Mittel-Lamellen der Strahlzellen und der beiden angrenzenden Zellen gerechnet. 9 Strahlen waren 1-reihig, 3 2-reihig. Ihre Breite war in mm: 4,5; 4,5; 4,5; 5,0; 4,5; 4,5; 5,5; 4,5; 4,75; 8,2; 6,5; 7,5. Die 9 ersten Maße gehören den 1-reihigen, die 3 letzten den 2-reihigen Strahlen an.

Die Summe dieser Zahlen beträgt 64,45 mm, die mittlere Breite des einzelnen Strahles demnach 5,37 mm, die 2-reihigen einbegriffen.

Die 9 1-reihigen Strahlen hatten eine mittlere Breite von 4,7 mm, eine Zahl, von der die einzelnen Zahlen nur durch so geringe Bruchwerte abweichen, daß weitere Messungen nicht nötig zu sein schienen.

In den 3 2-reihigen Strahlen waren die einzelnen Reihen ungefähr gleich breit; sie maßen 4,1, 3,2, 3,7 mm. Hieraus ersieht man, daß mit der Zunahme der Zellen im Strahl nicht immer auch die Breite entsprechend wächst, eine Tatsache, die die vergleichende Betrachtung auch ohne Messung lehrt.

Für die Breite der 1-reihigen Strahlen im normalen Zweige fanden wir früher den Wert 3,52 mm; er ist um 1,18 kleiner, als der eben an der verkehrten Achse beobachtete. Der Unterschied ist groß: der normale Strahl hat ungefähr um ein Viertel geringeren tangentialen Durchmesser, als der der verkehrten Achse angehörende.

Mit diesen Zahlenangaben wolle der Leser die Fig. 1, 2, 3, Taf. V vergleichen, die das Verhältnis vor Augen führen. Die Abbildungen zeigen einen 1-reihigen und zwei 2-reihige Strahlen, die dem vorhin Gesagten entsprechen. Die zugehörigen Fig. 8 und 9 geben Strahlen aus der normalen Achse wieder. Es sei auf das früher darüber Gesagte verwiesen.

Die eben angegebene Breite der Strahlen findet man auch in dem flachen basalen Achsenstücke und im unteren Ende des großen Seitenzweiges. In den höheren Teilen dieses Gliedes aber und in den Seitensprossen der 2., 3. und 4. Ordnung tritt, durch Übergänge vermittelt, die normale Breite auf. Die ungewöhnliche Zahl der Strahlen wird also länger erhalten, als die abnorme Breite der Zellen.

Werfen wir zum Schluß einen Rückblick auf die an den Markstrahlen der *S. elegantissima* gewonnenen Ergebnisse.

Wir erinnern uns, daß in der Achse der gewöhnlichen Pflanze auf die Breite eines mm 17,5 1-reihige Strahlen kommen. Damit seien nun die in den verschiedenen Teilen der verkehrten Pflanze, ebenfalls auf Millimeterbreite erzeugten Strahlen verglichen. Wir fanden

im Achsenteile über der Wurzel	22,6	Strahlen
im flachen basalen Achsenteile	20,1	„
im großen Seitensprosse 1. Ordnung		„
1. auf der Seite des großen Durchmessers	18,8	„
2. auf der Seite des kleinen Durchmessers	18,6	„
im größten Seitenzweige 2. Ordnung	20,4	„
im größten Seitenzweige 3. Ordnung	23,0	„
im größten Seitenzweige 4. Ordnung	22,6	„
im Wulste am Scheitel der Achse	22,3	„

Das Mittel aus den von diesen 7 Orten gewonnenen Zahlen beträgt 21,0, weicht also nicht ganz um 4 Einheiten von den in der normalen Achse gefundenen ab. Es unterscheidet sich nur um 0,6 von dem in der verkehrten Achse der *S. fragilis* beobachteten, das 20,4 beträgt. Dieses aber ist fast doppelt so groß, als das der gewöhnlichen Achse dieser Art zukommende; der Unterschied ist hier also beträchtlich größer, als bei *S. elegantissima*.

Am geringsten ist die Verschiedenheit zwischen dem basalen Teile des

großen Seitensprosses und dem normalen Zweige; sie beträgt nur 1,1 Strahlen auf die Breite von 1 mm. Dazu ist aber zu bedenken, daß dort auf 1 mm 0,7 2-reihige Strahlen erzeugt werden, die hier fehlen. Immerhin weichen die beiden Achsen in der Zahl der Strahlen wenig von einander ab. Wir werden aber bald sehen, daß die Parenchym-Bildung in dem Seitengliede ungleich größer ist, als in der gewöhnlichen Achse; jene bildet nämlich Markflecke von bedeutender Größe und Zahl, ein Gewebe, das in dieser selten auftritt und, wenn es geschieht, nur geringen Umfang erreicht.

So weit die Zahl der Strahlen. Wie wir fanden, hat die einzelne Strahlzelle in dem zentralen Teile der Pflanze einen um ungefähr $\frac{1}{4}$ größeren Durchmesser, als die gewöhnliche. Dadurch steigert sich der Unterschied zwischen den beiden Achsen nicht unbeträchtlich. Bei gleicher Breite würden sich 5 Zellenreihen mehr ergeben und der Unterschied etwa 9 Reihen betragen, das Verhältnis sich also darstellen wie 17,5 : 26,5.

Zusammenfassend können wir daher sagen: auch in der verkehrten Pflanze der *S. elegantissima* ist die Parenchym-Bildung an den angeführten Orten erheblich gesteigert, wenn sie auch nicht die Höhe erreicht, die für *S. fragilis* festgestellt wurde.

Salix acutifolia.

Dem früher über das äußere Bild der verkehrten Pflanze dieser Art Gesagten lassen wir nunmehr einige Bemerkungen über den anatomischen Bau der Achsen folgen. Es wird sich zeigen, daß auch hier ähnliche Wachstumsverhältnisse herrschen, wie bei den bisher besprochenen beiden Formen.

Von dem Stammteile zwischen den Wurzeln und dem großen Seitensprosse sei nur bemerkt, daß sein Querschnitt von dem entsprechenden der *S. fragilis* und *elegantissima* nur wenig abweicht: er hat ebenfalls stumpf vierkantigen Umriss mit ähnllich gebautem Holzkörper, der sich nur dadurch unterscheidet, daß die dem Achselsproß gegenüber liegende Seite stärker entwickelt ist, als die ihm zugewandte.

Der exzentrisch gebaute basale Teil der Hauptachse oberhalb des Seitensprosses bedarf keiner näheren Erörterung; nur auf die knollenförmige Anschwellung, die das noch erhaltene lebendige Ende von dem abgestorbenen trennt, sei ein Blick geworfen. Den Querschnitt durch ihren am stärksten entwickelten mittleren Teil der Geschwulst gibt Fig. 68 in natürlicher Größe wieder. Der Körper ist stark exzentrisch ausgebildet und zwar, was fast nicht mehr erwähnt zu werden braucht, auf der

vom Seitensproß abgewandten Seite. Das große Mark umgibt der vor dem Beginne des Versuches entstandene, radiär entwickelte 1. Jahrring. Der nun folgende erste, nach der Umkehrung gebildete, ist schon, wenn auch erst schwach, exzentrisch gebaut. Ungleich mehr gilt dies

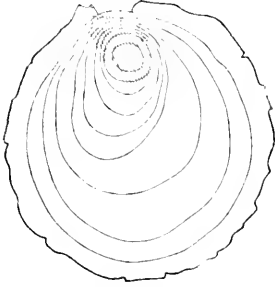


Fig. 68.

von den 3 folgenden Ringen, die sich dabei einseitig von der Mediane, für den Beschauer nach der linken Seite, entwickeln. Die so entstandene Asymmetrie wird aber schon im nächsten, dem 5. Ringe, fast völlig, in den beiden letzten gänzlich wieder ausgeglichen, so daß der Querschnitt im Bereiche dieser Ringe bilateral-symmetrisch gestaltet ist. — Hinzuweisen ist noch darauf, daß das Mark, der 1. Jahrring, sodann die sämtlichen übrigen Ringe und die

Rinde auf der Seite der kleinen Excentrizität abgestorben sind. Im 2. Ringe hat der Verfall des Gewebes auch schon auf der entgegengesetzten Seite begonnen, wie die feine Strichelung andeutet.

Wir betrachten nun den Seitensproß 1. Ordnung. Seinen Querschnitt am basalen Ende zeigt Fig. 69; der hier gezeichnete wurde in der Höhe von 1 cm über der Zweigansatzstelle hergestellt. Er bietet ein merkwürdiges Bild dar, das an ein ähnliches, aber weniger auffallendes, bei *S. elegantissima* beobachtetes, erinnert. Es sind 7 Jahrringe vorhanden. Schon der erste ist schief excentrisch gebaut mit seitwärts gerichteter, kleiner Achse. In den folgenden 4 Ringen steigert sich dieses Wachstum, doch wendet sich die kleine Achse nach oben, d. h. der nach der Hauptachse gewandten Seite zu; die anfänglich vorhandene Ellipsenform geht im 5. Ringe in Eiform über. Im 6. und 7. Ringe endlich entwickelt sich der Körper überwiegend in die Breite und erlangt damit seine eigentümliche Gestalt.

Zu einer möglichen Deutung dieser Form ist anzuführen, daß an der Hauptachse 10 cm unter dem Seitensproß 2 starke Wurzeln entsprangen, die unter seinen beiden seitlichen Ausbuchtungen standen. Diese Tatsache legt den Gedanken nahe, daß gesteigerte Ernährung der beiden Seiten ihr erhöhtes Wachstum verursacht habe. Dem aber steht im Wege, daß die Hauptachse zwar auch, wie angegeben, einseitig stärker entwickelt war, aber auf der dem Tochttersproß gegenüberliegenden Seite, und daß sie hier keine Ausbuchtungen zeigte. Dieser Umstand, sowie der weitere, daß das ähnliche, an der verkehrten Pflanze der *S. elegantissima* be-

obachtete Wachstum von der Stellung der Wurzeln unabhängig war, weist den angedeuteten Erklärungsversuch zurück. Auch ist wohl zu bedenken, daß es sich hier nur um die beiden Ausbuchtungen handeln könnte, daß die exzentrische Entwicklung der Seitenachse, mag sie symmetrisch oder asymmetrisch verlaufen, dadurch nicht erklärt würde. Das aber ist der entscheidende Punkt. Wir werden später auf diese Dinge zurückkommen.

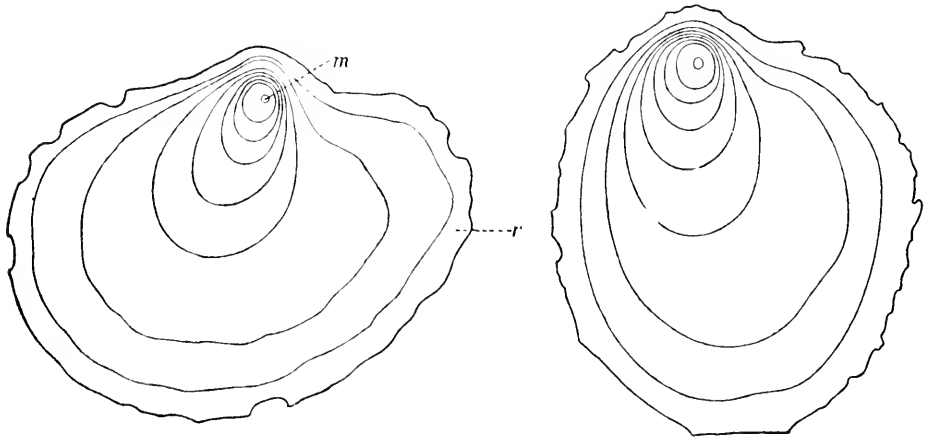


Fig. 69.

Fig. 70.

Wie an den Zweigen der *S. elegantissima* verändert sich auch an unserem Seitensproß die Querschnittsform mit der Entfernung vom Grunde allmählich. Etwa 8 cm über dem eben beschriebenen Schritte bietet uns die Achse das in Fig. 70 dargestellte Bild. Die eine Ausbuchtung ist verschwunden, die andere, zwar nun weniger ausgebildet, noch vorhanden; die schiefe Exzentrizität der inneren Ringe hat sich in eine fast gerade verwandelt. In 12,5 cm Entfernung von seiner Ursprungsstelle geht aus der Unter-, d. h. der morphologischen Oberseite der Seitenachse 1. Ordnung ein Tochterzweig 2. Ordnung hervor, der nun, wie früher angegeben, die Führung übernimmt. Wenig über seinem Grunde hat er den in Fig. 71 gezeichneten Querschnitt. Sein innerster Jahrring ist fast radiär gebaut, ähnlich noch der zweite; die folgenden Ringe aber werden, und zwar zunehmend, exzentrisch. Im ganzen aber ist diese Achse viel weniger abnorm gebaut, als der mütterliche Träger. Auch hier weicht, wie bei *S. fragilis*, die große Achse der Exzentrizität von der des Mutterzweiges um etwa 80° ab, und zwar nach der, von außen betrachtet, rechten Seite. — Wie sich die Gestalt des Querschnittes ändert, zeigt Fig. 72; er wurde 11 cm über dem vorigen hergestellt. Man sieht, wie der Zweig dem radiären Bau

zustrebt. Dieser ist schon fast völlig erreicht in etwa 15 cm Entfernung über der Höhe, der der vorige Schnitt entnommen wurde. Hier hat der Querschnitt die in Fig. 73 abgebildete Form, die die Exzentrizität eben noch erkennen läßt. Noch weiter oben ist von ihr nichts mehr wahrzunehmen.

Die Seitenglieder dieses Astes entspringen, wie schon mitgeteilt, ringsum auf allen Seiten. Sie alle sind völlig radiär gebaut.

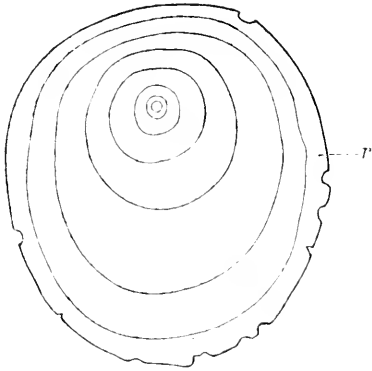


Fig. 71.

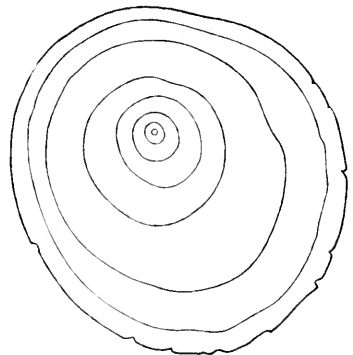


Fig. 72.

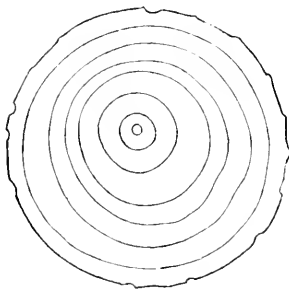


Fig. 73.

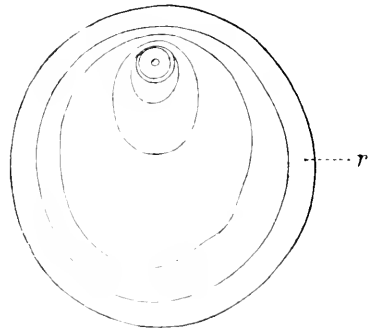


Fig. 74.

Salix alba vitellina pendula.

Bei dieser Form, wie auch bei andern Arten, verlaufen die Gestaltungsvorgänge an den verkehrten Pflanzen im Wesentlichen ähnlich denen, die wir bei den im Vorstehenden behandelten Arten beobachtet haben. Die Abweichungen betreffen nur untergeordnete Punkte. Von der in der Ueberschrift genannten Form geben wir hier nur Fig. 74, die einen Querschnitt durch den basalen Teil des starken Seitenastes darstellt. Er hat

6 Jahrringe, von denen der erste sich radiär, der zweite schwache wenig, die folgenden aber steigend exzentrisch entwickelt haben. Dabei ist zu beachten, daß der 3. und 4. Ring noch schmale, der 5. und 6. Ring aber solche Ellipsen bilden, in denen die Flächen sich stärker in der Richtung der kleinen Achse vergrößern, und der ganze Querschnitt daher rundlichen Umriß erhält. Auch wollen wir nicht übersehen, daß die beiden letzten Ringe hier in der Richtung der kleinen Achse stärker gewachsen sind, als es bei den andern Arten an den entsprechenden Orten geschah. — In diesen wie in andern Punkten stoßen wir auf feine Verschiedenheiten, die mit der Natur der Art zusammenhängen, und die erst bei dieser Untersuchung an das Tageslicht treten.

Ueber Markflecke.

Wenn wir hier den „Markflecken“ eine Besprechung widmen, so geschieht dies deshalb, weil sie uns in einer verkehrten Pflanze der *Salix elegantissima* in ungewöhnlich entwickelter Form gegenübertraten und die sich daran knüpfende Untersuchung Ergebnisse lieferte, welche die bisher von andern gewonnenen ergänzen und erweitern und zu Erklärungsversuchen einladen.

Die fraglichen Bildungen wurden zuerst von *Th. Hartig* ¹⁾ beobachtet und als „Zellgänge“ bezeichnet, danach von *Rossmässler* ²⁾ als „Markwiederholungen“ und von *Nördlinger* ³⁾ als „Markflecke“ beschrieben. Die erste eingehende Untersuchung ihres Baues gab *G. Kraus* ⁴⁾ sowohl über die bei Koniferen, als die bei Laubhölzern vorkommenden. Als Beispiel für jene diente besonders *Pinus balsamea*, für diese *Pinus torminalis*. Bei der genannten *Pinus*-Art zeigen die Markflecke verschiedene Ausbildungsstufen. Die einfachste besteht darin, daß die Zellen eines Markstrahles am Uebergange vom Herbst- ins Frühjahrsholz unregelmäßig anschwellen, manchmal ihre Zahl verdoppeln, ihre Wände stark verdicken und sich mit einem braunen Stoffe füllen. Auf der nächsten Stufe werden an demselben Orte größere oder kleinere Gruppen dickwandiger, stark poröser Zellen gebildet, aus welchen neue Markstrahlen hervorgehen, die nicht die Fortsetzung der vorjährigen sind. Auf einer weiteren Stufe endlich wird im Frühjahrsholze ein vollständiger Ring von Steinzellen erzeugt, der aus Stücken von ungleicher Dicke zusammengesetzt ist.

Die Markflecke bei *Pinus torminalis* stellen in dem besprochenen

1) *Hartig, T.*, Forstliche Kulturpflanzen. 1810, S. 326.

2) *Rossmässler*, Versuch einer anatomischen Charakteristik des Holzkörpers der wichtigeren deutschen Bäume und Sträucher. Dresden und Leipzig, 1847, S. 33.

3) *Nördlinger*, Querschnitte von 100 Holzarten. Bd. II, S. 10.

4) *Kraus, G.*, Mikroskopische Untersuchungen über den Bau lebender und vorweltlicher Nadelhölzer. Würzburger naturwissenschaftliche Zeitschrift, V. Band. Würzburg, 1864, S. 144 ff.

Beispiele elliptisch umschriebene Gruppen von großen, unregelmäßigen, porösen, mit Reservestoffen gefüllten Zellen dar, die von dem umgebenden Gewebe durch gelbe Streifen getrennt sind. Wie die nähere Untersuchung lehrt, bestehen diese Streifen aus den sehr dünnen Wänden zusammengepreßter Zellen. — Die eintretenden Markstrahlen sind an Zahl und Richtung den austretenden nicht gleich; diese haben oft etwas bogenförmigen Verlauf. Wenn sich die Strahlen den Markflecken nähern, werden ihre Zellen tangential weiter und endlich allmählich oder plötzlich unregelmäßig.

Die Markflecke finden sich hauptsächlich an den unteren Teilen der Stämme und den oberen Teilen der Wurzeln, an beiden Orten oft in großer Zahl. Nach oben werden sie, und zwar zunehmend, seltener, treten aber auch noch in den höchsten Zweigen auf.

Soviel aus *Kraus'* Untersuchungen.

Auf den Angaben der Genannten, besonders den *Kraus'* sehen, fußt die Darstellung, die *de Bary*¹⁾ von unserem Gegenstande gegeben hat. Er bezeichnet die Markflecke „gleichsam als lokale Hypertrophien der Markstrahlen“ und deutet damit an, daß sie vielleicht pathologischer Natur seien. Auch er führt die Bildung der Flecke auf Markstrahlen zurück. „Die Markstrahlen gehen also von innen her in die Gänge über; sie fließen ferner in denselben seitlich zusammen. Auf der Außenseite gehen von den Gängen neue, in ihrer Richtung von den innen zutretenden unabhängige, oder in der Fortsetzung dieser liegende Markstrahlen aus.“ — Sowohl diese als die Angaben aller früheren Beobachter beruhen auf der Untersuchung fertiger Zustände.

Einen wichtigen Beitrag zur Kenntnis der Markflecke bringt eine Arbeit *M. Kienitz'*²⁾. Ihm gelang es, zu zeigen, daß sie bei einer Anzahl von Laubhölzern durch Insektenlarven hervorgerufen werden. Nach seinen Beobachtungen legt eine Diptere ihre Eier auf die jungen Triebe der Pflanzen. Die auskriechenden Larven dringen in die Zweige ein und fressen in der cambialen Region Gänge, die anfangs schmal sind, später aber weiter werden und bis zu 2 mm Breite erreichen. Die sie umgebenden verletzten oder noch gesunden Zellen werden von dem Tiere zusammengepreßt und ihre dünnen Wände bilden in der Folge die bekannten gelben Linien. Nachdem die Larve den Gang verlassen hat, beginnen gesunde Zellen in seiner Umgebung zu wachsen, die Wände toter Zellen zu durch-

1) *de Bary, A.*, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig, 1877, S. 507.

2) *Kienitz, M.*, Die Entstehung der „Markflecke“. Botanisches Centralblatt, herausgegeben von Uhlworm und Behrens, XIV. Band. Cassel, 1883, S. 21 ff.

brechen, in den Raum hineinzuwachsen, sich hier zu teilen und ihn schließlich ganz auszufüllen. Gewöhnlich sind es Markstrahl-, seltener andere parenchymatische Zellen der Rinde, noch seltener Markstrahlzellen des Holzes, die auswachsen. Die so entstandenen Elemente werden nach und nach zu einem dickwandigen Parenchym, das sich oft mit Stärke füllt. Von den unverletzten Cambiumzellen auf beiden Seiten des Ganges geht ein Bildungsgewebe aus, das endlich das Cambium auf der Außenseite des Ganges neu herstellt. So entsteht wieder ein geschlossener Cambium-Ring, der auch über dem Gange normale Tätigkeit entfaltet.

Man findet diese Gänge hauptsächlich in den unteren Teilen des Stammes und den oberen der Wurzeln. Ihre Länge beträgt in üppigen Weidensprossen 20—30 cm, gelegentlich selbst mehr als 1 m. Sie kommen vor bei *Alnus glutinosa*, *Betula pubescens* und *verrucosa*, *Corylus avellana*, bei *Sorbus*-, *Crataegus*-, *Prunus*- und fast allen Weiden-Arten.

Die diesen Markflecken oder Gängen ähnlichen, von *Kraus* untersuchten Bildungen der Koniferen, entstehen wahrscheinlich aus anderen Gründen. Eine über diesen Gegenstand von *Kienitz* verheißene Arbeit ist aber, soweit uns bekannt, bisher nicht erschienen. Erwähnt sei noch, daß seine Angaben für die Birke von *Tubeuf*¹⁾ bestätigt wurden.

Hinsichtlich alles Weiteren, besonders der älteren Litteratur, dürfen wir auf die Schriften *Kraus*’, *de Bary*’s und *Kienitz*’s verweisen.

Nach dem zuletzt Angeführten wird man geneigt sein, die sämtlichen, bei den genannten Laubhölzern, darunter den Weiden, vorkommenden Markflecke oder Gänge mit *Kienitz* auf Insektenfraß zurückzuführen. — Nachdem wir ihnen bei den von uns behandelten *Salix*-Arten wiederholt begegnet waren, traten sie uns in einer verkehrten Pflanze der *S. elegantissima* in so auffallender Zahl und teilweise auch Größe entgegen, daß sie einen nicht unbeträchtlichen Teil des Querschnittes ausmachten. Die sich an diese Pflanze knüpfende Untersuchung lehrte bald, daß es sich in den Markflecken um Bildungen von sehr verschiedener Art handelt, von denen ein Teil zwar durch Insektenfraß hervorgerufen wird, ein anderer aber auf Wachstumsvorgängen beruht, die ganz andere Ursachen haben. Soweit es diesen betrifft, kommen wir wieder auf die Angaben *Kraus*’ und *de Bary*’s zurück, die aber, wie eine eingehende Erwägung zeigt, wichtige Fragen nicht nur nicht gelöst, sondern überhaupt nicht gestellt haben. Bevor wir zu diesen übergehen, besprechen wir kurz das wiederholt er-

1) *Tubeuf*, v., Die Zellgänge der Birke und anderer Laubhölzer. Forstliche naturwissenschaftliche Zeitschrift, Jahrgang 1897, S. 314.

wähnte Vorkommen der Markflecke in der verkehrten Pflanze der *S. elegantissima*.

Am zahlreichsten treten sie im unteren Teile des großen Seitensprosses auf. Das Bild seines Querschnittes an diesem Orte wurde früher besprochen; Fig. 61 gibt eine Skizze davon. Der uns hier beschäftigende Schnitt bot eine ähnliche Form und hatte ebenfalls 7 Jahrringe; sein größter Durchmesser betrug 3,7 cm. Auf diese Fläche kommen nun gegen 70 mit unbewaffnetem Auge sichtbare Flecke; die kleineren wurden nicht gezählt. In den 3 inneren Ringen sind noch keine vorhanden; im vierten erscheinen sie in mäßiger Zahl und sind hier meist noch klein; im fünften werden sie zahlreicher und größer; ähnlich verhalten sie sich in den beiden folgenden Ringen, von denen der sechste besonders reich daran ist.

Der Umriß der Flecke ist bei den kleinen rundlich, bei den größeren verlängert bis breit elliptisch, selbst bandartig. Die große Achse der Ellipse verläuft stets parallel dem Stammumfang. Sie finden sich häufig an der äußeren Grenze der Jahrringe, kommen aber auch oft an beliebigen Orten im Ringe vor. Bei den großen Formen erreicht der tangentialle Durchmesser 4—5, bei den bandartigen selbst 9—10 mm, der radiale 1 mm und selbst noch mehr. — Verschieden wie der Querschnitt ist auch der Längenschnitt. Es können nur wenige Zellen auf ihm kommen, oder er kann länger werden und endlich 20, 30 und mehr mm erlangen. Im Internodium verlaufen sie in gerader Richtung, an der Ansatzstelle des Sprosses teilweise bogenförmig.

So die Verhältnisse in dem basalen Teile des Achselsprosses. Nach oben hin nimmt ihre Zahl allmählich ab, bis schließlich nur noch wenige, und zwar lediglich kleine, vorhanden sind.

Beträchtlich weniger häufig, als im unteren Teile des Achselsprosses finden sich die Flecke in der Hauptachse, sowohl in deren basalem flachen, als in dem zwischen Seitensproß und Wurzeln gelegenen Teile, ferner in den basalen Teilen der starken Wurzeln. In diesen wird, wie in dem Seitensprosse, ihre Zahl nach und nach geringer, bis sie endlich ganz schwinden. Man kann daher sagen, daß sie in den zentralen Teilen der Pflanze am häufigsten auftreten und mit der Entfernung von diesen an Zahl und Umfang abnehmen. Sie sind also am verbreitetsten an den Orten, die am meisten abnorm gebaut sind und steigern deren pathologische Natur noch erheblich.

Soviel über diese Pflanze. Auch in allen übrigen verkehrten Pflanzen der *S. elegantissima* wie der anderen Arten fanden wir die Flecke, immer

aber nur in geringerer Zahl; einzelne größere, ja beträchtlich größere, solche, die bis zu $\frac{3}{4}$ des Jahrringumfanges einnahmen, wurden beobachtet, niemals aber wieder eine so ungewöhnlich hohe Zahl wie die dort wahrgenommenen.

Wie angedeutet, ergab sich aus unserer Untersuchung der Weiden, daß nur ein Teil der Markflecke durch Insektenfraß, andere aber durch innere Wachstumsvorgänge verursacht werden, wie *Kraus* und *de Bary* angenommen hatten. Nach ihnen gehen, wie wir sahen, die Flecke aus Markstrahlzellen hervor, die sich abnorm vergrößern, seitlich zusammenfließen, sich teilen und so das Gewebe des Fleckes herstellen. — Hier drängt sich nun die Frage auf: wo geschieht dies, innerhalb des Cambiums, in ihm selbst oder auf seiner Außenseite? Oder sind 2 oder gar 3 Zonen an dem Vorgange beteiligt? Von der Beantwortung dieser Fragen wird das Urteil darüber abhängen, welche Zellen zerstört werden, welche Gewebereste die gelbe Linie bilden; vor allem aber darüber, ob das Cambium dauernd tätig bleibt oder, wenn zerstört, auf der Außenseite des Fleckes neu erzeugt wird.

Diese Fragen, die mit der nach den Grenzen, innerhalb deren die Markflecke durch Insektenfraß erklärt werden, innig verknüpft sind, leiteten uns bei der Untersuchung. Es ist klar, daß sie nur durch genaue Beobachtung einzelner Beispiele, in denen schon der fertige Zustand zu bestimmten Schlüssen führt, sodann durch das Studium der Entwicklung selbst beantwortet werden können. Wir führen im Nachfolgenden eine Reihe von Beobachtungen vor, die uns besonders bezeichnend zu sein schienen. Sie wurden teils an der eben beschriebenen verkehrten, teils an anderen, ebenfalls verkehrten Pflanzen derselben und anderer Arten, teils aber auch an normalen Pflaazzen angestellt. Unter diesen erwies sich *S. elegantissima* als besonders günstig für die Untersuchung. In kräftigen Zweigen, die 2 Bäumen des Tübinger botanischen Gartens entnommen wurden, fanden wir die Flecke fast überall. Der Querschnitt zeigt sie bald einzeln, bald zu mehreren als kleine, oft erst mit der Lupe sichtbare, weißliche Punkte. Die großen, in der verkehrten Pflanze gefundenen, wurden hier jedoch niemals beobachtet: aber gerade die kleinen Flecke waren für die Beantwortung der uns beschäftigenden Fragen besonders wichtig. Wir glauben dabei bemerken zu sollen, daß die Kronen bildenden Bäume dieser natürlich hängenden Form dadurch erhalten werden, daß man ihre Zweige auf Stämme aufrechter Arten, wie *S. caprea* u. a., pfpft. Ob diese Verbindung das Entstehen der Markflecke beeinflußt, vermögen wir nicht

zu sagen. — Außer der genannten Form dienten noch *S. alba vitellina pendula*, *fragilis* u. a. zu unseren Beobachtungen.

1. Eine einzige Markstrahlzelle hat sich so weit vergrößert, daß ihr tangentialer Durchmesser auf dem Querschnitte das Doppelte von dem der außen und innen angrenzenden, nicht vergrößerten Zellen beträgt.

2. Drei hinter einander liegende Markstrahlzellen sind abnorm vergrößert, die mittlere bis zum $2\frac{1}{2}$ fachen, die beiden andern bis zum $1\frac{1}{2}$ fachen des gewöhnlichen Durchmessers. Erscheinungen wie diese, die nichts wie eine einfache Hypertrophie der Zellen bilden, hat auch *Kraus* bei Koniferen beobachtet, ebenso scheint ihm die folgende begegnet zu sein.

3. Von 6, eine Reihe bildenden, Markstrahlzellen haben sich 3 innere nicht nur abnorm vergrößert, sondern auch je einmal in radialer Richtung geteilt; 2 darüber und eine darunter gelegene sind bloß gewachsen, ohne sich zu teilen. Hier liegt die einfachste Form von Hyperplasie vor.

4. Eine rundliche Gruppe von etwa 30 Holzzellen hat sich ungewöhnlich vergrößert. Der Umfang der inneren beträgt annähernd das $1\frac{1}{2}$ fache von dem gewöhnlicher Zellen mittlerer Größe; nach außen nimmt er allmählich ab und geht endlich in den der normalen über. Alle größeren Zellen der Gruppe sind dicht mit Reservestoffen gefüllt. So weit sich erkennen läßt, sind die umgebenden Elemente in ihrem Wachstum nicht gestört worden.

5. Fünf Markstrahl- und 6 auf der einen Seite angrenzende Holzzellen sind über das mittlere Maß hinausgewachsen, die Holzzellen am meisten. Die Wände der letzteren haben ihre weiße Farbe beibehalten.

6. Wir betrachten nunmehr einen Fleck, der die in den Beispielen 3 und 5 beobachteten Verhältnisse in größerem Maße zeigt. Er beginnt mit einer Markstrahlzelle und endet mit einer solchen; in seinem ganzen mittleren Teile hat er nur 3—4 Zellenlagen Breite. In radialer Richtung zählt er 18 Zellen, also reichlich 4mal soviel, als im Querdurchmesser. Von den 3—4 Zellenlagen der Breite gehören 2 den Markstrahlen, die übrigen den angrenzenden Holzzellen an, diese wie jene durch ihre abnorme Größe von den benachbarten Elementen verschieden. Gefäße sind in dem Streifen nicht vorhanden, doch ist oben am Ende eine Markstrahlzelle in ein anliegendes Gefäß hineingewachsen und hat dessen Innenraum teilweise ausgefüllt. Ueberall herrscht ungestörter Gewebeverband.

7. Eine Zelle, die genau den Umriß der benachbarten Gefäße hat und offenbar ein Gefäß hat werden sollen, ist in Parenchym verwandelt, die Querwand fein getüpfelt. Daneben liegt eine zweite, große, derbwandige

Zelle, der Form nach von demselben Ursprunge, deren Wand schon etwas gebräunt ist.

8. Die Zellen zweier benachbarter Markstrahlen haben sich nacheinander hin beträchtlich vergrößert, auf der einen Seite 4, auf der andern Seite 3 Zellen; dabei sind die zwischen ihnen liegenden Holzzellen zerdrückt, die zunächst angrenzenden aber auf etwa das 2fache der normalen Größe herangewachsen.

9. Dreizehn Sklerenchymzellen von ungleicher, aber durchschnittlich beträchtlicher Größe bilden eine tangentiale Platte von 1—2 Zellen Tiefe; ihr Ursprung läßt sich im einzelnen nicht immer feststellen, doch sind sie außer auf Markstrahl- sicher auch auf Holzzellen zurückzuführen. An den Grenzen kommen zu ihnen noch vergrößerte Holz-, Holzparenchym- und Markstrahl-Übergangszellen. Überall herrscht lückenloser Gewebeverband (Fig. 19, Taf. VI).

10. Dem eben besprochenen ähnlich ist ein langer, tangentialer Gewebestreifen, der sich über 10 Markstrahlen erstreckt, und dessen radiale Tiefe wieder 1—2, höchstens 3 Zellen beträgt. Dieses Beispiel ist sehr lehrreich. Erstens läßt sich hier bestimmt wahrnehmen, daß einige Gefäßanlagen sich nachträglich in Sklerenchym verwandelt haben. Zweitens ziehen einige Holzzellenreihen in gerader Linie durch den Streifen, in dessen Bereich ihre Elemente nur erheblich vergrößert sind, sonst aber ihre normale Wandbeschaffenheit beibehalten haben. Drittens kann man sicher erkennen, daß mehrere große, nicht den genannten Reihen angehörende Zellen des Streifens aus Holzzellenanlagen hervorgegangen sind. Viertens verlaufen auch einige Markstrahlen nur insofern verändert durch den Streifen, als in diesem ihre Zellen lediglich an Umfang zugenommen haben, indes in anderen die Elemente sich auch teilten, ein Vorgang, der die Beurteilung des Ursprunges der einzelnen Zelle schwierig oder unmöglich macht. — Neben den großen Sklerenchymzellen gewahrt man einige Reste zerdrückter Elemente; auch sind an verschiedenen Orten Holzzellen, wahrscheinlich aus Raummangel, sehr klein geblieben. Die in den Streifen eintretenden Markstrahlen setzen sich außen in gerader Linie fort. — An diesem Streifen ließ sich also feststellen, daß an seinem Aufbau neben Markstrahlen Holzzellen und Gefäßanlagen beteiligt waren.

11. Der Fleck wird von 2 Markstrahlen und den zwischen ihnen liegenden Holzzellen hergestellt. Seine innere Grenze bildet eine schwache gelbe Linie, deren Ursprung aus wenigen zerdrückten Zellen leicht erkennbar ist. Von den Strahlen ist der eine sehr stark entwickelt, der andere weniger.

Der große besteht unter der gelben Linie aus 4 radialen Reihen von isodiametrischen Zellen, die aber bald in 2 Reihen von tangential breiten, radial flachen Zellen übergehen. Weiter außen werden diese wieder isodiametrisch, bis endlich der Strahl einreihig wird und seine Elemente die gewöhnliche radial gestreckte Gestalt annehmen. Der 2. Strahl ist etwa halb so breit und besteht innen aus 2 Reihen, deren Zellen sich aber nicht tangential verbreitern. — Wichtig ist das Verhalten der Holzzellen. Während die Strahlen von innen nach außen an Breite abnehmen, verhalten sie sich umgekehrt: ihr schmalster Teil liegt innen, der breiteste außen. In jenem sind die Zellen groß, nur wenig von den Strahlzellen verschieden, doch an der Farbe der Wände bestimmt zu unterscheiden. Ihre Größe nimmt nach außen allmählich ab, dafür die Zahl der Reihen zu, entsprechend der Abnahme der Reihen in den Strahlen: auch sie gehen in die gewöhnlichen Fasern über. Sowohl die Zellen der Strahlen, als auch die großen Holzzellen sind mit körnigem Inhalt, hauptsächlich Stärke, mäßig gefüllt. Alle Zellen, von der gelben Linie abgesehen, stehen in lückenlosem Gewebeverbande. —

Dieser Fleck zeigt überaus anschaulich seine Entstehung aus Markstrahlen und Holzzellen.

12. Als nächstes Beispiel nehmen wir einen verwickelter gebauten Fleck. Er liegt zwischen 9 Markstrahlen, deren äußere seine radialen Grenzen bilden. 7 Strahlen treten von innen in den Fleck ein, 8 treten aus, von denen 7 in ihrer Richtung mit den eintretenden zusammenfallen, während einer neu eingeschaltet ist. Der tangentielle Durchmesser des Fleckes beträgt 0,55 mm, der größte radiale 0,09 mm. Die innere Grenze des Fleckes bildet eine kräftige gelbe Linie, die nur von den eintretenden Markstrahlen durchbrochen wird; ihr Ursprung aus zusammengepreßten Zellen ist alsbald erkennbar. Die zuletzt, unmittelbar vor der Bildung des Fleckes, entstandenen und der gelben Linie angelagerten Zellenformen, Gefäße, Holzparenchymzellen und Holzfasern, sind normal gebaut, die letzteren in Reihen geordnet; Uebergangsbildungen jeder Art fehlen hier. — Die Zellen des Fleckes sind auf der Innenseite ¹⁾ und in der Mitte sehr groß, ihre Wände derb und von gelblicher Farbe; die nach außen folgenden nehmen im allgemeinen an Größe ab. Die Markstrahlen werden bei ihrem Eintritt in den Fleck plötzlich großzellig, vor und bei dem Austritt nach und nach kleinzellig; auch nimmt die größere Breite, die sie an der äußeren Grenze des Fleckes

1) Innen und außen, Innen- und Außenseite beziehen sich stets auf den Mittelpunkt der Achse.

angenommen hatten, allmählich bis zur gewöhnlichen ab. An einigen Orten gewahrt man auch Uebergänge von Zellen des Fleckes zu Holzfasern; im ganzen aber sind seine Zellen von denen des angrenzenden Gewebes deutlich abgegrenzt: die Holzzellen haben keinen Inhalt und ihre kräftigen Wände weiße Farbe, die Elemente des Fleckes dagegen reichen Inhalt und, wie erwähnt, gelblich gefärbte Wände. — Zwischen den Zellen des Fleckes sieht man an einigen Stellen Reste zerdrückter Zellen in der Gestalt kurzer und dünner gelber Linien, sowohl von tangentialer wie von radialer Richtung, nach außen aber ist der Fleck durch keine gelbe Linie abgegrenzt; hier fehlt jede Spur einer solchen. — Zuletzt haben wir noch einen Blick auf das Gewebe außerhalb des Fleckes zu werfen. An ihm fällt auf, daß die Markstrahlen nach dem Austritt aus dem Fleck noch bis zu einiger Entfernung von diesem abnorm großzellig sind, daß dasselbe für die Holzzellen gilt und daß diese nicht in Reihen, wie die den Fleck auf seiner Innenseite begrenzenden, sondern unregelmäßig gelagert sind; erst gegen den Schluß des Jahrringes nehmen sie gewöhnliche Gestalt und Reihenordnung an. Das Ganze macht durchaus den Eindruck pathologischen Gewebes, und zwar um so mehr, als dasjenige außerhalb der beiden, den Markfleck begrenzenden Strahlen, regelmäßig gebaut ist.

13. Ein eigentümlicher Fall. Der Fleck beginnt innen als 2 reihiger Markstrahl, dessen Zellen groß und isodiametrisch sind. Dann wird er breiter; seine tangentiale Zellenzahl wächst allmählich auf 3, 4, 5 und endlich auf 6. Alle sind derbwandig und reich mit Inhalt versehen. Nun nimmt der Durchmesser sehr rasch zu und es wächst seine Zellenzahl bis zu 11 an. An dieser breiten Stelle sind die Zellen inhaltsarm, ihre Wände dünner und heller gefärbt; in einigen finden sich braune Massen. Dieser Bau wird beibehalten bis an die Grenze des Jahrringes. Zerdrückte Elemente sind nirgends zu sehen. Der Raum für den breiten Strahl dürfte teilweise dadurch gewonnen sein, daß die Gefäßbildung hier völlig ausblieb. — Ein zweiter Fleck auf demselben Querschnitt hatte ähnlichen Bau, aber noch größeren Umfang; seine inneren dünnwandigen Zellen jedoch waren abgestorben. Bemerkt sei noch, daß das Cambium im Jahre nach der Erzeugung dieser Flecke in gewöhnlicher Weise tätig war.

14. Der breite Fleck ist auf der Innenseite durch eine sehr kräftige gelbe Linie begrenzt, innerhalb deren noch an einigen Orten Gruppen kleiner Holzzellen mit verbogenen, selbst eingedrückten Wänden, die ihre weiße Farbe behalten haben, vorhanden sind, eine nicht häufige Erscheinung. In seinem inneren und mittleren Teile besteht der Fleck aus 3 bis

4 Lagen großer, dickwandiger, reichgetüpfelter Zellen, die nach außen in kleinere übergehen. Aus ihnen entstehen die neuen Markstrahlen und zwischen diesen, teilweise schon in Reihen, die ersten Holzzellen und dann die ersten Gefäße. Diese sind groß und im Wesentlichen normal gebaut. Außen fehlt die gelbe Linie. Alles deutet bestimmt darauf hin, daß hier das Cambium ungestört tätig geblieben ist.

15. Der nun zu besprechende Fleck gehört einem Präparat an, das dem Wulste am Scheitel einer verkehrten Pflanze entnommen wurde. Schon mit dem bloßen Auge, besser mit der Lupe, sieht man einen dem Jahrringe parallel laufenden gelben Streifen von etwa 7 mm Länge. Die Untersuchung lehrt, daß es sich um einen Markfleck handelt, der bald nach Beginn des Frühjahrszuwachses, nach der Bildung der ersten Gefäße und Holzzellen, entstanden war. Seine innere Grenze bildet eine an manchen Orten durchbrochene, unregelmäßig gebogene, sehr starke gelbe Linie, die außer den Zellwandresten hier und da auch noch gebräunten Inhalt erkennen läßt. Stellenweise ist die Linie doppelt; die beiden Teile schließen dann 1—2 nun auch schon abgestorbene Zellenlagen ein. Die der Linie auf der Innenseite angrenzenden Zellen sind, wie schon in einem andern Falle beschrieben, auch hier abnorm gestaltet: die Wände der Holzzellen verbogen, die Gefäße unregelmäßig geteilt, die Querwände erhalten und mit zahlreichen kleinen einfachen Tüpfeln versehen. — Außerhalb der gelben Linie findet sich ein bedeutend entwickeltes Wundgewebe, dessen Zellen meist groß, bald regellos gelagert, bald in Reihen geordnet sind; an manchen Orten läßt sich der Ursprung kleiner, aber auch größerer, Zellengruppen aus ihren Mutterzellen unschwer erkennen. Dieses Wundgewebe wird in fast regelmäßigen Abständen von radial verlaufenden gelben Streifen durchsetzt, die mit breitem Grunde beginnen und spitz zulaufen. Es braucht kaum gesagt zu werden, daß auch sie aus zusammengepreßten Zellen bestehen. — In dem allmählich kleinzellig gewordenen Wundgewebe treten die ersten, noch kurzen und unregelmäßig gestalteten Gefäße auf, dazwischen Markstrahlen, diese anfangs großzellig, 2- oder 3 reihig und nach und nach in die gewöhnlichen Formen übergehend. Auf die Gefäße folgen die ersten Holzzellen, ebenfalls mit abnormem Bau; ihre Wände sind noch verhältnismäßig dünn, ihr Umfang ist aber groß, und sie sind unregelmäßig gelagert. Sie wie die Gefäße nehmen erst nach und nach die gewöhnliche Gestalt und Ordnung an. Von einer gelben Linie ist außen nichts zu sehen.

16. Aus dem Bau des eben beschriebenen Fleckes geht deutlich hervor, daß in ihm das Cambium nicht erhalten blieb, sondern zerstört und in die Bildung der gelben Linie eingezogen wurde. Das neue Cambium entstand im Wundgewebe und die Regeneration der verschiedenen Gewebeformen aus den beiden verlief in derselben Weise, wie wir sie an Wundflächen unserer Bäume und Sträucher beobachteten.

17. Auch der nun zu behandelnde Fleck ist sehr umfangreich. Seine tangentiale Länge beträgt 3,5 mm, die radiale Breite 0,23—0,38 mm. Seine innere Grenze bildet eine fast zusammenhängende gelbe Linie, die sich von den kleinen, normalen, Reihen bildenden Holzzellen scharf absetzt. Auch auf seiner Außenseite ist der Fleck durch eine mehr bräunlich gefärbte Linie begrenzt, die aber vielfach durchbrochen ist, und deren Teile zwar meist tangential, häufig aber auch radial gerichtet sind. Das Gewebe zwischen den Linien ist sehr unregelmäßig, seine Zellen sind meist groß, vielfach ohne Inhalt und ihre Wände nur schwach verdickt. Von den Markstrahlen geht ein Teil durch den Fleck, die Mehrzahl endigt aber an der inneren Grenze, und die nun außen neu erzeugten scheinen nur teilweise die inneren fortzusetzen. Ob das Cambium erhalten und unversehrt blieb oder nicht, läßt sich nicht feststellen: wahrscheinlich ist es mindestens stellenweise zerstört worden. Auf der einen Radialseite ist der Fleck durch einen Markstrahl begrenzt, auf der andern setzt er sich auf kurzer Strecke in großen Holz- und Markstrahlzellen fort, die den Übergang zum normalen Gewebe bilden. — Dieser Fleck ist von allen bisher erörterten denen am meisten ähnlich, die *Kienitz* beschrieben und auf Insektenfraß zurückgeführt hat; vor allem seine äußere gelbe Linie stellt ihn in deren Nähe. Ob er aber wirklich zu diesen gehört und durch eine Larve verursacht wurde, läßt sich nicht endgültig erledigen. Die durchgehenden Markstrahlen und der geringe radiale Durchmesser scheinen für die fragliche Deutung nicht zu sprechen.

18. Alle bisher behandelten Markflecke waren Bildungen, über deren Entstehung man sich wohl eine mehr oder minder naheliegende Ansicht bilden konnte, die aber in keinem Falle als richtig erwiesen war. Im nun folgenden Beispiele ließ sich seine Bildung genau verfolgen und damit die früher aufgeworfenen Fragen beantworten. Der Fleck wurde an der Grenze des letzten Jahrringes angelegt und war noch nicht vollendet, als das Wachstum erlosch. Sein radialer Durchmesser ist stellenweise, besonders an den Rändern, noch gering, er zählt nur 2—3 Zellenlagen; an andern ist er stärker und steigt auf 4—5, höchstens 6 Schichten. Das Cambium

ist vollständig erhalten; alle Vorgänge haben sich auf seiner Innenseite abgespielt. Hier kann man beobachten, daß neben den Markstrahlen Holzzellen, diese sogar überwiegend, an der Bildung des Fleckengewebes beteiligt sind. Es sind alle Uebergangsformen vorhanden, von den noch jungen, dünnwandigen, sich eben vergrößernden Zellen, zu den ausgebildeten Steinzellen. Da für die Umgestaltung aller jungen Elemente der Raum nicht vorhanden ist, so wird ein Teil zerdrückt, zusammengepreßt und bildet eine anfangs weiße, später gelbe Linie. Von dieser Zerstörung werden vor allen ergriffen die jungen Holzzellen, die eben angefangen haben, ihre Wände zu verdicken und die endliche Größe der Holzfasern ungefähr erreicht haben. Daher der Ort der oft beschriebenen gelben Linie. Aber nicht bloß in radialer, sondern auch in tangentialer Richtung mangelt es an Raum für die abnorm wachsenden Zellen; daher die an manchen Stellen vorkommenden radial gelagerten Zellenreste, doch sind diese an Zahl und Masse bedeutend geringer, als die tangential verlaufenden. Sowohl die Holzzellen, als die Markstrahlzellen entwickeln sich zu sehr verschiedener Größe. Davon und von den in manchen Elementen nachträglich auftretenden Wänden hängt es ab, ob die Zellen des Fleckes reihenförmig geordnet oder regellos gelagert sind. — Schließlich ist an diesem Fleck noch zu beachten, daß einige Markstrahlen sich auch außerhalb des Cambiums abnorm vergrößern, und daß sich angrenzende Zellen des Weichbastes ebenso verhalten haben. Die Wände dieser Elemente sind zwar verdickt, aber unverholzt und von der gewöhnlichen weißen Farbe.

19. Dem eben besprochenen lassen wir ein weiteres Beispiel folgen, das die Entwicklung des Fleckes innerhalb des Cambiums ebenfalls klar erkennen läßt. Auch er liegt an der Grenze des letzten Jahrringes und war noch nicht ausgebildet, als das Wachstum aufhörte. Er beginnt an der einen Seite mit einem abnorm gebauten Gewebe, das aus Markstrahlen und Holzzellen besteht. Jene sind innen 2—3 reihig und werden nach außen 1 reihig; ihre Zellen haben etwas verdickte Wände, sind isodiametrisch und mäßig vergrößert. Den Raum zwischen ihnen nehmen Holzzellen ein, die ebenfalls anormal großen Umfang haben, innen regellos, außen in Reihen gelagert sind. Innen fehlen die Gefäße, treten aber außen vereinzelt auf. In diesem ganzen Teile des Fleckes herrscht fast vollständiger Gewebeverband, nur innen, wo die Markstrahlen sich verbreitern, gewahrt man kleine Reste zerdrückter Zellen. — An dieses Gewebe schließt sich ein mehr pathologisch gebautes, eigentliches Wundgewebe, das nach innen von einer kräftigen gelben Linie abgeschlossen

wird. Seine großen Zellen gehen auf der Außenseite in kleinere über; ihnen fügen sich große Holzzellen und die ersten ungewöhnlich gestalteten Gefäße an. Ueber das Ganze zieht sich das Cambium gleichmäßig hin.

20. Noch in einem dritten Falle hatte sich die Störung erst sehr spät, kurz vor dem Abschlusse des Wachstums, eingestellt. Im Gegensatze zu den beiden vorigen Beispielen bot das Gewebe hier ein wahres Bild der Unregelmäßigkeit. Die innere Grenze bildete wieder eine fast ununterbrochene gelbe Linie, an die sich Gruppen großzelliger, derbwandiger Markstrahl- und Holzzellen schlossen, abwechselnd mit noch dünnwandigen Elementen. Unter jenen fanden sich radiale Reihen von ungewöhnlich großen Bildungen, die sich besonders in tangentialer Richtung entwickelt hatten und etwa den Riesenzellen in tierischen Geschwülsten vergleichbar waren; die eine dieser Reihen setzte sich durch das hier verschwundene Cambium bis in den Weichbast fort. In der Nähe dieser großen Formen waren, wie zu erwarten, radiale gelbe Linien zerdrückter Zellen entstanden. Auch der Weichbast ließ Störungen erkennen; so waren an einer Stelle Oxalatkristalle in einer so großen Menge abgelagert, wie man sie unter normalen Verhältnissen niemals gewahrt, ein deutliches Zeichen der Störungen, die der Stoffwechsel hier erfahren hatte.

21. Endlich sei hier noch einer eigentümlichen Anomalie gedacht. In einem breiten, bandartigen Streifen hatten sich die Holzzellen und Markstrahlen abnorm gestaltet. Beide waren über das gewöhnliche Maß hinaus vergrößert, die Markstrahlen dazu kurzellig, selbst ganz isodiametrisch geworden, die Holzzellen verhältnismäßig dünnwandig geblieben. Alle hatten weichen, feinkörnigen Inhalt. Gefäße fehlten in dem Bande völlig, ein Umstand, durch den wahrscheinlich der Raum für die abnorme Größenzunahme der Zellen geschaffen wurde.

Zusammenfassung.

Mit den letzten Beispielen, in denen die Entstehung zweier Flecke verfolgt werden konnte, schließen wir die Beschreibung einzelner Fälle, deren Zahl sich jedoch leicht noch vermehren ließe. Schon die vorgeführten, die nur eine Auswahl aus zahlreichen Beobachtungen bilden, zeigen, wie mannigfaltig die Formen sind, denen wir hier begegnen. Wenn wir für alle die Bezeichnung „Markflecke“ beibehalten, so geschieht dies deshalb, weil sie sich einmal eingebürgert hat und weil sich gerade keine bessere finden wollte.

Der Entstehung nach zerfallen die Markflecke in 2 Klassen: die der ersten werden durch Insektenfraß, die der zweiten durch innere Ursachen hervorgerufen. Mit der ersten, in der Hauptsache durch *Kienitz* erledigten, brauchen wir uns hier nicht näher zu befassen, wohl aber mit der zweiten, der die meisten unter den von uns erörterten Beispielen angehören. Ihnen allen ist gemeinsam, daß einzelne Zellen, Zellenplatten, kleine oder größere Gruppen von Zellen auf Grund innerer Bedingungen anomale Wachstumsbahnen einschlagen, ein Vorgang, der auf die Umgebung bald nur in geringem, bald in höherem Grade störend einwirkt.

Daß es sich bei der Entstehung dieser Formen in der Tat um innere Ursachen handelt, leuchtet ohne weiteres ein. Wenn eine kleinere Gruppe von Markstrahl- oder Holzzellen über das gewöhnliche Maß hinauswächst, ihre Form ändert, wenn in andern Fällen die Zellen sich teilen, so kann das nur auf Bedingungen beruhen, die in ihnen selbst ihren Sitz haben oder von der nächsten Umgebung ausgehen. Die Annahme, daß auch hier äußere Einflüsse, wie Insektenstiche, wirksam wären, ist so unwahrscheinlich, daß wir sie getrost beiseite lassen können. Was aber für die kleinen Flecke gilt, das dürfen wir auch für die größeren voraussetzen. Sobald der Gewebeverband zwischen dem Fleck und den ihm umgebenden Zellen ungestört, sobald nur eine gelbe Linie, die innere, vorhanden ist, wenn bei den Bildungsvorgängen das Cambium erhalten blieb: dann werden wir stets zu schließen berechtigt sein, daß innere Ursachen die Entstehung des Gebildes bewirkt haben. Und selbst dann wird dies als höchst wahrscheinlich gelten, wenn das Cambium zerstört und aus Wundgewebe neu ergänzt wurde, die äußere gelbe Linie aber fehlt. Dem das Vorhandensein zweier gelber Linien, einer inneren und einer äußeren, darf als ein Hauptmerkmal der durch Insektenfraß hervorgerufenen Markflecke bezeichnet werden. Es sei hier nochmals auf *Kienitz'* Angaben verwiesen.

Damit kommen wir auf die zu Beginn dieses Abschnittes aufgeworfene Frage nach dem Verhalten des Cambiums bei unseren anomalen Bildungsvorgängen zurück. Daß alle die zunächst beschriebenen einfachen Formen von Flecken innerhalb des Cambiums und ohne seine unmittelbare Beteiligung entstehen, versteht sich von selbst. Durch Beobachtung konnten wir in 2 Fällen feststellen, daß auch größere und verwickelt gebaute Flecke sich innerhalb des Cambiums bilden, Tatsachen, die die Folgerung begründen, daß dies am häufigsten vorkomme, und daß der ebenfalls wahrgenommene Fall, in dem das Cambium zerstört und durch ein im Wundgewebe neu entstandenes ersetzt wurde, nur selten eintrete.

Wie aber soll man nun die Entstehung der Flecke physiologisch erklären? Wir versuchen, sie uns in folgender Weise zurecht zu legen. In den jungen Zellen, dem Cambium und den eben aus ihm hervorgehenden Gewebeformen, den noch wachsenden Holzzellen, Gefäßen, Tracheiden und Holzparenchymzellen herrschen hydrostatische Druckkräfte, deren bedeutende Größe uns hauptsächlich Pfeffer kennen gelehrt hat. Die in den einzelnen Zellen wirkenden Kräfte sind so beschaffen, daß sie untereinander im Gleichgewicht stehen. An und für sich ist jede einzelne Zelle bestrebt, sich über das ihr zustehende Maß zu vergrößern, wird daran aber durch ihre Nachbarn verhindert. Nur dann, wenn dieses Gleichgewicht vorhanden ist, wird jede Zelle ihre endliche Größe und Form erreichen. — Nehmen wir nun an, es werde gestört, ein Vorgang, der offenbar auf zweierlei Weise stattfinden kann. Entweder es wird der Turgor einer Zelle oder einer Gruppe von Zellen aus unbekanntem Ursachen unter die normale Höhe herabgesetzt, oder er wird umgekehrt über diese gesteigert. Im ersten Falle werden sich die Zellen der Umgebung alsbald abnorm vergrößern und den ihnen gebotenen Raum einnehmen; im zweiten werden sie ebenfalls an Umfang wachsen und die Nachbarn in der Entwicklung hemmen, selbst ganz zerdrücken. Die so eingeleiteten Störungen können sich auf engen Raum beschränken, aber auch auf mehr oder minder weite Entfernung erstrecken, und damit die Entstehung sehr verschieden großer Flecke bewirken.

Um einen, den hier behandelten ähnlichen, aber weit einfacheren Fall heranzuziehen, sei an die Spirogyra-Fäden erinnert. In ihren Zellen halten sich die Turgorkräfte das Gleichgewicht. Wird es durch Verletzung einer Zelle gestört, dann wölben sich die bis dahin flachen Querwände nach dieser hin vor und es geht deren anfängliche Dehnung bald in Wachstum über. Mit der Erreichung der neuen Gleichgewichtslage ist hier der Vorgang beschlossen, in dem formreichen unserer Zweige aber zieht die anfängliche Störung eine ganze Reihe von Gestaltungen nach sich.

Aus der besonderen Stellung, die die Markstrahlen in zahlreichen Flecken einnehmen, sie nicht selten ganz zusammensetzen, könnte man folgern, daß sie den ersten Anstoß zur Einleitung des abnormen Wachstums gäben; daß ihr Turgor am leichtesten eine so abnorme Höhe erreichte, daß das Gleichgewicht unter den Zellen gestört würde. Der Gedanke ist zwar einleuchtend, dürfte sich aber schwer beweisen lassen; denn wie soll man entscheiden, ob der Turgor der Markstrahlzellen abnorm gestiegen oder der der Nachbarzellen abnorm gesunken ist? — Das Ver-

halten der Markstrahlen an Wundflächen scheint für die erste Ansicht zu sprechen, und es ließe sich vielleicht durch geeignete Verwundungen ein Weg finden, die Frage zu entscheiden.

In Störungen des Gleichgewichtes unter den Turgorkräften der Zellen sehen wir also den Anstoß zu den anomalen Bildungsvorgängen, die uns hier beschäftigen. Aber nur den Anstoß, denn alles Weitere, die besondere Gestaltung der einzelnen Zellen, hängt von Ursachen ab, die erst zu wirken beginnen, wenn das abnorme Größenwachstum eingeleitet ist. Nun machen sich die in den Zellen schlummernden Fähigkeiten, ihre „Potenzen“, geltend, die wir uns wohl durch chemische Bilder versinnlichen können, deren wahre Natur uns aber unbekannt ist. Die damit berührten Fragen hängen mit dem großen Prinzip der Arbeitsteilung unter den Geweben zusammen, mit den Gesetzen, nach denen aus dem Cambium Gefäße, Tracheiden, Holzzellen und Holzparenchymzellen in bestimmter Zahl, Verteilung und Folge entstehen, Gesetze, die noch nicht einmal in statistische Form gebracht sind, von ihrer tieferen Erfassung ganz zu schweigen.

Unsere Beobachtungen lehren die nicht unwichtige Tatsache, daß aus dem Cambium hervorgegangene Zellenformen auf dem Wege zur Erreichung ihrer endlichen Gestalt gewissermaßen aufgehalten, daß sie veranlaßt werden können, neue abweichende Wachstumsbahnen einzuschlagen. Die Umwandlung einer Markstrahlzelle in eine dickwandige isodiametrische Steinzelle überrascht wenig, ungleich mehr aber die Umgestaltung einer in der Entwicklung schon weit vorgeschrittenen Holzzelle oder gar eines Gefäßes in Parenchym. Diese Dinge verraten, welche Möglichkeiten in dem Plasma einer Zelle schlummern, zu welchen Metamorphosen sie fähig ist.

Nach allem Mitgeteilten braucht kaum noch betont zu werden, daß wir die Markflecke zu den pathologischen Bildungen zählen, das Wort pathologisch im weiteren und engeren Sinne genommen. Die einfachsten unter ihnen, welche, soweit die Beobachtung annehmen läßt, auf die Umgebung keinen störenden Einfluß ausüben, stellen Wachstums-Anomalien dar und sind pathologisch im weiteren Sinne. Alle übrigen dagegen, die in irgend einer Weise störend auf die Umgebung einwirken, haben wir als pathologisch im engeren Sinne zu bezeichnen. An diesen kehrt einer der wichtigsten Züge der krankhaften Gewebe wieder, die wir in dieser Schrift behandeln: das Streben nach Parenchymbildung, das sich zwar in

verschiedener Art, aber bei allen offenbart und hier so weit geht, daß selbst schon weit differenzierte Gefäße von dem abnormen Teilungsvorgange ergriffen werden können.

Um auch noch die ökologische Seite der Sache zu berühren, so liegt den Ausdrücken „Markflecke“, „Markwiederholungen“ die Annahme zu Grunde, daß das Gewebe der Flecke das Mark als Speichergewebe ergänze oder unterstütze, eine Vorstellung, der auch noch *Kraus* huldigt. Nun ist ja richtig, daß das dickwandige Parenchym der Flecke oft reich an Inhalt, besonders Stärke und insofern speicherndem Markgewebe ähnlich ist. Aber die Form der Zellen gleicht fast stets der den Elementen des Wundgewebes eigenen, die ebenfalls zum Speichern von Reservestoffen dienen. Unsere Flecke gehören daher sämtlich den pathologischen Bildungen an, mögen sie wie manche von ausgesprochen krankhafter Natur sein oder nicht. Sie lehren uns in anschaulicher Weise, wie nahe auch in der normalen Pflanze gesunde und kranke Gewebe bei einander wohnen, und welche Fähigkeiten zu abnormem Wachstum im Cambium und auch noch seinen jungen Erzeugnissen verborgen sind, Fähigkeiten, die sich in der Regel nur darum nicht offenbaren, weil die Umgebung sie daran verhindert. Entwickelt man diesen Gedanken, so gelangt man für das Cambium, ein Folge-Meristem, zu einer ähnlichen Vorstellung, wie wir sie im ersten Teile dieser Untersuchungen für das Urmeristem des Scheitels als wahrscheinlich zutreffend angedeutet haben. Auf das dort Gesagte sei hier daher verwiesen.

Zu der unter 21 beschriebenen Anomalie sei endlich noch bemerkt, daß mancherlei Abweichungen vom normalen Bau des Holzkörpers auch sonst noch beobachtet wurden. Es schien uns, als hätten diese Dinge bisher noch zu wenig Beachtung gefunden. Eine vergleichende, darauf gerichtete Untersuchung dürfte mancherlei zutage fördern, was sich zur Erklärung des normalen Wachstums, vor allem der Jahrringe, verwenden ließe.

Ampelopsis quinquefolia.

A. Experimentelle Untersuchung.

Umkehrversuche mit Zweigen der *Ampelopsis quinquefolia* und der später zu behandelnden *Hedera Helix* stellte zuerst *Kny*¹⁾ an. Er verfuhr dabei in folgender Weise. Etwa 3,5 m lange Zweige wurden im Frühjahr 1884 im Bogen gekrümmt und mit den beiden Enden in die Erde gesenkt. Nachdem sich beide im Sommer bewurzelt hatten, wurde im folgenden Frühjahr das bogenförmige Zweigstück im höchsten Punkte durchgeschnitten. 2 der verkehrten Sprosse gingen bald zu Grunde, 12 aber blieben erhalten und gediehen noch nach 5 Jahren.

An den verkehrt eingepflanzten Zweigen entwickelten sich die Knospen des basalen Endes anfangs nur wenig; an dem von Erde umgebenen Scheitelende gingen aber aus den Knospen kräftige Triebe hervor, die stets entfernt wurden. Die Achse selbst starb von der basalen Schnittfläche aus auf kurzer Strecke ab, erhielt sich aber sonst frisch und bildete darunter einen kräftigen Seitentrieb, den man sorgfältig schonte. Nach 4 Jahren sahen die Stöcke aus wie normale Pflanzen.

Um nun festzustellen, ob der scheinbaren äußeren Umkehrung auch die innere entspräche, schnitt *Kny* von den verkehrten Achsen etwa 20 cm lange Stücke ab und hängte diese in dem wasserdampfgesättigten Raume eines verdunkelten Glasgefäßes auf. Es sollte die Frage beantwortet werden, ob die Entwicklung des Kallus an den Wundflächen dem äußerlichen Bilde der Pflanze entspräche und sich verhielte, wie der Kallus gewöhnlicher Zweigstücke. Die Folge war, daß in allen Fällen der Kallus des organisch-unteren Endes erheblich stärker wurde, als der des oberen, daß sich also bis dahin innerlich kein Wechsel vollzogen hatte.

Aus diesen Beobachtungen schließt *Kny*: „Die Umkehrung war also, trotz mehrjähriger erfolgreicher Kultur, wohl äußerlich, aber noch nicht innerlich vollzogen.“

1) *Kny, L.*, Umkehrversuche mit *Ampelopsis quinquefolia* und *Hedera Helix*. Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft. Jahrgang 1889, Bd. VII, S. 201 ff.

Soviel über die wichtigen Versuche *Knys*. Hinsichtlich aller Einzelheiten dürfen wir auf seinen Aufsatz verweisen.

Indem wir uns nun unseren eigenen Versuchen und Beobachtungen zuwenden, schicken wir eine Bemerkung über das Wachstum der Wurzeln unserer Pflanze voraus, das, soweit wir aus der Litteratur erschen, bisher nicht beachtet worden ist. Es sind zwei Formen zu unterscheiden, zarte und dicke fleischige, die das Aussehen von Rhizomen annehmen können (Fig. 75). Sie entstehen schon früh an Stecklingen und erreichen nach und nach bedeutenden Umfang. Ihr anatomischer Bau wird uns bald beschäftigen.

Die Versuche mit den Stecklingen wurden in der oft angewandten Art ausgeführt, daß man kräftige 2—3-jährige Zweigstücke teils verkehrt, teils aufrecht in mit Gartenerde gefüllte Schalen pflanzte und zunächst unter großen Glocken zog. Alle bewurzelten sich leicht und ungefähr gleich schnell. Unter der weiteren Pflege blieben alle erhalten; auch von den verkehrten starb keiner ab.

Die aufrecht eingesetzten Stecklinge verhielten sich ähnlich wie die entsprechend eingepflanzten Weidenzweige. Sie entwickelten die Knospen des Scheitelendes und der mittleren Region, und von den Trieben wuchs einer, nicht immer der endständige, zum kräftigsten heran; aus dem Boden gingen keine Sprosse hervor. — Anders die verkehrten Stecklinge. An ihren nach oben gewandten basalen Enden entstanden keine Triebe, wohl aber an den von Erde umgebenen Scheitelteilen. Entfernte man diese Sprosse, dann bildeten sich Knospen in der über der Erde gelegenen unteren und der mittleren, seltener der basalen Region der Zweige zu Trieben aus. Fast regelmäßig entwickelte sich von ihnen der der Erdoberfläche nächste zum stärksten Sprosse. — Wie an einigen unter den verkehrten Pflanzen *Knys*, so starb auch an den unserigen, und zwar an den meisten, das basale Ende von der Schnittfläche bis zu wechselnder, jedoch niemals großer Entfernung ab.

Was das Gedeihen der aufrechten und verkehrten Stecklinge im ganzen betrifft, so hatten jene vor diesen einen Vorzug; aber der Unterschied zwischen beiden war nicht groß und stets beträchtlich weniger ausgebildet, als der bei den Weiden vorkommende.

Alle angeführten Beobachtungen stimmen also mit den von *Kny* gemachten völlig überein.

Unser Augenmerk war nun vor allem auf einen Punkt gerichtet, dessen

Kny nicht erwähnt, darauf nämlich, ob die Ansatzstelle der Seitensprosse an den verkehrten Pflanzen, besonders der stärksten, wie bei den Weiden anschwellt. Es fand sich, daß dies in der Tat geschieht. Zwar entwickelt sich der Körper hier im ganzen weniger ergiebig, als bei den Weiden, aber er ist doch wohl ausgebildet (Fig. 76 a). An dem kräftigen Aste einer im Topfe gezogenen 10 jährigen Pflanze hatte er in der Richtung der Median-Ebene und senkrecht dazu einen Durchmesser von 18 mm; darunter maß die Achse kaum 10 und 11 mm (Fig. 76). — An den aufrechten Stecklingen gewahrt man von diesen Bildern nichts.



Fig. 75.



Fig. 76 b.



Fig. 76 a.

Das eben Beobachtete lenkt den Blick auf den Aehselsproß 1. Ordnung. Bei den Weiden ist er stets, auch äußerlich, stark exzentrisch gebaut. An jungen verkehrten Pflanzen der Ampelopsis kommt dies nicht zum Ausdruck, wohl aber an älteren. So gewahrt man am Grunde des in Fig. 76 a gezeichneten Seitenzweiges deutlich die Exzentrität; sein senkrechter Durchmesser beträgt 11, der wagerechte nur 9 mm. — Wie wir später sehen

werden, haben diese Glieder innerlich stets exzentrischen Bau, und gleichen darin also den Weiden durchaus.

Aber die Aehnlichkeit geht noch weiter. Bei den Weiden finden wir, daß der Achselsproß 1. Ordnung nicht weit von seinem Grunde auf der nach unten gewandten Seite einen kräftigen Zweig 2. Ordnung erzeugt, der meist die Führung übernimmt, indes das über ihm gelegene Ende seiner Mutterachse abstirbt. Dasselbe geschieht auch bei der Ampelopsis (s. Fig. 76 a und b). Der Sproß 2. Ordnung, 2, geht aus der Unterseite des Zweiges 1. Ordnung hervor, krümmt sich energisch aufwärts und gibt dem weiter entstehenden Verzweigungssystem den Ursprung. Das Zweigstück über ihm ist längst zu Grunde gegangen.

Kny bemerkt in seiner Beschreibung der verkehrten Pflanzen, daß ihr Stammdurchmesser nahe dem Boden deutlich größer war, als im oberen Teile. Dies zeigte sich auch an unseren Stecklingen; noch stärker aber entwickelte sich der von Erde umgebene Teil, ja er bildet am Scheitelende selbst eine starke, fast knollenartige Anschwellung, Fig. 76 a, in deren Nähe Wurzeln und unter besonderen Umständen, wie wir bald sehen werden, eigentümliche Sprosse entspringen.

Wie vorhin erwähnt, stirbt an den verkehrten Pflanzen das basale Ende gewöhnlich bis zu einiger Tiefe ab. Um zu sehen, ob es sich nicht frisch erhalten, ja sogar zur Entwicklung anregen ließe, verfahren wir in folgender Weise. Es wurden dem basalen, mit kleinem Kallus versehenen Ende kurze, mit 1 oder mit 2 Knospen ausgestattete Zweigstücke durch Pfropfen als Reiser eingefügt. Dies geschah teils so, daß das Scheitelende des Reises, teils so, daß sein basales Ende eingepflanzt wurde. Im ersten Falle kamen ungleichnamige, im zweiten gleichnamige Pole, Wurzelpole, miteinander in Berührung. In den beiden Versuchsformen, von denen je 4 ausgeführt wurden, verwachsen Reis und Unterlage, aber an keinem Reise entwickelten sich die Knospen zu Trieben. In der Folge aber trat ein Unterschied zwischen den beiden Formen auf, der Beachtung verdient. Die mit dem Scheitelende eingefügten Reiser bewirkten an der Unterlage keine sichtbare Veränderung und hielten den Verfall ihres basalen Endes nicht auf. An den mit dem basalen Ende eingepflanzten starb zwar auch der obere freie Teil allmählich ab; der keilförmig zugespitzte, mit der Unterlage verbundene, dagegen blieb erhalten und regte merkwürdigerweise auch diese an, zu wachsen. Es entstand nach und nach ein Körper von dem in Fig. 77 gezeichneten Umfange. Aehnliche Verhältnisse haben wir schon bei früherer Gelegenheit beschrieben. Das verkehrt eingefügte Gewebe

führt zu ungewöhnlichem Wachstum: es bilden sich die umgebogenen Faserzüge, durch welche die Gewebe von Reis und Unterlage in normal-polare Vereinigung gelangen. Die hiermit verbundene Anschwellung verursacht einen gesteigerten Strom von Nährstoffen nach diesem Orte, der nicht aufhört, obwohl nur die Gewebe wachsen, aber keine neuen Organe bilden.



Fig. 77.

Fig. 78.

Der eben besprochene Pfropfversuch wurde noch in einer etwas abweichenden Form wiederholt: man fügte das Reis seitlich in geringer Entfernung von der basalen Schnittfläche in die Achse ein (Fig. 78), dieses Mal aber lediglich in verkehrter Richtung. Wieder vereinigten sich die beiden Teile, und es entstand wieder an den Verbindungsflächen ein langsam wachsender Gewebekörper. Das Reis gedieh besser, als in dem ersten Versuche; es bildete einen kurzen Seitentrieb, starb aber später auch nach und nach bis auf den der Unterlage eingefügten Grund ab. Auffallend war, daß auch das basale Ende der Achse anschwellt, und daß an der Schnitt-

fläche ein kräftiger Kallus entstand. Wir dürfen annehmen, daß der durch das Reis bewirkte lebhafte Stoffwechsel sich auch auf das basale Ende fortsetzte und hier das Wachstum fördernd beeinflusste.

Nunmehr wollen wir versuchen, unseren verkehrten Pflanzen noch eine andere Seite abzugewinnen. Der Umstand, daß die von Erde umgebenen

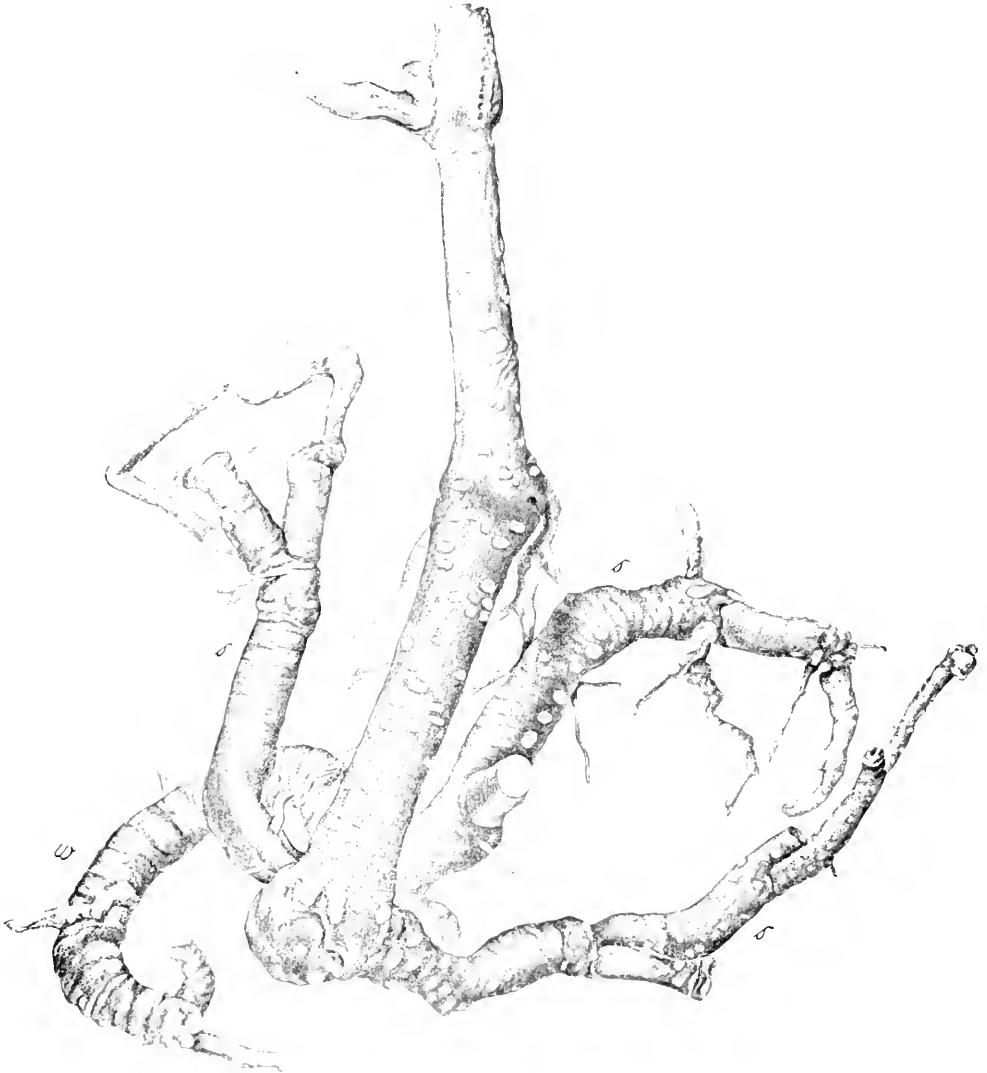


Fig. 79.

Teile stark anschwellen und, wie sich zeigen wird, zu besonderem Wachstum angeregt werden können, legt folgende Frage nahe. Läßt man die aus dem Boden hervortretenden Triebe des Scheitelendes ungestört wachsen,

so bewurzeln sie sich und verhalten sich wie gewöhnliche Pflanzen, unabhängig von ihrem Muttersproß. Was wird nun geschehen, wenn wir an diesen Trieben die unterirdischen Teile erhalten, alles aber, was aus der Erde austritt, entfernen? Werden jene Teile absterben oder erhalten bleiben, von der mütterlichen Achse aus ernährt und vielleicht zu anomalem Wachstum veranlaßt werden? Der Versuch wurde ausgeführt und lieferte das erwartete Ergebnis. Unsere Fig. 79 zeigt eine der so behandelten Pflanzen nach mehrjähriger Versuchsdauer. Der Anblick ist gewiß überraschend. Die Achse hat sich im ganzen Bereich des Bodens bedeutend entwickelt; ihr Scheitel ist mächtig angeschwollen und hat die Schnittfläche überwältigt. Ueber diesem knolligen Gebilde entspringt eine nach unten gewandte starke, fleischige Wurzel, w, und die nach oben gerichteten 3 dicken Seitensprosse, s, s, s. Diese 3 Glieder hatten in ihren mittleren und besonders in den oberen Teilen immer neue Seitentriebe erzeugt, die aber stets entfernt wurden. Man sieht oben die Reste der fast ganz oder nur teilweise abgeschnittenen Glieder. An dem mittleren im Hintergrunde stehenden Sprosse ist ein auf der Vorderseite entstandener starker, selbst wieder verzweigter Trieb entfernt, um nicht durch ein Zuviel von Gliedern die Klarheit der Zeichnung zu stören. Aus demselben Grunde wurden die Wurzeln bis auf Andeutungen weggelassen.

Unsere Frage wird also dahin beantwortet, daß die unterirdischen Sproßteile der verkehrten Pflanze, wenn ihnen nicht gestattet wird, emporzuwachsen, sich zu eigentümlichen rhizomartigen Körpern gestalten, die den fleischigen Wurzeln äußerlich ähnlich sind, sich aber von ihnen schon durch ihre Richtung alsbald unterscheiden lassen. Sie bilden Formen, die, soweit uns bekannt, an der gewöhnlichen Pflanze nicht vorkommen und die man daher als neu bezeichnen kann.

Die eben beschriebenen, mit der verkehrten Pflanze angestellten Versuche führen uns noch einmal zu dem aufrechten Steckling zurück. An ihm entstehen, wie angegeben, im Bereich der Erde keine Sprosse, sein sonstiges Verhalten darf aber nicht unbeachtet bleiben. Das vom Boden umgebene Ende schwillt nämlich, und



Fig. 80.

zwar nach der Schnittfläche hin zunehmend, an (Fig. 80), und bildet einen fast fleischigen Körper, dessen Bau uns später beschäftigen wird. Aus ihm gehen zunächst die gewöhnlichen zarten, bald aber auch die fleischigen Wurzeln hervor. Auf unserer Zeichnung sieht man rechts unten das erste derartige Gebilde.

Welche Ursachen das Verhalten der Zweigenden bewirken, welcher Anteil dabei der Dunkelheit, der Feuchtigkeit und der Berührung mit Erde zukommt, soll an anderem Orte besprochen werden.

B. Histologische Untersuchung.

Die oben vorgeführten Tatsachen bedürfen einer Ergänzung nach der histologischen Seite. Zunächst ist die Anschwellung am Grunde des Seitensprosses zu beachten; ist auch hier eine wagerechte Gewebebrücke vorhanden? Weiter aber haben wir den Bau der verkehrten Pflanze im ganzen ins Auge zu fassen. Nach ihrem äußeren Bilde ließe sich erwarten, daß sie von der aufrechten nur wenig oder gar nicht abweicht. Die Untersuchung aber lehrt, daß die Unterschiede hier beträchtlich größer sind, als bei den Weiden.

Die gewöhnliche Pflanze.

Der Bau unserer Pflanze darf als bekannt vorausgesetzt werden. In den Arbeiten *d'Arboumonts* und *Schencks* findet man alles Wesentliche darüber im Zusammenhange mit den Verhältnissen, die in der ganzen Familie herrschen, dargestellt. Um aber die Veränderungen zu verstehen, die an den Gliedern unserer Art durch den Versuch hervorgerufen werden, bedarf es einer genauen Kenntnis der Einzelheiten ihres Baues, die in den genannten Untersuchungen nicht enthalten sind.

a) Der Stamm.

Den Querschnitt eines 1jährigen Zweiges, das Verhältnis seiner Hauptbestandteile zu einander gibt Fig. 17, Taf. X bei 10 facher Vergrößerung wieder. Um das große Mark ordnet sich der geschlossene Holzkörper, der von einer kräftigen Rinde umgeben ist.

Das Mark besteht in der Hauptsache aus Parenchymzellen mit allseitig gleichem Durchmesser (Fig. 2, Taf. VIII), die, im März untersucht, mit Inhalt, besonders Stärke, reichlich versehen sind; ihre im Vorjahre zuletzt entstandenen Teilwände sind noch überall erkennbar. Zwischen diesen Zellen gewahrt man größere, übrigens gleich gestaltete, mit Saft

gefüllte Formen; das mittlere Element in der Gruppe (Fig. 2, Taf. VIII) stellt eine solche Zelle von mittlerem Umfange dar.

Nach dem Marke behandeln wir die zweite Form des Grundgewebes, die Rinde. Ihr Gewebe ist kleinzelliger, als das des Markes. Auch ihre Zellen sind im inneren Teile isodiametrisch, im mittleren und äußeren dagegen in tangentialer Richtung etwas gestreckt (Fig. 6, Taf. 8). Hier treten vereinzelt „passive“ Teilungen im Sinne *Nägeli's* auf. Zerstreut liegen hier, besonders im inneren Teile, Zellen mit Raphiden-Bündeln; sie sind meist tangential verlängert und ebenso gelagert. Den Abschluß nach außen bildet ein Gewebe, das aus kleinen Zellen besteht, die neben anderem Inhalt Chlorophyllkörper führen und deren Wände collenchymatisch verdickt sind. Das ganze Gewebe ist überall mit Interzellularen versehen. In der inneren Region sind außer den allverbreiteten kleinen zerstreut größere vorhanden; in der mittleren und äußeren werden diese häufiger und nehmen hier oft die tangential gestreckte Gestalt zwischen den Zellenplatten an; ganz außen finden sich nur die kleinen. Die Rinde ist durch einen Korkmantel abgegrenzt, der von Lentizellen unterbrochen wird. Dem Parenchym unter diesen fehlt die kollenchymatische Ausbildung der Wände; es ist besonders reich an Chlorophyllkörpern und an Zwischenzellräumen. Mit der 1jährigen Rinde mag eine ältere, die des 7jährigen Zweiges, verglichen werden. Während jene einen stattlichen Gewebemantel um die Bastteile der Bündel herum bildet, stellt diese nur einen verhältnismäßig schmalen Streifen dar (Fig. 18, Taf. VIII). Wie aus Fig. 4, Taf. VIII zu ersehen, sind ihre Zellen gewachsen und zwar, der Stammzunahme entsprechend, überwiegend tangential (vgl. Fig. 6, Taf. VIII); sie haben an Umfang, wie an Zahl zugenommen. Die Fig. 7, 8 und 17, Taf. VIII geben eine Saft- und zwei Raphiden-führende Zellen wieder, alle zu den größeren Formen zählend. Ob, wie wahrscheinlich, die Nadeln mit den Zellen wachsen, oder ob erst die großen Zellen und dann in diesen die langen Nadeln entstehen, haben wir bisher nicht verfolgt. Fig. 16, Taf. VIII zeigt eine der großen selteneren Saftzellen und Fig. 13, Taf. VIII eine mit Schleim und Raphiden versehene Riesengestalt, die als Ausnahme beobachtet wurde. Zu allen diesen Formen braucht kaum bemerkt zu werden, daß sie mit ihren großen Achsen tangential gelagert sind; in ihnen spiegelt sich das Wachstum des Gewebes.

Damit gelangen wir zum Bündelringe, legen aber der Untersuchung einen älteren Zweig zu Grunde, an dem die wesentlichen Eigenschaften deutlicher hervortreten, als an dem 1jährigen. Fig. 18, Taf. VIII zeigt

das Schema einer aufrechten 7 jährigen Achse bei 3-facher Vergrößerung. Der Holzkörper hat den durch die Linie c, das Cambium, begrenzten Umfang erreicht. Vom Marke ist er durch die Markkrone getrennt, deren Zellen von Holzfasern nicht zu unterscheiden sind; sie sind derbwandig und haben Inhalt, darin viel Stärke. Ueber den Bündeln, besonders den großen, tritt der zugehörige Teil der Krone bogenförmig nach innen vor.

Die Hauptmasse des Holzkörpers bilden bekanntlich hier, wie bei allen Lianen, die Gefäße. Um ihre Größe und Verbreitung auf dem Querschnitte vor Augen zu führen, wurde Fig. 81 hergestellt, in der die Gefäße

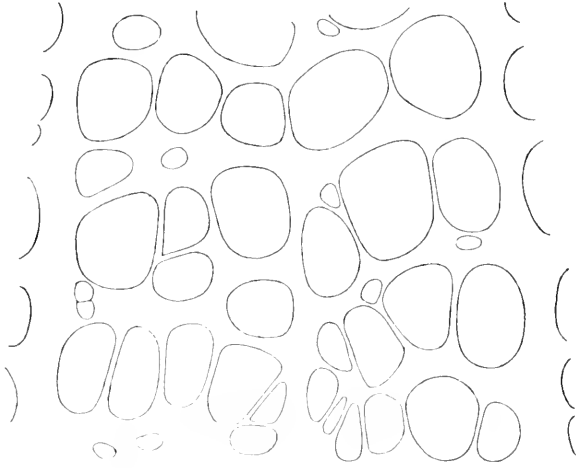


Fig. 81.

möglichst genau mit der Kamera gezeichnet sind. Die Gruppe liegt zwischen zwei durchgehenden Markstrahlen, zu denen sich in der Mitte ein sekundärer gesellt. Die weiten Gefäße bilden meist kurze Zylinder (Fig. 82), bald mit, bald ohne zugespitzte Enden; die Querwände sind gerade oder schwach geneigt. Verhältnismäßig größere Länge, als die weiten, haben die engen Gefäße; auch sind ihre Querwände öfter geneigt. Die Tüpfelung ist verschieden, bald schmal spalten-, bald treppen-, bald linsenförmig, je nach dem Bau der angrenzenden Zellen.

Tracheiden kommen vor, treten aber an Zahl hinter den Gefäßen sehr zurück. Teils sind sie kleinen Gefäßen ähnlich, aber, soweit beobachtet, mit mehr zugespitzten Enden versehen; teils sind sie enger und ihre Wände reich mit elliptischen, netz- oder spaltenförmigen Tüpfeln ausgestattet. Solche Formen lassen sich oft von Ersatzfasern schwer unterscheiden.

Da, wie wir sehen werden, die Gefäße der aufrechten und der verkehrten Pflanze sehr von einander abweichen, so nehmen wir, um genaueren

Einblick in ihr Verhältnis zu erlangen, als er auf Quer- und Längenschnitten zu gewinnen ist, eine Reihe von Messungen von mazerierten Zellen vor. Diese wurden so ausgeführt, daß das Deckglas keinen Druck auf die Zellen

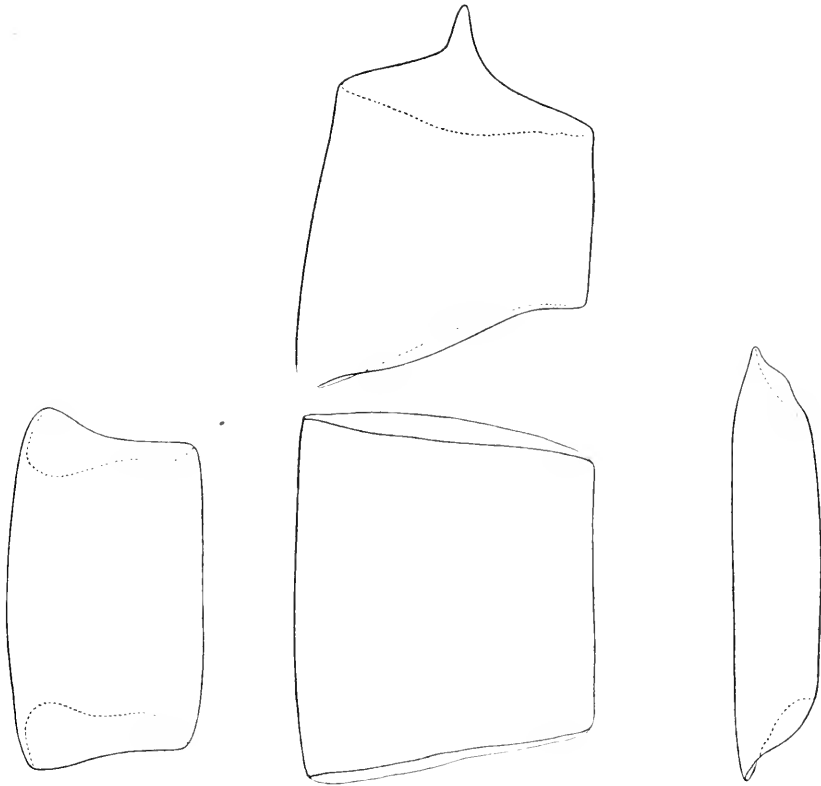


Fig. 82.

ausübte. Gemessen wurden Gruppen von 25 Gefäßen und zwar ihre Länge und Weite in der für die Weidengefäße angegebenen Weise. Das Gewebe entnahm man dem 7jährigen aufrechten Zweige.

Länge und Weite der Gefäße.

a) Am Umfange des Holzkörpers.

Gruppe	Mittlere Länge	Mittlere Weite	Geringste Länge	Geringste Weite	Größte Länge	Größte Weite
1.	26,58	11,77	22	3,5	32	18,5
2.	26,38	10,1	22	3,5	33,5	19
3.	25,4	10,6	11,5	5	33,5	17
4.	25,6	12,5	11	6,5	34	21
5.	26,9	10,8	20	5,5	35,5	15,5
6.	26,2	11,4	13	4,5	35	19,5
7.	26,1	11,7	13	4,5	39,5	19
8.	27,8	11,3	19	5	52,5	15,5
Mittel	26,3	11,3	16,4	4,75	36,9	18,1

Die mittleren Längen und Weiten in den 8 Gruppen scharen sich so eng um den allgemeinen Mittelwert, daß man bestimmt schließen darf, weitere Messungen würden zu denselben Ergebnissen führen. Aber auch in den Reihen der geringsten und größten Längen sind die Abweichungen von den Mittelzahlen nicht groß; nur eine Zahl, die größte Länge in der 8. Gruppe, tritt aus der Reihe der übrigen. Alles verrät, daß wir es hier mit sehr beständigen Werten zu tun haben.

Da die Jahrringe im Stamme der Ampelopsis oft schwer zu bestimmen sind, so wurde beschlossen, auch noch Gefäße aus dem inneren Teile des Holzkörpers zu messen. Hier aber beschränkten wir uns auf 100 Bestimmungen.

b) Im inneren Teile des Holzkörpers.

Gruppe	Mittlere Länge	Mittlere Weite	Geringste Länge	Geringste Weite	Größte Länge	Größte Weite
1.	25,8	9,8	16	3,5	33,5	15
2.	23,8	10,3	12	6,5	32	15,5
3.	26,6	11,4	19	4,5	37,5	19,5
4.	21,9	10,3	16	4	32,5	18,5
Mittel	25,3	10,4	15,7	4,6	33,9	17,1

Von den Zahlen dieser 4 Gruppen gilt dasselbe, was von denen der ersten 8 gesagt wurde; aus allen geht große Beständigkeit in den Maßverhältnissen hervor.

Die mittlere Größe der Gefäße aus den beiden Teilen des Holzkörpers ist so wenig verschieden, daß man auf völlige Gleichheit schließen möchte. Die Betrachtung der Mittelzahlen aller Reihen aber läßt vermuten, daß sie doch um ein Geringes von einander abweichen, um etwa 4%. Sehen wir hiervon ab, dann ergibt sich aus den beiden Zahlengruppen zusammengekommen eine mittlere Länge von 25,8 und eine mittlere Weite von 10,8 Einheiten.

Um nun Kenntnis der Verteilung der verschiedenen Gefäßlängen zu erhalten, wurde zu 100 dem inneren und 100 dem äußeren Teile entnommenen Zellen das Polygon hergestellt (Fig. 83). Der Abänderungsspielraum beginnt mit der Zahl 11 und endigt mit 52. Diese letzte Zahl, wenn sie auch, mathematisch betrachtet, wichtig ist, können wir beiseite lassen und das Polygon bei 36 endigen lassen. Die meisten Zahlen sind um den Mittelwert 25,8 gelagert; daneben kommt bei 27 noch ein zweiter Gipfelpunkt vor. Von diesen beiden Gipfeln fällt die Kurve nach beiden Seiten steil und fast symmetrisch ab, und läuft erst am Grunde zickzack-

förmig aus. Eine größere Zahl von Messungen ergäbe vielleicht eine eingipfelige Kurve.

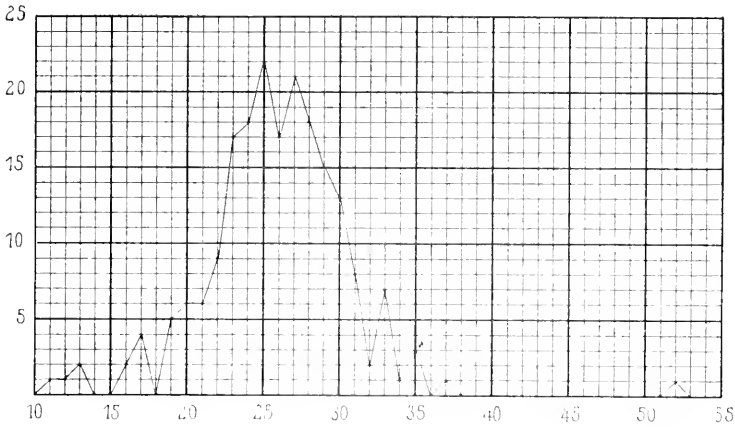


Fig. 83.

Das Polygon der Gefäßweiten zeigt Fig. 84. Der Abänderungsspielraum umfaßt die Zahlen 3 bis 22, also 19 Einheiten. Auch hier drängen sich die Zahlen um den Mittelwert 10,8. Es sind 3 wenig von einander abweichende Gipfel vorhanden, auf deren Seiten die Kurve wieder steil abfällt.

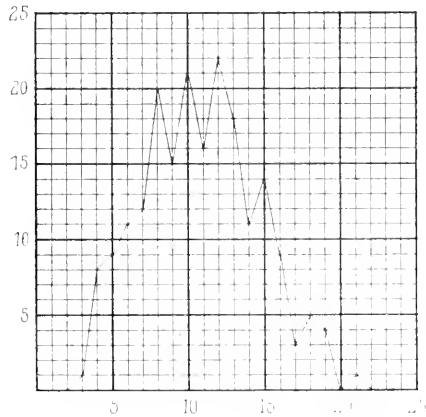


Fig. 84.

Einige Beachtung verdient die Tatsache, daß ein einziges Gefäß abnorm große Länge erreicht hat, 52 Einheiten, die die nächste um 15 Einheiten übersteigt, eine Zahl, die um so größer erscheint, wenn man bedenkt, daß der ganze Abänderungsspielraum nur 25 Einheiten umfaßt. Worauf das ungewöhnliche Wachstum dieser Zelle beruhte, läßt sich nicht angeben.

Bei den Holz z e l l e n , die den größten Raum zwischen den Gefäßen einnehmen, handelt es sich für uns hauptsächlich um ihre Länge. Sie wurde an den Fasern desselben 7 jährigen Zweiges bestimmt, der das Gewebe für die Messung der Gefäße lieferte. Wieder wurden 200 dem äußeren und 100 dem inneren Stamnteile entnommene Zellen und zwar in Gruppen von je 50 gemessen.

Länge der Holz z e l l e n .

a) A m U m f a n g e d e s H o l z k ö r p e r s .

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	35,7	18,5	52,5
2.	31,7	25	46,5
3.	34,3	21,5	47,5
4.	31,9	17	45,5
Mittel	34,1	20,5	48,0

b) I m I n n e r n d e s H o l z k ö r p e r s .

1.	33,2	19	51
2.	31,1	18	42
Mittel	32,1	18,5	46,5

Das Mittel aus allen 6 Gruppen beträgt:

33,1	19,5	47,2
------	------	------

Die Fasern aus dem $\frac{3}{2}$ Umfange und dem Innern des Holzkörpers weichen wenig von einander ab und verhalten sich ähnlich wie die Gefäße von den beiden Orten. Diese Uebereinstimmung stützt die vorhin ausgesprochene Vermutung, daß die gewonnenen Zahlen den Längenverhältnissen der Gefäße und Holz z e l l e n im inneren und äußeren Teile des Holzkörpers annähernd entsprechen.

Nicht zu überschen ist die Tatsache, daß die Gefäße und Holz z e l l e n sich nur wenig von einander unterscheiden.

Das nach den 200 Zellen vom Umfange des Holzkörpers entworfene Verbreitungs-Polygon hat die in Fig. 85 wiedergegebene Form. Seine Basis ist breiter, als die des Polygons der Gefäßlängen; sie reicht von der Zahl 17 bis zu 52, umfaßt also 35 Einheiten. Seine Zahlen häufen sich weniger um die Mitte an, als es in jener Form geschieht. Es hat 3 Gipfel, von denen der eine die andern nicht unbeträchtlich überragt. Im ganzen erinnert seine Gestalt an die bei den Weidenarten gewonnenen.

Die Form der Holz z e l l e n weist nichts Besonderes auf. Doch fällt auf, daß sie oft ungleiche Weite haben; ihre Wände sind verschieden stark

verdickt und reichlich mit feinen, spaltenförmigen Tüpfeln versehen. Neben den einfachen Formen kommen gefächerte vor, teils mit dünnen, teils mit stärkeren Querwänden.

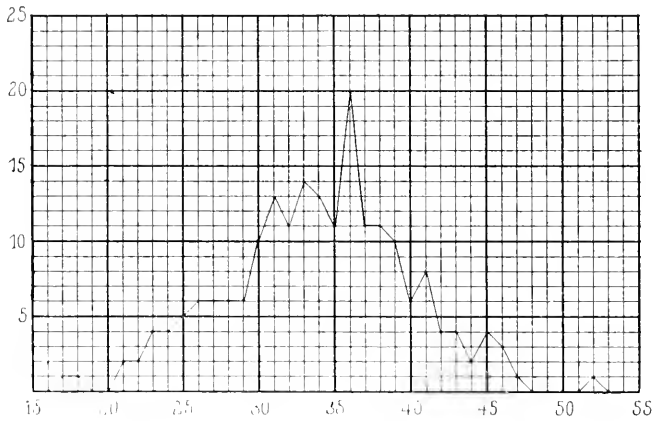


Fig. 85.

Die bisher gemessenen Gefäße und Holzzellen gehörten aufrechten Achsen an. Wir können die Frage nicht umgehen, ob die Schwerkraft auch ihr Wachstum beeinflusse; ob auch hier die aufrechte und verkehrte Stellung einen Längenunterschied von etwa 5% hervorrufe. Die vergleichende Betrachtung schien nicht für ein solches Verhältnis zu sprechen; der Vorsicht halber aber glaubten wir noch eine Reihe besonderer, auf die Beantwortung der Frage gerichtete Messungen ausführen zu sollen. Es wurden 2 2-jährige, gleich starke Zweige gewählt, die sich dicht neben einander unter denselben äußeren Bedingungen, der eine in aufrechter, der andere in verkehrter Stellung entwickelt hatten. Man beschloß, zunächst von jedem Zweige 100 Holzzellen zu messen und es von dem Ergebnis abhängig zu machen, ob noch weitere Bestimmungen nötig seien oder nicht. Je 25 Zellen bildeten eine Gruppe. Folgendes sind die erhaltenen Maße.

a) Holzzellen des aufrechten Zweiges.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	34,3	21,5	52
2.	34,4	21,5	50
3.	34,6	18,5	52
4.	37,2	23	50
Mittel	35,1	21,1	51

b) Holzzellen des verkehrten Zweiges.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	36,8	26	44,5
2.	34,9	18	45,5
3.	36	28	52
4.	33,4	22,5	44
Mittel	35,3	23,6	46,5

In den Zahlenreihen der beiden Zweige stimmen die der mittleren Länge auffallend, bis auf 2 Dezimalen, überein; die der geringsten und größten Länge weichen dagegen etwas von einander ab, jene ist im verkehrten Zweige um 2,5 Einheiten größer, als im aufrechten, diese um 4,5 Einheiten kleiner. Die Zahlen sind so beschaffen, daß wir auf weitere Messungen glaubten verzichten zu können. Wir dürfen daher schließen, daß die Schwerkraft auf das Wachstum der Holzzellen und mit ihnen höchst wahrscheinlich auch der Gefäße keinen oder nur sehr geringen Einfluß ausübt.

Die für die beiden Zweige festgestellte mittlere Länge der Holzzellen stimmt bis auf 3% mit der überein, die wir für die Fasern des äußeren Holzteiles der 7 jährigen Achse ermittelten. Der Unterschied ist gering und verschwände bei weiteren Messungen vielleicht gänzlich.

Nicht unerwähnt bleiben dürfen die Holzparenchymzellen, und zwar wegen ihrer auffallenden Vielgestaltigkeit. Am häufigsten kommen die Formen vor, in denen die Cambiumzelle sich durch 3 oder 4 Querwände geteilt hat (Fig. 6, Taf. X). Die Zahl dieser Wände kann aber auch steigen; selbst bis zu 7 wurden beobachtet (Fig. 13, Taf. X). Sie sind meistens, wie sonst allgemein, quer gestellt; daneben kommen aber auch mehr oder weniger geneigte vor (Fig. 7 und 12, Taf. X), Wände, die mit dem Prinzip der rechtwinkligen Schneidung oft nicht übereinstimmen. Konjugierte Zellenreihen sind nicht selten. Vereinzelt kommen ferner auch Zellen vor, die sich nicht bloß der Quere, sondern auch der Länge nach geteilt haben (Fig. 14, Taf. X). Gewöhnlich haben die Reihen die sonst beobachtete Gestalt, doch gewahrt man hier und da auch solche, deren Endzellen fein zugespitzt sind (Fig. 7). Neben diesen Formen treten nun noch echte Ersatzfasern auf, in denen die Querwände völlig fehlen. Spitzen diese Fasern ihre Enden zu, dann bilden sie den Uebergang zu den Holzzellen, von denen sie sich nur durch ihre dünnen Wände unterscheiden.

Merkwürdigerweise finden sich auch solche Formen, in denen sowohl die Längswand als die Querwände die Stärke von Holzfaserwänden haben. — Sind endlich an Ersatzfasern die Wände etwas zugespitzt und die Tüpfel groß, dann sind sie von Tracheiden nur schwer zu unterscheiden.

Aus allem folgt, daß Holzparenchym, Ersatzfasern und Tracheiden bei unserer Art durch eine fließende Reihe von Uebergängen verbunden sind, der sich auch noch die Holzzellen durch ihre gefächerten Formen anschließen, ein histologisch bemerkenswertes Vorkommen.

Werfen wir endlich noch einen raschen Blick auf die Markstrahlen. Sie bestehen entweder ganz aus derbwandigen, isodiametrischen oder teilweise aus radial verlängerten Zellen; diese liegen, wenn vorhanden, innen hauptsächlich an den Gefäßen. Vor dem Cambium sind die Strahlen 3—5 Zellenlagen breit. Zerstreut sieht man überall radial verlängerte Zellen mit Raphidenbündeln.

Der Bastteil.

Der nach außen durch einen Hartbaststreifen begrenzte Weichbast hat, soweit wir gesehen, gewöhnlichen Bau. Da er sich zu unserer vergleichenden Untersuchung ebensowenig eignet, wie der der Weiden, so wurde er auf seine näheren Bestandteile nicht untersucht, wohl aber das Stärkeverhältnis, in dem er und der zugehörige Hartbast zu dem Holzteile stehen. Um es zu bestimmen, maß man den radialen Durchmesser der beiden Teile, so zwar, daß der Holzteil von der Marksheide als innerer, bis zum Cambium als äußerer Grenze, der Bastteil vom Cambium als innerer bis zur Außenseite des Bastes als äußerer Grenze gerechnet wurde; Grenzen, die sich auch bei schwacher Vergrößerung unschwer feststellen lassen. Um Mittelwerte zu erhalten, führte man die fragliche Messung jedesmal an allen Bündeln eines Querschnittes oder doch an deren größerer Zahl aus und leitete daraus das Mittel für den Schnitt ab. Die Zahl der gemessenen Bündel auf dem einzelnen Schnitte betrug 9—12. Die Querschnitte selbst wurden etwa der mittleren Höhe des Zweiges entnommen. — Die Zweige hatten sich zur Hälfte in aufrechter, zur Hälfte in verkehrter Stellung entwickelt, so daß ein etwa möglicher Einfluß der Schwerkraft sich ausglich.

Wir geben zunächst die Maße der Bündel auf den Querschnitten von 6 jährigen Zweigen. Die Verhältnisse waren, den Durchmesser des Holzteiles = 1 gesetzt, folgende:

Zweig	Holzteil	Bastteil
1.	1	0,848
2.	1	0,822
3.	1	0,908
4.	1	0,951
5.	1	0,737
6.	1	0,628
	<hr/>	<hr/>
	6	4,891
	<hr/>	<hr/>
Mittel	1	0,815

In einem 2-jährigen Zweige war der Unterschied zwischen den beiden Teilen größer. Hier ergab sich das Verhältnis

Holzteil	Bastteil
1	0,551

Noch größer war der Unterschied in 2-4-jährigen Zweigen:

Zweig	Holzteil	Bastteil
1.	1	0,505
2.	1	0,521
	<hr/>	<hr/>
	2	1,026
	<hr/>	<hr/>
Mittel	1	0,513

Aus den eben mitgeteilten Zahlen geht hervor, in welchem Verhältnis der Holzteil des Bündels stärker wächst, als der Bastteil. Wir sehen daraus ferner, daß, wenn wir vom 1-jährigen Zweige ausgehen, der Bruch, der das Verhältnis ausdrückt, im Laufe der nächsten Jahre kleiner wird. Dabei ist wohl zu beachten, daß die ältesten untersuchten Zweige 4 Jahre alt waren, und daß deren primäre Rinde noch frisch und wohl erhalten war. Die im späteren Alter wahrscheinlich auftretenden Einflüsse starker Kork- und Borkenmäntel kamen hier also nicht in Betracht.

Das abweichende Verhältnis in den Zweigen der verkehrten Pflanze wird uns bald beschäftigen.

b) Die Wurzel.

Es sei nun noch ein rascher Blick auf die Wurzel geworfen. Wir haben dabei die starken fleischigen und die zarten zu unterscheiden, die aber durch Übergänge verbunden sind.

Den Querschnitt einer fleischigen Wurzel zeigt das Schema Fig. 3, Taf. IX bei schwacher Vergrößerung. Die Mitte nimmt der geschlossene Holzkörper ein; ihm umgeben gerade oder wenig gebogene, kräftige Weichbaststrahlen, die durch breite Markstrahlen getrennt sind. Eine mäßig entwickelte Rinde mit Korkschiebt schließt das Ganze nach außen ab.

Der Holzteil ist reich an Gefäßen, entsprechend dem Bau des Lianenstammes, doch sind sie durchschnittlich kleiner, als im Stengel, und es ist hier daher die gesamte Gefäßfläche auf dem Querschnitt kleiner, als im Stamm. Die Markstrahlen haben etwas größere Breite, als die des Stengels und bestehen aus derbwandigen, in radialer Richtung verlängerten Zellen.

Das Verhältnis der Stärke des Weichbastes in der Wurzel und im Stamm bringen die Fig. 18, Taf. VIII, 3, Taf. IX zur Anschauung. Ob im Bau der Zellen selbst, weiter im Zahlenverhältnis der Zellen untereinander Verschiedenheiten bestehen, wurde nicht untersucht.

Die Rinde besteht aus einem an Interzellularen reichen Parenchym; in ihm wie in den Markstrahlen, soweit sie dem Weichbaste angehören, finden sich zahlreiche Schleimzellen teils mit, teils ohne Raphidenbündel. Die Form dieser Zellen (Fig. 5, Taf. IX) gleicht der des Stammes; im inneren Teile der Strahlen ist ihre Längsachse radial, im äußeren und in der Rinde überwiegend tangential gerichtet.

Die fleischige Wurzel erfüllt, worauf wir kaum noch hinzuweisen brauchen, neben ihrer Aufgabe der Wasserleitung auch die des Speicherns von Reservestoffen. Ihr ganzes parenchymatisches Gewebe, der Weichbast und das Holzparenchym sind im Winter dicht mit diesen Stoffen, vor allem mit Stärke, gefüllt.

An den dünnen Wurzeln von 1—2 mm Durchmesser treten in dem kleinen, festen Holzkörper die Gefäße mehr zurück, auch der Weichbast ist verhältnismäßig schwächer entwickelt, als in dem fleischigen Organ, aber auch er und das Parenchym führen reichen Inhalt an Reservestoffen.

e) Die Basis des aufrechten Stecklings.

Bevor wir die normale aufrechte Pflanze verlassen, haben wir noch auf den Steckling zurückzukommen. Wie wir früher fanden, nimmt der aufrechte Steckling an seinem mit Erde umgebenen Teile fast fleischige Form an. Es bleibt uns noch übrig zu untersuchen, durch welche inneren Vorgänge das äußere Bild hervorgerufen wird.

Die beiden Fig. 4 und 6, Taf. IX, nach einer 2 jährigen Stecklingspflanze entworfen, lassen alsbald erkennen, welche Geweberegionen hauptsächlich gewachsen sind. Fig. 6 stellt den Querschnitt des oberen dünnen, Fig. 4 den des unteren, von Erde umgebenen, dicken Teiles der Achse dar. Wie stark das Organ zu Beginn des Versuches war, können wir nicht angeben, da das Messen versäumt wurde. Allein das, worauf es uns hier ankommt, das verhältnismäßige Wachstum der Gewebebezirke in den

beiden Teilen der Achse läßt sich aus den bei 4,6 facher Vergrößerung möglichst genau gezeichneten Schnitten ohne weiteres ablesen. Der Holzteil, der durch das Cambium begrenzt wird, hat sich unten etwas stärker entwickelt als oben; größer noch ist der Unterschied zwischen den beiden Weichbastteilen, deren Grenze durch die radialen Linien der Markstrahlen bezeichnet ist. Sehr abweichend aber ist das Verhalten des Gewebes zwischen Weich- und Hartbast: es hat sich unten zu einem kräftigen, aus dünnwandigen Zellen bestehenden, Parenchymkörper gestaltet, durch den die beiden Bastteile beträchtlich von einander entfernt sind, indes sie oben ihre ursprüngliche Lage fast beibehalten haben. Auch die primäre Rinde hat unten an Umfang mehr zugenommen, als oben, jedoch nicht in demselben Maße, wie in dem vorhergehenden Bezirke.

Stärker gewachsen ist also im unteren Teile der Achse vor allem das parenchymatische Gewebe der primären Rinde, des Bezirkes zwischen Weich- und Hartbast und der Markstrahlen, sodann der Weichbast selbst. Das Parenchym aber und die Zellenformen des Phloems bilden Speichergewebe und jeder, der einen in der Ruhezeit hergestellten Querschnitt des unteren Achsenteiles betrachtet, wird bald überzeugt sein, daß diesem Organ das Speichern von Reservestoffen nicht eine bloße Nebenaufgabe ist.

Die verkehrte Pflanze.

a) Der Stamm.

Indem wir nun zur verkehrten Pflanze übergehen, richten wir unser Augenmerk zuerst auf die Anschwellung der Achse an der Ansatzstelle des Seitensprosses. Wird auch hier eine Gewebefrücke erzeugt wie bei den Weiden? Um die Frage zu beantworten, tragen wir wieder die Rinde bis auf den Holzkörper ab und gewahren nun das in Fig. 8 und 10, Taf. X gegebene Bild. Die Brücke ist vorhanden, hier aber etwas anders gebaut, als bei den Weiden. Sie unterscheidet sich erstens dadurch, daß ihre Fasern sich auf der dem Sprosse gegenüberliegenden Seite nicht zu einem völligen Ringe schließen, sondern daß in der Mitte ein schmaler Streifen übrig bleibt, in dem die Fasern ungestört von oben nach unten ziehen. Zweitens weicht sie darin ab, daß ihre Fasern zahlreiche feine Maschen bilden, die aus Markstrahlen bestehen. Im ganzen ist sie mehr geneigt gestellt, nicht wagrecht wie die der Weiden. Der Ansatz der von unten an die Brücke herantretenden Fasern entspricht dem für die Weiden festgestellten: sie biegen sich seitlich, hier von rechts nach links, nach dem basalen Ende

der Hauptachse hin. Sonst aber verlaufen die Faserzüge von der Brücke aus im unteren wie in dem oberen nicht gezeichneten Teile der Achse und in dem Seitensprosse in fast geraden, parallelen Linien, zwischen denen nur vereinzelt Querverbindungen vorkommen.

So die Brücke. Wie verhält sich nun der Achsenteil über ihr? Ist auch er exzentrisch gebaut wie der der Weiden? Das äußere Bild verrät nichts oder sehr wenig. Der Querschnitt aber zeigt, daß hier dieselben Verhältnisse herrschen, die wir bei den Weiden beobachteten. Wie Fig. 17, Taf. IX zeigt, ist der Stamm stark exzentrisch entwickelt, jedoch so, daß die kleine und die große Exzentrizität hier weniger von einander abweichen als in der flachen Achse der *Salix fragilis*, und daß sie ferner durch allmähliche Uebergänge verbunden sind. Auf diesem Umstande beruht der fast kreisförmige Umriß des ganzen Stammes. Einer ähnlichen Gestaltung begegneten wir in der Seitenachse 2. Ordnung der *S. fragilis*.

In einem zweiten Beispiel bot der Querschnitt ein etwas anderes Bild. Hier war das Seitenwachstum nach der großen Exzentrizität hin stärker, dazu der Unterschied zwischen den beiden Exzentrizitäten größer, als im ersten Falle; und endlich die ganze Form des Holz- und Bastkörpers etwas asymmetrisch: Dinge die auch im äußeren Umriß klar zum Ausdruck kamen.

Hiernach darf man erwarten, daß auch der Seitensproß exzentrisch gebaut sei. Dies trifft, was wir schon hier im voraus bemerken, in der Tat zu.

Damit wenden wir uns zunächst dem unterirdischen Teile der Hauptachse zu. Ihr Ende ist stark, fast knollenförmig angeschwollen. Aus dem Längenschnitt ersieht man, daß ein großer Kallus die einstige Schnittfläche überwallt hat, das Ende selbst aber bis zu einiger Tiefe abgestorben ist. Das Cambium des Kallus setzt das der Achse fort und bildet dessen Abschluß. Der Faserverlauf im Kallus ist aus bekannten Gründen unregelmäßig; stellenweise sehen die Linien orthogonalen Trajektorien ähnlich, stellenweise verlaufen sie der Oberfläche des Körpers parallel, stellenweise gänzlich unregelmäßig. Wir erinnern an die bei einigen Weidenachsen beobachteten ähnlichen Vorgänge.

Hiernach sei, wie bei der aufrechten Pflanze, der unterirdische Teil der Achse mit dem unterhalb des Seitensprosses gelegenen oberirdischen verglichen. Die beiden Fig. 7 und 9, Taf. IX geben die Schnitte wieder, die den in den Fig. 6 und 4 dargestellten entsprechen, jene um ein Geringes schwächer vergrößert. Sie gehören ebenfalls einer 2 jährigen Pflanze an.

Wie man sieht, sind die beiden Schnittpaare ähnlich. Der Schnitt des oberen Teiles der verkehrten Achse ist ein wenig kleiner, als der der aufrechten; die Rinde etwas schwächer, der Weichbast etwas stärker entwickelt. Erheblich kräftiger aber ist der Sproßteil im Boden; sowohl seine primäre Rinde, als das Parenchym zwischen Weich- und Hartbast, dieses besonders, sind umfangreicher, und auch der Weichbast ist etwas stärker.

In der eben besprochenen 2 jährigen Pflanze weichen der obere und untere Teil der Achse noch beträchtlich von einander ab. Später aber gleicht sich der Unterschied mehr und mehr aus, wenn er auch nicht völlig schwindet. Wir wollen dies an einem Beispiel feststellen. Von der Anschwellung am Scheitel abgesehen, ist hier der ganze unterirdische Teil gleichmäßig kräftig, ebenso der oberirdische bis zum Ursprunge des Achsel sprosses, beide getrennt durch eine dicht unter der Erdoberfläche entstandene Verdickung, an der einige Wurzeln entspringen. Das Verhältnis zwischen oben und unten ist hier beträchtlich verschieden von dem zwischen den beiden Querschnitten vorhandenen. Von diesen hat der kleine 29 mm, der große 55 mm im Durchmesser, indes die beiden Teile der eben beschriebenen Achse, wenn 4,5mal vergrößert, die Maße 54 und 67,5 aufweisen. Der Unterschied ist also viel geringer geworden, ein Umstand, der im Wesentlichen auf dem Wachstum des Parenchyms im oberen Teile beruht.

Dieses Wachstum selbst besteht in Umfangzunahme und in Teilung. Auf eine nähere Erörterung des Vorganges dürfen wir jedoch verzichten und auf Fig. 12, Taf. IX verweisen. Der Schnitt, nach dem sie hergestellt wurde, gehörte der Rinde einer älteren verkehrten Achse an.

Die Gefäße.

Deutlicher als aus dem bisher Angegebenen spricht sich der Unterschied zwischen den beiden Achsen im Bau ihrer Gefäßteile aus. Man vergleiche Fig. 86 mit der des normalen Stammes (Fig. 81). Die Gefäße haben auf dem Querschnitt bedeutend kleineren Umfang, als die normalen, sind aber dafür zahlreicher; die Summe der Markstrahlen ist hier größer, als in der aufrechten Achse. Wie sich die von Gefäßen gebildeten gesamten Flächen auf den beiden Schnitten untereinander verhalten, wurde bisher nicht bestimmt. Der unmittelbare Eindruck läßt annehmen, daß der Unterschied nicht sehr groß sei.

Um das Größerverhältnis zwischen den einzelnen Gefäßen zu bestimmen, wurden wieder 200 Messungen ausgeführt, dieses Mal aber, was zu be-

merken kaum nötig sein dürfte, nur an Zellen, die dem äußeren und mittleren Teile des Holzkörpers entnommen waren.

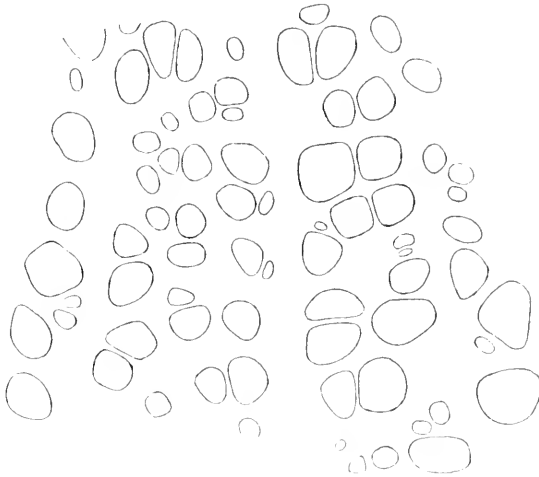


Fig. 86.

Länge und Weite der Gefäße.

Gruppe	Mittlere Länge	Mittlere Weite	Geringste Länge	Geringste Weite	Größte Länge	Größte Weite
1.	21,3	6,5	9,5	3,5	33,5	9,5
2.	20,6	7	12,5	3	25	10,5
3.	20,6	5,5	11,5	2	27,5	8
4.	21,2	6,1	11	1,5	30,5	10
5.	22,8	5,9	13,5	3	38	12
6.	21,5	5,2	15,5	2	28	8,5
7.	21,6	5,6	11	3	30,5	9
8.	22,3	6,1	10	2	27	11,5
Mittel	21,8	6,0	12,5	2,8	30,0	9,8

Die Zahlen der beiden ersten Reihen ordnen sich so eng um ihre Mittelwerte, daß wir auf große Beständigkeit schließen und auf weitere Messungen verzichten dürfen. Aber auch die Reihen der geringsten und größten Längen und Weiten, bei denen Abweichungen vom Mittel leichter möglich sind, verhalten sich ähnlich wie die beiden ersten. Nur die 5. Zahl in der Reihe der größten Längen weicht um 8 vom Mittel ab, aber auch dieser Unterschied ist nicht groß. Unsere Zahlen sind also brauchbar.

Vergleichen wir nun die gewonnenen Werte mit den entsprechenden der aufrechten Achse. Zunächst die Längen: die Zahlen 26,3 und 21,8 verhalten sich wie 100 : 83; die in der verkehrten Achse erzeugten Gefäße sind also um 17% kürzer, als die der aufrechten. Sodann die Weiten: Die Zahlen 11,3 und 6 stehen im Verhältnis von 100 : 53; die Gefäße der

verkehrten Achse haben demnach nur einen etwa halb so großen Durchmesser, als die der aufrechten.

Die durch die Umkehrung in der Hauptachse hervorgerufenen Störungen offenbaren sich an den Gefäßen hauptsächlich im Hemmen des Weiten-, weniger in der Beschränkung des Längenwachstums. Diese Tatsache ist um so auffallender, als der dadurch bedingte Nachteil für die Wasserbewegung durch die Erhöhung der Zahl der Gefäße, jedenfalls teilweise, wieder ausgeglichen wird.



Fig. 87.

Die Erinnerung an die Vorgänge bei den Weiden legt die Frage nahe, ob die auf das Wachstum der Gefäße ausgeübten Störungen sich auch in Mißbildungen der Form äußern. Die Untersuchung lehrt, daß dies nicht geschieht. Ungewöhnliche Krümmungen, örtliche Erweiterungen, parenchymatische Gestalten mit abnormer Lage der Wanddurchbrechungen u. dgl. wurden hier nicht beobachtet. Unsere Fig. 87 führt eine Reihe von Formen vor Augen. Läßt man ihren geringen Umfang außer acht, so gleichen sie den gewöhnlichen Gestalten der aufrechten Hauptachse. Es liegt die Annahme nahe, auch hierin einen Ausdruck des leichteren und

ergiebigeren Wachstums zu sehen, das der verkehrten Pflanze der Ampelopsis eigen ist.

Die Holzzellen.

Den Messungen, die wir an den Holzzellen der aufrechten Achse ausführten, lassen wir nun die an dem verkehrten Organ angestellten folgen. Das zur Mazeration bestimmte Gewebe wurde hier, wie sich von selbst versteht, wieder dem äußeren, lange nach der Umkehrung entstandenen Teile des Holzkörpers entnommen. Je 50 Zellen bildeten eine Gruppe.

Länge der Holzzellen.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größe Länge
1.	31,5	16,5	46
2.	35	14	53
3.	30,5	15,5	46
4.	28,4	17	39
Mittel	31,3	15,7	46

Die Abweichungen vom Mittelwerte sind in der ersten Reihe etwas größer, als die in der ersten Reihe der Gefäßlängen beobachteten; in der zweiten Reihe sind sie gering, in der dritten aber wieder größer.

Aus den Messungen folgt, daß auch die Holzzellen in der verkehrten Achse im Längenwachstum gehemmt werden, aber in geringerem Grade als die Gefäße. Die beiden Zahlen 34,1 und 31,3 verhalten sich wie 100:91,7, weichen also nur um etwa 8% von einander ab, während der Unterschied bei den Gefäßen 17%, also ungefähr das Doppelte beträgt. Möglich, daß eine größere Summe von Messungen die Zahlen näherte, aber eine beträchtliche Verschiedenheit würde immer bestehen bleiben. Es ergibt sich also, daß die Holzzellen in der verkehrten Achse weniger im Wachstum gestört werden, als die Gefäße.

Wie die Tracheen, so haben auch die Holzzellen der verkehrten Achse gewöhnliche Gestalt. Man beobachtet zwar an ihnen allerlei Biegungen und Ausgestaltungen der Enden, die vielleicht abnorm sind; ähnliche Abweichungen treten aber auch unter normalen Verhältnissen auf, ob in geringerer Zahl, wurde nicht verfolgt. Manche Zellen fallen durch ihre Weite auf; aber auch solche Formen findet man im normalen Gewebe.

Aus allem geht hervor, daß das Wachstum der Gefäße und Holzzellen in der verkehrten Hauptachse gestört wird, aber in geringerem Maße, als in dem entsprechenden Gliede der verkehrten Weide.

Dem Verhalten der übrigen, früher besprochenen Zellenformen des

Holzkörpers wurde nicht nachgegangen. Vielleicht teilen sich die Mutterzellen des Holzparenchyms hier häufiger, als im normalen Stamme; vielleicht tritt auch darin das Streben nach erhöhter Parenchymbildung zutage, das sich in der größeren Zahl der Markstrahlen offenbart.

Der Bastteil.

Die Untersuchung der Hauptachsen der aufrechten und verkehrten Pflanze lehrte, daß sich in dieser der Weichbast im Bündel stärker entwickelt, als in jener. (Vgl. die Fig. 18, Taf. VIII, und 17, Taf. IX.) Diesen Beobachtungen lassen wir nun die Ergebnisse einer Reihe von Messungen folgen, die an Gliedern der verkehrten Pflanze in derselben Weise angestellt wurden, welche wir an den Sprossen der aufrechten anwandten.

Zunächst die Maße von 6 1jährigen Zweigen:

Zweig	Holzteil	Bastteil
1.	1	1,197
2.	1	1,158
3.	1	1,113
4.	1	1,242
5.	1	1,209
6.	1	1,307
	6	7,826
Mittel	1	1,304

In einem 2jährigen Zweige fand sich das Verhältnis:

Holzteil	Bastteil
1	0,811

2 4jährige Zweige endlich lieferten das Verhältnis:

Zweig	Holzteil	Bastteil
1.	1	0,820
2.	1	0,864
	2	1,684
Mittel	1	0,842

Die vergleichende Betrachtung der vorgeführten Zahlen mit den bei der Untersuchung der normalen Pflanze gewonnenen lehrt, daß in den Gliedern der verkehrten Pflanze der Bastteil im Verhältnis zum Holzteil stärker wächst, als es in den Sprossen der aufrechten Pflanze geschieht. Am deutlichsten tritt der Unterschied in den 1jährigen Zweigen hervor; später nimmt er ab, ist aber auch in den 4jährigen noch sehr ausgebildet. Ob er in der Folge langsam schwindet oder dauernd erhalten bleibt, müssen wir aus den früher angegebenen Gründen dahingestellt sein lassen.

Der Seitensproß 1. Ordnung.

Von den Seitengliedern der Hauptachse betrachten wir zunächst den starken basalen Seitensproß 1. Ordnung. Wir fanden, daß die Achse über der Gewebebrücke exzentrisch gebaut ist, und dürfen daher nach unseren an den Weiden gewonnenen Erfahrungen erwarten, daß das Seitenglied ähnlichen Bau habe. Diese Annahme trifft zu. Fig. 15, Taf. IX zeigt, daß Holz- und Bastteil des Körpers stark exzentrisch gestaltet sind, daß sich also auch hierin die bei den Weiden beobachtete Gesetzmäßigkeit wiederholt. In dem gezeichneten Beispiele war der Umriß der Achse rund geblieben, an alten Zweigen wird die Exzentrizität auch äußerlich sichtbar. Schon in geringer Entfernung vom Zweiggrunde aber verändern sich die Maße des Holzteiles; bei rundem Umriß des Zweiges werden sie von 7 und 4,75 mm zu 5 und 4,2, Zahlen, die bis zur Ansatzstelle des Zweiges 2. Ordnung erhalten bleiben.

Der Seitenzweig 2. Ordnung.

Auch dieses Glied ist, wie das der 1. Ordnung, jedoch in schwächerem Grade, exzentrisch gebaut und bleibt es bis zum Ansatz des Seitensprosses 3. Ordnung, der 55 cm vom Grunde entspringt; darüber ist es verfallen. Auf dieser Strecke nimmt der Unterschied zwischen der kleinen und großen Exzentrizität ganz allmählich ab, ist jedoch bis zuletzt sichtbar.

Der nun folgende Tochterzweig 3. Ordnung hat radiären Bau, wie alle folgenden Glieder.

Wir sahen vorhin, daß in Reihen von Zweigen bestimmten Alters an der verkehrten Pflanze der Bastteil des Leitbündels im Verhältnis zum Holzteil anomal stark gewachsen war. Ob dieser Unterschied zwischen der normalen und verkehrten Pflanze auch in den höheren Zweig-Generationen bestehen bleibt, wurde nicht untersucht; wahrscheinlich verschwindet er nach und nach. Die erwähnten Beobachtungen legten die Frage nahe, ob nicht auch die Gefäße und Holzzellen der späteren Sproß-Generationen in den beiderlei Pflanzen verschiedene Länge erreichen. Die an den Zellen der beiden Hauptachsen gemachten Erfahrungen begründeten die Frage. Zahlreiche, zu ihrer Beantwortung angestellte Messungen führten aber zu keinem eindeutigen Ergebnis und sollen hier daher nicht erörtert werden.

Der rhizomartige fleischige Sproß.

Nunmehr wenden wir uns dem eigentümlichen, fleischigen, rhizomartigen Sprosse zu, den wir durch die früher beschriebenen Eingriffe am Scheitelende der verkehrten Hauptachse künstlich entstehen ließen.

Den Querschnitt eines solchen etwa 5 Jahre alten Gebildes zeigt Fig. 1, Taf. IX, die mit dem Bilde der normalen Achse (Fig. 18, Taf. VIII) zu vergleichen ist. Das Mark ist dort größer, der Holzteil beträchtlich schwächer, der Bastteil dagegen wohl und die Rinde sehr stark entwickelt.

Die kräftigere Ausbildung des Markes beginnt schon im ersten Jahre, wie die beiden Fig. 9 und 14, Taf. VIII lehren, davon die erste nach einem gewöhnlichen, die zweite nach unserem abweichenden Sprosse hergestellt wurde. Die dabei angewandten Vergrößerungen sind ungleich, 7,2:1 und 11,6:1, die Umfänge aber annähernd gleich, so daß der Unterschied deutlich hervortritt. Das Wachstum selbst beruht teils auf Umfangszunahme, teils auf Teilung. Die beiden Abbildungen Fig. 19, Taf. VIII und 3, Taf. X, nach Zellengruppen mittlerer Größe gezeichnet, führen den Unterschied vor Augen; jene gehört dem normalen, diese dem fleischigen Gliede an. Die Mitte jeder Gruppe nimmt eine Saftzelle ein.

Weniger ausgebildet als im Marke ist der Unterschied in den Rinden des 1. Jahres. Unter dem stark entwickelten, mit großen Lentizellen versehenen Kork gewahrt man die Kollenchymlage, unter dieser aber nicht die charakteristisch gebaute Chlorophyll-führende Schicht, sondern an deren Stelle die gewöhnlichen Rindenzellen (Fig. 5, Taf. X). Im 2. Jahre werden die Größenunterschiede beträchtlicher (Fig. 16, Taf. IX), die Kollenchymzellen gestreckter; überall sieht man junge Wände, im äußeren Teile mit radialer, sonst mit beliebiger Richtung. Die ältere Rinde bildet ein mit zahlreichen Interzellularen ausgestattetes dünnwandiges Speichergewebe (Fig. 1, Taf. X). Merkwürdig ist die sonst nicht beobachtete Tatsache, daß unter den Zellen des alten Gewebes abnorme Formen mit Ausbuchtungen, Fortsätzen u. dgl. vorkommen (Fig. 10 und 14, Taf. IX). Besonders zu beachten sind die Saftzellen. Schon im 2. Jahre erreichen sie stattlichen Umfang (Fig. 3, Taf. X), im älteren Sproß aber können sie zu wahren Riesenbildungen werden (Fig. 2 und 8, Taf. IX). Formen mit einem großen Durchmesser von 0,25 mm sind häufig; hier und da finden sich noch größere, selbst solche mit 0,36 mm Durchmesser wurden beobachtet.

Am meisten weicht unser Sproß vom gewöhnlichen Stamm im Bau des Holzkörpers ab. Der geringen Ausbildung des Holzteiles gegenüber dem Bastteil wurde schon gedacht. (Siche Fig. 1, Taf. IX.) Wichtiger noch ist die schwache Entwicklung des Holzteiles überhaupt, die ein Blick auf seinen radialen Durchmesser alsbald erkennen läßt: weiter in ihm die abnorm starke Parenchymbildung, die sich in der Breite und der größeren Zahl

der Markstrahlen ausspricht (Fig. 88). Vor allem aber kommt in Betracht, daß die Gefäße weniger zahlreich und dazu noch kleiner sind, als in der gewöhnlichen Pflanze, daß die gesamte Gefäßfläche auf dem Querschnitt also erheblich geringer ist, als auf dem des normalen Stammes. Man wolle

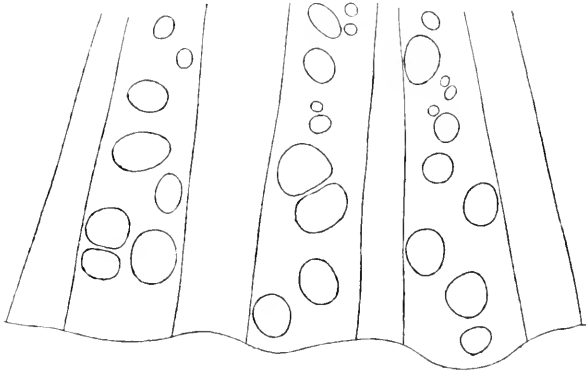


Fig. 88.

die mit der Kamera gezeichneten Fig. 88 und 81, 89 und 82, und beide mit der der verkehrten Hauptachse, Fig. 86 und 87, vergleichen: 3 auffallend verschiedene Bilder der Formen desselben Organes.

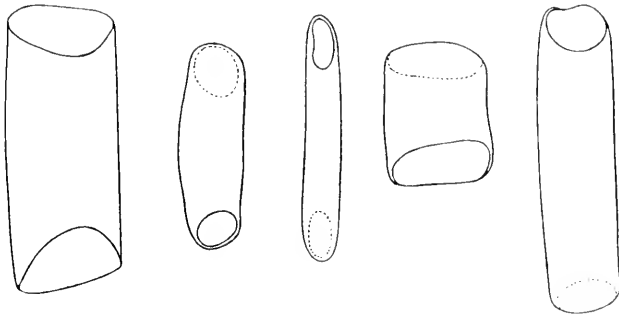


Fig. 89.

Zu den Markstrahlen, deren bedeutender Umfang und deren Grenzen durch die radialen Linien in der Figur bezeichnet wurden, ist noch zu bemerken, daß sie im Bereiche des Gefäßteiles aus quadratisch geformten derbwandigen, im Gebiete des Bastteiles aus radial verlängerten, dünnwandigen Zellen bestehen.

Um näheren Einblick in ihre Größenverhältnisse zu erhalten, führten wir in gewohnter Weise Messungen an den Gefäßen aus; es wurde ihre Länge und Weite in 200 Fällen bestimmt, die in Gruppen von 25 zerfielen.

Länge und Weite der Gefäße.

Gruppe	Mittlere Länge	Mittlere Weite	Geringste Länge	Geringste Weite	Größte Länge	Größte Weite
1.	17,8	5,4	12,5	2,5	25	7,5
2.	17,7	5,3	10,5	2,5	24	8,5
3.	19,1	4,9	10,5	2,5	32	7,5
4.	17,5	5,7	13	2	22,5	9,5
5.	19	4,9	4,5	2,5	35	8,5
6.	17,2	6,7	9,5	3,5	22,5	9,5
7.	18,06	5,7	12	2,5	25,5	8,5
8.	17,3	5,6	13	3	27,5	10
Mittel	17,9	5,5	10,7	2,6	26,7	8,7

Die Abweichungen der für die einzelnen Gruppen gewonnenen Zahlen von den Mittelwerten sind so gering, daß wir diese als für unsere Zwecke maßgebend betrachten können.

Die zu den mittleren Längen und Weiten hergestellten Häufigkeits-Polygone haben die in den Fig. 90 und 91 gegebene Gestalt. Der Abände-

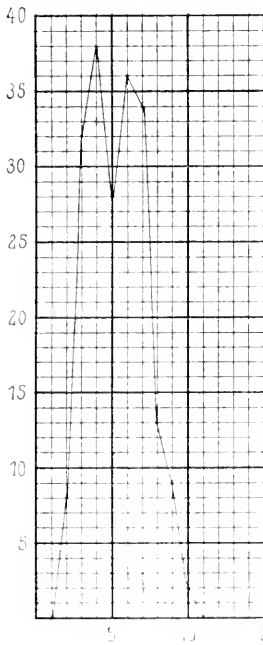


Fig. 90.

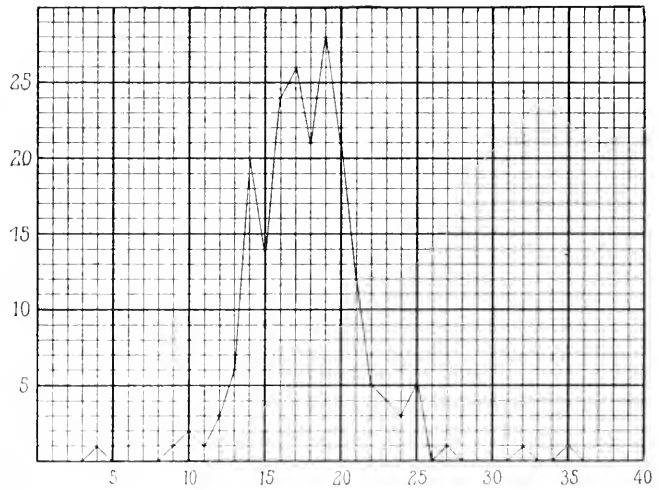


Fig. 91.

rungsspielraum der Gefäßweiten umfaßt nur 8 Einheiten, 2—10, die Kurve ist daher sehr steil und neigt zur Eingipfeligkeit; größere Beobachtungszahlen ergäben vielleicht einen eingipfeligen Umriß. Der beträchtlich größere Spielraum der Gefäßlängen ist mit einem entsprechend breiteren Vieleck verbunden, doch drängen sich auch in ihm die großen Zahlen eng um den Mittelwert zusammen, und es ist auch diese Kurve steil.

Wir haben nunmehr an unserer Pflanze 3 dem vegetativen Gebiete angehörende sproßgestalten kennen gelernt, die gewöhnliche, die der verkehrten Pflanze und die rhizomartige; die beiden letzteren durch besondere Mittel künstlich hervorgerufen. Die Gesetze, nach denen sie ihre Gefäße bilden, sind bei allen verschieden. Wir stellen die Zahlen, in denen jene zum Ausdruck kommen, vergleichend zusammen.

Länge und Weite der Gefäße.

Gewöhnliche Achse		Verkehrte Achse		Rhizomartiger sproß	
Länge	Weite	Länge	Weite	Länge	Weite
26,3	11,3	21,8	6,0	17,9	5,5
		— 4,5	— 5,3	— 8,4	— 5,8
		— 17,2	— 16,9	— 32	— 51,4

Von den 3 Zahlenreihen gibt die obere die durch Messung bestimmte Länge und Weite der Gefäße der 3 sproßformen an. Bezeichnet man diese Zahlen als normal, dann führt die 2. Reihe die Abweichungen der Zellenmaße in der verkehrten Achse und im Rhizom vor Augen. Die 3. Reihe endlich zeigt dieselben Verhältnisse, auf 100 berechnet. Alles Nähere lehrt die Vergleichung der 3 Polygone in anschaulicher Weise. Aus den Zahlen ergibt sich, daß in den beiden abnormen Gliedern die Längen und Weiten der Gefäße geringer sind, als im gewöhnlichen sprosse; in der verkehrten Achse sind sie um 17%, in dem Rhizom fast um das Doppelte, um 32% kürzer; in jener um 46,9%, in dieser gar um 51,4% enger.

Bevor wir diesen Dingen weiter nachgehen, werfen wir noch einen Blick auf die Holzzellen. Auch ihre Länge wurde durch 200 Messungen bestimmt; je 50 Fasern bildeten eine Gruppe.

Länge der Holzzellen.

Gruppe	Mittlere	Geringste	Größte
	Länge	Länge	Länge
1.	29,8	18	56
2.	30,9	14	42
3.	29,4	17,5	59
4.	28,3	14,5	50,5
Mittel	29,6	16	51,8

Zu diesen Zahlen gehört das Vieleck Fig. 92. Es ist den für die Zweige der gewöhnlichen Pflanze gewonnenen ähnlich und mehrgipfelig; den niedrigeren Zahlen entspricht die geringe Verschiebung nach der linken Seite.

Um den Ueberblick zu erleichtern, stellen wir auch hier die Zellenlängen der 3 verschiedenen Glieder zusammen.

Gewöhnliche Achse	Verkehrte Achse	Rhizomartiger Sproß
34,1	31,3	29,6
	— 2,8	— 4,5
	— 8,2	— 13,0

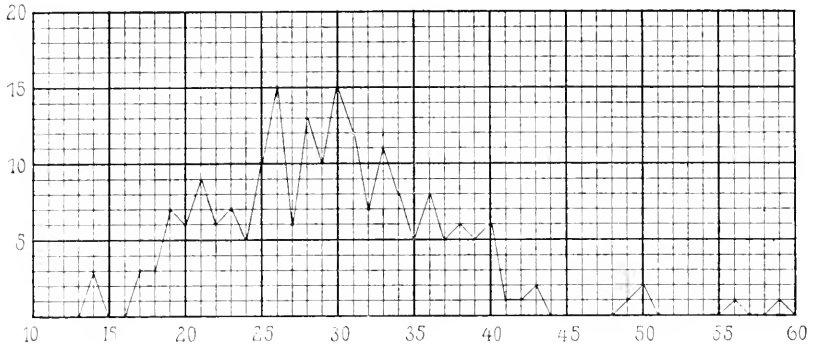


Fig. 92.

Die Länge der Holzzellen des Rhizoms weicht weniger von der des normalen Sprosses ab, als die der Gefäße, aber der Unterschied ist vorhanden und, was nicht zu übersehen, er ist größer im Rhizom, als in der verkehrten Achse; auch stehen sich diese beiden in ihrem Verhältnis nahe; es wäre völlig gleich, wenn das Rhizom statt der Zahl 4,5 5,5 hätte.

So die Länge der Holzzellen. Es schien uns, als wichen sie auch noch in der Weite von den normalen ab, als sei diese hier größer, als im gewöhnlichen Gliede. Messungen zur Entscheidung der Frage wurden jedoch nicht ausgeführt.

Im Hinblick auf unsere bald folgende Erörterung dürfen wir eine Tatsache nicht außer acht lassen: die Holzmasse, hauptsächlich aus Holzzellen bestehend, ist verhältnismäßig stark ausgebildet; der ganze Raum zwischen den Gefäßen gehört ihr an. Sie ist, Querschnittsflächen von demselben Umfange verglichen, größer, als in der verkehrten und auch in der normalen Hauptachse.

Um endlich noch des Bastes zu gedenken, so wurde schon erwähnt, daß er aus langen, schmalen, geraden Streifen besteht, zwischen denen breite Markstrahlen verlaufen (siehe die nach einem etwa 5 jährigen Sprosse gezeichnete Fig. 1, Taf. IX). Die Streifen bestehen aus den gewöhnlichen Zellenformen des Weichbastes, in die hier und da kleine Gruppen von Hartbastzellen eingelagert sind, welche aber auch fehlen können und daher in der Skizze nicht angedeutet wurden.

Betrachtet man den Querschnitt des Rhizoms im ganzen, so erhält man den Eindruck eines ausgezeichneten Speicherorgans. Das hochentwickelte Parenchym: Mark, Rinde und Markstrahlen, sowie der kräftig ausgebildete Weichbast — zusammen dem unbewaffneten Auge eine weiße Fläche bietend —, erscheinen unter dem Mikroskop dunkel infolge dichter Füllung mit Reservestoffen, unter denen die Stärke weit vortritt. Das Streben nach der Bildung von Speichergewebe, das wir schon in der Hauptachse, besonders in ihrem unteren Teile, wahrnahmen, offenbart sich hier noch deutlicher. An der gewöhnlichen Pflanze ist nur die fleischige Wurzel vergleichbar. Auch sie besitzt wesentliche Eigenschaften des Speicherorgans; da ihr aber auch die Wasserleitung obliegt, so ist ihr Gefäßkörper erheblich stärker entwickelt. Siehe die Skizze Fig. 3, Taf. IX und die Durchschnitte der Gefäßteile Fig. 93.

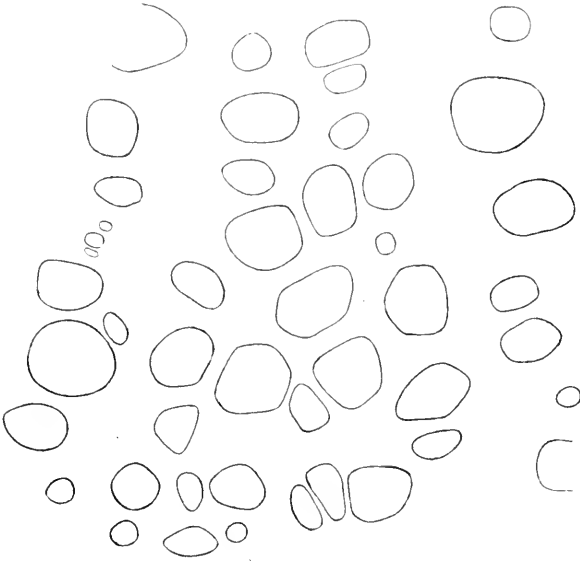


Fig. 93.

Das Rhizom ist somit ein Speicherorgan von hoher Ausbildung. Diese wäre vollkommen, wenn nicht die mechanischen Zellen, wie vorhin erwähnt, einen verhältnismäßig großen Raum einnehmen. Darin unterscheidet sich unser Rhizom von einem Gebilde wie das der Kartoffel.

Die fleischige Wurzel.

Noch ein Glied der verkehrten Pflanze ist uns übrig geblieben, die fleischige Wurzel. Fig. 11, Taf. IX gibt ein Schema ihres Querschnittes. Auf ihm ist das bezeichnende Merkmal, wie beim Rhizom, die stark ent-

wickelte Rinde; weniger ausgebildet, als in dem normalen Gliede sind die Weichbaststreifen und der die Mitte einnehmende Holzkörper. — Auf diesen vor allem richtet sich das Augenmerk. Die halbschematische Fig. 94 lehrt erstens, daß in ihm die Markstrahlen an Zahl und Breite stärker aus-

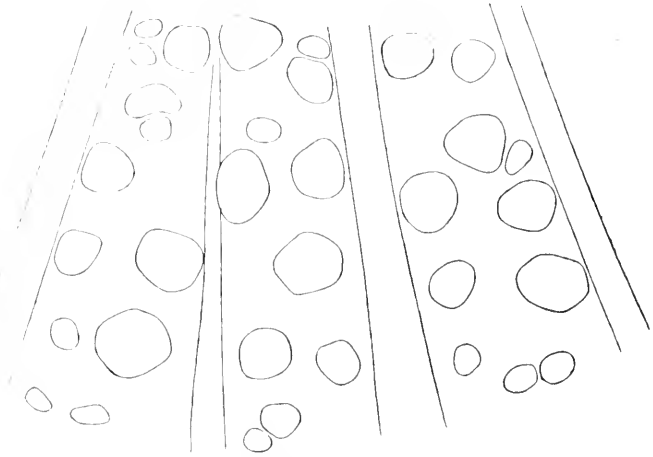


Fig. 94.

gebildet sind, als in der normalen Form, die Parenchym-Bildung auch insofern gesteigert ist; sie lehrt zweitens, daß hier die Zahl der Gefäße geringer ist, als dort, aber doch größer, als im Rhizom; sie lehrt drittens, daß die Gefäße im Durchschnitt beträchtlich größer sind, als die des Rhizoms, daß ihr Umfang aber den der normalen nicht erreicht; sie lehrt endlich viertens, daß der mechanische Teil des Gefäßkörpers verhältnismäßig wohl entwickelt ist. In Hinsicht der Lebensaufgabe ist der Unterschied im Bau der fleischigen Wurzel und des Rhizoms der verkehrten Pflanze ohne weiteres verständlich: dieses dient nur zum Speichern von Reservestoffen; jene erfüllt dieselbe Leistung, aber auch die der Wasserleitung.

Messungen, die Größenverhältnisse der verschiedenen Zellenformen zu bestimmen, wurden nicht ausgeführt.

H e d e r a H e l i x.

Die zweite, von *Kny* zu seinen Versuchen benutzte Pflanze war, wie erwähnt, der Epheu, *Hedera Helix*.

Auch an ihr bewurzelte sich das Scheitelende, und die so entstandenen Pflanzen glichen gewöhnlichen so weit, daß der Versuch der Umkehrung völlig gelungen zu sein schien. Die anatomischen Verhältnisse beachtete *Kny* hier ebensowenig wie bei *Ampelopsis*. In der Tat kann der Anblick einer solchen verkehrten Pflanze hier irreführen. Ihr Aussehen ist auffallend frisch, die Sprosse entwickeln sich rasch und kräftig, die Blätter erhalten dunkelgrüne Farbe. Und doch verhalten sich die Pflanzen, wie die genauere Betrachtung lehrt, wie alle bisher besprochenen. Auch hier wird an dem basalen verkehrten Teile ein Hauptseitensproß gebildet, an dessen Grunde und dem zugehörigen Achsenteile ein allmählich an Umfang zunehmender Wulst erzeugt, der, soweit wir beobachtet, stets runde, fast kugelförmige Gestalt annimmt. Die anatomische Untersuchung dieses Körpers lehrt Folgendes: Der Hauptseitensproß und die Achse sind auch hier durch eine horizontale Gewebebrücke verbunden (Fig. 19, Taf. X), in der auf der linken Seite der Seitensproß von oben herantritt. Der unter dem Hauptproß stehende Achsenteil ist, wie man sieht, stark geschwollen, seine Fasern verlaufen nach dem basalen Ende der Achse, wenden sich, wie in allen früheren Fällen geschah, vom Seitensproß weg. Die hier stattfindenden Störungen erhalten in den Knäueln deutlichen Ausdruck.

Auffallend gebaut ist das mit Wurzeln besetzte Scheitelende in der Erde. Hier wird nämlich, an der Ansatzstelle der stärksten Seitenwurzel, ebenfalls eine horizontale Gewebebrücke gebildet (Fig. 18, Taf. X); das einzige Beispiel, das überhaupt bisher beobachtet wurde. Diesem inneren Bau entspricht eine mäßig entwickelte Anschwellung.

Wie Fig. 21, Taf. X lehrt, ist die Hauptachse dicht unter der Stelle, wo der starke Seitenast sich abzweigt, exzentrisch gebaut, der Holzteil des Körpers hier von mäßiger Entwicklung. Diesem Bau des Stammes

entspricht der des großen Seitensprosses (Fig. 23). Auch er hat über seiner Ansatzstelle stark exzentrischen Bau.

An unseren verschiedenen Pflanzen hatte das basale, über dem Seitensproß stehende Stammstück eine Länge von 9,8 cm, das aber auch nach Jahren noch bis obenhin frisch blieb (Fig. 20, Taf. X). Der Holzkörper ist auch hier bis in die oberen Teile schwach exzentrisch, übrigens sehr ungleich, gebaut. Der Holzteil besteht aus kurzen, strahlenförmig vorspringenden Teilen von etwas unregelmäßigem Umriß. Der Raum zwischen den Strahlen ist durch dünnwandiges, prosenchymatisches Gewebe ausgefüllt, der Bau des ganzen Holzteiles von mäßiger Festigkeit.

Der Teil der verkehrten Achse unter dem Seitensproß ist fast radiär gebaut (Fig. 22, Taf. X). Der Holzkörper zeigt ein eigentümliches Bild. Er hat einen stärkeren inneren und einen schwächeren äußeren Teil, die durch einen in der Figur hellen Ring von einander geschieden sind. Dieser besteht aus dünnwandigem, parenchymatischem Gewebe, dessen Zellen reichlich Inhalt führen. Ob dieser ungewöhnliche Bau ein einzeltes Vorkommnis darstellt oder an den verkehrten Pflanzen einer Regel entspricht, wurde nicht näher verfolgt.

Die angeführten Tatsachen lehren, daß die verkehrte Pflanze des Epheu sich ebenso verhält wie die der Ampelopsis und der Weiden. Sie weicht nur in einem wesentlichen Punkte ab, darin nämlich, daß sie die anatomischen Störungen physiologisch leicht überwindet. Wir pflegen seit Jahren in Töpfen von gleichem Umfange mehrere solche Pflanzen: gewöhnliche, aus aufrechten Stecklingen hervorgegangene, und verkehrte. Alle haben ungefähr gleichen Umfang erreicht und sind mit dunkelgrünen Blättern besetzt, so zwar, daß man äußerlich keinerlei Unterschiede gewahrt. Diese Tatsache ist gewiß sehr beachtenswert. Sie lehrt, daß selbst ein so abweichender anatomischer Bau mit den wichtigsten physiologischen Leistungen vereinbar ist.

Bildet man aus den bisher untersuchten Arten eine Reihe nach dem Maß der inneren Störungen in der Ernährung, so nimmt *Hedera Helix* das Endglied der Reihe ein, während *Salix fragilis* und solche am andern Ende stehen.

Bemerkungen über Polarität.

In allem bisher Vorgetragenen haben wir uns lediglich an Tatsachen gehalten. Den nun zu behandelnden Gegenständen sind einige Bemerkungen über Polarität vorauszusenden.

Vor nun 24 Jahren stellten wir auf Grund eingehender Untersuchungen, die sich über 13 Jahre erstreckten, die Lehre von der Polarität der Zellen auf, nachdem Arbeiten über die Polarität der Hauptglieder des Pflanzenkörpers vorausgegangen waren. In weiteren Untersuchungen waren wir bemüht, die Lehre auszubauen und in einzelnen Punkten näher zu begründen. Es ist uns inzwischen keine Beobachtung bekannt geworden, weder eigene noch fremde, die genötigt hätte, das Wesentliche unserer einst entwickelten Ansichten zu ändern.

Aus unseren älteren Untersuchungen hatten wir die Ueberzeugung gewonnen, daß die Polarität eine Grundeigenschaft der pflanzlichen Zelle ist, daß sie tief in das ganze Wachstum des Körpers eingreift. Die in dieser Arbeit niedergelegten neuen Untersuchungen über die verkehrte Pflanze werden, so hoffen wir, bei jedem vorurteilslosen Betrachter alle etwa vorhandenen Zweifel an der Richtigkeit unserer Ansicht beseitigen. Ein Blick auf die Entwicklung der verkehrten Pflanze der *Salix fragilis*, auf ihre Verzweigung, auf die geotropischen Eigenschaften der Sprosse, auf das exzentrische Wachstum der Zweige und Wurzeln, auf die mangelhafte Ausbildung und das endliche Absterben der Zweigoberseiten: dies allein wird genügen, um das Gesagte zu begründen. Die Zukunft wird lehren, was alles mit dem inneren Gegensatze zusammenhängt; sie wird zeigen, daß die verkehrte Pflanze eine Frage bildet, die zu beantworten wir erst begonnen haben.

Um Mißverständnissen vorzubeugen, sei auch hier noch einmal hervorgehoben, daß wir alle lebendigen Zellen des Körpers, prosenchymatische wie parenchymatische, als polar gebaut betrachten, so zwar, daß in den beiden Hauptgliedern, Wurzeln und Sprossen, alle ein zusammenhängendes System bilden, in dem die Sproßpole im allgemeinen nach oben, die Wurzel-

pole nach unten gewandt sind. Prosenchym- und Parenchym-Zellen unterscheiden sich dadurch, daß bei diesen die Polarität ablenkbar ist, bei jenen dagegen sehr schwer oder, was wahrscheinlicher, gar nicht.

Die Polarität der Blätter dürfen wir hier aus naheliegenden Gründen außer acht lassen. Das darüber zu Sagende wurde an andern Orten ausgeführt.

Wir betrachten also die Pflanze mit ihren sämtlichen, durch Plasma-Verbindungen eine große Einheit bildenden lebendigen Zellen als aus gleichsinnig polarisierten Elementen aufgebaut. Das Wesen der Polarität sehen wir in der inneren Struktur des Protoplasmas. Will man sich die Sache unter einem Bilde versinnlichen, so stelle man sich die Idioplasmamizelle, deren Reihen nach *Nägelis* Vorstellung den wesentlichen gestaltbildenden Teil des Plasmas ausmachen, als polarisiert vor.

Dies aber sind theoretische Gedanken, deren Annahme oder Ablehnung mit den Tatsachen der Polarität der Zellen und Organe nichts zu tun hat.

Nach der eben gegebenen Erörterung von allgemeiner Natur wenden wir uns jetzt einer besonderen Frage zu, die bisher unbesprochen geblieben ist: zu der Entstehung des polaren Zusammenhanges der Seitenglieder, der Sprosse und Wurzeln, mit der Hauptachse.

Einfach ist die Sache beim Achselsproß. Seine Stellung in der Blattachsel, seine Wachstumsrichtung, die sich von der seiner Mutterachse wenig oder selbst gar nicht unterscheidet, gibt zugleich die Richtung der Polarität seiner Elemente an, die somit von der der Achse wenig oder nicht abweicht.

Nicht so einfach ist das Verhältnis bei den Seitenwurzeln. Ihre Anlagen entstehen am Muttergliede unter ungefähr rechtem Winkel, und es bedarf daher in den Zellen des Pericykels, die die Anlage bilden, einer Aenderung der Polarität um etwa 90° . Später aber wird der vordere Winkel, den die Seitenwurzel mit dem Mutter-Organ bildet, wie bekommt, zu einem mehr oder weniger spitzen, ja bei älteren holzigen Wurzeln zu einem sehr spitzen. Dementsprechend ändert sich dann auch die Richtung der Polarität an der Ansatzstelle der Wurzel: die Sproßpole sind stammwärts gewandt.

Ähnlich wie die Seitenwurzeln verhalten sich die Adventiv-Wurzeln an den Zweigen. Auch ihre Anlagen entspringen unter rechtem Winkel, der beim weiteren Wachstum beibehalten, aber auch zu einem spitzen werden kann. So wurden Beispiele beobachtet, in denen der Winkel 80° ,

selbst 70 ° und noch weniger betrug. In Beziehung auf die Polarität gilt das für die Seitenwurzeln Gesagte.

Mit den Wurzelanlagen sind wir zu dem Problem der Ablenkung der Polarität gelangt. Schon in unserer ersten Arbeit wurde gezeigt, daß solche Veränderungen an den Verwachsungsflächen entgegengesetzt polarisierter Gewebe vorkommen; sie betragen hier bis zu 90 °. Ob der Ablenkungswinkel noch größer zu werden vermöge, konnte damals nicht bestimmt nachgewiesen werden. Die Vorgänge selbst spielen sich nur im jungen, teilungsfähigen Parenchym ab; im cambialen Gewebe wurden sie nicht wahrgenommen und man darf es wohl als ausgeschlossen betrachten, daß sie darin vorkommen.

Neue Beispiele lehrt die vorliegende Arbeit kennen. In der wagerechten Gewebebrücke an der verkehrten Pflanze ist das ganze Fasersystem um ungefähr 90 ° von der ursprünglichen Richtung abgelenkt. Wieder geht das Umlagern im Parenchym vor sich, hier in dem Parenchym, das durch Querteilung der Cambiumzellen entstanden ist. Aehnlich sind die Verhältnisse bei den bald zu besprechenden Heilungsvorgängen an der verkehrten Pflanze. Neben Abweichungen von 90 ° kommen dort aber auch Fälle vor, in denen die Ablenkung beträchtlich über 90 ° steigt, wo sie 270 ° und noch mehr erreicht, wo die Polarität also fast umgekehrt wird.

Die Vorgänge der Ablenkung, die dabei eintreten, Zellumlagerungen, bilden die Aufgabe einer von *F. Neeff*¹⁾ im Straßburger Institut ausgeführten sorgfältigen Untersuchung. Er geht aus von der Aenderung des Faserlaufes, die dann eintritt, wenn der Hauptast über einem Seitenzweig entfernt wird. Er zeigt, daß vor der Umlagerung die Cambiumzellen in kurze Glieder zerfallen, aus denen dann neue Cambiumzellen mit veränderter Richtung hervorgehen. Die aus diesem Cambium entstehenden Faserzüge sind dem Seitenzweig zugewandt, und es wird ein von diesem ausgehender Reiz, ein „Richtungsreiz“, als die Ursache der ganzen Umlagerung aufgefaßt. Bei dieser wird die normale Polrichtung beibehalten: die Sproßpole der neuen Zellen wenden sich dem Seitenzweig zu. — Genau untersucht *Neeff* das Spitzenwachstum der Zellen und entscheidet dabei das wichtige Problem des geitenden Wachstums. — Bei der Untersuchung der Kalluswülste an Baumstümpfen findet *Neeff* auch Knäuelbildungen,

1) *Neeff, F.*, Ueber Zellumlagerung. Zeitschr. f. Botanik, Bd. VI, 1914, S. 465—517. Diss. Straßburg 1914.

die er als Wirbelzonen bezeichnet, und beschreibt ein Beispiel, in dem der Umfang des Gebildes in den aufeinander folgenden Gewebeschichten beständig zunahm.

Auch an verkehrten Stecklingen der *Salix viminalis* hat *Neeff* Beobachtungen angestellt. Er gewahrt auch hier die Ablenkung im Faserverlauf am Ansatz des Seitenzweiges und hat, wie aus seiner Figur 32 hervorgeht, den Beginn der Brückenbildung wahrgenommen. Wir fanden an kräftigen Stecklingen anderer Weidenarten den wagerechten Gewebezug, wie früher angegeben, schon am Ende des ersten Sommers ausgebildet.

Zur Deutung dieser Vorgänge zieht *Neeff* ebenfalls die Richtungsreize heran, ein Verfahren, bei dem wir ihm aber nur in sehr bedingter Weise zu folgen vermögen. Das, was in der verkehrten Pflanze vorgeht und ihr eigentümliches Wachstum verursacht, ist offenbar von so verwickelter Natur, daß wir auf einfache Erklärungen wohl werden verzichten müssen.

Auf diese Andeutungen über den Inhalt der *Neeff*schen Arbeit dürfen wir uns hier beschränken. Wir haben ihr Erscheinen mit um so größerer Freude begrüßt, als sie unsere eigenen Beobachtungen über die polare Ablenkung von Geweben nach der entwicklungsgeschichtlichen Seite auf breiter Grundlage ergänzt.

Aber die mikroskopischen Beobachtungen bedürfen noch einer Ergänzung. Die durch die Umlagerung entstandenen prosenchymatischen Zellenformen entsprechen den physiologischen Aufgaben der Stoffleitung und der Festigung; ein Zweifler aber könnte die Frage aufwerfen, ob wirklich ihre innere Struktur, ihre morphotische Natur, verändert sei. Verschiedene Tatsachen lassen bestimmt annehmen, daß die Stoffleitung auch senkrecht zur polaren Richtung der leitenden Zellen geschehen könne. Wäre es nicht möglich, daß hier ähnliche Verhältnisse vorlägen? Um solchen Bedenken zu begegnen, stellten wir folgenden einfachen Versuch an.

Aus den Mitten kräftiger Brücken verkehrter Pflanzen der *Salix fragilis* wurden durch 2 einander zugewandte, senkrecht gerichtete Schnitte Gewebestücke entfernt. Die Schnitte reichten über das Cambium hinaus bis in die jüngsten Holzzellen. Die Verbindung zwischen dem Seitensprosse und dem ihm gegenüberliegenden Wulste war also auf der einen Seite der Achse aufgehoben. Um die Schnittflächen vor zu starker Verdunstung zu schützen, wurden sie mit einer leichten Hülle um-

geben. Sie erzeugten bald Kallusmassen, eine größere auf der Seite des Sprosses, eine kleinere auf der gegenüberliegenden. Nachdem der Vorgang bis hierher gediehen war, wurde die ganze Wundregion mit Moos überdeckt, das man von Zeit zu Zeit anfeuchtete. Nun geschah, was wir erwarteten: aus dem großen, dem Seitenzweige zugewandten Kallus gingen Wurzeln hervor (Fig. 95), nicht aber aus dem kleineren; durch die Schnitte waren also auf der einen Seite Wurzel-, auf der andern Sproßpole freigelegt.

Damit war entschieden, daß die Zellen der Brücke vollständig, auch ihrer inneren morphotischen Natur nach, umpolarisiert waren.

Zum Schlusse haben wir noch einen Blick auf die polaren Verhältnisse im aufrechten und verkehrten Steckling zu werfen, ein für uns besonders wichtiger Gegenstand.

Von dem großen polaren System, das ein Baum oder ein Strauch darstellt, seien 2 gleich starke Zweige durch Schnitte getrennt und nun

der eine aufrecht, der andere verkehrt in feuchte Erde gesteckt und in dunklem Raume ihrer Entwicklung überlassen. Es treten die bekannten Vorgänge ein, die unsere Figuren 96 und 97 schematisch veranschaulichen, und die wir früher beschrieben haben.

Am aufrechten Steckling gestalten sich die Dinge sehr einfach. An den bekannten morphotisch bestimmten Orten bilden sich aus den vorhandenen Anlagen Wurzeln und Sprosse. Die Pfeile geben die Richtung der Pole an. Alle Glieder können sich ungestört entwickeln.

Anders der verkehrte Steckling, dessen scheidelständige Knospen entfernt worden waren. Hier gehen aus den der Erdoberfläche nächsten Knospen die Triebe hervor, Wurzeln aus den Anlagen, die im Bereich der Erde ebenfalls der Oberfläche nahe stehen. Aus der Richtung der Pfeile ersieht man alsbald, daß hier bedeutende Schwierigkeiten im Wachstum entstehen werden. Unsere Versuche haben gelehrt, wie groß diese bei den Weiden sind, so groß, daß sie häufig zum Tode führen. Sie können aber, wie früher schon angegeben, überwunden werden. Zu zeigen, wie das

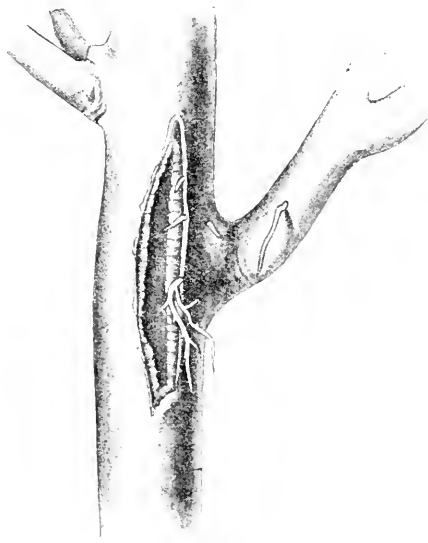


Fig. 95.

geschieht, und wie sich dabei die polaren Verhältnisse gestalten, ist die Aufgabe unserer nächsten Untersuchung.

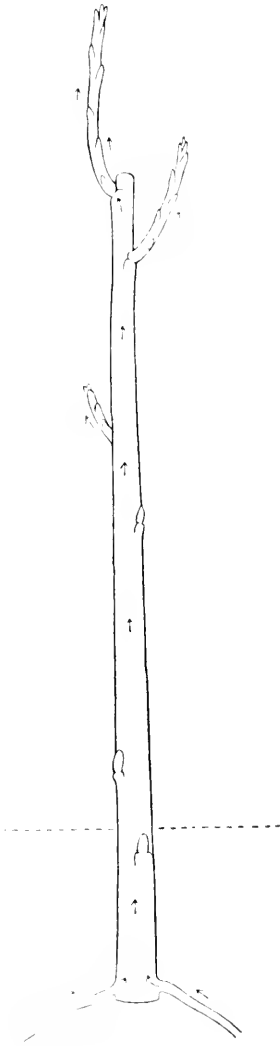


Fig. 96.

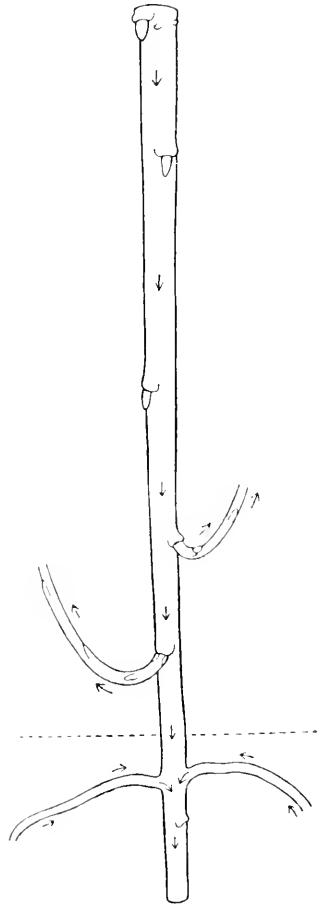


Fig. 97.

Die Heilungsvorgänge.

Wie im vorhergehenden Abschnitte ausgeführt wurde, können die großen inneren Schwierigkeiten, die der Entwicklung der verkehrten Pflanze im Wege stehen, überwunden werden und Teile des Systems sich derartig vereinigen, daß ihr Wachstum im Laufe der Zeit, von untergeordneten Dingen abgesehen, normal wird. Unsere nächste Untersuchung ist nun auf die Beantwortung der Frage gerichtet, welche histologischen Vorgänge hierbei stattfinden.

Für den Verlauf dieses Wachstums ist entscheidend der große Seitensproß und die stärkste und höchst gestellte Wurzel. Wie wir früher fanden, wird häufig überhaupt nur eine kräftige Wurzel gebildet; sind anfangs aber mehrere vorhanden, so entwickelt sich die den höchsten Ort einnehmende gewöhnlich am stärksten; auf sie allein kommt es an. Bei der Heilung haben wir nun 2 Hauptfälle zu unterscheiden: im ersten stehen der Sproß und die Wurzel auf entgegengesetzten Seiten der Achse; im zweiten stehen sie auf derselben Seite, die Wurzel unter dem Sproß. Die zwischen diesen beiden vorkommenden Stellungen ordnen sich ihnen unter und bedürfen daher keiner besonderen Behandlung. Ausdrücklich aber ist hervorzuheben, daß die entscheidenden zellularen Vorgänge bei der Verwachsung in allen Stellungen der Glieder dieselben sind.

a) Haupt sproß und Hauptwurzel stehen auf derselben Seite.

Wir beginnen mit dem einfachsten Falle, in dem die beiden Hauptglieder ungefähr senkrecht übereinander stehen, der Sproß oben, die Wurzel unten, ein Verhältnis, das die früher besprochenen Figuren 33 und 44 vor Augen führen. An der in Fig. 44 dargestellten Pflanze der *S. pentandra* stehen die beiden Glieder nicht genau übereinander; für die Verwachsung kommt aber die kleine seitliche Abweichung nicht in Betracht. Genau unter dem Hauptseitensproß H entspringt die linke Wurzel in der in Fig. 33 wiedergegebenen Pflanze der *S. alba vitellina pendula*. Diese

Figur ist daher besonders zu beachten. Ein Blick darauf lehrt, daß der Zweig sich stark einseitig abwärts entwickelt hat; ihm entgegengewachsen ist die Wurzel, jedoch weniger einseitig, als der Zweig. Einst waren die organischen Mittelpunkte der beiden Glieder um etwa 4,7 cm von einander entfernt; heute beträgt der äußere Abstand ungefähr 1 cm. Man sieht ferner alsbald, daß die linke Seite des Achsenstückes zwischen dem Sproß und der Wurzel kräftiger ausgebildet ist, als die rechte; jene mißt 14, diese 7 mm. — Hinsichtlich der anatomischen Vorgänge bei dem einseitigen Wachstum der Glieder darf an das erinnert werden, was früher darüber mitgeteilt wurde.

Hätte sich unsere Pflanze weiter entwickeln können, so wäre die Bucht zwischen dem Sproß und der Wurzel immer mehr ausgefüllt worden, endlich ganz verschwunden, und es hätten die beiden Glieder dann einen einheitlichen Körper gebildet, an dem die Teile der rechten Seite als seltsame Anhängsel erschienen wären, deren Bedeutung dem Nichtkenner der Verhältnisse unverständlich sein würde.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen betrachten wir nunmehr das Bild, das der mediane Längenschnitt einer 6 jährigen wohl entwickelten Pflanze bietet (Fig. 98). Auf der rechten Seite gewahrt man die verkehrte Achse, a s, auf der linken oben den Seitenzweig z, darunter die Wurzel w. Die beiden Glieder sind hier längst völlig verwachsen und die Bucht zwischen ihnen ist schon weit ausgefüllt. Sie bilden einen einheitlichen Körper, der aber durchaus einseitig entwickelt ist, und dessen Querschnitt im Zweige und in der Wurzel elliptischen Umriß hat. (Vgl. das früher hierüber Gesagte.) Die starke Linie m oben gibt das Mark des Zweiges an, die einstige Mitte des jungen Zweiges. An der Wurzel bedeutet die entsprechende Linie m das zentrale Gewebe der Wurzel, zugleich die Längsachse der jungen Wurzel. Die Ansatzstellen der beiden Linien am Holzkörper der Hauptachse sind um 3,3 cm von einander entfernt; die junge Wurzel stand sonach etwa 3 cm unter dem jungen Zweige. In der nach unten gewandten Sproßachsel unter dem gekrümmten Teile von m gibt die kurze Strichelung das unregelmäßige Gewebe, die lange Strichelung die Faserzüge der horizontalen Brücke an.

An der Hauptachse nimmt die rechte obere Seite der stark entwickelte, fast knollenförmige Wulst g ein; wie es dieser Art eigen ist, hat sich sein oberer Teil auch auf der dem Seitensprosse zugewandten Seite mäßig ausgebildet. Auch unter dem Scheitelende, bei s, ist die Achse gewachsen und sie hat hier gemeinsam mit dem mächtig entwickelten Wurzelgrunde

die Schnittfläche überwallt und völlig eingeschlossen. Dieses Verhalten wurde in so vollendeter Form nur an einigen Pflanzen der *S. alba vitellina pendula* beobachtet. Wie die Untersuchung ergab, war das alte Achsenende abgestorben, das es umhüllende Gewebe dagegen überall frisch. Unter der Scheitelfläche verliefen die Fasern sehr unregelmäßig in den verschiedensten Richtungen; an manchen Orten sah man die bekannten Knäuel-

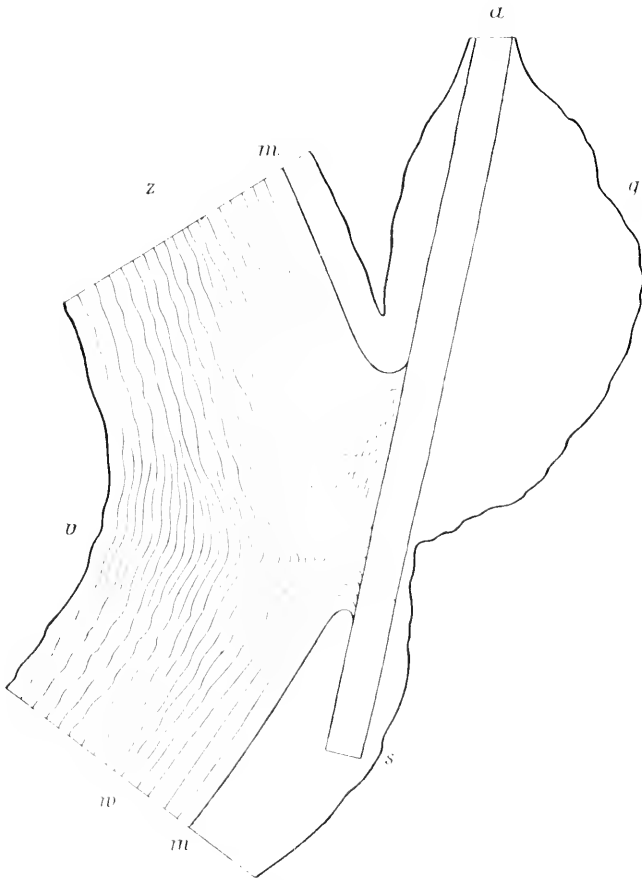


Fig. 98.

gestalten. Dieses Bild erklärt sich in sehr einfacher Weise dadurch, daß bei der Ueberwallung die Zellen in ihrem Längenwachstum gehemmt werden und sich dabei mannigfach biegen, daß dabei gleichnamige Pole, besonders Wurzelpole, aufeinander stoßen, sich ausweichen und damit die verwickelten Figuren des Faserverlaufes hervorrufen, der stets unter ähnlichen Verhältnissen eintritt.

Wenden wir uns nun dem Faserverlauf in dem Verwachsungsgebiet des Seitensprosses *z* und der Wurzel *w* zu. Wie die Figur zeigt, bilden

die Fasern unter der Einbuchtung der Oberfläche parallel gerichtete, schwach wellige oder gerade Züge. Nirgends gewahrt man hier Störungen, wie Knäuelbildungen u. dgl. Dieser Verlauf erhält sich bis zu beträchtlicher Tiefe im Gewebe, dann aber wird die Krümmung an der Stelle, wo die Züge aus dem Zweige in die Wurzel einbiegen, zunehmend stärker, bis die beiden Schenkel des Bogens einen spitzen Winkel bilden. In der Tiefe endlich trennen sie sich von einander und laufen nun parallel neben einander auf die Mutterachse hin. Unsere Figur erläutert diese Verhältnisse, wobei nur zu bemerken ist, daß in der Mitte der Bucht, unter v , die Linien der Deutlichkeit halber dichter gezeichnet sind, als in der Verlängerung nach oben und unten. Genauer noch gibt den Faserverlauf unter der Bucht die ebenfalls schematische Fig. 99 an, die nach einer mit



Fig. 99.

der Kamera bei schwacher Vergrößerung entworfenen Zeichnung hergestellt wurde. Die innerste Region endlich, in welcher die aus dem Zweige und der Wurzel kommenden Züge sich an das Gewebe des Holzkörpers der Mutterachse ansetzen, ist in Fig. 24, Taf. V wiedergegeben; sie wurde mit der Kamera möglichst sorgfältig in einfachen Linien, ohne die Wandverdickungen, gezeichnet. Auf der rechten Seite sieht man das Gewebe der Mutterachse m m ; mit diesem vereinigen sich die von der linken Seite kommenden Faserzüge, die aus 2 Teilen bestehen, von denen der eine der Wurzel, der andere dem Sprosse angehört und deren Grenze in der mit g bezeichneten Ebene liegt. Beim Herantreten der Züge an die Mutterachse trennen sie sich und es wendet sich der eine nach oben, der andere nach unten. Die Trennungsstelle selbst ist charakteristisch gebaut. Die Mitte nimmt eine Parenchymplatte ein, zu deren beiden Seiten die Holzzellen, Gefäße und Tracheiden, sich gewissermaßen scheidend, nach den entgegengesetzten Richtungen verlaufen.

Versuchen wir nun, uns die eben beschriebenen Bauverhältnisse verständlich zu machen. Zu dem Zweck wurden einfache schematische Figuren hergestellt. Die erste davon (Fig. 100) gibt die Außenseite eines verkehrten Stecklings wieder, an dem die ungewöhnlichen Wachstumsvorgänge schon deutlich hervortreten. Auf der linken Seite sieht man den Seitensproß, ihm gegenüber die wulstartige Verdickung der Achse, der eine schwache Anschwellung unter den Wurzeln am Scheitel entspricht. Die Pfeile geben die Richtung der Faserzüge und der Polarität der Zellen in der Achse, den Wurzeln, dem Seitensproß, dem Wulste und der hori-

zontalen Brücke an. In der zweiten (Fig. 101) ist ein älterer Zustand im medianen Längenschnitt dargestellt; hier hat die Achse nur eine, die für die Heilung entscheidende Wurzel. Die Achsel des Sprosses, der Wulst und die hier nicht sichtbare Brücke sind abwärts gewachsen; auch der Grund der Wurzel hat sich nach oben vergrößert, so daß er und die Sproßachsel sich nunmehr berühren und damit vor dem Verwachsen stehen.

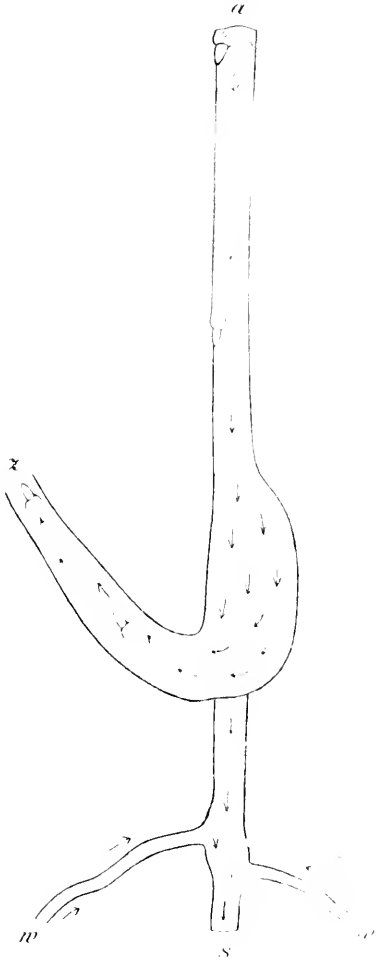


Fig. 100.

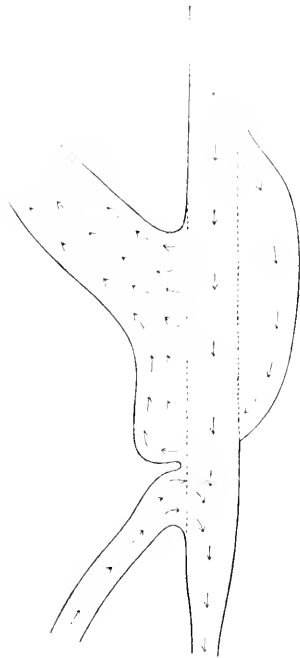


Fig. 101.

Die Pfeile zeigen, daß die Gewebe den beiden Organen entgegengesetzt polarisiert sind. Vereinigen sie sich nun mit ihren Cambialregionen, so treffen Zellenplatten auf einander, deren einzelne, meist parallele Linien so polarisiert sind, wie es das Schema Fig. 102 andeutet. Aus ihr ersieht man unschwer, daß es nur geringer Ablenkung der Pole bedarf, um normal polarisierte Reihen herzustellen, in denen sich stets Sproß- und Wurzel-

pole berühren. — Der hier bezeichnete Vorgang vollzieht sich nun bei der Verwachsung des Sprosses und der Wurzel und lehrt uns den in den Fig. 98 und 99 gezeichneten Faserverlauf verstehen. Unten in der Tiefe unter der Bucht *v* vereinigten sich einst die unter spitzem Winkel zusammen-treffenden Zellenzüge zu normal polarisierten Reihen. War dieser Vorgang einmal eingeleitet, die Widerstände überwunden, die wir hier als vorhanden bestimmt voraussetzen dürfen, dann ergab sich alles Weitere von selbst. Bei dem andauernden Wachstum nach der Verbindung wurde die anfangs

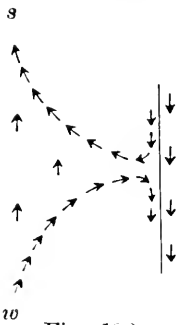


Fig. 102.

scharfe Krümmung allmählich schwächer, bis endlich die Kurven entstanden, die unsere Fig. 98 unter der Oberfläche der Bucht angibt. Bei noch weiterer Entwicklung verschwindet diese gänzlich und man gewahrt dann äußerlich nichts mehr von den eigentümlichen Dingen, die sich einst tief im Grunde abgespielt haben. Wir erinnern an das, was früher über einen aus einem verkehrten Stecklinge hervorgegangenen Baum dieser Weidenform mitgeteilt wurde, an dem sich die Heilung auch in der eben geschilderten Weise vollzogen hatte.

b) Hauptsproß und Hauptwurzel stehen auf entgegengesetzten Seiten.

Stehen die beiden Hauptglieder über einander auf derselben Seite, so ist, wie wir gesehen, die Bildung gleichsinnig polarisierter Zellreihen verhältnismäßig leicht. Beträchtlich schwieriger ist sie dann, wenn die Glieder aus gegenüberliegenden Seiten hervorgehen. Ein Beispiel dieser Art zeigt die aus einem Zweige der *S. viminalis* entstandene Pflanze (Fig. 45). Rechts oben gewahrt man den Achselsproß *H*; darunter, auf der andern Seite der Achse, die Wurzel, beide durch einen starken Gewebsockel verbunden, der auf der linken Seite in den großen Wulst übergeht. Die horizontale Brücke ist lang und stark entwickelt. Das Aussehen des Ganzen verrät, daß hier längst alle inneren Hemmnisse überwunden sind.

Wir wollen hier anders verfahren, als vorhin und uns vor der Untersuchung bildlich versümlichen, welche Aufgaben der Pflanze nunmehr gestellt werden. Die Fig. 103 gibt die Stellung des Hauptseitenzweiges *z* und der Wurzel *w* an; der Scheitel und der Grund der Hauptachse sind wieder durch *s* und *a* bezeichnet. Zweig und Wurzel sollen durch gleichnamig polarisierte Zellen verbunden werden. Wie dies geschehen könne, deuten die punktierten Pfeile an; sie zeigen, daß die Längachsen der

Zellen, um in die geforderte Lage zu gelangen, sich so weit drehen müssen, daß nur etwa 40° an der völligen Umkehrung der Pole fehlen. Es scheint, als müsse ein solcher Vorgang sehr schwierig sein. Prüfen wir daher weiter, über welche Möglichkeiten die Pflanze verfügt. Aus dem Schema eines älteren Zustandes (Fig. 104) ersieht man, daß sich die Glieder leichter vereinigen können, als man beim ersten Anblick glauben möchte. Wir nehmen an, daß die wagerechte Brücke unter dem Hauptsprosse, b, und der breite Grund der Wurzel sich bis zur Berührung entwickelt haben.

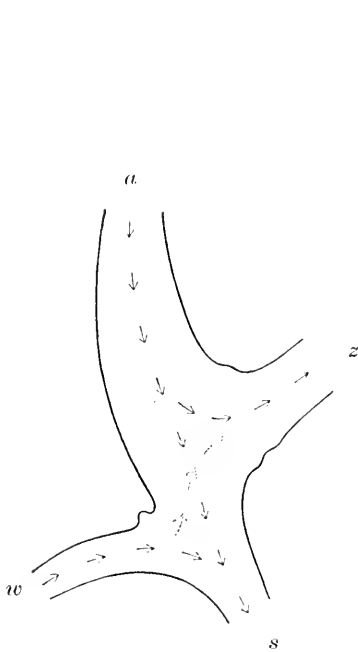


Fig. 103.

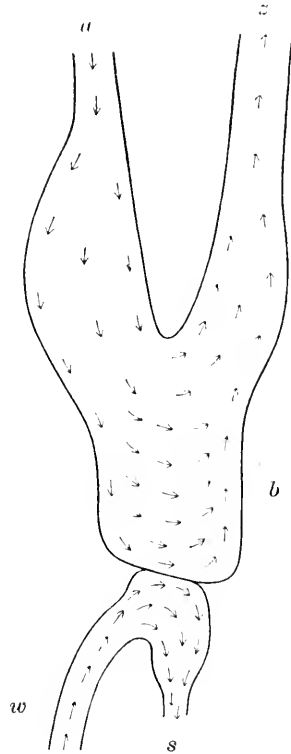


Fig. 104.

Dann verlaufen die Pole in den verschiedenen Teilen an ihrer Oberfläche und bis zu einiger Tiefe darunter so, wie die Pfeile angeben. Da, wo die Brücke und die Ansatzstelle der Wurzel zusammentreffen, sind die Pole auf beiden Seiten gleichsinnig horizontal gerichtet. Ein Blick lehrt uns, daß, wenn sich die Gewebe in der Berührungsfläche verbinden, sich auf der linken Seite leicht Zellen mit ihren ungleichnamigen Polen vereinigen können und daß damit eine natürliche Verbindung zwischen dem Zweige und der Wurzel eingeleitet werden kann. — Nach diesem Bilde ist zu erwarten, daß wir in den aufeinander folgenden Gewebeschieden sehr ver-

schieden verlaufenden Faserzügen mit den entsprechenden Polaritäten begegnen. In den oberen Lagen werden, wenn das Verwachsen völlig gelungen, die Züge Sproß und Wurzel unmittelbar verbinden; in den darauf folgenden Schichten werden sie senkrecht zur Längsachse des Mutterzweiges und in diesem selbst endlich der Achse parallel verlaufen. — Wie verhält sich nun die Wirklichkeit zu dieser Vorstellung? Es sei im voraus bemerkt, daß beide in allen wesentlichen Punkten übereinstimmen. Zur Untersuchung diene auch dieses Mal eine Pflanze der *S. alba vitellina pendula*.

Wir beginnen mit der Oberfläche. Um ihren Faserverlauf klar zu legen, tragen wir in gewohnter Art von den für uns hier wichtigen Teilen der Versuchspflanze die Rinde und das Cambium mit seinen jungen, noch weichen Erzeugnissen bis auf den festen Holzkörper gänzlich ab. Dann erhalten wir das in Fig. 3, Taf. VIII schematisch ausgeführte Bild. Das Scheitelende der Hauptachse, *s*, ragt, nachdem die Rinde entfernt worden, etwas hervor; bei längerem Wachstum der Pflanze wäre es überwältigt worden. Unter dem basalen Ende, *a*, sieht man den Wulst, in dessen mittlerem Teile die Fasern unregelmäßig verlaufen, was durch die welligen Biegungen angedeutet wurde. Von dem Seitensprosse, *z*, nach der Wurzel, ist der Zug der Fasern unmittelbar und ungestört, in der Mitte, am Rande der Anschwellung bogenförmig, sonst fast gerade, ohne eine Andeutung von Knäueln oder ähnlichen Figuren. Die Verbindung der beiden Glieder ist also vollkommen.

Von der Oberflächenansicht wenden wir uns zum medianen Längenschnitt (Fig. 10, Taf. VIII), der die Hauptachse, den Sproß und die Wurzel halbiert. In jener und dem Zweige gibt der starke Strich, wie früher, das Mark, in der Wurzel die organische Mittellinie an. Den einfachen geraden oder wenig gebogenen Faserverlauf in den äußeren und mittleren Teilen der Glieder dürfen wir, auf die Figur verweisend, unerörtert lassen; um so mehr beschäftigt uns das Ursprungsgebiet des Sprosses und der Wurzel an der Hauptachse. Hier sind die Verhältnisse sehr verwickelt, die Faserzüge treten vielfach aus der Horizontal-Ebene, sind daher kaum darzustellen und versagen im Schema so gut wie völlig. Mit diesem Vorbehalt wollen wir unsere Figur benutzen und erinnern dabei an das, was früher über die Entstehung der wag rechten Brücke gesagt wurde.

Zunächst fällt ins Auge, daß die Sproßachsel sich hier, wie sonst, beträchtlich vergrößert hat, daß aber auch der Wurzelgrund nach der Basis der Hauptachse hin stark gewachsen ist, so zwar, daß Zweig und Wurzel etwa gleichen Durchmesser haben. Durch die Mitte läuft die Haupt-

achse mit ihren geraden Faserzügen. Aus den äußeren von diesen treten unter spitzem Winkel Faserbündel hervor, die bald die im Blatt dargestellte Ebene verlassen und um die Achse bogenförmig in Flächen herumlaufen, die senkrecht zu ihr gerichtet sind. Man sieht daher ihre Durchschnitte, welche in dem Schema nur mit Punkten bezeichnet werden konnten. Das ganze Gebiet aber, in dem sich die Fasern krümmen, ist sehr unregelmäßig gebaut und mit zahlreichen Knäueln versehen. Endlich jedoch gehen aus diesem seltsamen Körper geordnete Fasern hervor, die den Achsen des Zweiges und der Wurzel parallel verlaufen und die uns bekannten regelmäßigen Züge bilden.

Der eben beschriebene Schnitt bedarf als wichtiger Ergänzung eines weiteren, der senkrecht zur Hauptachse etwa durch die Mitte der Ansatzstelle von Zweig und Wurzel geführt wird. Das Schema hierzu, in etwas größerem Maßstabe gezeichnet, zeigt Fig. 1, Taf. VIII, wozu wir zu bemerken haben, daß die Fasern des Zweiges und der Wurzel geneigt zur Ebene des Papiers verlaufen und die Linien somit Projektionen auf das Blatt darstellen.

An dem etwas asymmetrisch gebauten Schmitte sind 3 Regionen zu unterscheiden, eine innere, eine mittlere und eine äußere. Die innere wird von dem Querschnitt der Hauptachse eingenommen, der aus dem Mark und 2 Jahresringen besteht. In der zweiten sieht man als deren Hauptbestandteil die um die Achse herumlaufenden Züge, dazwischen zahlreiche Knäuelbildungen; den Uebergang von der inneren zur mittleren Region bilden die von der Hauptachse austretenden, streckenweise gleichsinnig verlaufenden Faserbündel, dieselben, die sich auf dem Längenschnitt unter meist spitzem Winkel von der Oberfläche der Hauptachse abzweigen. Die Fasern der dritten Region endlich gehen von denen der zweiten aus; an der Grenze ist ihr Verlauf noch unregelmäßig, wird aber bald geordnet und gleichsinnig und ist nun im Bogen auf der einen Seite nach dem Zweige, auf der andern nach der Wurzel gerichtet. Störungen kommen hier gewöhnlich nicht vor; man findet sie nur vereinzelt in der Gestalt von Knäueln in der Nähe des Austrittes der Fasern in den Zweig und die Wurzel. Solcher waren auf dem in unserer Figur gezeichneten Schmitte am Grunde der Wurzel zwei vorhanden.

Besondere Beachtung verdient die mittlere Region, ja sie hat, vom anatomischen Standpunkte aus betrachtet, einen wahrhaft fesselnden Reiz. Die Faserzüge scheinen um die Hauptachse gewickelt zu sein, wie der Faden um eine Spule, ein Verhältnis, das jeder Regel spottet.

Die Untersuchung der Brücke lehrte uns, daß der Veränderung in der Richtung der Pole der Zerfall der Cambialzellen im Parenchym vorausgeht, daß in diesem die Pole abgelenkt werden, und daß die prosenchymatischen Formen, die nun aus den so veränderten kurzen Zellen hervorgehen, ebenfalls in dem neuen Sinne polarisiert sind. Dies alles vollzieht sich in einer beschränkten Reihe von Zellenlagen. — Hier nun, in der eben untersuchten Pflanze, ist die mittlere Region des Gewebes zwischen dem Spross und der Wurzel auffallend stark entwickelt. Es drängt sich die Frage nach dem Wesen dieses Wachstums auf. Um es zu verstehen, haben wir zu bedenken, daß in den äußeren Teilen der Brücke die verschiedenen Zellenformen ihre Richtung noch einmal verändern müssen. Das Maß dieser Veränderung wird durch den Höhenunterschied zwischen Sproß und Wurzel bestimmt und beträgt danach verschieden große Winkel, bei geringer Entfernung 45° oder selbst noch weniger, bei größerem Abstände 50° , 60° , ja 75° und noch mehr, niemals aber 90° . Dieser erneute Wechsel der Polrichtung erklärt die starke Ausbildung der mittleren Gewebe-Region. Dabei ist zu bedenken, daß vielleicht bei der wiederholten Umlagerung größere Widerstände zu überwinden sind, als bei der ersten. — Die Veränderung in der Richtung der Faserzüge wurde durch Abtragen des Gewebes von außen nach innen festgestellt; es gelang aber nicht, aufzuhellen, ob und wie weit etwa Parenchym-Bildung dabei im Spiele ist. Nach den Beobachtungen darf es als wahrscheinlich bezeichnet werden, daß bei geringem Höhenunterschiede zwischen den beiden Gliedern die Richtung der jungen Zellen einfach durch Ablenkung verändert wird, ohne vorhergehenden Zerfall in Parenchym.

Überschaut man die mitgeteilten Tatsachen, so ergibt sich, daß sie mit der theoretischen Voraussetzung, die entwickelt wurde, so vollkommen übereinstimmt, wie man nur erwarten konnte. Die Zellenzüge mit den abnormen Polrichtungen lagern sich — gleichviel ob durch vorübergehende Parenchym-Bildung oder ohne diese — so weit um, bis der natürliche Anschluß der Pole erreicht ist. Erst wenn dies geschehen, kann die Pflanze gedeihen; kommt diese polare Verbindung aber nicht zustande, dann geht sie früher oder später zu Grunde.

Unsere eben vorgeführten, auf die Untersuchung einer Pflanze begründeten Angaben wurden in allen Punkten durch die Beobachtungen bestätigt, die wir an 2 weiteren Pflanzen mit derselben Stellung der Glieder an der Hauptachse anstellten. An der einen war das Scheitelende der Hauptachse längst überwallt, ganz ins Gewebe versenkt worden und in

seinem inneren Teile schon abgestorben. Das Verwickelte und Seltsame im Bau der verkehrten Pflanze wurde hier noch gesteigert durch den völlig unregelmäßigen Faserverlauf, der aus früher angegebenem Grunde in diesem Ueberwallungsgewebe entstanden war. Auch waren der Sproß und die Wurzel hier weit von einander entfernt und die Strecke mit den scheinbar um die Hauptachse gewickelten Fasern daher entsprechend lang.

Soviel über die beiden wichtigsten Heilungsvorgänge, die wir nach der Stellung der Wurzel und des Sprosses zu unterscheiden haben. Es sei nun das Wesentliche und Bezeichnende an ihnen noch einmal kurz hervorgehoben.

Stehen Sproß und Wurzel übereinander, so vollziehen sich die zur Herstellung der normalen polaren Verhältnisse erforderlichen Vorgänge in einer Ebene, die die Längsachse des Mutterzweiges in sich aufnimmt. Die Umlagerungen sind verhältnismäßig einfach und scheinen auf keine großen Hindernisse zu stoßen.

Stehen Sproß und Wurzel auf entgegengesetzten Seiten, dann bildet die Ebene, in der sich die polaren Verbindungen vollziehen, einen mehr oder minder großen Winkel mit der Längsachse des Mutterzweiges. Die Größe des Winkels hängt ab von dem Abstand der beiden Glieder in senkrechter Richtung. Die Umlagerungen, welche hier stattfinden, sind von verwickelterer Natur, und es ist wahrscheinlich, daß dabei größere Widerstände überwunden werden müssen.

Außer den beschriebenen beiden Hauptstellungen der Glieder an der Mutterachse kommen beliebige andere vor. In allen Fällen steht die starke Wurzel unter der wagerechten Brücke, und es fragt sich, wie nun der Gewebean-schluß erfolgen kann. Statt Einzelheiten zu erörtern, wollen wir uns, und zwar wieder an einem Schema, versinnlichen, auf welche einfachste Weise das Gewebe der Wurzel sich dann mit dem des Sprosses natürlich verbinden kann, wenn sie mitten unter der Brücke steht. Unsere Fig. 105 gibt nur den unteren Teil der Brücke und den Wurzelansatz an der Achse wieder. Die Wurzel steht vorn, die Zellreihen ihres Cambiums verlaufen also im Bogen ein- und abwärts und treffen unter ungefähr rechtem Winkel auf das Meristem der Brücke. Sie brauchen also nur um höchstens 90° abgelenkt zu werden, um gleichsinnigen Anschluß an die Zellzüge der Brücke zu erhalten; ja bei manchen wird dazu eine noch geringere Ablenkung genügen.

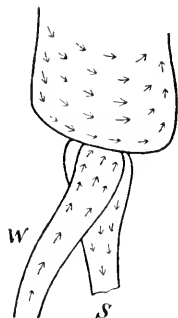


Fig. 105.

Nehmen die Wurzeln beliebige andere Orte unter der Brücke ein, so werden sich die Verhältnisse den eben besprochenen ähnlich gestalten und das Umlagern der Polrichtungen und die dabei zu überwindenden Hindernisse wahrscheinlich überall dieselben sein.

Schließlich haben wir noch auf einen wichtigen Punkt hinzuweisen. Wenn in einem unregelmäßigen Gewebe, dessen Bestandteile in verschiedenen Richtungen polarisiert sind, an irgendeinem Orte normale Verbindung ungleichnamiger Pole eingetreten ist, dann wachsen die so polarisierten Gewebeteile am ergiebigsten und eilen allen anderen voran. Solche Vorgänge lassen sich bei den Gewebeumlagerungen, die zur Heilung unserer verkehrten Pflanzen führen, un schwer beobachten. Weiter: Finden diese Umlagerungen zwischen 2 Gliedern, Sproß und Wurzel, statt, deren Verbindung dem ökonomischen Prinzip in der Pflanze entsprechen würde, dann dauern sie so lange, bis der kürzeste Weg zwischen den Organen hergestellt ist, bis die sie vereinigenden Faserzüge so gerade wie möglich verlaufen. Haben sich, um bei unseren letzten Beispielen zu bleiben, die Zellen der Wurzel polar normal an die der wagerechten Brücke angeschlossen, so lagern sich in den folgenden jungen Gewebeschichten die cambialen Zellen so weit um, bis der kürzeste Weg von der Wurzel zum Sprosse erreicht ist. Daß damit dann die Bahnen geschaffen wurden, in denen sich die Nährstoffe nach dem Prinzip des kleinsten Kraftaufwandes bewegen konnten, mag nur nebenher bemerkt werden.

Die knollenförmigen Bildungen am basalen Teile der Achse.

Noch ein wichtiger Gegenstand ist unserer Untersuchung übrig geblieben: die knollenartigen Körper am basalen Teile der verkehrten Hauptachse der Weidenarten. Sie kommen auch bei andern Formen vor, am vollkommensten ausgebildet aber bei jenen. Wie sie entstehen, daß sie bald nur am basalen Ende, bald mehr oder weniger weit entfernt von der Schnittfläche erzeugt werden; daß sie bald halbkugelige oder kurz ellipsoidische Gestalt haben, bald am längeren Achsenende über dem Ursprunge des Hauptseitensprosses eine flache, rückenartige Form annehmen: dieses alles wurde in einem früheren Abschnitte beschrieben. Im Nachfolgenden befassen wir uns mit den kurzen rundlichen Formen, da sie die zu behandelnden Erscheinungen am reinsten zeigen. Doch stimmen damit auch die basalen Enden der längeren Körper überein, so daß unsere zu entwickelnden Folgerungen auch für sie gelten.

In einem solchen Körper ist der Faserverlauf außerordentlich verwickelt. Wir versuchten ihn nach einem Beispiel, dem Achsenende der *Salix alba vitellina pendula*, schematisch darzustellen (Fig. 12, Taf. VI). An ihr gibt die gerade Linie links unten, s, die Schnittfläche an, die den Körper von seiner Verlängerung und der Seitenachse trennt; sie bildet das Scheitelende des Körpers, dessen Basis bei b liegt. Die Rinde war gänzlich abgehoben und damit der Holzkörper bloßgelegt. Hierbei ist aber zu bedenken, daß der Verlauf der prosenchymatischen Zellenformen der Rinde, vor allem der Bastfasern, dem der Holzzellen entspricht. Das Bild gibt die Gestalt schräg von der Rückenseite aus betrachtet wieder. Das Körperliche der Form wurde durch geringe Verstärkung der Linien an den beiden Seiten angedeutet.

Die Anordnung der Fasern ist nun, verglichen mit dem der normalen Achse, sehr unregelmäßig und seltsam. Im mittleren Gebiet, dem am stärksten gewölbten, verlaufen sie fast wagerecht, von da aus in schrägen Zügen

nach oben und unten, in der Mitte stärker, nach den Enden hin, besonders nach oben, schwächer gebogen. Im ganzen sind die Züge wie hin- und hergewunden, ihre Umbiegungen im mittleren Teile scharf, offener nach den Enden hin. Zwischen den Zügen sieht man mehr oder minder zahlreiche und ungleich große Knäuel; eine ganze Schicht dieser Bildungen findet sich zwischen den beiden Faserzügen in der Mitte des Körpers. Für die Verbreitung und den Ort der Knäuel läßt sich die allgemeine Regel aufstellen, daß sie am häufigsten da auftreten, wo zwei Faserzüge in entgegengesetzter Richtung neben einander herlaufen, zwischen denen sie dann, wie an der eben angegebenen Stelle, eine Trennungsschicht bilden. Sie entstehen ferner an den Umbiegungen der Züge; weiter dort, wo verschiedene Züge zusammentreffen oder wo sonst unregelmäßiger Verlauf herrscht. Unsere Fig. 12 zeigt Beispiele der verschiedenen Lagerung der Formen. Zum Verständnis der Gruppe rechts unten wäre die Ordnung der Fasern auf der Seitenansicht des Körpers erforderlich. — Die oft gebrauchte Bezeichnung „Knäuel“ mag auch hier beibehalten werden, obwohl ja nur die Ansicht, welche die Bildungen auf dem tangentialen Flächenschnitte bieten, an den Durchschnitt eines Knäuels erinnert.

Der Umriß der Knäuel ist verschieden, bald kreisförmig, bald kurz-, bald langelliptisch; die langen Ellipsen sind an den Enden durch scharfes Umbiegen der Fasern nicht selten zugespitzt, so daß kahmartige Gestalten entstehen. — Wir können ferner einfache und zusammengesetzte Knäuel unterscheiden. Einfach sind solche, die einzeln und frei, ohne Zusammenhang mit andern, liegen; zusammengesetzt die, bei denen 2 oder mehrere von gemeinsamen geschlossenen Faserzügen umgeben sind. An unserem Körper gewahrt man 3 einfache und verschiedene zusammengesetzte Knäuel, in der Mitte ein ganzes Knäuel-System. Hier und da begegnet man Bildungen, in denen langgestreckte, geschlossene Faserzüge eine Schaar einfacher und zusammengesetzter wie eine Hülle umgeben.

Noch einen Unterschied haben wir zu beachten: die elliptisch gestalteten Knäuel können geschlossen oder offen sein. Unter jenen verstehen wir solche, bei denen die Mitte von einer größeren oder geringeren Anzahl von Faserzügen rings umgeben ist, wo die Verbindung mit der Umgebung erst an der Oberfläche eintritt. Offen dagegen nehmen wir die Formen, wo die Faserzüge sich auf der einen Seite nicht schließen, wo ein eigentlicher Mittelpunkt nicht vorhanden ist. Diese Bildungen sind im ganzen selten. Das Schema Fig. 4, Taf. VI zeigt eine solche, Fig. 10, Taf. VI eine weitere. In dieser sind die Fasern und Markstrahlen stark gekrümmt,

die Schenkel des Bogens aber vereinigen sich nicht wie bei einer Ellipse, sondern laufen gerade neben einander hin. Häufiger sind solche Formen, die man als Mittelbildungen zwischen den offenen und geschlossenen bezeichnen kann, wo die Fasern im Innern Ellipsen bilden, außen dagegen sich am einen Ende nicht schließen, sondern neben einander hinziehen.

Außer den genannten kommen noch mancherlei Formen von Knäueln vor, die wir aber, da sie seltener sind, nicht aufzuzählen brauchen.

Soviel über die verschiedenen Knäuelgestalten.

Unsere Untersuchung wendet sich jetzt der Frage nach dem zellularen Bau der geschlossenen Knäuel zu.

Gewöhnlich wird die Mitte des Körpers von einer Gruppe von Parenchymzellen eingenommen, um die sich in Kreis- oder Ellipsenform Gefäße, Holzzellen und Tracheiden lagern. So wird in den beiden Fällen, die die Fig. 3 und 9, Taf. VI wiedergeben, je eine Gruppe von Parenchymzellen von Gefäßen, im einen Beispiel von 4, im andern von 3 umgeben, die geschlossene Ringe bilden. In dem in Fig. 1, Taf. VI abgebildeten Falle nehmen 5 Parenchymzellen die Mitte ein, hier von Holzzellen umlagert; auch die auf diese folgenden prosenchymatischen Elemente sind noch Holzzellen, an die sich erst später Gefäße schließen. Auf dem in Fig. 2, Taf. VI (und 22, Taf. V) gezeichneten Schnitt endlich bilden Parenchymzellen und eine kurze Holzfaser die Mitte, die hier ebenfalls von Holzzellen umgeben ist, auf die dann erst Gefäße folgen, die hier, wie überall, mit ihresgleichen verbunden sind.

Auf Grund der vergleichenden Untersuchung kann man als Regel bezeichnen, daß die Mitte des Knäuels von einer Parenchym-Zellengruppe eingenommen wird, um die sich Holzfasern, Gefäße, Tracheiden und auch Holzparenchymzellen ordnen. Eine bestimmte Folge ist darin aber nicht zu erkennen; bald schließen sich an das Parenchym zunächst Gefäße, bald Holzzellen.

Unter allen Umständen sind die Knäuel reich an Parenchym, das meist kurze 1-, 2- oder 3-reihige Strahlen bildet. Nicht zu übersehen ist dabei die Tatsache, daß die einzelnen Zellen oft sehr ungleich groß sind. Dies zeigt besonders Fig. 1, Taf. VI, wo außer sehr kleinen Zellen andere auftreten, die neben jenen fast wie Riesen aussehen. Die bei gewöhnlichen Strahlen vorkommenden Unterschiede sind nie so groß.

Das eben über den Bau der Knäuel Gesagte bestätigt die Erfahrungen, die wir schon vor vielen Jahren bei unseren ersten Untersuchungen zur

experimentellen Anatomie machten ¹⁾). In dem abnorm gebauten Gewebe der Geschwulst, die infolge der Verbindung gleichnamiger Pole an Rinderringen der *Cydonia japonica* und anderer Arten entstand, fanden sich reichlich Knäuel, deren Mitte meist von Parenchym eingenommen wurde. Schon damals wurde auf die ungewöhnlich starke Entwicklung des Parenchyms in dem Gewebe der Geschwulst hingewiesen, die der in der vorliegenden Arbeit behandelten verwandt ist.

Damit gelangen wir zu der Hauptsache: zu der Frage nach der Entstehung des abnorm gebauten Gewebes, besonders der Knäuel. Wir haben hier zunächst nur die histologische Seite der Sache im Auge.

Beim Versuch zur Lösung dieser Frage ist Folgendes zu erwägen. Der basale Gewebekörper der verkehrten Weidenachse ist auf die ersten, noch vor der Umkehrung entstandenen Jahrringe mit ihrem geraden Faserverlauf zurückzuführen. Von ihnen aus beginnt das unregelmäßige Wachstum und steigert sich mit zunehmendem Umfange des Körpers. Es ist daher klar, daß, wenn wir das Gewebe von außen nach innen nach und nach abtragen, wir auf der Schnittfolge die ganze Reihe der Veränderungen zu Gesicht bekommen werden, die sich in den Jahrringen abgespielt und von der regelmäßigen Ordnung zu den abnormen Gestalten geführt haben. Solche Schnittreihen wurden hergestellt; sie lieferten den erwarteten Aufschluß.

Als besonders lehrreich sei folgendes Beispiel besprochen. Auf der Höhe der Wölbung eines Körpers wurde eine charakteristische anomale Figur ausgewählt und nun das Gewebestück, dessen Mitte sie bildete, durch Wegschneiden der ganzen Umgebung freigelegt; es hatte viereckigen Umriß und einen radialen Durchmesser von 8,4 mm. Um sich stets rasch über die Lage der Schnitte orientieren zu können, brachte man auf der einen Seite des Stückes einen kleinen Einschnitt an. Die Zahl der Schnitte betrug 96; der einzelne hatte also eine Dicke von etwa 0,087 mm. Der Faserverlauf auf allen wichtigeren unter ihnen, auf denen, die die größeren Veränderungen zeigten, wurden schematisch mit Hilfe der Kamera gezeichnet. Sechs solcher Skizzen (Fig. 1—6, Taf. VII) geben wir hier wieder, aus denen der Betrachter alles Wesentliche ablesen kann. Nur wenige Bemerkungen seien beigefügt.

Wir beginnen mit den aus der Tiefe genommenen Schnitten, auf denen der Faserverlauf noch regelmäßig ist. Fig. 1 zeigt den letzten davon,

1) *Vöchting, H.*, Ueber Transplantation am Pflanzenkörper. Tübingen 1892, S. 133, Taf. XI, Fig. 3 und 2.

aus 8,4 mm Tiefe hergestellt. — Auf dem nächsten Schnitte (Fig. 3), der Tiefe von 5,4 mm entnommen, haben die Fasern wellenlinigen Verlauf angenommen, der auf früheren Schnitten eben angedeutet war. Langsam werden die Biegungen stärker. Auf dem Schnitt aus 4,1 mm Tiefe (Fig. 5) sind besonders die unteren schon sehr entwickelt. — Der nächste Schnitt aus 3,9 mm Tiefe (Fig. 2) führt den raschen Fortgang der Bewegung vor Augen; hier werden auch die Krümmungen im oberen Teile des Schnittes stärker. — Nun folgt ein Schnitt aus 1,9 mm Tiefe (Fig. 4). Auf ihm sind die Faserzüge unten und oben schon in scharfen Bögen gekrümmt; unten ist zwischen den beiden Schenkeln des einen Bogens eine flache Ellipse, oben an ähnlichen Orten sogar eine ganze Reihe kreisförmiger Knäuel entstanden. — Der nächste Schnitt gehört der Tiefe von 0,9 mm an (Fig. 6). Hier hat sich in der Mitte eine Gruppe von Knäueln gebildet, indes die auf dem früheren Schnitte oben vorhandenen kleinen Formen teilweise verschwunden sind. — Fig. 7, Taf. VII endlich zeigt das Schlußglied der Reihe mit den stark gewundenen Faserzügen und den flach elliptisch gestalteten Knäueln.

Aus der Vergleichung der 3 letzten Figuren ergibt sich die wichtige Tatsache, daß Knäuel nicht bloß auftreten, sondern auch wieder verschwinden können. Die bei der ersten Betrachtung leicht mögliche Annahme, daß Knäuelbildungen, wenn einmal vorhanden, erhalten bleiben und an Umfang wachsen müßten, trifft nicht zu: sie können von den folgenden Gewebeschichten verdeckt werden. Was bleibt, aber auch den Ort mannigfach wechseln kann, das sind die Windungen, die nie wieder in gerade Linien übergehen können. -

Aehnliche Figuren, wie die eben beschriebenen, findet man hauptsächlich auf der Wölbung des Körpers, da, wo die Krümmungen stark sind und ihre Schenkel ungefähr horizontale Richtung erreichen. Hier überwiegen die elliptischen Knäuelformen; doch können auch an diesen Orten die runden Gestalten, und selbst reichlich, auftreten. So ist in der großen wagerecht gestellten Ellipse (Fig. 7) eine ganze Lage kleiner, teils elliptischer, teils runder Knäuel entstanden: das Ganze eine merkwürdige Bildung. — Sehr verwickelt sind die Figuren an den Längenseiten des Körpers, in der Nähe der Grenze, die das regelmäßige von dem unregelmäßigen Gewebe trennt. Hier findet man ganze Reihen über einander gestellter, oft umfangreicher Knäuel, die, soweit beobachtet, meist der runden Form angehören. — Bestimmte Regeln über den Ort der beiden verbreitetsten Knäuelgestalten aufzustellen, gelang bisher nicht. Die angedeuteten mögen bis auf weiteres genügen.

Die Entstehung der Knäuel wurde noch an weiteren Beispielen verfolgt. Wir glauben uns jedoch auf das eben Besprochene, Charakteristische beschränken zu dürfen, in der Annahme, daß es genauen Einblick in die Vorgänge biete, die sich hier abspielen.

Länge der Holzzellen.

Wichtig für das Verständnis des Wachstums unserer Körper ist die Kenntnis der Länge, die ihre prosenchymatischen Zellenformen, vor allem die Holzzellen erreichen. Von vornherein wird man als wahrscheinlich betrachten, daß sie hinter den normalen Maßen zurückbleiben. In den Windungen und Knäueln liegen so viele Hindernisse, daß sie sich nicht in gewöhnlicher Art strecken können. Bei dem Versuche nun, den Betrag festzustellen, um den die Fasern kürzer bleiben, als die normalen, stößt man darum auf große Schwierigkeit, weil die Länge der gebogenen Formen sich kaum bestimmen läßt. Wollte man sich aber der zeitraubenden Arbeit unterziehen, eine genügende Zahl solcher Zellen nach genauen Zeichnungen zu messen, so würde man, wie ohne weiteres einleuchtet, doch nur ein Ergebnis von bedingtem Werte erhalten. — Wir ließen daher diese Formen außer acht und beschränkten uns auf das Messen von geraden und annähernd geraden Fasern. Die hierbei erhaltenen Werte sind dann gewiß zu groß, gewähren aber doch Einblick in die in unseren Körpern vorhandenen Wachstumsstörungen und reichen für unsere nächste Aufgabe aus.

Das zur Mazeration bestimmte Holz wurde vom Umfange eines Körpers der *Salix fragilis* abgehoben und gehörte dem 6. Jahrringe, vom Marke aus gerechnet, und dem 4. der Geschwulst an. Der Ring war kräftig ausgebildet, und man entnahm das Gewebe nur seinem äußeren Teile. Wieder wurden 500 Zellen in Gruppen von je 50 gemessen.

Länge der Holzzellen.

Gruppe	Mittlere	Geringste	Größe
	Länge	Länge	Länge
1.	45,5	20	63,5
2.	40,9	17,5	66
3.	30,1	12	55
4.	35,1	11	61,5
5.	35,6	9	60,5
6.	43,6	21	68
7.	31,6	12	48
8.	35,3	13,5	63
9.	40,19	20	66
10.	32,9	12,5	53,5
Mittel	37,1	15,1	60,5

37.1

30,1	31,6	32,9	35,3	35,4	35,6	40,19	40,9	43,6	45,5
-7,0	-5,5	-4,2	-1,8	-1,7	-1,5	+ 3,09	+ 3,8	+ 6,5	+ 8,4

Die Mittelwerte der einzelnen Gruppen verteilen sich annähernd symmetrisch um den allgemeinen Argument-Durchschnitt; doch fällt auf, daß die beiden äußersten Zahlen sich verhältnismäßig weit von ihm entfernen, ein Zeichen der hier vorkommenden größeren Schwankungen.

Die Vergleichung des Argument-Durchschnittes mit dem des normalen 6. Ringes ergibt, daß dieser um ein Drittel größer ist, als jener. — Am bedeutendsten ist der Unterschied zwischen den geringsten Längen: die des normalen Ringes sind um das Doppelte länger, als die unseres eben untersuchten. Weniger bedeutend ist die Verschiedenheit in den größten Längen; sie beträgt hier nur etwa ein Viertel.

Alles Nähere lehrt ein Blick auf das Verteilungs-Vieleck (Fig. 106). Seine Grundlinie umfaßt 61 Einheiten, 14 weniger, als das Vieleck des gewöhnlichen Ringes. Die stärkere Entwicklung der niedrigen Zahlen tritt deutlich hervor.

Noch vom 6. Ringe einer zweiten basalen Geschwulst unserer Weide wurden Zellen gemessen. Auch hier entnahm man das Gewebe der Höhe des mittleren Teiles des Körpers, wo die Faserzüge ungefähr wagerechten Verlauf hatten und durch mancherlei Knäuelbildungen unterbrochen waren. Da es sich nur um eine Vergleichung handeln sollte, so beschränkten wir uns hier auf 200 Messungen.

Länge der Holzzellen.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	35,9	16,5	64,5
2.	37,9	20	65
3.	38,5	16,5	60
4.	33,4	15	55
Mittel	36,4	17,0	61,1

Die hier gewonnene Mittelzahl weicht von der der größeren ersten Reihe nur um 0,7 ab, ist ihr also fast gleich. Ebenso ist auch die mittlere geringste und mittlere größte Länge von den in jener Reihe vorhandenen nur wenig verschieden.

Die auffallende Uebereinstimmung der beiden Zahlenreihen deutet darauf hin, daß auch in der Geschwulst die Zellenlängen beständig sind, gibt aber keinen Aufschluß darüber, ob auch die *Saniosche* Regel für den

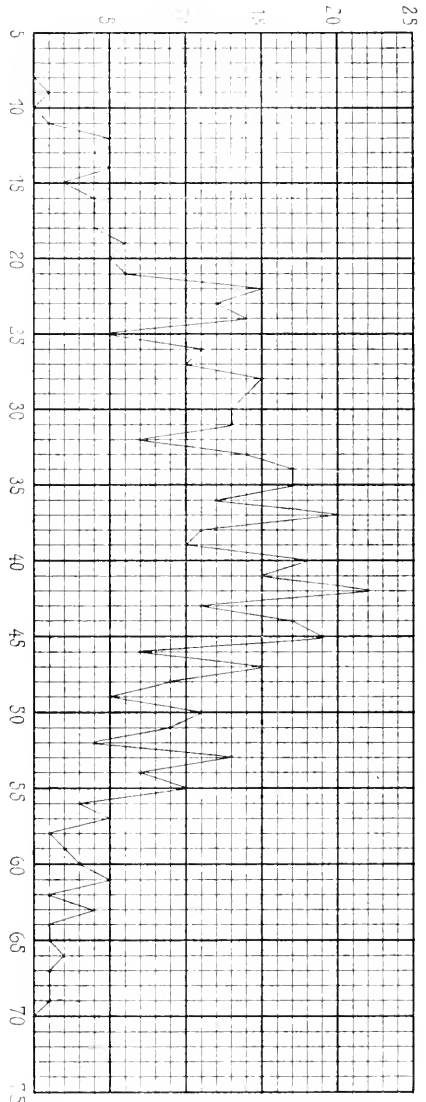


Fig. 106.

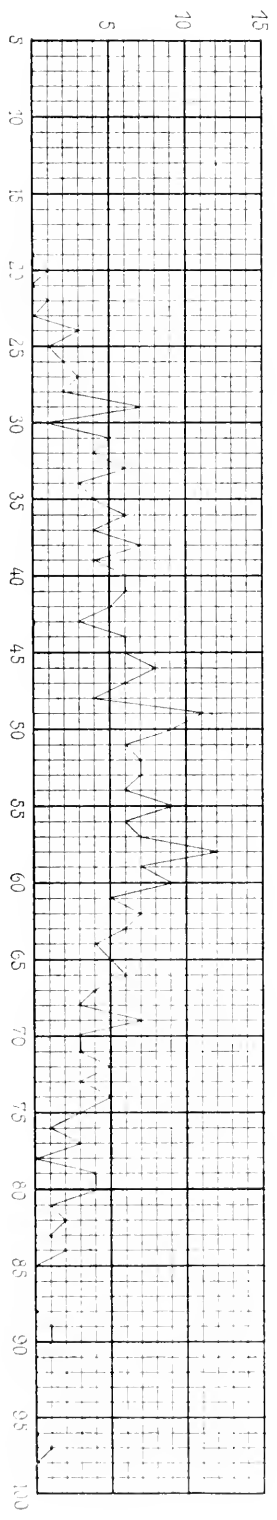


Fig. 107.

Körper gelte. Um hierüber Klarheit zu erlangen, führten wir noch eine Reihe weiterer Messungen aus. Das zu untersuchende Gewebe wurde dieses Mal der großen Geschwulst der ältesten verkehrten Pflanze unserer vieluntersuchten Weide *S. fragilis* entnommen. Der Körper war 11 Jahre alt, hatte also 11 Jahresringe. Rechnet man dazu die 2 vor Beginn des Versuches erzeugten Ringe, so waren deren im ganzen 13 vorhanden. Der letzte hiervon, und zwar seine am kräftigsten entwickelte Region, lieferte das Gewebe. Gemessen wurden 300 Zellen.

Länge der Holzzellen.

Gruppe	Mittlere Länge	Geringste Länge	Größte Länge
1.	52,03	29	81,5
2.	55,7	20	90
3.	50,5	24	97
4.	54,9	26	89,5
5.	47,3	24	73
6.	59,1	22	82
Mittel	53,25	24,1	85,5

53,25

47,3	50,5	52,03	54,9	55,7	59,1
- 5,95	- 2,75	- 1,22	+ 1,65	+ 2,45	+ 5,85

Die Zahlen ordnen sich sehr symmetrisch um den allgemeinen Argument-Durchschnitt, doch weichen auch hier die beiden äußersten Werte, wie in den eben untersuchten Ringen, ziemlich weit von ihm ab.

Der Abänderungsspielraum umfaßt 78 Einheiten; er beginnt bei 20 x und endet bei 97. Das dazu gehörende Polygon hat also eine sehr breite Grundlinie und ist vielgipfelig und flach (Fig. 107). Da uns aus der Hauptreihe die Zahlen des 13. Ringes nicht vorliegen, so können wir sie nur mit denen des 11. vergleichen, die aber, wie festgestellt worden, bestimmt nicht weit von denen des 13. abweichen. Dort beträgt der Argument-Durchschnitt 70,77, also 17,52 mehr, als in unserem 13. Ringe; er ist sonach um etwa $\frac{1}{3}$ größer. Die Gestalt der beiden Polygone ist sehr ähnlich; sie haben die breite Grundlinie, die flache Form und die zahlreichen Gipfel gemeinsam. Sie unterscheiden sich aber durch den Ort; das eine liegt über höheren x, als das andere.

Hiernach ist die Länge der Holzzellen vom 6. bis zum 13. Ringe im Mittel von 36,4 auf 53,25 Einheiten gewachsen. Erwägt man diese Tatsachen, bedenkt man vor allem, daß sowohl im 13. wie im 6. Ringe die Zellen um $\frac{1}{3}$ kürzer bleiben, als in den normalen, so ergibt sich der wichtige

Schluß, daß die Holzfasern der Geschwulst — und mit ihnen ohne Zweifel alle übrigen prosenchymatischen Zellenformen — nach denselben allgemeinen Regeln wachsen, die im Gebiet des Normalen herrschen: es nimmt die Länge der Zellen in den Jahrringen zu und ebenso ihr Abänderungsspielraum mit seinen Folgen für die Gestaltung der Häufigkeits-Polygone.

Noch einmal aber ist darauf hinzuweisen, daß die gefundenen Mittelwerte der Zellenlängen bestimmt zu hoch sind. Hätte man auch die kurzen, gebogenen Formen der Krümmungen und Knäuel messen können, so würde die mittlere Länge der Zellen beträchtlich kürzer ausfallen und die Wachstumsstörungen in den basalen Körpern sich als noch größer herausstellen, wie sie es nach unseren Messungen schon sind.

Theoretisches.

An die eben mitgeteilten Beobachtungen und Messungen seien einige theoretische Betrachtungen geknüpft.

Wir wenden uns zunächst der Frage zu, welche Ursachen die Entstehung der abnormen Körper am basalen Ende der verkehrten Pflanze bewirken. Die Antwort kann nicht zweifelhaft sein: es ist das Unterdrücken des Wurzelwachstums, welches die Bildung des Wulstes hervorruft. Obwohl am Scheitel bewurzelt, ist die Pflanze doch dauernd bestrebt, am natürlichen Orte die dort fehlenden Glieder zu erzeugen, das gestörte morphotische Gleichgewicht, die innere Symmetrie, herzustellen. Da die hemmenden Bedingungen fort dauern, so treten anomale innere Vorgänge ein, die sich in der Bildung des Wulstes äußern.

Den Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht liefert ein einfacher Versuch. Man braucht nur zu rechter Zeit das basale Ende der Pflanze mit feuchter Erde zu umgeben. Nun entstehen hier Wurzeln, und es tritt auch dann kein Wulst auf, wenn am Scheitel schon Wurzeln gebildet worden waren.

Soweit ist die Sache klar. Ob man nun aber den Vorgang so auffassen darf, daß der Körper eine Kompensation für die gesamte Wurzelbildung sei, etwa in dem Sinne, daß die zum Wachstum der Wurzeln beständig hergeleiteten Nährstoffe einfach in Wulst-Substanz umgesetzt werden, mag dahingestellt bleiben. Das Verhältnis dürfte jedoch schwerlich so einfach sein. Der auf die Pflanze dauernd ausgeübte Zwang, das Wachstum der Wurzeln am morphotisch gegebenen Orte zu unterlassen, ruft bedeutende innere Störungen hervor, die von zusammengesetzter Natur sind

und sich teils im Absterben des basalen Endes, teils in der Wulstbildung offenbaren. — In diese Vorgänge tiefer einzudringen, muß der Zukunft vorbehalten bleiben.

Damit gelangen wir zur nächsten Aufgabe, zur Lösung der Frage, wie der eigentümliche Faserverlauf in den Körpern, wie die Windungen, die Knäuel und ähnliche Formen zustandekommen. Daß auch sie auf Wachstumshemmungen im Innern des Körpers beruhen, wird man aus dem Verlaufe mancher Faserzüge, sowie vor allem aus dem Ergebnis unserer Messungen ohne Bedenken erschließen dürfen. Allein eine eindringende Erwägung führt doch auf mancherlei Schwierigkeiten; auch verlangen der Ort und die Form der Knäuelgestalten besondere Erklärung. Eine nähere Untersuchung ist daher nicht zu umgehen.

Allen folgenden, im wesentlichen geometrischen Erörterungen voraus, ist ein wichtiger Punkt zu behandeln. Wir gehen von der Vorstellung aus, daß unter gewöhnlichen Lebensbedingungen die Holzzellen jedes Jahresringes bestrebt sind, die Länge zu erreichen, die sich in dem Mittelwerte ausspricht, und daß dieses Bestreben eine ihrer Eigenschaften bildet. Diese Behauptung mag manchem als müßig erscheinen, da das Behauptete sich ja von selbst verstehe. Der Grund, weshalb wir den Gegenstand hier hervorheben, beruht auf Einwüfen, die gegen unsere Ansicht über die Entstehung der Knäuel geäußert worden sind. — Das Verhalten der Fasern in den aufeinander folgenden Jahresringen scheint jeden Zweifel an der Richtigkeit der Ansicht auszuschließen. Wäre es möglich, die junge Holzzelle sich in geeigneter Nährlösung entwickeln zu lassen, so würde sie die ihrem Jahresringe entsprechende Länge erreichen, ja vielleicht sogar noch etwas länger werden; sie würde das Bestreben, ihre natürliche Größe zu erlangen, genau so zeigen, wie irgend ein Glied am Körper.

Noch eine weitere Vorfrage ist hier zu erledigen. Sie betrifft das räumliche Verhältnis, in dem gerade und gebogene Zellen zu der Fläche stehen, die sie bedecken. Darf man aus dem Auftreten gebogener Zellen auf Raumangel schließen? Eine einfache Ueberlegung zeigt, daß dieser Schluß nur unter bestimmten Bedingungen gilt, sonst nicht. Nehmen wir an — wie es bei unseren nachfolgenden Erörterungen stets geschehen wird —, der normale Zweig oder Ast habe die Gestalt eines Zylinders. Es sei ferner angenommen, daß jede Zelle ein verlängertes rechtwinkliges Parallelepipeton von quadratischer Grundfläche darstelle. Ueber einander stehende Schichten solcher Zellen sollen den Zylinder bedecken; die einzelne Schicht

möge x , etwa 10 000 Elemente enthalten. — Im zweiten Falle habe die Zelle S-förmige Gestalt, behalte aber die Länge, den Querschnitt und damit den Inhalt der geraden Form. Wie unsere Fig. 108 lehrt, bleibt die Höhe der geraden und gebogenen Zellen und damit auch die Zahl der gekrümmten Elemente auf einen Umgang gleich. Im

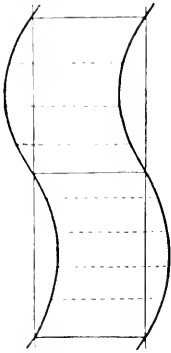


Fig. 108.

einen Falle ist der Zylinder mit geraden, im andern mit wellenförmig verlaufenden Zellenreihen bedeckt. Die Annahme, daß die gebogene Gestalt auf Raummangel beruhe, wäre hier unrichtig. — Ob Zellen und Zellenreihen von dieser Form vorkommen, haben wir bisher nicht nachweisen können, glauben aber, daß manche gebogene Faserzüge an Blatt- und Zweigansätzen und an ähnlichen Orten den angegebenen Voraussetzungen entsprechen.

Ändert sich aber mit der Gestalt auch der Inhalt, dann werden die Verhältnisse ungleich verwickelter, und es wird dann immer erst besonders zu untersuchen sein, in welcher Beziehung Zellengestalt und verfügbarer Raum zu einander stehen.

In unseren Körpern nun hat die Zellenform eine fast unbegrenzte Mannigfaltigkeit; neben geraden kommen beliebig gebogene, neben langen kurze in allen Abstufungen, neben engen weite vor. Diese Gestalten, sowie die Windungen der Zellenzüge deuten darauf hin, daß unter den Ursachen, die das anomale Wachstum bewirken, die räumlichen Verhältnisse, besonders Raummangel, entscheidend sind. Und ganz im Einklange damit steht die, durch unsere Messungen festgestellte Tatsache, daß selbst die langen und geraden Fasern des Wulstes noch beträchtlich kürzer sind, als die des normalen Holzes.

Allein, wie sollen wir uns nun die Wirkung des Raummangels vorstellen? Warum erlangen in den abnorm gestalteten basalen Körpern die Zellen nicht ihre gewöhnliche Form und Größe? Ohne weiteres leuchtet ein, daß sie, verglichen mit dem Umfange der Wülste, sehr klein sind und daher an fast allen Orten ihre natürliche Größe und Gestalt erreichen könnten.

Um hierüber Klarheit zu gewinnen, bedarf es einer geometrischen Erörterung. Wir stellen die Frage so: Warum bietet ein umfangreicher, basaler, knollenförmiger Körper nicht derselben Zahl von Holzzellen von gewöhnlicher Gestalt und Größe Raum, die eine zylindrische Achse von gleicher Länge und gleichem Inhalte gewährt? Der Einfachheit halber

sei angenommen, der Körper und der Zylinder beständen nur aus Holz-
zellen.

Die basalen Körper sind, wie wir früher gesehen, von verschiedenem
Umriß, die einen durchaus unregelmäßig, andere regelmäßigen Formen
ähnlich. Bei jenen dürfte die Bestimmung
des Volumens sehr schwierig und nur mit be-
sonderen Mitteln annäherungsweise erreich-
bar sein; bei diesen könnte das *Simpson*-
sche Verfahren ein für unsere Zwecke ge-
nügendes Ergebnis liefern. Von einem Ver-
suche in dieser Richtung wurde jedoch ab-
gesehen, da ein einfacherer Weg zum Ziele
führte. Der vorhin beschriebene basale
Körper einer verkehrten Pflanze der *S.*
alba vitellina pendula hat, wenn man von
seiner Ansatzstelle absieht, ungefähr die Ge-
stalt eines Rotationsellipsoids. In Fig. 109
ist der Längendurchschnitt des Körpers in
etwas veränderter Lage mit der stark aus-
gezogenen Linie wiedergegeben. Legt man
auf diesen Umriß eine Ellipse als Durch-

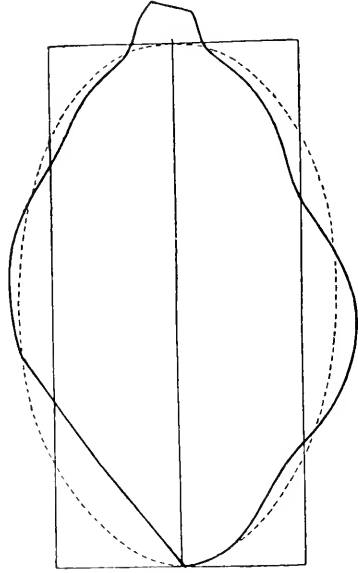


Fig. 109.

schnitt des Rotationsellipsoids, deren große und kleine Achse 7 und 4 em
messen, so ersieht man alsbald, daß die Inhalte unseres Körpers und des
Ellipsoids so wenig von einander abweichen, daß wir sie als gleich setzen
können. Jedenfalls genügt für unsere Aufgabe das Maß der Überein-
stimmung vollkommen.

Unsere nächste Aufgabe ist, die Größe des Zylinders zu bestimmen,
der bei gleicher Höhe gleichen Inhalt mit den beiden Figuren hat. Aus der
Geometrie ist bekannt, daß der Inhalt eines Rotationsellipsoids, dessen
halbe große Achse = a , dessen halbe kleine Achse = b ist, ausgedrückt
wird durch die Formel

$$\begin{aligned} I &= \frac{4}{3} \pi a b^2 \\ I &= 4,189 a b^2 \\ &= 14,6615 b^2 \\ &= 58,646 \end{aligned}$$

Die Formel des Zylinder-Inhaltes ist, wenn mit h seine Höhe be-
zeichnet wird:

$$I = r^2 \pi h$$

I soll gleich dem des Rotationsellipsoids sein, also

$$\begin{aligned} 58,646 &= r^2 & 21,98 \\ 2,67 &= r^2 \\ \frac{1}{2} \log 2,67 &= r \\ 1,634 &= r \end{aligned}$$

Der Durchschnitt eines Zylinders mit diesem Radius ist in unsere Figur eingetragen. Er würde derselben Anzahl normaler Holzzellen Raum bieten, die in dem ellipsoidisch gestalteten Körper Platz hätte. In ihm verliefen die Zellenreihen senkrecht von unten nach oben, im Ellipsoid in der Richtung der Meridiane vom einen Scheitel zum anderen. Der wichtigste Unterschied bestände darin, daß beim Dickenwachstum die tangentialen wie die radialen Teilungen auf der ganzen Mantelfläche des Zylinders nach der *Nägelschen* Regel ¹⁾ gleichmäßig erfolgten, während sie im Ellipsoid von den Scheiteln aus nach dem Aequator mit wachsendem Radius zunähmen, vor allem die radialen Spaltungen ungleich häufiger aufträten.

Das eben Ausgeführte ist aber noch durch eine weitere mathematische Bemerkung zu ergänzen. Wir berechneten die Inhalte des Ellipsoids und des Zylinders für die gegebene Größe des ersten Körpers. Sollen beide wachsen, dann nimmt am Ellipsoid die ganze Oberfläche, am Zylinder der Mantel zu, und es ist nun zu bestimmen, in welchem Verhältnis die Zunahme der beiden Oberflächen steht. Die Berechnung ist weniger einfach, als die vorige. Herr Dr. *Sierp* hatte die Freundlichkeit, sie auszuführen. Es ergibt sich, daß die Oberfläche des Ellipsoids sich zum Zylindermantel verhält, wie 1,15 zu 1, jene würde also nur um etwa $\frac{1}{10}$ schneller wachsen, als diese. Der Unterschied käme hier nicht in Betracht.

So weit die theoretische Erörterung.

Ein Ellipsoid von dem angenommenen Bau findet man bei den Weiden nicht. Alle basalen Körper, regelmäßig wie unregelmäßig gestaltete, sind abnorm zusammengesetzt. Ob in der Natur Stämme der fraglichen Art vorkommen, ist uns nicht bekannt. Vielleicht sind sie in der Gattung *Bombax*, vielleicht auch bei *Zamia*- und *Enecephalartos*-Arten, vorhanden. Bei krautigen Gewächsen treten dem Aeußeren nach ähnliche Gestalten, wie bekannt, nicht selten auf. So hat der Kohlrabi bald kugelförmige, bald kurz ellipsoidische, bald sphäroidische Form, und ähnlich verhalten sich einzelne Runkelrüben- und Rübenformen aus der Gattung *Brassica*. In

1) *Nägeli, C.*, Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik. Viertes Heft. Leipzig 1868. S. 15.

diesen Körpern teilen sich die Parenchymzellen ohne Zweifel im Sinne unserer Annahme, aber in dem meist unregelmäßigen Gewebe läßt sich die Folge der Spaltungen nicht erkennen.

Anders unsere basalen Körper. Ihr gänzlich unregelmäßiger Bau legt die Annahme nahe, daß seine Entstehung, wenn nicht ausschließlich, so wenigstens teilweise, durch ungenügenden Raum verursacht werde; doch bleibt noch aufzuhellen, wie man sich die hemmende Wirkung vorstellen soll. Wir sehen sie in Folgendem.

Die Holzzellen entwickeln sich nach 2 Richtungen, nach oben und nach unten. An dem Wachstum nach der, hier abnormerweise nach oben gewandten, Wurzelseite des Stammes sind sie verhindert. Darauf beruht es, daß sie sich zu biegen anfangen, einfach seitlich oder anfangs schwach, später stärker wellig. Die so begommene Störung setzt sich nun nach und nach über den ganzen Körper fort, und da die Nährstoffe dauernd nach dem Orte der unterdrückten Wurzelbildung strömen, so entsteht endlich der knollenförmige Körper, dessen Bau abnorm bleibt, da die Ursachen fortwirken, die seine Anlage hervorriefen.

Hat man dem basalen Stammstücke aber größere Länge gelassen, dann erstreckt sich die Störung nur über den oberen Teil, indes die Fasern des mittleren und unteren Teiles meist gerade verlaufen. An ihnen äußert sich die Hemmung hauptsächlich nur darin, daß sie die normale Länge nicht erreichen.

Damit kommen wir noch einmal auf den ellipsoidisch gestalteten Körper mit normalem geradem Faserverlauf zurück, wie wir ihn in unserer theoretischen Erörterung annahmen. Nur dann könnten die Zellen ihre normale gerade Gestalt und Länge erreichen, wenn der Körper oben und unten mit wachsenden Organen, mit Sprossen und Wurzeln, versehen wäre, wenn die Zellen überall ihr Spitzenwachstum normal zu befriedigen vermöchten. Unterdrückte man die Bildung der Glieder am einen Ende, so würden dieselben Störungen im Körper auftreten, die wir in unseren knollenförmigen Bildungen beobachten. Wenn nun die Natur den scheinbar so einfachen Weg, einen Körper, wie das Ellipsoid, mit denselben normal gestalteten Holzzellen auszufüllen, aus denen sie den Zylinder aufbaut, nicht einschlägt, so geschieht dies offenbar darum, weil sie dazu nicht imstande ist. Sollte es geschehen, so müßte sie das ganze Wachstumsgesetz des Stammes verändern, und dazu ist sie ebenso wenig fähig, wie zur Veränderung einer beliebigen anderen spezifischen Eigenschaft, wie etwa der Blattgestalt. — Bei einer derartigen Umgestaltung aber, wenn sie

möglich wäre, käme, wie wir gezeigt haben, Mangel an Raum nicht in Frage.

Die Entstehung der Knäuel.

Damit gelangen wir endlich zum letzten hier zu behandelnden Gegenstande: zur Entstehung der Knäuel oder Wirbelformen. Wie man diese eigentümlichen Figuren künstlich durch die Verbindung gleichnamiger Pole an verkehrt eingefügten Gewebestücken, Rinderlingen und Knospen hervorrufen kann, haben wir in einer vor vielen Jahren erschienenen Arbeit gezeigt. Für ihr Verständnis besonders wichtig ist das Auftreten an den Verwachsungsflächen ungleich polarisierter Gewebe. Es fand sich, daß sie je nach dem polaren Bau der Flächen mehr oder minder schwer entstehen.

In der vorliegenden Arbeit haben wir diese Dinge weiter verfolgen und Tatsachen beibringen können, die jene älteren Beobachtungen bestätigen und erweitern. Es sei an die Heilungsvorgänge in den verkehrten Pflanzen erinnert. Wir sahen, daß in dem Gewebe Umlagerungen stattfinden, die zu normalen Verhältnissen zurückführen, konnten den Faserverlauf genau verfolgen.

Innen reihen sich nun die Vorgänge an, die in den basalen knollenförmigen Körpern auftreten. Wie wir gesehen, biegen sich die ursprünglich geraden Zellenreihen anfangs wenig, dann stärker wellenförmig, bis endlich so starke Krümmungen entstehen, daß entgegengesetzt polarisierte Faserzüge sich berühren. Die Flächen nun, in denen dies geschieht, geben zahlreichen knäuelförmigen Bildungen den Ursprung: sie sind den künstlich verbundenen, anodal polarisierten Flächen ähnlich und gestatten eine verhältnismäßig einfache Erklärung.

Bilder, wie wir sie auf Taf. VII gewahren, laden unmittelbar zu einer Erklärung ein, die sich auf den polaren Bau der Zellen gründet. In den Fig. 2, 4, 6 haben die Knäuel sämtlich elliptische Gestalt, ein Umstand, der offenbar mit den langgestreckten Zellenzügen zusammenhängt.

Es wird genügen, wenn wir die Verhältnisse an einzelnen Beispielen erläutern.

Der einfachste Fall dürfte der sein, in dem sich in den entgegengesetzt polarisierten Zellenreihen 2 Markstrahlen begegnen. Diesen Fall zeigt unser Schema Fig. 110. In ihr gibt die Linie *g g*, die durch die beiden Markstrahlen-Zellenreihen läuft, die Grenze zwischen den entgegengesetzt verlaufenden Zellenzügen an, deren Richtung durch die Pfeile bezeichnet

wird. Durch Umpolarisierung der Zellen an den Enden der Strahlen um etwa 90° kann ein geschlossener Ring hergestellt werden, der als Mittelpunkt der Bildung des Knäuels dient. Denkt man sich um diesen Kern herum in den benachbarten cambialen Elementen Zellwände entstehen — sie sind in der Figur mit punktierten Linien bezeichnet —, die etwa gleichsinnig geordnet sind, und die ebenfalls entsprechend an den Enden umpolarisiert werden, so wäre damit die Anlage eines Knäuels gegeben,

in dem die Elemente, den polaren Verhältnissen entsprechend, geordnet sind. Wäre die Parenchymzellengruppe in der Mitte kleiner, bestände sie nur aus 4 Zellen, wie in Fig. 111, und liefen an ihr entlang die Grenzen des entgegengesetzt polarisierten Gewebes, so könnten, wie im ersten Falle, durch Umpolarisierung der Zellen um 90° , um die zentrale Gruppe weite, kurze Gefäße entstehen und damit Knäuel geschaffen werden, wie sie unsere Fig. 9. Taf. VI kennen lehrt. Ein weiteres Beispiel

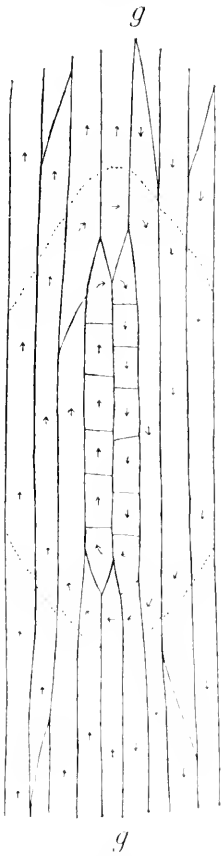


Fig. 110.

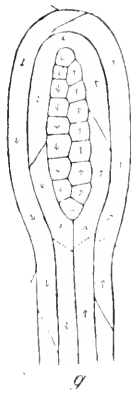


Fig. 112.

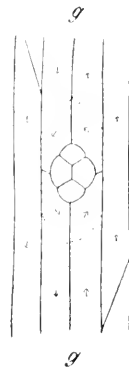


Fig. 111.

führt Fig. 112 vor Augen. Sie zeigt das Ende einer Windung. Die Grenze der beiden Fasergruppen in einem Markstrahl ist wieder durch *g* bezeichnet. Die Mitte der Schleife nimmt ein 2-reihiger Markstrahl ein, dessen Zellen wieder durch teilweises Umpolarisieren einen geschlossenen Ring bilden. Würden die unteren Endzellen der Schleife durch Wände geteilt, wie sie unsere Fig. 110 mit den punktierten Linien angibt, so wäre wieder die Anlage eines Knäuels gegeben.

In den bisher genannten Beispielen bildeten Gruppen von Parenchym-

zellen von vornherein den Mittelpunkt des Knäuels. Weniger einfach würden sich die Vorgänge gestalten, wenn das Parenchym selbst erst aus cambialem Gewebe hergestellt werden müßte. Doch dürften auch diese keine allzugroßen Schwierigkeiten bieten. Stellen wir uns vor, daß 2 Züge entgegengesetzt verlaufender Cambialzellen auf Grund irgendwelcher Anstöße in Parenchym zerfielen. Wie ohne weiteres ersichtlich, könnte nun in diesen neu erzeugten Strahlen die Umwandlung so vor sich gehen, wie wir sie für die vorhandenen Strahlen beschrieben haben.

Aus den angeführten Beispielen, deren Zahl wir nicht zu vermehren brauchen, ersieht man, daß die Bildung elliptischer Knäuel sich unschwer erklären läßt, sobald Züge von Cambialzellen so weit gekrümmt sind, daß die entgegengesetzt gerichteten Zellen sich vollständig berühren. Hier entstehen zunächst wesentlich elliptisch gestaltete Knäuel; doch beschränkt sich darauf nicht allein die Knäuelbildung an solchen Orten. Einen besonderen Fall dieser Art lehrt uns Fig. 7, Taf. VII kennen, wo zwischen den beiden, hier an den Enden geschlossenen Faserzügen, eine große Platte rundlicher, mannigfaltig gestalteter Knäuel gebildet wurde. Es ist klar, daß, wenn einmal Knäuel entstanden sind, an ihrer Oberfläche immer neue Störungen auftreten, die zu einfachen oder verwickelt gewordenen Figuren Veranlassung geben können. Im allgemeinen also findet sich, daß, je abweichender der Faserverlauf ist, um so leichter Knäuel entstehen können. Hierbei darf man sich nicht irren lassen, wenn in einem mehr oder minder regelmäßig gebauten Gewebe einzelne Knäuel auftreten. Um deren Ursprung festzustellen, wäre immer nötig, das Gewebe bis in die Tiefe in Flächenschnitte zu zerlegen und erst durch deren vergleichende Betrachtung den Ursprung der Knäuel festzustellen. Wir erinnern an das, was früher über das Auftreten und Verschwinden von Knäueln gesagt wurde.

Die Kopfweide.

Salix viminalis.

Die als Kopfweiden bezeichneten Mißgestalten verschiedener Weidenarten, besonders der *Salix viminalis*, sind allgemein bekannt. Sie stellen unförmliche Anschwellungen dar, die bald niedrige, bald höhere Stämme

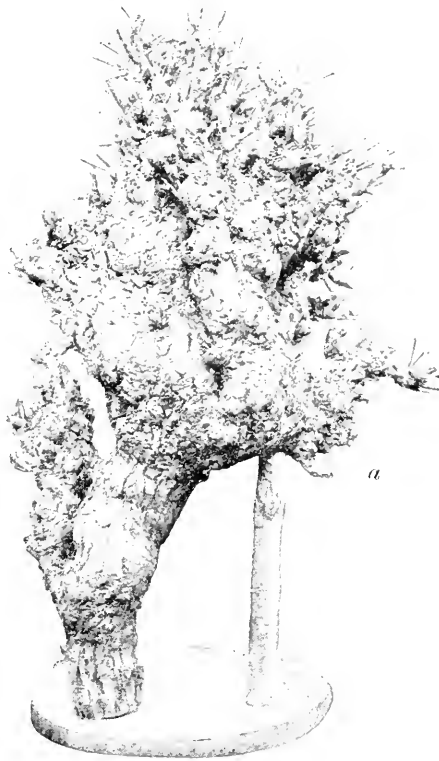


Fig. 113.

als „Köpfe“ abschließen. Ein lehrreiches Beispiel eines solchen Gebildes führt Fig. 113 vor Augen. Es hat vom Boden an 1,06 m Höhe. Auf den eigentlichen Kopf, von 41 cm Höhe an gerechnet, kommen 65 cm; sein größter Durchmesser beträgt 39 cm. Im unteren und mittleren Teil bildet er einen dicken, einheitlichen Körper, nach oben löst er sich in eine Anzahl

von starken Gliedern auf, die wieder mit schwachen Auszweigungen besetzt sind. Diesen endlich entspringen die zuletzt entstandenen Zweige, die schon wieder bis auf ihre unteren Enden abgeschnitten sind. Die Bildung der jungen Triebe ist in der Hauptsache auf das obere Drittel oder die obere Hälfte beschränkt. Darunter sieht man zwar auch noch Seitenglieder, welche jungen Zweigen den Ursprung geben, im ganzen aber ist hier das Wachstum beträchtlich geringer, als im oberen Teile.

Nicht immer sind die Köpfe so gedrungen wie in dem dargestellten Beispiel. Oft bestehen sie aus zwei oder mehreren Teilen, erscheinen lockerer; an den basalen Gliedern des Ganzen wiederholen sich aber die Verzweigungsverhältnisse, wie man sie im oberen Teile des eben beschriebenen Körpers findet.

Um einen Einblick in den anatomischen Bau unserer Körper zu gewinnen, soll in der Höhe von a (Fig. 113) ein Querschnitt hergestellt werden. Dieser hat runden Umriß, im Durchmesser 25—27 cm und auf der einen Seite, in der Figur rechts, einen Astansatz von 7 cm größtem Durchmesser. Sicht man von diesem Ansatz ab, so ist der Querschnitt Fig. 3, Taf. XII hier noch einheitlich, er erscheint nicht wie aus einzelnen Teilen zusammengesetzt.

Auf dem Querschnitt fällt nun sofort auf, daß der ganze mittlere Teil abgestorben ist und nur noch eine beschränkte Zone am Umfange aus lebendigem Gewebe besteht. Der radiale Durchmesser dieser Zone ist ungleich, er beträgt zwischen 5 und etwa 27 mm. Auf diese, durch ihre helle Farbe bezeichnete Zone, folgt nach innen eine zweite mit brauner oder bräunlicher Farbe, die im Umriß noch viel unregelmäßiger ist, als die des lebendigen Gewebes. Sie hat auf der einen Seite einen Durchmesser von 11 cm, an andern Orten 6,4 cm und selbst noch weniger. Ihre Farbe ist sehr ungleichmäßig, dunkel oder hellbraun; an einzelnen Orten finden sich auch helle Inseln, deren Farbe nur wenig von dem Gewebe des Umfangs abweicht. Im innersten Teile des Schnittes endlich ist das Gewebe ganz zerfallen, stellenweise finden sich kleine oder große Höhlen. Von diesem mittleren Teile hat sich der Verfall des Gewebes radienförmig, jedoch sehr unregelmäßig, nach außen fortgesetzt. An einem der äußersten Orte beobachtet man noch einen Streifen von zersetzter Masse in 25 mm Entfernung vom Umfange, an anderen reicht es bis zu einer Tiefe von 4,5 und 6 cm vom Umfange. Sehr ungleich ist die Breite der Streifen. Bald sind diese nur linienartig, bald erreichen sie größere Breite, bis zu 10, 15 und selbst 20 mm.

In dem gebräunten Gewebe gewahrt man an verschiedenen Orten quer oder schief der Länge nach durchschnittene Zweigreste, die stets völlig abgestorben und von schwarzer oder brauner Farbe sind. In den zersetzten Teilen sind diese Bildungen ebenfalls vorhanden, lassen sich hier aber nur in einzelnen Fällen erkennen. Weiter finden sich in dem lebendigen und dem äußeren gebräunten Teile sehr zahlreiche kleine Zentren, die teils kreisförmigen, teils, und zwar häufiger, mehr oder weniger gestreckt-elliptischen Umriß haben. Die Untersuchungen lehren, daß ihre Mitte von parenchymatischem Gewebe eingenommen ist, um das sich verlängerte, holzartige Elemente wie Schalen anordnen. Manche von diesen Bildungen, besonders die größeren, stellen wahrscheinlich Holzkörperdurchschnitte dar, ähnlich wie die großen, andere dürften andere Deutung erfordern. Vielleicht entsprechen sie Wurzel- oder Knospenansätzen. Genau wurde die Sache bisher nicht verfolgt.

Die Rinde besteht aus den bekannten Jahresringen, alle äußeren sind abgestorben, nur die innersten noch lebendig.

Was das Gewebe des Holzteiles anlangt, so lehrt schon die Betrachtung mit bloßem Auge, besser mit der Lupe, daß die Fasern den verschiedenartigsten Verlauf haben. Sie sind vom Schnitte bald quer, bald der Länge nach, bald schief getroffen. An einzelnen Stellen sieht man einzelne oder ganze Gruppen von Knäueln, diese von sehr ungleicher Größe. Messungen und Formuntersuchungen sind noch auszuführen.

Zu der Beschreibung der Oberflächenansicht des ganzen Körpers ist noch nachzutragen, daß im mittleren und unteren Teile nicht selten einzelne Zweige frei entspringen, vermutlich adventive Bildungen. Auf der Photographie treten sie, weil zu klein und oft senkrecht zur Fläche gerichtet, nicht genügend hervor.

Der nächste Querschnitt unseres Stammes wird 14 cm höher ausgeführt. Der Querschnitt ist auch hier noch fast rund und der Durchmesser 32 cm stark; an der einen Seite findet sich wieder, und zwar auf der dem Vorsprung auf dem ersten Querschnitt entgegengesetzten Seite, ein Astvorsprung, unter dem der Durchmesser auf 37,5 cm steigt. Das Bild des Querschnittes ist hier etwas abweichend vom ersten. Zwar ist es im ganzen noch einheitlich und geschlossen, aber ein wichtiger Unterschied ist vorhanden. Man erkennt auf der einen Seite, etwas weniger als den halben Umfang einnehmend, 4 Aeste, die aber dermaßen untereinander und mit dem Mutterorgan verbunden sind, daß sie nicht einzeln nach außen vortreten, sondern als Teile eines übrigens einheitlichen Quer-

schnittes erscheinen. Der kleinste von diesen Aesten hat ungefähr 6, der stärkste gut 10 cm radialen Durchmesser (radial bezogen auf den ganzen Körper). Jeder dieser Teile ist von seiner eigenen, freilich geschwärzten Rinde umgeben. Der Querschnitt des einzelnen zeigt das bekannte Bild. Um den organischen Mittelpunkt herum verlaufen Schichten, die einen abgestorben und gebräunt, die anderen, auf der Außenseite des ganzen Körpers gelegenen, noch hell und lebendig. An dem einen der Aeste ist solch helles Gewebe noch ringsum, auch auf der Innenseite, erhalten. In allen 4 Aesten erkennt man die bekannten Zweigreste, die bald schief, bald quer im Schnitte getroffen sind.

Der übrige, bei weitem größere Teil des Querschnittes ist einheitlich, d. h. gehört der Hauptachse an; der vorhin erwähnte Vorsprung ist noch nicht abgetrennt, hat auf der Innenseite noch keine Rinde wie weiter oben. Der ganze mittlere Teil ist völlig abgestorben, das Gewebe beim Zersägen teilweise schon krümelig staubig. In der Masse, der zerfallenen und der noch erhaltenen, erkennt man zahlreiche Zweigquerschnitte von verschiedenem Durchmesser und sehr verschiedenem Durchschnitt. Dieses und alles übrige ist wie auf dem früheren Querschnitt, daher eine besondere Beschreibung nicht notwendig.

Wir stellen nun einen weiteren Querschnitt her und zwar in 10 cm Höhe über dem zuletzt beschriebenen. Hier gewährt nun der Schnitt kein einheitliches Bild mehr. Man sieht 6 besondere, dicht zusammenliegende Körper, zu denen noch zwei schräg durchschnittenen und der Durchschnitt eines kleinen kommen, diese erst in einiger Tiefe vom Ganzen abgegrenzt. Die größeren Körper sind durch unregelmäßig gestaltete Streifen abgestorbenen Gewebes getrennt. Sie bestehen aus Rinde, deren Elemente, besonders der Bast, sich unschwer noch erkennen lassen. Der Querschnitt des großen Astes weist eine umfangreiche Höhle auf, die beim Durchschneiden des Ganzen, durch Herausfallen der morschen Gewebe, entstanden ist. Kleinere derartige Höhlen oder die Anfänge davon erkennt man auch in dem übrigen Querschnitt. Die Höhlen sind umgeben von ungleich breiten Zonen abgestorbenen, durch braune Farbe ausgezeichneten Holzes. An diese schließt die helle Zone, die in der Hauptsache aus lebendigem Holze besteht. Sie nimmt wesentlich die nach außen gewandte Seite, daneben teilweise die nach innen verlaufende, fast nie aber die nach der Berührungsfläche des inneren Körpers gelegene ein.

Die beiden breitesten hellen Streifen sind an dem großen Körper außen rechts und an dem gegenüberliegenden links außen vorhanden.

An dem großen Körper befindet sich ferner ein kräftiger, heller Streifen, der sich auf der linken Seite von außen radial nach innen zieht.

In sämtlichen Körpern sind in der Mitte im abgestorbenen Teile, sodann in dem diesen umgebenden gebräunten Gewebe, aber auch im hellen Teile außen die Durchschnitte abgestorbener Zweigbasen im Quer- oder Längenschnitt zu sehen. In der Höhle sieht man sie noch als teilweise erhaltene Zapfen vorragen, während das Gewebe ringsum beim Durchschneiden des Gebildes entfernt wurde. Das Ganze stellt gewissermaßen ein Massengrab von Zweigbasen dar.

Das Einschließen der abgestorbenen Sproßbasen erfolgt in der gewöhnlichen Art der Ueberwallung. Auf Durchschnitten sieht man, daß der Körper bald bloß von einer Korkhülle eingeschlossen ist, auf die die Rinde folgt, oder daß schon eine schwache Borke erzeugt wurde. Eine Borke mit 2 Korklagen wurde sicher beobachtet. Die Rinde aber stirbt, wie es scheint, gewöhnlich schon früh ab und bräunt sich, ein Vorgang, der sich wenigstens in dem weiter innen gelegenen Teile des Körpers auch auf das Holz fortsetzt, so daß auch hier mehr oder minder breite Lagen die braune Farbe annehmen.

Welche Summe von Verschmelzungen von Wundlippen muß hier vorkommen? Wird der Korkmantel dabei bloß mechanisch gesprengt oder — etwa durch Enzyme — gelöst?

Führt man nun in noch höheren Regionen des Stammes Querschnitte aus, so geht das Einheitliche immer mehr verloren, bis endlich nur noch stärkere oder schwächere Aeste getrennt nebeneinander stehen. An diesen wiederholt sich im kleinen, was eben für die der Hauptachse beschrieben wurde: sie weisen bald einen Querschnitt, der einheitlich ist, bald einen solchen auf, an dem neben dem Hauptast Seitenglieder mehr oder weniger hervortreten. Endlich laufen die Aeste in ihre letzten Verzweigungen aus, die in einem dichten Gestrüpp den Scheitel des Körpers einnehmen (s. Fig. 113).

Wie kommen nun diese merkwürdigen Dinge zustande? Man kann auf diese Frage kurz die Antwort geben: Durch Ueberwallung und Verwachsung. Sowohl diese als jene aber zeigen sehr verschiedene Form und bedürfen daher einer eingehenden gesonderten Betrachtung. Ehe wir zu dieser schreiten, senden wir noch Folgendes voraus.

Wir haben bei den Untersuchungen der Verhältnisse in der Blattachsel gesehen, daß sie auf einer bestimmten Höhe des Querschnittes uns zwei Holzkörper zeigt, den des Mutter- und den des Tochterzweiges,

umgeben von der gemeinsamen Rinde. Es versteht sich von selbst, daß dieses Bild auch bei weit vorgeschrittenem Wachstum wenigstens insofern erhalten wird, als immer zwei organische Mittelpunkte sichtbar bleiben, um die aber das Wachstum nach außen steigend exzentrisch stattfindet. Immer aber sind nur zwei solcher Mittelpunkte vorhanden.

Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn man den Tochterzweig bis auf ein kurzes Grundstück wegschneidet, oder wenn man beide, den Seiten- und den Haupt sproß, entfernt. Dann bilden sich tief an ihrer Basis aus kleinen Knospen Seitentriebe, die — wenn wieder abgeschnitten — nun auch wieder an ihrem Grunde seitliche Bildungen erzeugen. Auf diese Weise können kleinere oder größere Gruppen von Zweigen entstehen, die annähernd gleiche Höhe erreichen. Fig. 9, Taf. XI führt eine solche Gruppe von neun Zweigen vor Augen, zu der noch ein zehnter, im Hintergrunde verdeckt stehender, gehört. Führt man unter einer solchen Gruppe einen Querschnitt aus, so gewahrt man ein eigentümliches Bild. In dem Gewebe des Muttersprosses verteilt sind mehr oder minder zahlreiche kleine Holzkörperdurchschnitte. Auf dem Querschnitt Fig. 4, Taf. XII, der zu unserem Bilde mit den zehn Zweigen gehört, sieht man zehn solche kleine Querschnitte. Davon sind drei abgestorben, ihr Gewebe ist tief gebräunt, sieben davon sind noch frisch und wohl erhalten. Die drei gebräunten Holzkörper gehören den dreien, schon im Absterben begriffenen Zweigen an. Bildungen wie diese können ohne Eingriff des Menschen nur dann entstehen, wenn durch Tierfraß oder sonstige störende Vorgänge Zweige bis in die Nähe ihrer Ansatzstelle, und zwar wiederholt, entfernt werden.

Zum Verständnis der Bilder ist an das Verhalten des Gewebes in der Blattachsel, sein Wachstum, zu erinnern, und weiter zu bedenken, daß auch das ältere Gewebe zwischen den Zweigen, die nicht unmittelbar als Mutter- und Tochterzweig zusammengehören, vermittelt seines Cambiums wächst. Die Fläche, welche dieses Meristem hier bildet, ist höchst verwickelt gestaltet. Sie läuft mit der Rinde der ganzen zwischen jenen vorhandenen Fläche hin und tritt an dieser in die Basen aller Sprosse über, verbindet also alle diese Teile miteinander. Es braucht kaum bemerkt zu werden, daß der Faserverlauf in dem hier entstandenen Gewebe überaus verwickelt ist. Man gewahrt vielfach unregelmäßig gebogene Linien, Knäuel u. dgl., kurz, die Verhältnisse, wie wir sie in der Sproßachsel finden, nur alles ins Größere übertragen.

Damit wenden wir uns zu den Verwachsungen. Nehmen wir diesen Ausdruck im weiteren Sinne, dann kann man sagen, die Verwachsungen

zeigen alle Uebergänge von bloß lockerem oder innigerem Aneinanderliegen ohne eigentliche Verwachsung bis zu völliger Verwachsung und Vereinigung. Wir haben gesehen, wie die Aeste sich aneinander schmiegen, wie sie sich, dem vorhandenen Raum entsprechend, örtlich bald hier, bald dort vergrößern, wie im ganzen eine einheitliche, fast lückenlose Fläche zustande kommt, in der aber jeder Teil noch als anatomische Einheit auftritt, die ihre Rinde bewahrt hat. An dieser sind in dem Gebiet der Berührung alle älteren Ringe abgestorben, die innersten dagegen noch erhalten und lebendig; doch sterben auch diese Teile, besonders in späterer Zeit, oft ab, wie das angrenzende Holz. Die nächste Ursache dieser Vorgänge wird wohl immer die Hemmung des Wachstums, der dabei entstehende hohe Druck sein, den die Flächen auf einander ausüben. Möglich ist auch, daß von der in Zersetzung übergegangenen Schicht der Rinde ein schädigender Einfluß ausgeht.

Die nächste Form der Vereinigung besteht darin, daß an einzelnen Stellen, an einer oder an mehreren, die trennenden Rinden durchbrochen werden, die Cambien sich vereinigen und so eine wirkliche Verwachsung eintritt.

Einen Fall dieser Art zeigt Fig. 5, Taf. XII, wo zwei noch junge Aeste an zwei Orten durch Gewebebrücken mit einander verbunden sind. Ein weiteres Beispiel zeigt die Fig. 1, Taf. XII. Hier sind zwei weiter entwickelte Aeste auf der einen Seite völlig verwachsen, auf der andern Seite ist der Vorgang noch nicht so weit gediehen, es würden aber, wenn ihnen Zeit zu weiterer Entwicklung gelassen wäre, die beiden Hälften sich vollständig verbunden haben. Die dunkle Region gibt die abgestorbene Rinde zwischen den beiden Aesten an.

Das Querschnittsbild läßt in vielen Fällen keine Entscheidung darüber zu, ob zwei Aeste ursprünglich als Mutter- und Tochterast zusammengehören, oder ob sie nachträglich verwachsen sind. Die Frage ist da meist zu beantworten, wo man imstande ist, die Aeste oder Zweige bestimmt auf ihren Ursprung zurückzuführen. Dieser ist in vielen Fällen unschwer und sicher, in andern Fällen nur schwer oder nicht festzustellen.

Was nun die Verwachsung, die hier stattfindet, selbst angeht, so dürfen wir sie unerörtert lassen. Die Vorgänge spielen sich hier ebenso ab, wie bei künstlich herbeigeführter Verbindung von Zweigen, beim Ablaktieren, Pfropfen und Okulieren. Es sei hinsichtlich dessen auf die Lehrbücher der Pathologie und die besondere Litteratur verwiesen. Sowohl bei krautigen, wie bei holzigen Pflanzen wurden sie auch vom Verfasser eingehend verfolgt.

Erklärung der Figuren.

Tafel I.

Salix fragilis.

- Figur 1 und 2. Normale Holzzellen aus dem 2. Jahresringe; Figur 1 die gewöhnliche, Figur 2 die weniger häufig, aber auch nicht selten vorkommende Form. Der Querdurchmesser dieser Zelle ist ungefähr der größte, den man überhaupt beobachtet. (1 : 164.)
- Figur 3. Kurze, wohl als Ersatzfaser zu bezeichnende Zelle. Seltene Form mit zartem Auswuchs, die zeigt, daß die Fähigkeit, solche Enden zu bilden, auch dem gewöhnlichen Ringe eigen ist. (1 : 164.)
- Figur 4, 5 und 6: *Salix elegantissima*. Gewöhnliche Gefäßformen von verschiedener Größe und mit verschiedener Ausbildung der Enden. Bei *Salix fragilis* und den übrigen Arten sind die Gestalten gleich, aber meist größer. (1 : 164.)
- Figur 7, 8, 9 und 10: *Salix fragilis*. Verschiedene Formen von Ersatzfasern aus dem normalen Holzringe. Die in Figur 8 dargestellte Zelle zeigt kurze Konjugationsfortsätze. (1 : 164.)
- Figur 11. Seltene Form, ähnlich der in Figur 3 abgebildeten, mit langem, eigenartigem Fortsatz. (1 : 164.)
- Figur 12. Ungewöhnliche Form, vielleicht eine Ersatzfaser, aber mit sehr reicher Tüpfelung. (1 : 230.)
- Figur 13 und 14. Auffallende Endigungen von Ersatzfasern; sie bilden mehr oder weniger zartwandige, oft sehr geschlängelte Formen, denen man nicht selten begegnet. (1 : 292.)
- Figur 15. Zu Figur 3 und 11 gehörende, aber sehr kurze Form. (1 : 164.)
- Figur 16. Normale Wurzelachsel. Parenchymatisch gestaltete Zelle mit feiner Spitzenbildung. (1 : 164.)
- Figur 17. Kurzes, abnorm gestaltetes Gefäß aus der normalen Wurzelachsel. (1 : 164.)
- Figur 18. Markstrahl im tangentialen Längenschnitt. Hier wie in den Figuren 23 und 24 sind nur die Umrisse der Zellen mit der Kamera gezeichnet, lediglich um die verschiedenen Größen wiederzugeben. (1 : 230.)
- Figur 19. Wie Figur 17. (1 : 164.)
- Figur 20. Kurze, prosenchymatische Zelle aus der normalen Sproßachsel. (1 : 164.)
- Figur 21. Gruppe von Markstrahlzellen im radialen Längenschnitt, dazu Figur 25. Es sind nur die Umrisse der Zellen, diese aber mit der Kamera genau angegeben. (1 : 230.)
- Figur 22. Abnorm gestaltete Zelle aus der normalen Sproßachsel. (1 : 164.)
- Figur 23 und 24. Zu Figur 18 gehörend. (1 : 230.)
- Figur 25. Wie Figur 21. (1 : 230.)
- Figur 26. Wie Figur 22.
- Figur 27 und 28. Wie Figur 22. (1 : 164.)

- Figur 29. Kurze Holzzelle aus der normalen Sproßachsel. (1 : 164.)
 Figur 30. Abnorm geformte Holzzelle aus der normalen Wurzelachsel. (1 : 164.)
 Figur 31. Wie Figur 29. (1 : 164.)
 Figur 32. Verteilung und Form der Gefäße auf dem Querschnitt des normalen Jahresringes. (1 : 110.)
 Figur 33. Kurze, holzzellenartige Gestalt aus der normalen Sproßachsel. (1 : 164.)
 Figur 34. Längere derartige Zelle mit abnormer Gestalt von demselben Orte. (1 : 164.)
 Figur 35. Wie Figur 30. (1 : 164.)

Tafel II.

Salix fragilis.

- Figur 1. Medianer Längenschnitt durch die Ansatzstelle eines Seitenzweiges am 2 jährigen Muttersproß, schematisch, in natürlicher Größe. m das Mark, r die Rinde. Die Linien geben den Faserverlauf an. Die kurzen, teils geraden, teils gebogenen Linien bezeichnen das Gebiet, in dem die Wurzelpole des Haupt- und Seitensprosses aufeinandertreffen.
 Figur 2. Eigentümlich gestaltete Zelle aus einer normalen Wurzelachsel. (1 : 164.)
 Figur 3. Kurzes, abnorm gestaltetes Gefäß aus der Sproßachsel; die eine Oeffnung liegt seitlich, die andere oben. (1 : 164.)
 Figur 4. Schema für den Verlauf der Fasern in der Sproßachsel. Die Figur gibt nur die eine Seite, auf der entgegengesetzten ist der Verlauf entsprechend; die Faserzüge weichen sich auf beiden Seiten aus. In der Mitte liegt eine unregelmäßig gestaltete, hauptsächlich aus Parenchym bestehende Gewebemasse, vor der sich die Züge gewissermaßen scheideln.
 Figur 5. Zelle aus der normalen Sproßachsel. (1 : 164.)
 Figur 6. Kurzes, abnorm geformtes Gefäß aus der Wurzelachsel. (1 : 164.)
 Figur 7. Medianer Längenschnitt durch die Ansatzstelle einer dünnen Seitenwurzel an das Mutterorgan. Die kurzen, gebogenen und geraden Linien geben hier wieder das Bereich an, in dem die gleichnamigen Pole, hier die Sproßpole, sich begegnen; es ist hier sehr umfangreich.
 Figur 8. Tangentialer Längenschnitt durch eine normale Wurzelachsel.
 Figur 9 und 11. Zwei eigentümlich gestaltete Zellen aus der normalen Wurzelachsel. (1 : 164.)
 Figur 10 und 15. Abnorm gestaltete Gefäße aus der normalen Sproßachsel.
 Figur 12. Gewöhnliche Wurzelachsel, von außen gesehen.
 Figur 13 und 14. Wie Figur 9 und 11.
 Figur 15. Wie Figur 10.
 Figur 16 und 18. Zellen aus der normalen Sproßachsel.
 Figur 17, 19, 20 und 21. Ungewöhnlich gestaltete Holzzellen aus der normalen Wurzelachsel und holzzellenartige Bildungen. Es ist besonders auf die feinen Enden mehrerer Zellen zu achten. (1 : 164.)
 Figur 22. Zelle aus der normalen Sproßachsel.
 Figur 23. Zu den Figuren 17, 19—21. (1 : 164.)
 Figur 24. Zelle aus der horizontalen Gewebebrücke am Fuße des großen Seitenzweiges. Parenchymatisch gestaltete Tracheide mit einfacher Tüpfelung. Die Wand erscheint wie gefeldert. Die Zelle bildet ein Glied aus einer Reihe; oben und unten schließen sich ähnliche Elemente an.
 Figur 25 und 26. Abnorm gebaute Zellen aus der normalen Sproßachsel. (1 : 164.)
 Figur 27. Ansatzstelle einer dünnen Seitenwurzel an eine kräftige Hauptwurzel. Das große Bereich des anomal gebauten Gewebes ist wie gewöhnlich durch die Strichelung angedeutet.

- Figur 28. Wand eines kurzen, parenchymatisch gestalteten Gefäßes.
- Figur 29. Kurze Holzzelle mit feinem Auswuchs aus dem zwischen den Wurzeln und dem großen Hauptzweige gelegenen Stammenteile der großen verkehrten Pflanze.
- Figur 30. Kurze Holzzelle, dem höchstgelegenen, noch lebendigen Teile der verkehrten Pflanze entnommen.
- Figur 31 und 32. *Salix elegantissima*. Abnorm gestaltete Holzzellen aus der verkehrten Pflanze.
- Figur 33. *Salix fragilis*. Zelle aus der normalen Blattachsel.
- Figur 34. Gewebe aus der Tiefe der horizontalen Brücke, aus dem Uebergangsgebiete zwischen dem vertikal und horizontal verlaufenden Gewebe. Man sieht verschiedene größere parenchymatische Elemente, die schon deutlich Markstrahlen bilden. Daneben längere Formen, die teilweise Eigenschaften von Tracheiden zeigen. In den nächsten Schichten gehen sie in ausgebildete Tracheiden über und werden in den dann folgenden Lagen der Mehrzahl nach zu echten Holzzellen. (1 : 164.)
- Figur 35. Längenschnitt durch die Achsel eines fünfjährigen Seitensprosses, in das Mark von Mutter- und Tochttersproß.
- Figur 36. Kurzes Gefäß aus dem Gewebe des höchsten noch gesunden Teiles der verkehrten Achse.
- Figur 37. Durch einmalige Teilung einer Cambiumzelle entstandenes Holzparenchym aus dem ersten, nach der Umkehrung entstandenen Jahresringe. Denselben Elementen begegnet man in der horizontalen Brücke, nachdem die Umkehrung der Gewebe stattgefunden hat. (1 : 164.)
- Figur 38 und 39. Kürzere und längere Holzzelle aus dem 7. Jahresringe des zwischen den Wurzeln und dem großen Hauptzweige gelegenen Stammentheiles der großen verkehrten Pflanze. Unter den in der Hauptsache normal gestalteten Formen findet man häufig abweichende, von denen die Figuren einige wiedergeben. Die Zellen sind oft gebogen, mit gabelförmigen Enden versehen, hier und da auch von beträchtlicher Weite. Zu beachten sind die oft an den Enden auftretenden, an Eruptionen erinnernden Auswüchse.
- Figur 40. Zu Figur 36 gehörig.

Tafel III.

Salix fragilis.

- Figur 1. Zwei Markstrahlen und dazwischenliegende Holzzellen im Querschnitt, aus der verkehrten Pflanze. Die Markstrahlen sind hier kurz und weit. Der eine Strahl von der Fläche, der andere im Durchschnitt gesehen. Die Holzzellen verhältnismäßig groß. (1 : 300.)
- Figur 2. Ein Markstrahl mit den umgebenden Holzzellen aus einem normalen Jahresringe. Die Markstrahlen schmaler, aber länger, als in anomalen Ringe. Die Holzzellen im Durchschnitt kleiner und derbwandiger.
- Figur 3. Zellengruppe aus der Tiefe der horizontalen Brücke. Das Cambium ist in Parenchym zerfallen, in dem die Umkehrung der Polarität um 90° erfolgt. Es sind eben die ersten parenchymatischen Tracheiden angelegt. (1 : 164.) Vgl. Figur 34 auf Tafel II.
- Figur 4. Holzparenchym in dem gleich nach der Umkehrung entstandenen Jahresring. Hierzu Figur 37, Tafel II. und 10, Tafel III. Figur 4 gibt die Zellen in radialer, die beiden andern stellen sie in tangentialer Ansicht dar. Diese Elemente schließen sich unmittelbar an die normalen Zellen des vorhergehenden Jahresringes.
- Figur 5. Faserverlauf im Gewebe der horizontalen Brücke und der angrenzenden Zweigteile. Rechts der Grund des großen Achselsprosses, links der elliptisch

gestaltete Durchschnitt der Hauptachse gegenüber dem Seitensproß. Unten der radiäre Teil der verkehrten Achse. Man sieht, wie das Gewebe von dem Sproß aus verhältnismäßig ungestört in das der Mutterachse verläuft. In dieser beginnt die Störung im Faserverlauf erst da, wo die Achse sich stärker verdickt. Hiervon zeigt unsere Figur nur eben den Anfang in den wellig gebogenen Linien. Knäuelbildungen sind nur wenige vorhanden, die meisten im basalen Teile des Seitensprosses unten. Im unteren Teil der verkehrten Achse verlaufen die Fasern von rechts nach links d. h. nach dem basalen Ende. Die Figur wurde in natürlicher Größe nach einem Präparat hergestellt, das durch sorgfältiges Abheben der ganzen Rinde gewonnen war.

- Figur 6. Gebogene Holzzelle aus dem geraden verkehrten Stammteile unter dem großen Seitensproß.
- Figur 7. Dazu Figur 19. Gefäßgruppen im Querschnitt aus dem 6. Jahresringe der verkehrten Pflanze. Zur Ergänzung der auf Tafel IV Figur 4 dargestellten.
- Figur 8. Kurzes, anomal gebautes Gefäß mit schnabelartiger Verlängerung aus dem höchsten Teile des noch erhaltenen Gewebes der verkehrten Achse. (1 : 207.)
- Figur 9. Ansatzstelle des großen Seitensprosses an der verkehrten Achse. r bezeichnet die Rinde, m das Mark. Auf der unteren Seite sieht man die Linien der vier Jahresringe. Die feinen Linien geben den Verlauf der gescheitelten Fasern in der Sproßachsel an. Medianer Längenschnitt der Ansatzstelle.
- Figur 10. Zu Figur 4.
- Figur 11. Schnitt durch die Mitte der horizontalen Brücke, senkrecht geführt zu dem in Figur 9 dargestellten, m das Mark, n die zwei vor der Umkehrung gebildeten normalen Ringe. 3, 4, 5 und 6 die nach der Umkehrung entstandenen. Auf dem Schnitt sieht man deutlich das Dickenwachstum der Brücke nach unten in den aufeinander folgenden Jahresringen. Die feinen Linien geben den Verlauf der Markstrahlen an.
- Figur 12. Von demselben Orte, dem die in Figur 6 dargestellte Holzzelle entnommen wurde.
- Figur 13. Faserverlauf in der horizontalen Brücke, seitliche Ansicht. Man denke sich die Brücke von der rechten Seite, und zwar in dem unteren, als Hügel vorstehenden Teile betrachtet. Von oben kommen die noch gerade verlaufenden Fasern, dann scheideln sie sich und wenden sich zur Hälfte nach rechts, zur Hälfte nach links; in der Mitte sieht man deutlich die Grenze zwischen den nach beiden Seiten verlaufenden Fasern. In dem Gewebe eine Anzahl kleiner Knäuel, die von unten kommenden geraden Fasern scheideln sich unter dem Wulste ebenfalls und wenden sich teils nach rechts, teils nach links. Ihre Ansatzstelle ist aber nicht wahrzunehmen, da sie in den Schatten des Wulstes fällt.
- Figur 14. Kurze Holzzelle oder Tracheide aus dem höchsten noch erhaltenen Gewebeteile der verkehrten Achse. (1 : 164.)
- Figur 15. Kurze Ersatzfaser von demselben Orte.
- Figur 16. Querschnitt durch einen Teil des Holzkörpers des Wulstes der verkehrten Achse, und zwar aus dessen höchst gelegenen Teile. Die Zahl der Gefäße hat hier eine Größe erreicht, wie sie sonst niemals beobachtet wurde. Die kleinen Formen werden Tracheiden bilden. (1 : 78.)
- Figur 17. Geteilte Ersatzfaser von demselben Orte wie Figur 15.
- Figur 18. Zwei mit breiter Basis übereinander greifende, kurze Gefäße aus dem zu Figur 16 gehörenden Teile.
- Figur 19. Zu 7 gehörend.
- Figur 20, 21 und 22. Geteilte Ersatzfasern, zu 15 und 17 gehörend.

Tafel IV.

Salix fragilis.

- Figur 1, 2 und 3. Holzzellen aus dem basalen, einseitig entwickelten Wulste der verkehrten Achse, dem letzten Jahresring etwa in halber Höhe des Wulstes entnommen. Der Ring ist gänzlich anomal gebaut, die Zellengänge sind mannigfach gebogen, hier und da finden sich Knäuel.
- Figur 4. Querschnitt eines anomal gebauten Holzteiles. Er wurde dem 6. Ringe des großen, exzentrisch gebauten basalen Wulstes der großen Pflanze entnommen. In der gezeichneten Fläche ist der Reichtum an Gefäßen nicht groß; sie liegen hier, wie oft, in bandartigen, tangential verlaufenden Zonen. Sonst ist ihre Gestalt und Lagerung sehr charakteristisch. Die Markstrahlen sind breit: der linke ist 2—3 reihig.
- Figur 5, 6 und 7. Zu 1, 2 und 3 gehörend.
- Figur 8. Kurzes Stück einer Reihe parenchymatisch gestalteter, sehr flacher Gefäße, die eine lange, horizontale Reihe bilden, aus der Tiefe der horizontalen Brücke genommen. (1 : 164.)
- Figur 9. Tangentialer Längenschnitt des normalen Holzkörpers, schematisch gehalten. Den Umrissen nach aber mit der Kamera entworfen. Das Weitere bei Figur 18, 17 und 12.
- Figur 10 und 11. Zu Figur 16 und 18 auf Tafel III gehörend.
- Figur 12. Siehe Figur 9.
- Figur 13, 14, 15 und 16. Holzzellen aus dem unter dem Hauptspieß gelegenen Teile der verkehrten Achse. Drei längere und eine kürzere Zelle von anomaler Gestalt. Auffallend ist die Form der Enden, besonders bei den Zellen 14 und 15.
- Figur 9, 18, 17 und 12. Diese Figuren sollen aus der großen Reihe der Uebergänge vom gesunden zum kranken Gewebe drei vor Augen führen. Figur 9 zeigt den normalen Bau, Figur 18 eine der ersten Stufen pathologischer Veränderung: Die Markstrahlen sind breiter und kürzer, ebenso die Holzzellen weiter und kürzer. Noch weiter ist die anomale Ausbildung in dem in Figur 17 gezeichneten Falle: Die Markstrahlen sind hier noch breiter, teils 2 reihig, teils sogar 3—4 reihig, dann entsprechend kürzer. Den Höhenpunkt in dieser Ausbildung gibt Figur 12 wieder: hier sind die Markstrahlen durchschnittlich noch breiter und kürzer, ihre Zellen oft auffallend groß; es treten zahlreiche einzellige Strahlen auf; dazu kommt, daß die Zellengänge im ganzen mehr oder weniger gewunden sind. Dem mit der Untersuchung dieser Gewebe Vertrauten ist es meist unschwer, beim Anblick irgend eines Gewebes das Maß der krankhaften Ausbildung, auch deren Anfänge, zu erkennen.

Tafel V.

- Figur 1, 2 und 3. *Salix elegantissima*. Drei Markstrahlen aus dem Stammstück unter dem Hauptseitensproß der verkehrten Pflanze, die Zellen von beträchtlicher Größe. (Vgl. damit die normalen Strahlen Fig. 8 und 9.) (1 : 310.)
- Figur 4. *Salix elegantissima*. Querschnitt eines Jahresringes von mäßiger Stärke eines normalen mehrjährigen Stammes. (1 : 78.)
- Figur 5. *Salix elegantissima*. Lang gestreckte, einmal geteilte Zelle aus dem inneren Teile des 1. Jahresringes der verkehrten Pflanze. (1 : 310.)
- Figur 6. *Salix elegantissima*. Dünnwandigere und weiter geteilte Zellen.
- Figur 7. *Salix elegantissima*. Weitere, tracheidenartige Elemente von demselben Orte, im tangentialen Längenschnitt gesehen. Diese Zellen, teils länger, teils kürzer, mit ihrer reichen Tüpfelung, bilden neben Gefäßen die Elemente des 1. Jahresringes und vertreten hier alle übrigen. Nach außen werden sie allmählich länger und holzzellen-nähdlicher. (1 : 310.)

- Figur 8 und 9. *Salix elegantissima*. Querschnitt von Markstrahlen des gewöhnlichen Ringes. Die Zellen sind schmaler, dafür aber länger, als die des krankhaften Holzes. Vgl. Figur 1, 2 und 3. (1 : 310.)
- Figur 10. *Salix elegantissima*. Zartwandige, Cambium-artige Zellen aus der innersten Zone des 1. verkehrten Jahresringes. Gruppen solcher dünnwandiger, unveränderter Zellen findet man hier und da; im normalen Holze wurden sie niemals beobachtet. (1 : 310.)
- Figur 11. *Salix elegantissima*. Abnorm gestaltete Holzzelle, dem starken basalen Wulste entnommen, wahrscheinlich einem Knäuel entstammend. (1 : 230.)
- Figur 12. *Salix elegantissima*. Parenchymatische Zelle von ähnlichem Orte. (1 : 230.)
- Figur 13. Siehe das bei Figur 7 Gesagte.
- Figur 14. *Salix elegantissima*. Kurzes abnorm gestaltetes Gefäß von demselben Orte, dem die in Figur 11 gezeichnete Zelle angehörte. (1 : 230.)
- Figur 15. *Salix elegantissima*. Gewebe aus der Region, in der die Umpolarisierung stattgefunden hat. Es sind schon Markstrahlen und verlängerte Elemente vorhanden, die horizontalen Verlauf haben. Diesem Zustande ging der rein parenchymatische voraus. (1 : 230.)
- Figur 16. *Salix elegantissima*. Teil eines Jahresringes des verkehrten Stammes. Er ist sehr reich an Gefäßen, die teilweise von abnormer Anordnung sind. Der Jahresring ist breiter, als der normale, in Figur 4 dargestellte. Es fehlt der Abschluß mit der Herbstzone.
- Figur 17. *Salix elegantissima*. Zellengruppe, wie sie sich im 2. und 3. Jahresringe des verkehrten Stammes vereinzelt finden; sie bilden Markflecke. (1 : 310.)
- Figur 18. *Salix elegantissima*. Abnorm gestaltete Holzzelle mit Auswuchs aus dem großen, basalen Wulste der verkehrten Achse. (1 : 230.)
- Figur 19. *Salix elegantissima*. Gruppe von Holzzellen aus der verkehrten Pflanze. Die Zellen sind verhältnismäßig groß und dünnwandig. Solche Formen entstehen zuerst, später werden die Wände etwas stärker und die Unterschiede von den normalen weniger ausgebildet. (1 : 310.)
- Figur 20. *Salix elegantissima*. Querschnitt durch eine Gruppe normaler Holzzellen. (1 : 310.)
- Figur 21. *Salix fragilis*. Zwei sich vereinigende, gleichmäßig polarisierte Zellenzüge aus dem anomalen Gewebe.
- Figur 22. *Salix fragilis*. Innerer Teil eines Knäuels mit parenchymatischem Mittelpunkt. (1 : 95.)
- Figur 23. *Salix elegantissima*. Von demselben Orte, dem die zu Figur 11 und 18 gehörenden Zellen entstammen.
- Figur 24. *Salix fragilis*. Der Gewebzone mm nähern sich unter etwa rechtem Winkel zwei Zonen, die sich ihr scheidelartig anlehnen und rechts und links mit ihr vereinigen. S. den Text.
- Figur 25. *Salix elegantissima*. Abnorm gebautes Gefäß aus dem geraden verkehrten Stammenteile unter dem großen Hauptsproß. (1 : 230.)

Tafel VI.

- Figur 1. *Salix fragilis*. Mittelpunkt eines Knäuels wie Figur 22 auf Tafel V. Die Mitte mit der Parenchymzellgruppe. (1 : 95.)
- Figur 2. *Salix fragilis*. Mitte eines Knäuels mit Parenchymzellgruppe, die wie im vorigen Falle von Holzzellen umgeben ist. (1 : 164.)
- Figur 3. *Salix fragilis*. Mittelpunkt eines Knäuels. Vier Gefäße umgeben das Parenchym.
- Figur 4. *Salix fragilis*. Zwei ungleichmäßig polarisierte Zellenreihen greifen hier mit ihren Enden über einander. (1 : 68.)

- Figur 5, 6, 7 und 8. *Salix elegantissima*. Anomale Holzzellen und verwandte Elemente aus dem starken Wulste an der Basis der verkehrten Achse. (1 : 230.)
- Figur 9. *Salix elegantissima*. Mittelpunkt eines Knäuels von fünf Parenchymzellen, der von drei Gefäßen umgeben ist. Die Pfeile geben die Richtung der die Gruppe umziehenden Fasern an.
- Figur 10. *Salix fragilis*. Gebogene Faser- und Markstrahlengruppe; infolge der Biegung erhalten die Zellenzüge ungleichmäßige Polarisation. (1 : 68.)
- Figur 11. *Salix elegantissima*. Zu den Figuren 5—8 gehörend.
- Figur 12. *Salix alba vitellina pendula*. Kurzes, knollenförmiges Ende der verkehrten Achse. Die Figur gibt schematisch den Faserverlauf an der Oberfläche des Holzkörpers möglichst genau wieder. Bei b das schon abgestorbene Ende, bei s die untere Schnittfläche. (1 : 1.)
- Figur 13. *Salix elegantissima*. Wie Figur 25 auf Tafel V.
- Figur 14. *Salix fragilis*. Gruppe ganz kurzer Gefäße aus dem Wulste an der Basis der verkehrten Pflanze. Vgl. Figur 17. (1 : 164.)
- Figur 15. Wahrscheinlich zu 13 gehörend.
- Figur 16. *Salix fragilis*. Aus dem Verbande getretene Zelle der äußeren Rinde des basalen Zweigendes. Die Zelle enthält einen wohlausgebildeten, von Stärkekörnern umgebenen Zellkern und eine große Gerbstoffblase. (1 : 300.)
- Figur 17. *Salix fragilis*. Wie 14. Charakteristische Reihe kurzer Gefäße, wie sie häufig auftreten.
- Figur 18. *Salix fragilis*. Zellengruppe, demselben Orte entnommen, von dem das in Figur 16 gezeichnete Element stammt. Die Epidermis ist schon eingefallen; die beiden folgenden Zellenreihen über dem Kollenchym sind noch erhalten, lösen sich aber von einander ab.
- Figur 19. *Salix elegantissima*. Kleiner Markfleck, bestehend aus 14 derbwandigen Zellen, die durch reiche Tüpfelung ausgezeichnet sind. (Gezeichnet von Erl. Neumeyer.)
- Figur 20. *Salix fragilis*. Wie Figur 16. Die mit reichem, wohlausgebildetem Plasmakörper versehene abgelöste Parenchymzelle hat sich durch eine gebogene Wand in zwei Hälften geteilt, von denen nur eine mit Kern versehen ist.
- Figur 21. *Salix fragilis*. Aus dem Verbande einseitig gelöste Zelle, die sich durch eine Querwand geteilt hat.
- Figur 22. *Salix fragilis*. Zelle mit einseitigem Auswuchs.
- Figur 23. *Salix fragilis*. Zelle mit ungewöhnlich großer Gerbstoffblase.

Tafel VII.

Salix fragilis.

- Figur 1—6. Sechs Schnitte aus der Reihenfolge der Veränderungen, die sich in dem basalen knollenförmigen Gebilde vom unteren normalen Gewebe bis zum höchsten, gänzlich anomal gebauten, vollziehen. Die Reihenfolge ist 1, 3, 5, 2, 1, 6. Die letzten drei Formen zeigen die Entstehung der Knäuel der stark bis zur Horizontalen geneigten Faserzüge.
- Figur 7. Hier sind die horizontal verlaufenden Fasern an den Enden geschlossen, den polaren Verhältnissen entsprechend. Die ganze mittlere Region wird eingenommen von Knäuelformen verschiedener Art.

Tafel VIII.

- Figur 1, 3 und 10. *Salix alba vitellina pendula*. Heilungsvorgang an der verkehrt eingesetzten Achse. Figur 3 zeigt den Faserverlauf des ganzen Systems, von außen betrachtet; a s gibt die alte Achse an, a den basalen, s den Scheitel-

teil; z den Hauptseitenproß, w die gegenüberstehende Wurzel. Figur 10: Medianer Längenschnitt des in der vorigen Figur dargestellten Körpers. Hauptseitenzweig und Wurzel stehen hier fast genau gegenüber; ursprünglich waren sie beträchtlich von einander entfernt, wie man alsbald aus den dunklen, kräftigen, das Mark bezeichnenden Linien erkennt. Sowohl der Zweig als die Wurzel sind, wie stets, stark exzentrisch gebaut. Figur 1: Schräg geführter Querschnitt durch den Hauptzweig, die alte Achse und die Wurzel w. In der Mitte sieht man zwei Jahresringe der alten, einst verkehrt eingesetzten Achse; um diese herum, wie aufgewickelt, die in ihrer Polarität veränderten Fasern; während diese innen fast geschlossene Kreise und Ellipsen bilden, gehen sie nach außen in die geordneten Fasern von Hauptzweig und Wurzel über. (S. d. Text.)

- Figur 2. *Ampelopsis quinquefolia*. Parenchymzellen, wahrscheinlich aus dem Mark eines 1jährigen Zweiges. In der Mitte eine größere, im übrigen gleichgestaltete Saftzelle.
- Figur 4. *Ampelopsis quinquefolia*. Zellen aus der äußeren Rinde eines 7jährigen gewöhnlichen Zweiges, nicht weit vom Kollenchym gelegen. Die Umrisse der Zellen mit der Kamera entworfen. (1 : 164.)
- Figur 5. *Salix fragilis*. Zellen aus der inneren Rinde des basalen Endes der verkehrten Pflanze. Zellen in der Nekrose begriffen. Vor dem Absterben verlängern sich die normal isodiametrischen Zellen in radialer Richtung und teilen sich dabei häufig, wie die Figur zeigt. Dabei entstehen reichlich Interzellularen, die schließlich zu wahren Höhlen werden, in die die angrenzenden Zellen als Schläuche hineinwachsen. Dem Absterben geht hier also ein Wachstum mit Zellenvergrößerung und Teilungen voraus, eine wohl zu beachtende Tatsache. (1 : 164.)
- Figur 6. *Ampelopsis*. Gruppe von Rindenzellen, die äußeren in tangentialer Richtung etwas gestreckt. Wahrscheinlich der normalen Pflanze entnommen.
- Figur 7 und 8. *Ampelopsis*. Saftzellen, die eine mit Raphiden aus der Rinde des 7jährigen normalen Zweiges aus der Nähe des Kollenchyms. Diese beiden Zellen gehören zu den größten, die man an dem angegebenen Orte beobachtet. (1 : 164.)
- Figur 9. *Ampelopsis*. Durchschnitt eines jungen, normalen Zweiges, der eben in der Entwicklung begriffen ist. Damit zu vergleichen ist Figur 14, die nach einem Präparat des unterirdischen rhizonartigen Sprosses hergestellt wurde. Hier ist das Mark größer, der Holzkörper aber kleiner, weniger entwickelt als an jenem Schnitt.
- Figur 11. *Ampelopsis*. Ganz mit Raphiden gefüllte Zelle aus dem Markstrahl der Rinde des 7jährigen normalen Zweiges.
- Figur 12. *Salix fragilis*. Gehört zu Figur 5 und stellt einen jüngeren Zustand dar. (1 : 164.)
- Figur 13. *Ampelopsis*. Saftzelle mit Raphiden aus dem äußeren Teile der Rinde des normalen Zweiges. Zelle von einer Größe, die nur einmal beobachtet wurde.
- Figur 14. *Ampelopsis*. S. Figur 9.
- Figur 15. Raphiden-führende Zelle aus dem äußeren Teile des Markstrahles, die Zelle radial gerichtet wie die meisten.
- Figur 16. *Ampelopsis*. Saftzelle aus der äußeren Rinde von ungewöhnlicher Größe.
- Figur 17. *Ampelopsis*. Raphiden-führende Zelle aus der Rinde, eine der umfangreichsten Formen mit tangentialer Richtung.
- Figur 18. *Ampelopsis*. Ein normaler, etwa 7jähriger Stamm. Um das Mark lagert sich der kräftige Holzkörper; ihn umgibt die Rinde mit den mannigfach,

- wahrscheinlich aus Raummangel gebogenen Weichbastteilen. Die primäre Rinde ist an den meisten Orten schon verschwunden. (1 : 3.)
- Figur 19. *Ampelopsis*. Saftzelle mit Umgebung, wahrscheinlich aus dem Mark der normalen Pflanze. (1 : 164.)
- Figur 20. *Salix elegantissima*. Angeschwollenes Scheitelende der verkehrten Achse im Boden. Der Querschnitt zeigt sieben eingeschlossene Sproßdurchschnitte.

Tafel IX.

Ampelopsis.

- Figur 1. *Ampelopsis quinquefolia*. Querschnitt des fleischigen, anomalen rhizomartigen Sprosses, dessen Alter etwa 5 Jahre betragen mag. Hier ist das Mark größer, als im normalen Zweige, der Holzkörper weniger entwickelt, die Weichbaststrahlen sind länger, meist gerade, dicht, aber ziemlich schmal, die Rinde ist sehr umfangreich. (1 : 3.)
- Figur 2. Zellen des Markes aus einem alten anomalen rhizomartigen Sproß. Saftzelle mit ihrer Umgebung. (1 : 164.)
- Figur 3. Querschnitt einer normalen fleischigen Wurzel. (1 : 3,6.)
- Figur 4. Aufrechter, 2jähriger Steckling, der unter der Erde stehende Teil. Vgl. Figur 6, die den oberirdischen Teil angibt. (1 : 4,6.)
- Figur 5. Normale fleischige Wurzel, Gruppe von Rindenzellen. (1 : 164.)
- Figur 6. Siehe Figur 4.
- Figur 7. Verkehrter Steckling, oberirdischer Teil mit wenig entwickelter Rinde. Die beiden äußeren Linien geben den Umfang des Korkes.
- Figur 8. Saftzelle aus dem Marke eines alten, rhizomartigen Sprosses. Die Größe dieser Zelle entspricht ungefähr der mittleren.
- Figur 9. Zu Figur 7 gehörend. Starker, unterirdischer Teil des Stecklings mit mächtig entwickelter Rinde.
- Figur 10. Anomaler, rhizomartiger Sproß. Abnorm gestaltete Zelle aus dem älteren Marke. (1 : 164.)
- Figur 11. Querschnitt der anomalen fleischigen Wurzel der verkehrten Pflanze. (1 : 3.)
- Figur 12. Verkehrte Hauptachse. Zellen aus der älteren Rinde. (1 : 164.)
- Figur 13. Große fleischige Wurzel der verkehrten Pflanze. Zelle mit Raphidenbündel, tangential gestellt. (1 : 164.)
- Figur 14. Wie Figur 10.
- Figur 15. Hauptseitenast der verkehrten Pflanze. Sein Umriß ist zwar rundlich, der Holzkörper aber ganz exzentrisch gebaut. (1 : 5.)
- Figur 16. Anomaler rhizomartiger Sproß. Zellen aus der sich weiter entwickelnden Rinde. (1 : 164.)
- Figur 17. Hauptachse der verkehrten Pflanze über dem starken Seitensproß. Das Präparat wurde einem Objekt entnommen, dessen Ende über dem Seitensproß 3,5 cm lang war. Auch hier hat der Zweig rundlichen Umriß. Die Exzentrität im Innern ist wieder sehr bedeutend und reicht bis ans obere Ende des Sproßstückes.

Tafel X.

- Figur 1. *Ampelopsis quinquefolia*. Anomaler, rhizomartiger Sproß der verkehrten Pflanze. Zellen der älteren Rinde in einiger Entfernung vom Umfange, die Interzellularen groß und zahlreich. (1 : 164.)
- Figur 2. *Ampelopsis*. Hauptseitenproß der verkehrten Pflanze. Auch hier ist die Exzentrität nur auf das Innere, auf den Holzkörper beschränkt. (1 : 4.)

- Figur 3. Ampelopsis. Anomaler, rhizomartiger Sproß im 2. Jahre. Saftzelle des Markes mit Umgebung. (1 : 164.)
- Figur 4. Ampelopsis. Große anomale fleischige Wurzel der verkehrten Pflanze. Gruppe von Parenchymzellen der äußeren Rinde. (1 : 164.)
- Figur 5. Ampelopsis. Anomaler 1jähriger rhizomartiger Sproß. Saftzelle des äußeren Teiles der Rinde mit Umgebung. Vgl. die Größe der Zellen im Mark, Figur 3.
- Figur 6 und 7. Ampelopsis. Holzparenchymzellen mit abnormer Teilung aus dem normalen Zweige.
- Figur 8 und 10. Ampelopsis. Verkehrte Pflanze. Ansatzstelle des starken horizontalen Seitensprosses, hier auf der rechten Seite stehend, an die Mutterachse; 10 eine jüngere, 8 eine ältere Pflanze. Die Verhältnisse gleichen denen der Weide, doch wird hier ein verwickeltes Netz von feinen Strängen erzeugt, das, wie kaum zu bezweifeln, mechanischen Zwecken dient.
- Figur 9. Ampelopsis. Verkehrte Hauptachse. Eine Gruppe von Zellen aus der äußeren Rinde, in lebhafter Teilung begriffen. (1 : 164.)
- Figur 11. Ampelopsis. Kleine Saftzelle aus der exzentrisch gebauten Seitenachse der verkehrten Pflanze.
- Figur 12, 13 und 14. Zu 6 und 7 gehörend. Querwände hier wie bei 6 und 7, die dem Prinzip der rechtwinkligen Schneiden nicht entsprechen.
- Figur 15. Ampelopsis. Saftzelle mit Raphiden-Bündel aus der Rinde. (1 : 164.)
- Figur 16. Ampelopsis. Aehnliche Zelle.
- Figur 17. Ampelopsis. Querschnitt der normalen 1 jährigen Achse. S. d. Text. (1 : 10.)
- Figur 18. Hedera Helix. Schema für den Faserverlauf in der Wurzel der verkehrten Pflanze. Hier die horizontale Brücke, die die Hauptwurzel mit der stärksten Nebenwurzel verbindet.
- Figur 19. Hedera Helix. Verkehrte Pflanze. Ansatzstelle des Hauptseitensprosses an die Mutterachse, links oben der Seitensproß. Schema des Faserverlaufes im Bereich der Ansatzstelle. Mutter- und Seitensproß werden wie bei den Weiden und bei Ampelopsis durch eine horizontale Gewebebrücke verbunden. Die Faserzüge des unteren Teiles der Achse verlaufen, wie bei der Weide, unter der Brücke nach dem basalen Ende der Achse hin. In dem Gewebe zahlreiche Knäuelbildungen, ein Zeichen der hier stattfindenden großen inneren Störung.
- Figur 20. Hedera Helix. Verkehrte Pflanze. Querschnitt der Hauptachse dicht unter dem Ende. Das ganze basale Stück von dem Seitensproß an hat 9,8 cm Länge und ist noch nach Jahren bis obenhin lebendig. Der Holzkörper ist noch schwach exzentrisch gebaut, aber mit sehr unregelmäßigem Umriß. Während an den einen Orten die Gefäß- und Holzbildung aufgehört hat, ist sie an anderen mehr oder weniger weit fortgesetzt. Der Umriß dieser Stellen selbst meist wieder unregelmäßig; in den Vorsprüngen neben überwiegenden Gefäßen auch Holzzellen. (1 : 6.)
- Figur 21. Hedera Helix. Querschnitt der Hauptachse dicht unter der Stelle, wo der starke Seitenast sich abzweigt. Hier ist die Achse stark exzentrisch gebaut. (1 : 3,8.)
- Figur 22. Hedera Helix. Durchschnitt der Hauptachse unter dem großen Seitensproß. Hier ist die Achse fast radiär gebaut. Der Bau ist auffallend anomal. Auf das Mark folgt der Holzkörper, der in einen äußeren und inneren Ring zerfällt, die durch einen schmalen Ring parenchymatischen Gewebes getrennt werden. (1 : 3,8.)
- Figur 23. Hedera Helix. Querschnitt des großen Hauptastes in der Nähe der Ansatzstelle genommen. (1 : 3,8.)

Tafel XI.

- Figur 1. *Salix viminalis*. Zweig mit Tochterzweig auf der rechten Seite. Am Grunde des letzteren zwei abgestorbene Sproßreste schräg der Länge nach getroffen. Diese beiden Reste sind erst teilweise überwält. Im Innern sieht man Ellipsen von halb abgestorbenem Gewebe. ($\frac{1}{2}$ der natürlichen Größe.)
- Figur 2. *Salix viminalis*. Breiter Sockel mit zwei Zweigen. Die Oberfläche des Sockels ist uneben, aber in der Hauptsache frisch; am Grunde des linken starken Zweiges sieht man den Rest eines abgestorbenen Sprosses; unter ihm gewahrt man zwei Querschnitte, die, wie er selbst, überwält werden. Dasselbe wird wahrscheinlich geschehen mit dem etwas längeren Sproßteile in der Mitte der unteren Seite der Figur. ($\frac{2}{3}$ der natürlichen Größe.)
- Figur 3. *Salix viminalis*. Dichte Gruppe von Zweigen, in der Mitte ein abgestorbener Sproßrest, der schon zum beträchtlichen Teile überwält ist. ($\frac{2}{3}$ der natürlichen Größe.)
- Figur 4. *Salix elegantissima*. Knollenförmiges Scheitelende der verkehrten Achse. Der Schnitt zeigt eine Reihe kleiner, abgestorbener Zweigreste, die fast sämtlich völlig eingeschlossen sind; daneben einige noch erhaltene Zweigreste. Rechts seitlich und links von der Mitte oben werden abgestorbene Zweigreste überwält. ($\frac{1}{2}$ der natürlichen Größe.)
- Figur 5. *Salix viminalis*. Ansatzstelle eines normalen Zweiges an den Muttersproß. (Natürliche Größe.)
- Figur 6. *Salix viminalis*. Zwei Zweige, die unten noch getrennt, oben aber völlig verwachsen sind; an den unteren Teilen gewahrt man zwei Ueberwallungsvorgänge. ($\frac{2}{3}$ der natürlichen Größe.)
- Figur 7. *Salix viminalis*. Schopf einer Gruppe von Zweigen und Zweigteilen, dazwischen das wuchernde Gewebe. Der Grund des größten Zweiges ist anomal ausgebildet. ($\frac{2}{3}$ der natürlichen Größe.)
- Figur 8. *Salix viminalis*. Zwei Zweige, die in ihren unteren Teilen verwachsen sind, oben sich aber wieder getrennt haben. Die Verwachungsstelle selbst in der Figur nicht sichtbar. Der vordere Zweig beginnt die Schnittfläche eines noch erhaltenen Zweiges zu überwält. ($\frac{2}{3}$ der natürlichen Größe.)
- Figur 9. *Salix viminalis*. Ungewöhnlich dichte Gruppe von Zweigen, durch wiederholtes Zurückschneiden der stärkeren Sprosse entstanden. ($\frac{2}{3}$ der natürlichen Größe.)
- Figur 10. *Salix viminalis*. Gruppe verwachsener und verwachsender kräftiger Zweige. Unten gewahrt man zwei Paare von verwachsenen Zweigen im Querschnitt. Diese Gruppe würde, wenn nicht Störungen eintreten, einen dichten Körper verwachsener Zweige bilden. ($\frac{1}{2}$ der natürlichen Größe.)
- Figur 11. Querschnitt eines Kopfes, dessen Mitte von ganz und halb abgestorbenen Zweigresten eingenommen wird. Das diese zunächst umgebende Gewebe ist ebenfalls schon gebräunt; im übrigen ist der Querschnitt noch wohl erhalten. ($\frac{1}{2}$ der natürlichen Größe.)
- Figur 12. *Salix viminalis*. Sockelartiger Körper, aus dem verschiedene Zweige entspringen. Unten links und in der Mitte rechts werden Zweigreste eingeschlossen. Die Oberfläche des Sockels uneben, aber sonst wohl erhalten. ($\frac{2}{3}$ der natürlichen Größe.)

Tafel XII.

Salix viminalis.

- Figur 1. Zwei starke verwachsene Zweige. In der Mitte das abgestorbene Gewebe der einstigen Berührungsflächen. Das Wachstum des rechten Zweiges stark exzentrisch. Sein innerer Teil mit einem Achselsproß schon stark gebräunt.

Dasselbe gilt von dem inneren Teile des linken Zweiges und seiner Tochterbildung. (Natürliche Größe.)

Figur 2. Grund eines abgestorbenen Zweigtheiles, der vom benachbarten Gewebe eingeschlossen wird. (Natürliche Größe.)

Figur 3. Querschnitt eines größeren Achsenteiles, der zahlreiche Zweigreste umschließt. Das äußere Gewebe des Körpers ist noch gesund, das darauf folgende noch hellbraun gefärbt, teilweise absterbend, teilweise schon abgestorben. Den mittleren Teil nimmt gänzlich abgestorbenes Gewebe ein. Von ihm gehen strahlenförmig verlaufende, teils gerade, teils unregelmäßig gebogene, ebenfalls völlig gebräunte Platten und Streifen aus. ($\frac{1}{2}$ der natürlichen Größe.)

Figur 4. Kleine Achse mit zehn eingeschlossenen Querschnitten; drei der Zweige sind gänzlich abgestorben. (Natürliche Größe.)

Figur 5. Zwei Zweige mit Verwachungsbrücken.

Tafeln.

r m 1

4

7

2

5



8

9

10

12

13

14



15

11

17

19

16



18

19

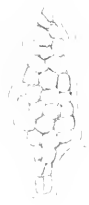
22

21

25

27

23



26

28

31



24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

