

Untersuchungen

über

das Mestom im Holze der dikotylen Laubbäume.

Von

I. Troschel.

Bei der Vergleichung der grossen Pflanzenabtheilungen der Monokotylen und Dikotylen mit Rücksicht auf die anatomische Zusammensetzung der Gefässbündel hat man sich bis jetzt damit begnügt, das Verhältniss zwischen den mechanischen Theilen des Gewebes und dem Mestom nur insoweit zu präcisiren, als dasselbe auf dem Querschnitt zum Ausdruck gelangt: bei den Monokotylen behalten die Mestomstränge, auch wenn sie sich an das mechanische System anlegen, oder von einzelnen Skeletzellen begleitet werden, ihre rundliche Querschnittsform und ihre scharfe Abgrenzung; bei den Dikotylen dagegen dringen die mechanischen Elemente zwischen die Zellen des Mestoms ein und schieben dieselben oft weit auseinander.

Fassen wir die Anordnung der Elemente näher ins Auge, so vereinigen sich bei den Monokotylen die Skeletzellen zu subepidermalen oder subcorticalen Massen in Gestalt von Pfosten, Platten etc., die zu einem rationell construirten Gerüst verbunden sind. Weiter nach dem Innern des Stammes liegt die Hauptmasse des Mestoms, meist in Gestalt von zahlreichen rundlichen Bündeln; dieselben bestehen aus Gefässen und Holzparenchym, nebst den saftführenden Theilen des Phloems, und sind häufig nach aussen von einer Schicht stark verdickter mechanischer Zellen umgeben. Aber immer sind diese beiden Gewebearten, Mestom und Stereom, räumlich scharf gegen einander abgegrenzt; die Arbeitstheilung innerhalb der verschiedenen Kategorien von Elementarorganen ist offenbar eine vollständige, und in dieser Beziehung ist man berechtigt, den Monokotylen eine hohe Entwicklungsstufe anzuweisen.

Wenden wir uns dagegen zu den normalen Dikotylen, so ist das Verhältniss der Gewebearten untereinander ein durchaus anderes. Zwar giebt es auch hier Stengelorgane, zumal bei krautartigen Ge-

wachsen, welche sich den Monokotylen bezüglich der Abgrenzung ihrer Mestomstränge anschliessen. Alle mehrjährigen Axenorgane dagegen besitzen gewöhnlich einen Holzkörper, der aus einer compacten Masse verschiedenartiger Elemente besteht, von denen nur die Libriformzellen und die Tracheiden zu grössern Parteen vereinigt sind, während das Holzparenchym und die Gefässe sich über den ganzen Querschnitt vertheilen und gewöhnlich in kleinere Gruppen oder in die einzelnen Elementarorgane aufgelöst erscheinen.

Ein wesentliches Moment, durch welches diese von Anfang an durchaus verschiedene Structur mit bedingt wird, und dessen Darlegung wir deshalb an die Spitze stellen, ist das Dickenwachsthum. Soll ein Stamm jederzeit alle Elemente in dem richtigen Verhältniss besitzen, so müssen da, wo derselbe in die Dicke wächst, auch immerfort alle Elemente neu gebildet werden. In welcher Weise dies geschieht, hängt von der speciellen Wachstumsweise einer gegebenen Pflanze ab; diese kann von jeder Form grössere Gruppen hintereinander bilden, oder sie kann die verschiedenen Elemente ohne Ordnung untereinander gemischt entstehen lassen. Ein Dickenwachsthum der ersteren Art, bei welchem die Gefässbündel als solche immer mit derselben Anordnung der zu Gruppen vereinten Elemente gebildet werden, zeigen z. B. die baumartigen Liliaceen (*Dracaena* etc.); der in der Rinde entstehende Ring von Folgeristem bildet hier nach dem Innern des Stammes zu geschlossene Gefässbündel, von denen jedes sein Stereom und sein Mestom besitzt, so dass sie zusammen in Verbindung mit dem zwischenliegenden Grundgewebe einen festen, alle Elemente gleichmässig enthaltenden Holzkörper darstellen. Ebenso giebt es bei den Dikotylen anomale Fälle, in denen während des Dickenwachsthums von Zeit zu Zeit Gruppen gleicher Zellformen, z. B. Phloemelemente, nach der Holzseite zu gebildet werden.

Wir müssen es demnach als eine Eigenthümlichkeit der normalen Dikotylen betrachten, dass bei ihnen das Phloem stets nur auf der Aussenseite des Verdickungsringes abgeschieden wird, und dass die zum Mestom gehörigen Elemente des Holzkörpers in regellos zerstreuten kleineren Gruppen, in kurzen radialen Reihen, wie die Gefässe, oder in tangentialen Bändern, wie das Holzparenchym, auftreten. In Berücksichtigung dieser Eigenthümlichkeit werden wir nothwendig in Betracht ziehen müssen, inwieweit etwa die Saftwege — und als solche sind die Holzparenchymzellen der geschlossenen Gefässbündel zweifellos zu betrachten — bei den Dikotylen eine Störung oder Veränderung erfahren haben.

Vergleichen wir mit Rücksicht auf diese Frage noch einmal die Stellung der Mestomtheile innerhalb des Bündels in den beiden Abtheilungen des Pflanzenreiches, so finden wir folgenden Gegensatz: bei den Monokotylen bilden offenbar die saft- und luftführenden Ele-

mente ein durch den ganzen Stamm zusammenhängendes Strangsystem, während dieselben bei den Dikotylen dem Anschein nach ganz isolirt liegen. Nun bestimmen uns aber die bekannten That-sachen der Saftbewegung zu der Annahme, dass die Holzparenchymzellen bei den Monokotylen wie bei den Dikotylen demselben Zweck dienen, der offenbar vorwiegend in der Fortleitung der gelösten Kohlenhydrate besteht; wenigstens erscheint es nicht wahrscheinlich, dass bei den Dikotylen der assimilirte Nahrungssaft sich gleich dem Wasser, was aus der Wurzel emporgehoben wird, innerhalb der Libri-formwände fortbewegt. Deshalb können wir einer Holzparenchymzelle, wenn wir sie uns isolirt im Holz verlaufend und an beiden Enden blind, d. h. ohne Anschluss an gleich gebaute Zellen, im mechanischen System endigend vorstellen, von vornherein keine Zweckmässigkeit zusprechen. Vielmehr werden wir nur dann die Anordnung der Holzparenchymzellen als eine zweckentsprechende erkennen, wenn dieselben zusammenhängende Stränge bilden, die nach Art eines Flussnetzes continuirlich durch den ganzen Stamm verlaufen und so einen diosmotischen Strom von Zelle zu Zelle, aus dem innersten Theile des Holzkörpers bis zu den Blättern und wieder zurück, möglich machen.

Durch diese Betrachtung werden wir zu unserer Hauptfrage geführt: Bilden die Holzparenchymstränge, deren Zusammengehörigkeit bei den Monokotylen durch die räumliche Anordnung des Mestoms sofort in die Augen springt, auch bei den Dikotylen ein überall zusammenhängendes System, welches nur deshalb in ein Maschenwerk einzelner Zellenzüge auseinander gedrängt ist, weil die mechanischen Elemente dasselbe durchsetzen?

Dass ein solches System in Wirklichkeit existirt, werden wir aus den im Folgenden niedergelegten Beobachtungen erkennen; wir werden sehen, dass die Holzparenchymstränge in directem Zusammenhange mit den Markstrahlen stehen, und dass beide vereint ein reich verzweigtes System von Saftwegen bilden, die den Holzkörper von oben bis unten durchziehen und die assimilirten Nährstoffe von dem Entstehungsort, der Laubkrone, bis in die untersten Theile des Holzes und von diesen wieder zurück zu den wachsenden Organen leiten.

Auf die Beobachtungen, welche dieser Ansicht zur Grundlage dienen, werden wir in der zweiten Abtheilung dieser Arbeit eingehen, nachdem wir uns in der ersten Hälfte über die Abgrenzung der verschiedenen Gewebearten des Holzes orientirt haben werden.

I. Bemerkungen zur Anatomie der Elementarorgane des Holzes, insbesondere des Mestoms.

1. Um die verschiedenen einzelnen Zellformen, welche die Gefässbündel zusammensetzen, gegenüber der Sanio'schen rein anatomo-

mischen Unterscheidung in zwölf Kategorien von Elementarorganen, nach physiologisch-anatomischen Verhältnissen gegen einander abzugrenzen, haben Schwendener und Haberlandt die Namen Mestom und Stereom, Hadrom und Leptom eingeführt. Unter Stereom versteht man das Aggregat aller der Zellen einer Pflanze, die gleichsam das Skelet derselben bilden, die durch ihre Structur befähigt sind, äusseren Kräften Widerstand zu leisten, und nebenbei die weicheren Theile vor schädlichen Einwirkungen zu schützen. Dem gegenüber umfasst das Mestom alle Elemente des Gefässbündels, die nicht zum mechanischen System gehören, also stärkeführende Zellen, Gefässe und die safthaltigen Elementarorgane des Phloems. Um aber die hergebrachte und scharf in der Natur ausgesprochene Zweitheilung des Mestoms in Xylem- und Phloemelemente aufrecht zu erhalten, bezeichnet Haberlandt das Mestom des Xylems als Hadrom (Hadromestom) und dasjenige des Phloems als Leptom (Leptomestom), das letztere mit einem Anklange an den Namen Weichbast, unter welchem häufig die Siebröhren und die parenchymatischen Phloemelemente zusammengefasst werden.

Lässt sich nun aber, und es scheint wesentlich, dies ausdrücklich hervorzuheben, zwischen den gefässartigen und den stärkeführenden resp. saftführenden Zellen in der Regel nicht allein anatomisch, sondern auch — und vielleicht in einem noch höheren Grade — physiologisch eine scharfe Grenze ziehen, der Art, dass man sagen kann, keine spezifische Durchlüftungszelle kann je Stärke bilden, und jede ursprünglich saftführende Zelle hat wesentliche Aenderungen durchzumachen, um zu einem Durchlüftungsorgan zu werden, so erscheint es zweckmässig, auch diese Gruppen von Elementarorganen unter besonderen Bezeichnungen zusammenzufassen. Wir werden daher im Folgenden unter Amylom (Amylomestom) diejenigen Zellenmassen des Mestoms verstehen, bei denen ein wesentlicher Theil des Lebensprozesses darin besteht, dass sie zur Zeit der Vegetationsruhe Stärke — oder Oel, Inulin etc. — bilden und aufspeichern.¹⁾ Die assimilirte Substanz nimmt in ihnen ebenso wie im Mark die Form von Stärkekörnern an, die sich beim Beginn einer neuen Lebensperiode auflösen und zur Herstellung neuer Organe verwendet werden.

2. Zum Amylom haben wir nun wesentlich zweierlei Gewebeformen zu rechnen, das Holzparenchym und die Markstrahlen; dieselben unterscheiden sich nur durch die Richtung, welche in ihnen der Strom der Nahrungssäfte verfolgt. Für das Vorhandensein eines solchen Stromes sprechen in anatomischer Hinsicht die Poren, besonders, wenn man ihre Zahl und Stellung berücksichtigt, und die in bestimmter Richtung

¹⁾ Der Name Amylmparenchym, der bei De Bary (Vergl. *Ann.* S. 123) vorkommt, bezieht sich allgemein auf das Pflanzengewebe und nicht allein auf den Holzkörper; er hat also eine ähnliche, aber viel umfangreichere Bedeutung.

verlängerte Form der Zellen. Diese Verhältnisse stellen sich bei den betreffenden Elementarorganen in der Weise dar, dass bei den meisten einheimischen, zumal älteren Holzgewächsen, die Markstrahlzellen in der Richtung vom Mark nach der Rinde gestreckt, d. h. mindestens doppelt so lang als breit und hoch sind, die Streckung der Holzparenchymzellen dagegen der Längsrichtung des Stammes entspricht; dass ferner die grösste Porenzahl sich überall auf den Wänden findet, welche zu dem vorausgesetzten Saftstrom senkrecht stehen, also auf den tangentialen in den Markstrahlen, auf den horizontalen in den Holzparenchymzellen.

3. Der Schluss, welcher uns von der Betrachtung der anatomischen Verhältnisse der genannten Elemente im Hinblick auf die thatsächliche Ein- und Auswanderung der Stärke zu der Annahme führte, dass in denselben ein Saftstrom vorhanden sei, ist ein Analogieschluss, wie er naturgemäss immer gezogen werden muss, wenn man mit der Betrachtung des Baues eines Elementarorganes die Berücksichtigung seiner physiologischen Verwendung verbindet. Da wir von den physikalischen Vorgängen bei der Saftbewegung innerhalb einer Zelle und von dem Einfluss der Strömung auf die Gestaltung der Zellwände viel zu wenig wissen, um uns Rechenschaft ablegen zu können, wie eine bestimmte Form als Ausdruck einer bestimmten Function zu Stande kommt, so müssen wir uns darauf beschränken, den Inhalt einer Zelle zugleich mit ihrer anatomischen Beschaffenheit zu beobachten, und können nur aus der Uebereinstimmung der Form und des Inhalts auf die Uebereinstimmung der Functionen zweier Elementarorgane schliessen.

In diesem Sinne hat man es aufzufassen, wenn wir die Vorstellung geltend machen, dass dem anatomischen Merkmal der Längsstreckung die Function der Saftleitung in der Längsrichtung entspricht. Denn diese Anschauung beruht auf der Beobachtung, dass in den Fällen, wo das Vorhandensein eines Saftstromes in einem Gewebe constatirt werden kann, dasselbe aus Zellen besteht, die eine Längsstreckung in der Richtung des Stromes erlitten haben.

Zu einer analogen Schlussfolgerung berechtigt auch die oben angeführte Eigenschaft der Amylomzellen, dass die Poren sich vorwiegend auf den zur Stromrichtung senkrechten Wänden finden. Da diese Eigenschaft sich da, wo unzweifelhaft ein reger Saftaustausch zwischen den Zellen stattfindet, immer zeigt, so muss man annehmen, dass auch sie für spezifische Leitungsorgane charakteristisch ist. Als eine Bestätigung hierfür kann man die Beschaffenheit der Zellen in denjenigen Holzarten ansehen, bei denen die Amylomelemente vorwiegend oder ausschliesslich in einer Richtung gestreckt sind; die grösste Tüpfelmenge findet sich bei diesen, wie zu erwarten ist, auf den zu dieser Richtung senkrechten Wänden.

4. Ausser der Streckung in verschiedenen Richtungen und der

grösseren Tüpfelmenge auf den entsprechenden Wänden giebt es keine Merkmale, welche Markstrahlen und Holzparenchym von einander unterscheiden liessen; die Gestalt, die Verdickungsform und der Inhalt stimmen bei beiden vollständig überein. Von den sie umgebenden Zellformen, Gefässen und Libriform, sind aber die Amylomelemente in der Regel leicht zu unterscheiden; und zwar dienen als Hauptkennzeichen die gewöhnlich dünneren Wände, die stets einfachen, häufig kreisrunden Tüpfel, und der Stärkegehalt zur Zeit der Vegetationsruhe.

5. Haben wir nun im Vorangehenden alle Elemente des Amyloms unter zwei Kategorien gebracht, so müssen wir jetzt noch diejenigen Zellformen besonders berühren, die von Sanio¹⁾ als eine eigene Gruppe von stärkeführenden Elementarorganen aufgeführt werden, die Ersatzfasern. Als solche bezeichnet Sanio „meist dünnwandige Zellen, in der Regel von faser- oder spindelförmiger Gestalt, welche sich unmittelbar aus den Cambialfasern ohne Quertheilung bilden“. Stellt man den so definirten Elementen diejenigen Formen des Holzparenchyms gegenüber, in denen eine bedeutendere Streckung und reichlichere Querwandbildung stattgefunden hat, so würde man zugeben müssen, dass der Gegensatz zwischen beiden ein recht deutlicher wäre. Aber gerade in sehr charakteristischen Fällen, wo die „Ersatzfasern“ verhältnissmässig vollkommen die Form der Cambialfasern beibehalten, kommen dieselben mit und ohne Querwand nebeneinander vor, und es erscheint deshalb unbegründet, die getheilten „Ersatzfasern“, welche in jeder Beziehung mit dem ächten Holzparenchym übereinstimmen, von dem letzteren zu trennen. Ich denke hierbei besonders an das Holz von *Caragana arborescens*, bei dem dies Verhalten ausserordentlich deutlich zu Tage tritt.²⁾ Es handelt sich also nicht etwa um scharf geschiedene Typen; vielmehr finden sich zwischen dem gewöhnlichen Holzparenchym und den Ersatzfasern alle Uebergangsstufen so vollständig, dass es nicht möglich ist, in dieser Rücksicht zwischen beiden eine Grenze zu ziehen.

Ferner hat man mehrfach wegen der Verdickungsform der Wände die Ersatzfasern als eine besondere Classe von Elementarorganen stem-peln wollen. Wie schon erwähnt zeigen die Parenchymzellen des Holzes durchaus einfache, canalförmige Tüpfel, die in der Regel kreisrund sind, ohne dass dabei ausgeschlossen wäre, dass sie häufig in eirunde bis schmal längliche Formen übergehen. Sanio hebt nun besonders hervor, dass bei seinen Ersatzfasern die spaltenförmigen Tüpfel viel

1) Botanische Zeitung 1863 S. 96.

2) Es ist zu bemerken, dass auch bei *Caragana normale* Holzparenchym vorkommt, während dasselbe nach Sanio (n. a. O.) und De Bary (Vergl. Anat. S. 509) ganz durch Ersatzfasern vertreten wird.

Vergl. ferner Fig. I.

häufiger seien als bei den Holzparenchymzellen, ja dass sie bei einer Anzahl von Holzpflanzen ausschliesslich vorkommen, und De Bary stützt darauf seine Ansicht, dass die Ersatzfasern dem eigentlichen Libriform viel näher ständen als dem Holzparenchym. Diese Vorstellung steht jedoch mit den thatsächlichen Vorkommnissen nicht ganz im Einklang; mir ist es wenigstens nicht gelungen für eine solche Auffassung die nöthigen Anhaltspunkte zu gewinnen. Bei längerer Untersuchung der von Sanio zur Bestätigung angeführten Hölzer fand ich zwar ziemlich oft Ersatzfasern mit einigen spaltenförmigen Poren in derselben Stellung wie die gewöhnlichen Tüpfel auf den Holzparenchymzellwänden, allein es gelang mir nicht nachzuweisen, dass dieselbe Porenform auf sämtlichen Wänden vorkam, vielmehr konnte mit ziemlicher Sicherheit wahrgenommen werden, dass an den geneigten Endigungswänden die Poren von ganz normaler Natur waren.

Bei *Ficus Carica* finden sich die Libriform- und Holzparenchymzellen von einander getrennt in grösseren Gruppen, von denen die letzteren Ersatzfasern enthalten, die gleichwie die Holzparenchymzellen schmale, schräg gestellte Poren zeigen. Innerhalb der Libriformgruppen andererseits kommen auch Zellen vor, die im allgemeinen die Form von Ersatzfasern haben und Stärke führen. Dieselben besitzen aber die gewöhnlichen spaltenförmigen, schiefgestellten Poren, die sich an zusammenstossenden Wänden kreuzen; ausserdem spricht sowohl die Wanddicke, als die Nachbarschaft des unzweifelhaften Libriforms dafür, dass man es in diesen Fällen nicht mit eigentlichen Amylomelementen zu thun hat. Es ist also auch in diesem Falle noch die Grenze zwischen den mechanischen und den stärkeführenden Zellen deutlich ausgesprochen.

Diese, wie alle übrigen bisherigen Beobachtungen berechtigen noch nicht zu der Annahme, dass alle zu einer continuirlichen Brücke zwischen Holzparenchym und Libriform erforderlichen Zwischenstufen vorhanden sind; erst dann, wenn solche Uebergangsformen unter gleichgestalteten Zellen mit runden Poren beobachtet werden, die sich vom Libriform deutlich durch die Wanddicke abheben, kann man mit Sicherheit die Verbindung für eine vollständige halten. Da mir solche Fälle noch nicht bekannt sind, jedenfalls auch zu den grössten Seltenheiten gehören, so bleiben wir bei der oben angegebenen Auffassung stehen, nach welcher die Ersatzfasern vom Holzparenchym jedenfalls nicht zu trennen, gegen das Libriform aber meist durch deutliche anatomische Merkmale abgegrenzt sind.

6. Dagegen möchte ich noch auf zwei Umstände hinweisen, welche die Ansicht zu bestätigen scheinen, dass ein Uebergang zwischen Libriform und Holzparenchym existirt. Einmal die Thatsache, dass es ächtes Libriform giebt, welches die Fähigkeit besitzt regelmässig in jedem Herbst Stärke zu bilden. Wenn das auch nicht ganz

so häufig vorkommt, wie es hier und da dargestellt wird, so habe ich es doch oft genug constatirt, z. B. bei *Robinia*, *Acer*, *Sambucus*, *Evo-nymus*, *Ribes*. Bemerkenswerth ist hierbei, dass bei Untersuchung von Zweigen verschiedenen Alters sich herausstellte, dass nur die Libriformzellen der jüngsten Jahrringe Stärke führten. Bei einjährigen Trieben von *Robinia* fand ich Stärke im Herbstholz; bei zwei- bis vierjährigen dagegen nie im ersten Jahresringe. Eine Regel kann nach diesen wenigen Beobachtungen allerdings nicht aufgestellt werden, aber sollte sich das in dieser Weise localisirte Vorkommen bestätigen, so würde man in Folgendem eine Erklärung desselben finden können. Da die Libriformzellen in erster Linie dazu bestimmt sind, dem Stamm Festigkeit zu geben, und — was ebenfalls für den Inhalt der Zellen nicht von Belang ist — in ihren Wänden Wasser zu leiten, so hören sie in der Regel früh auf zu leben; der flüssige Inhalt schwindet, und an seine Stelle tritt Luft. Natürlich sind sie in diesem Zustande nicht mehr fähig Stärke zu bilden; dies können sie nur, so lange sie noch selbst einen Primordialschlauch besitzen. Es ist also möglich, dass aus diesem Grunde nur jüngere Libriformzellen zur Stärkebildung beitragen. Im übrigen scheint die Nachbarschaft stärkeführender Parenchymzellen nicht ohne Einfluss zu sein.

7. Ein zweiter Punkt, der es durchaus natürlich erscheinen lassen würde, dass die Lücke zwischen Holzparenchym und Libriform durch allerlei Uebergangsformen ausgefüllt wäre, ist der, dass es auch unter den übrigen Elementarorganen des Holzes nur wenige giebt, die eine deutliche Abgrenzung gegen einander zulassen. Das Vorhandensein dieser Zwischenstufen zwischen zweierlei Gewebeformen beruht in der Regel darauf, dass von der einen Form Functionen mit übernommen werden, welche ursprünglich nur der andern zukommen; es ist jedoch als Princip festzuhalten, dass nur solche Functionen, die sich nicht widersprechen, von einem und demselben Elementarorgane ausgeführt werden können. Eine Zelle kann also z. B. ursprünglich zur Herstellung der Festigkeit organisirt sein und ausserdem entweder die Durchlüftung besorgen oder Stärke führen; dagegen sind die beiden letztgenannten Functionen in einer Zelle unvereinbar. In Folge dessen findet sich im Holze eine grosse Mannichfaltigkeit von Zellformen, deren Stellung zu der einen oder der anderen Kategorie von Gewebeformen nur durch genaues Studium derselben ermittelt werden kann.

Dies gilt besonders von den Tracheiden. Es giebt darunter Zellformen, welche anatomisch und physiologisch zwischen den Gefässen und den mechanischen Fasern die Mitte halten; daneben aber auch solche, welche alle möglichen Uebergänge zwischen jenen beiden darstellen. Da nun in allen typischen Fällen den Durchlüftungsorganen gehöfte Tüpfel, den mechanischen Zellen ungehöfte, spaltenförmige

zukommen, so rechnen wir alle Zwischenformen, bei denen gehöfte Poren vorkommen zu den Tracheiden, also zu der Kategorie der gefässartigen Zellen. Verfolgen wir unter diesem Gesichtspunkte die einzelnen Uebergangsstufen, vom Libriform beginnend, so zeigt sich die erste Beziehung zu den Gefässen darin, dass sich mit dem gewöhnlichen, spaltenförmigen Tüpfel ein ganz flacher Hof vereinigt, dessen Umriss sich auf der Flächenansicht kaum abhebt. Diese Form der Tracheiden kommt ausserordentlich häufig vor, z. B. bei *Fagus*, *Casuarina*, *Ribes* etc. Werden die Tüpfelhöfe grösser, so kommen wir zu den eigentlichen Tracheiden, welche sich sehr ausgebildet bei allen Coniferen finden. Alle oder doch bestimmt orientirte Wände sind hier mit Hoftüpfeln reichlich besetzt, und auch wenn sich die Endigungswände horizontal stellen, zeigen sie dieselbe Form der Verdickung, wie die übrigen Wände. Sobald jetzt in den horizontalen Wänden nur eine einzige wirkliche Durchbohrung eintritt, ist der Schritt von den Tracheiden zu den Gefässen gethan. Auch für diesen finden sich so zahlreiche Zwischenformen, dass man schliesslich einen ganz allmählichen, vollständigen Uebergang zwischen den Gefässen und Libriformzellen herstellen kann.

Ein ganz anderes Verhältniss besteht natürlicher Weise zwischen dem Amylom einerseits und den luftführenden Zellen andererseits; die Möglichkeit eines directen Ueberganges ist hier durch physiologische wie anatomische Verhältnisse von vornherein ausgeschlossen. Wie wir schon oben ausgesprochen haben, ist eine zur Durchlüftung bestimmte Zelle, nachdem sie ihren Plasmaschlauch verloren hat, nicht mehr im Stande Stärke zu bilden.

Es versteht sich von selbst, dass hier unter dem Ausdruck Durchlüftungszellen nur diejenigen Elemente zusammengefasst werden, bei denen der physiologische Zweck, Luft zu- oder abzuführen, deutlich ausgesprochen ist; es ist bekannt, dass auch viele andere Zellen, die in ihrem Leben Saft führen, später ihren Plasmaschlauch verlieren und absterben, wobei der Inhalt meistens durch Luft ersetzt wird; dahin gehören die Libriformzellen, die meisten Haarbildungen und viele Kork- und Markzellen.

Mit der hier ausgesprochenen Auffassung stimmt es überein, wenn specifisch luftführende Zellen, auch wenn sie zwischen ganz ähnlich gebaute stärkeführende Zellen gelagert sind, an der Bildung von Stärke keinen Antheil nehmen. Eine solche Anordnung finden wir in dem Holze von *Ribes*. Die Festigkeit desselben rührt von Tracheiden und Libriformzellen her, die ziemlich gleichmässig vertheilt und auch mit etwa gleicher Wanddicke versehen sind; ein durchgreifender Unterschied zwischen beiden zeigt sich also nur in den Porenhöfen auf den Wänden der Tracheiden. Die typischen Amylomelemente sind verhältnissmässig sehr schwach vertreten; dadurch

wird es erklärlich, dass auch die Libriformzellen als Stärkereservoir zu Hilfe genommen werden. Man wird aber nie finden, dass in den Tracheiden auch nur eine Spur von Stärke vorkommt, obgleich beide Elemente sich unmittelbar berühren.

Das Resultat dieser Betrachtungen können wir dahin zusammenfassen, dass zur gegenseitigen Abgrenzung der drei Kategorien von Zellformen, welche wir annehmen müssen, das einzige durchgreifende Merkmal in der Verdickungsform der Wände zu suchen ist. Die Amylomelemente haben rundliche, einfache Tüpfel, die mechanischen Zellen haben einfache, spaltenförmige Tüpfel, und den Durchlüftungsorganen kommen durchweg gehöfte Tüpfel zu.

II. Die räumliche Anordnung der Mestomelemente.

Wenden wir uns jetzt dazu, die im Eingange aufgestellten Behauptungen an der Hand der Beobachtungen zu rechtfertigen, so wird es uns vor allen Dingen darauf ankommen, zu zeigen, dass zwischen den einzelnen Elementarorganen des Amyloms innerhalb des ganzen Holzkörpers ein durchgehender Zusammenhang besteht. Wir müssen erkennen, dass es im ganzen Stamme keine Holzparenchymzelle giebt, die blind in dem Libriform endigt, dass vielmehr eine jede sich entweder mit einer andern Holzparenchymzelle oder mit einem Markstrahl in Verbindung setzt; dass also nach jeder im Holze befindlichen stärkeführenden Zelle von der Rinde aus ein directer Strom möglich ist.

Es liegt nun in dem besondern Bau und dem Verhältnisse der Amylomelemente zu einander begründet, dass der tangential Längsschnitt durch das Holz zum Studium der Beziehungen zwischen diesen Elementen und den Markstrahlen der instructivste ist; kann man auch auf jedem beliebigen Schnitt eine Anschauung davon erlangen, wie häufig ein Markstrahl mit einer Holzparenchymzelle verbunden ist, so zeigt uns doch der Tangentialschnitt am deutlichsten, wie die beiden Formen einander aufsuchen und sich an einander anlegen. Wir werden daher im Folgenden den Querschnitt nur zur Orientirung über die relative Anzahl der verschiedenen Elemente, über Strang- und Schichtenbildung und über die gegenseitige Lagerung der Theile benutzen. Ueber den Zusammenhang und über die Bildung eines Systems der stärkeführenden Zellen werden wir uns vorwiegend nur durch den Tangentialschnitt belehren lassen.

Wir wollen nun nach einander in den eingehender untersuchten Hölzern die Anordnung der Elemente betrachten.

Robinia Pseudacacia (Fig. 2 und 3).

Der Querschnitt zeigt eine gleichmässige Grundmasse von Libriform, welche von theils runden, theils tangential bedeutend stärker aus-

gedehnten Parteien von gefässartigen Zellen und Holzparenchym unterbrochen wird. Im ersten Jahresringe waltet das Libriform den andern Elementen gegenüber vor; die Zellen nehmen gegen die Herbstgrenze etwas an Dickwandigkeit zu, zeigen aber sonst weder in der Form noch in der Stellung zum Mestom eine Abweichung zwischen Frühlings- und Herbstholz. Durch den ganzen Jahresring zerstreut finden sich Mestomstränge, welche aus einem oder wenigen Gefässen bestehen, die von einer wenigzelligen Schicht von Holzparenchym umgeben sind. Dies Vorkommen erlaubt uns schon jetzt einen Schluss zu machen, der sich nachher durch den Längsschnitt leicht wird bestätigen lassen. Da nämlich die Gefässe durchweg von einer Schicht Holzparenchym begleitet werden, man aber von den Gefässen mit Sicherheit annehmen kann, dass sie nicht plötzlich im Gewebe aufhören werden, so kann man ebenso annehmen, dass die sich ihnen anschliessenden stärkerführenden Zellen einen zusammenhängenden Strang bilden, der die Gefässe in sich einschliesst.

Die Jahrgrenze wird von breiten tangentialen Bändern parenchymatischer Elemente gebildet, welche nach innen in die Herbstregion des vorigen Jahresringes hineingreifen und daselbst ziemlich scharf durch eine tangentialen Cylinderfläche begrenzt werden. Nach aussen hin wird die Configuration des Querschnitts eine unregelmässige wegen der in das Mestom hineinragenden, zur Grundmasse gehörenden Libriformstränge. Die Begrenzung hängt aber zum grossen Theil auch damit zusammen, dass sich im Frühlingsholze vorwiegend viele grosse Gefässe finden, deren parenchymatische Umgebung mit dem breiten Strang der Frühlingsgrenze in Verbindung steht.

Macht man nun einen tangentialen Längsschnitt durch die Frühlingsregion eines Jahresringes, so trifft man auf breite Stränge von Holzparenchym, welche schon bei gewöhnlicher Vergrösserung oft Flächen ausfüllen, die das Gesichtsfeld viele Male bedecken würden. Seitlich werden diese Stränge von compacten Libriformmassen begrenzt, die aber nie sehr bedeutende Ausdehnung erreichen. Im Inneren der Parenchymstränge finden sich Gefässe und Tracheiden, und ausserdem werden dieselben quer von den Markstrahlen durchsetzt. Das Ganze macht den Eindruck eines zusammengehörigen Systems, welches dazu bestimmt ist, die assimilirten Nährstoffe aus den Blättern aufzunehmen, während der Winterruhe aufzubewahren, und im Frühjahr wieder fortzuleiten.

Die wesentlichen Punkte, die mich veranlassen, diese Parenchymstränge in ihrem Verlauf für ein zusammenhängendes System zu erklären, sind nun folgende.

Zunächst wird man bei der Durchmusterung der Schnitte finden, dass die Holzparenchymzellen sich überall mit den Markstrahlen in Verbindung setzen; wenn eine Holzparenchymzellreihe mit den an die

Form der Cambialfasern erinnernden zugespitzten Endzellen aufhört, so liegt überall an dieser Stelle entweder eine andere Holzparenchymzelle, mit der sie sich in Verbindung setzen kann, oder aber die schiefe Endigung legt sich seitlich an eine Markstrahlzelle an, und durch die entsprechende Tüpfelung der beiden sich berührenden Wände wird der Beweis geliefert, dass an diesen Stellen ein Saftaustausch stattfindet.

Um mich aber zu überzeugen, dass dieser Zusammenhang ein durchgehender ist, suchte ich zunächst festzustellen, dass auf jedem beliebigen Schnitt dasselbe Bild hervortritt, dass man überall den Anschluss zwischen beiden Formen des Amyloms verfolgen kann. Das Resultat der Untersuchung von sehr vielen Schnitten war, dass nirgends eine Stelle zu finden, wo eine Holzparenchymzelle blind endigte; dass sich vielmehr bei Schnitten, die dem Faserverlauf parallel gingen, die Stränge von einem Ende zum andern hinzogen, oder aber bei schiefen Schnitten da aufhörten, wo sie an der oberen oder unteren Schnittfläche abgeschnitten waren.

Dies Ergebniss ist zwar noch nicht entscheidend, dasselbe gewinnt aber an Beweiskraft, wenn man ihm ein positiveres gegenüberstellt. Als solches betrachte ich die Thatsache, dass es mir oft gelang, auf dickeren Schnitten, die vorher mit Jod behandelt waren, die breiten Parenchymbänder auf Strecken bis zu mehreren Centimetern zu verfolgen, ohne dass irgend wo eine Unterbrechung hätte beobachtet werden können. Wo es sich aber zeigte, dass irgend ein Strang sich nicht in einen andern fortsetzte, konnte leicht gezeigt werden, dass er abgeschnitten war.

In diesen Ergebnissen sehe ich die unwiderleglichen Beweise, dass man es hier mit einem System von breiten Parenchymsträngen zu thun hat, welches sich mit dem System der Markstrahlen verschränkt und mit ihm zusammen den ganzen Holzkörper durchzieht. Man muss sich also den Gang der Nährstoffe so vorstellen, dass dieselben, wenn sie in den Blättern gebildet sind, durch die Rinde in dem Stamme abwärts steigen, dann in die Markstrahlen eindringen und hier in horizontaler Richtung bis ins Innere des Holzkörpers gelangen, wo sie sich so lange durch Diffusion in die einzelnen Holzparenchymelemente vertheilen, bis sich in allen eine etwa gleichmässig concentrirte Lösung befindet, die dann die Form von Stärkekörnern annimmt. An den Stellen, wo sich die Holzparenchymzellen an die Markstrahlen anlegen, findet der Uebergang des horizontal gerichteten Stromes der letzteren in den verticalen Zweigstrom statt.

An dies System von breiteren Strängen reihen sich die kleineren Stränge an, welche mitten im Libriform verlaufen. Auch sie lassen sich sowohl auf tangentialen wie auf radialen Schnitten beliebig weit

verfolgen und vereinigen sich hier und da mit andern gleich gebauten und ähnlich verlaufenden.

Fagus sylvatica (Fig. 4 und 5).

Der Querschnitt zeigt nur drei Zellformen, Gefässe, Holzparenchym und stark verdickte Zellen, welche von Moeller¹⁾ als Libriform, von Sanió²⁾ richtiger als Tracheiden bezeichnet werden. Denn obgleich die Wanddicke dieser Zellen, die besonders auf dem Querschnitt sofort in die Augen fällt, es sehr natürlich erscheinen lassen würde, wenn man diese dem Stamm offenbar seine grosse Festigkeit verleihenden Elemente für mechanische erklären wollte, so müssen sie wegen der gehöften Tüpfel doch nach den obigen Auseinandersetzungen³⁾ den Holzzellen der Coniferen an die Seite gestellt und demgemäss als Tracheiden bezeichnet werden.

Das Holzparenchym erscheint auf dem Querschnitt ganz zerstreut, ohne bestimmte Beziehungen, weder zu den Gefässen, noch zu den Markstrahlen; oft ist eine Zelle rings von den dickwandigen Tracheiden umgeben, noch häufiger bilden einige wenige Zellen eine tangentielle Reihe, die aber selten grössere Dimensionen erreicht, und nur hier und da von einem Markstrahl zum nächsten reicht.

Auf dem tangentialen Längsschnitt findet man, wie zu erwarten ist, zahlreiche einzelne Parenchymstränge, deren Verlauf auf geeigneten Schnitten leicht zu verfolgen ist. Hiervon gilt nun im allgemeinen dasselbe, was wir schon bei *Robinia* hervorgehoben haben; wir können uns also, um zu viele Wiederholungen zu vermeiden, kürzer fassen. Die Stränge laufen ohne Unterbrechung im Stamme fort und lehnen sich regelmässig an die Markstrahlen an. Ein blindes Aufhören im Gewebe ist nirgends zu beobachten.

Verhältnissmässig häufig kommt es vor, dass auf solchen Tangentialschnitten der Raum zwischen zwei grossen Markstrahlen sich ganz durch Parenchymzellen ausgefüllt zeigt; dies ist selbstverständlich nur an solchen Stellen der Fall, welche auf dem Querschnitt tangentielle Bänder zeigen; die Beziehung zwischen den beiderlei Amylomelementen tritt in diesem Falle allerdings weniger deutlich hervor, weil bei der grossen Menge der Holzparenchymzellen gewissermassen keine andere Möglichkeit vorhanden ist, als dass ein Markstrahl beiderseits von solchen Zellen berührt wird. Doch lassen andererseits gerade diese breiteren Stränge die Zusammengehörigkeit sämtlicher Holzparenchymzellen zu einem System sehr deutlich erkennen.

Am auffallendsten tritt aber der Zusammenhang zwischen den beiden Formen des Amyloms da hervor, wo ein Parenchymstrang an

¹⁾ Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Holzes. Wien 1876. S. 5.

²⁾ Botanische Zeitung. 1863. S. 115.

³⁾ Vergl. S. 12. 13

einem Markstrahl aufhört und in ihn übergeht. An solchen Stellen ist es nicht zu verkennen, wie der vertical verlaufende Saftstrom von dem horizontalen aufgenommen wird, gleichsam wie ein Fluss die Nebenflüsse und Bäche von der Seite aufnimmt. Die Markstrahlen erscheinen in der That als die Hauptbeförderungswege für die Kohlehydrate, die im Winter aufgespeichert werden; von ihnen aus führen die zahlreichen Holzparenchymstränge als kleinere Saftwege ins Innere des Holzkörpers. Es erscheint nun von besonderer Wichtigkeit, dass Anschlüsse von der zuletzt geschilderten Art vorkommen, denn durch sie wird jede Möglichkeit ausgeschlossen, die Beziehung zwischen dem Holzparenchym und den Markstrahlen anders zu deuten als wir es im Bisherigen gethan haben.

Caragana arborescens.

Die Gruppierung der Holzelemente auf dem Querschnitt steht in einer gewissen Verwandtschaft mit der bei *Robinia*, zeigt aber doch nicht unbedeutende Abweichungen. Die Grundmasse besteht auch hier aus homogenem Libriform, d. h. es enthält keine vereinzelt Gefässe oder Holzparenchymzellen; dagegen findet man über die ganze Fläche zerstreut grössere Complexe von Mestomelementen. Von diesen Gruppen besitzt das Holz zwei Formen: Die meisten bestehen ähnlich wie bei *Robinia* aus einer Anzahl Gefässen, die mit Holzparenchym zu einem Strang vereinigt sind. Gegen die Herbstgrenze der Jahresringe hin aber, zuweilen auch weiter im Innern, erblickt man Gruppen von dickwandigen Zellen, die auf dem Durchschnitt wegen ihrer polygonalen Form wie ächtes Libriform aussehen, die sich aber als Tracheiden mit gehöften Tüpfeln und starker spiraliger Verdickung erweisen. Innerhalb dieser Gruppen befinden sich Gefässe und Holzparenchymzellen, welche letztern sich gern an die ersteren anlehnen. Die Holzparenchymzellen haben meistens die prosenchymatische Gestalt der Cambiumzellen, sind also nach Sanio's Terminologie als Ersatzfasern zu bezeichnen. Doch haben sie in der unmittelbaren Nähe der Gefässe häufig die Form und Querwandbildung der sonst gewöhnlichen Holzparenchymzellen.

Sowohl die Holzparenchymstränge in ihrem Anschluss an die Markstrahlen, als die Tracheidenmassen, lassen sich in ihrem Längsverlauf auf weite Strecken verfolgen. Auch hier ist in Bezug auf die Continuität zwischen den verschiedenen Theilen des Amyloms zu bemerken, dass man Stellen beobachten kann, wo die Holzparenchymstränge in einen Markstrahl direct übergehen, ohne sich in eine in gleichem Sinne gestreckte stärkeführende Zelle fortzusetzen. Es tritt also auch hier, wie in den bisher angeführten Beobachtungen, deutlich der Uebergang des verticalen Stromes in den horizontalen hervor.

Ueber weitere Hölzer, die ich untersucht habe, will ich nur kurze Bemerkungen hinzufügen; theils, weil der Bau derselben schon lange bekannt ist, theils auch, weil in dem wesentlich zu berücksichtigenden Punkt, den Anschluss der Parenchymstränge an die Markstrahlen betreffend, mir durchaus keine Abweichungen bekannt geworden sind.

Einen ähnlichen Bau wie *Caragana* zeigt *Cytisus*; das Libriform tritt hier in Vergleich mit jenem etwas mehr zurück, die Gefässe und Tracheiden sind dagegen besonders reich entwickelt. Das Holzparenchym lehnt sich überall an die Gefässe an, lässt aber daneben deutlich den Zusammenhang mit den Markstrahlen erkennen.

In dem Holze von *Mélanoselinum decipiens*, welches beide Formen der Amylomelemente spärlich, aber sehr lang gestreckt enthält, ist das Zusammentreten derselben zu einem System sehr in die Augen fallend; die Holzparenchymzellen finden sich meist nur in der nächsten Nachbarschaft der Markstrahlen und gehen auch häufig direct in dieselben über.

Juglans nigra bietet im Bau nichts besonderes dar; das Holzparenchym liegt sowohl um die Gefässe herum, als in tangentialen Bändern, und lässt auf dem Längsschnitt ebenfalls leicht den Zusammenhang mit den Markstrahlen erkennen.

Das Holz von *Crataegus coccinea* ist nach dem gewöhnlichen Typus der meisten Laubbölzer gebaut, enthält aber das Parenchym nicht sehr reichlich entwickelt, und ist gerade deshalb geeignet, um sich ein Bild von dem weiteren Verlauf des Amylomsystems zu machen.¹⁾

Wenn man das Holz so abspaltet, dass die Schnittfläche dem Faserverlauf parallel geht, kann man meist ohne grosse Mühe auf Strecken von mehreren Millimetern die Stränge verfolgen.

Man sieht hier besonders schön, wie sich eine Parenchymzelleihe an einen Markstrahl seitlich anlegt, an demselben vorbeigeht, und im weiteren Verlauf in unmittelbarer Berührung mit einer Markstrahlzelle ihren Abschluss findet, während jenseits des Strahles schon wieder eine andere Zellreihe da ist, welche die Fortsetzung des unterbrochenen Verticalstromes bildet. Weiterhin theilt sich der Strang in zwei oder mehrere Seitenarme, und jeder Einzelstrang theilt die Eigenschaften des ursprünglichen. Andererseits kann er seitlich sich nähernde Stränge aufnehmen oder sich mit ihnen zu einem umfangreicheren vereinigen.

Alle diese Eigenthümlichkeiten des Verlaufs¹⁾ dienen dazu, uns ein Bild von der Zusammensetzung des Amylomsystems zu verschaffen. Zwar kann man mittelst consecutiver Querschnitte auch auf seitlich weiter ausgedehnte Theile des Holzes den Verlauf des Systems verfolgen, doch genügt es, aus den einzelnen, kleinere Stücke umfassenden

¹⁾ Fig. 6.

Bildern das über grössere Flächen ausgedehnte Netzwerk zusammenzusetzen; man wird so eine Vorstellung gewinnen, die im Wesentlichen mit der Wirklichkeit übereinstimmt.

Einen in keinem wesentlichen Punkte von diesem Typus abweichenden Bau des Amylomsystems habe ich ferner gefunden bei *Betula*, *Tilia*, *Quercus*, *Corylus*, *Cydonia*, *Ulmus*, *Platanus* und andern.

Nach den Untersuchungen, deren Resultate ich hier niedergelegt habe, muss es nunmehr als Thatsache angesehen werden, dass alle Elemente des Amyloms ein continuirlich verbundenes System bilden. Denkt man sich alle mechanischen Zellen aus dem Holze entfernt, so schwebt keine einzige Holzparenchymzelle in der Luft; eine jede findet an ihren beiden Enden eine Verbindung mit einer gleichen physiologischen Zwecken dienenden Zelle, sei es nun eine in gleichem Sinne gestreckte Parenchymzelle, oder eine Markstrahlzelle, die dem Strome der gelösten Nährstoffe eine zur vorigen senkrechte Richtung erteilt.

Gehen wir nun noch einmal auf den Vergleich des Holzkörpers der Monokotylen mit dem der Dikotylen zurück, so können wir uns jetzt einen stufenweisen Uebergang zwischen beiden vorstellen, obgleich die Verschiedenheit derselben auf den ersten Blick eine so ausserordentlich grosse zu sein scheint. Denkt man sich in dem Monokotylen-Gefässbündel nach und nach die mechanischen Zellen zwischen die Mestomzellen eindringend, ohne ihre Längsverbindung zu lösen, welche letztere durch häufige secundäre Markstrahlen vielmehr noch befestigt wird, sodass viele Mestomelemente von ihren bisherigen Nachbarn seitlich ganz getrennt sind, und das Ganze mehr den Eindruck einer mit Amylom und Gefässen durchsetzten Libriformmasse macht, so gelangt man, ohne einen Sprung machen zu müssen, zu dem Typus der Dikotylen. Die Eigenschaften und die Verbindung der Mestomelemente unter einander brauchen sich bei diesem Uebergang ausser unwesentlichen Punkten nicht zu ändern; und die Uebereinstimmung der beiden Abtheilungen in dieser Beziehung berechtigt uns wieder zu der Annahme, dass die physiologische Bedeutung der betreffenden Elementarorgane in beiden dieselbe sei.

Zur vollständigen Kenntniss des ernährungsphysiologischen Gewebesystems innerhalb des Holzkörpers würde nun noch eine Betrachtung des Tracheoms¹⁾ d. h. der Durchlüftungsorgane gehören. Dieser Theil des Mestoms ist aber sowohl der Anatomie, als der räumlichen Anordnung nach so vielfach studirt worden, dass es überflüssig wäre, noch ausführlicher darauf einzugehen. Nur auf einen Punkt möchte ich hinweisen, der zu der hier behandelten Frage in einer gewissen Beziehung steht, nämlich den gegenseitigen Einfluss der Gefässe und der Elemente des Amyloms aufeinander.

¹⁾ Dieser Name wurde von Westermarck im Gegensatz zu dem hier angewendeten „Amylom“ vorgeschlagen.

Schon Sanio¹⁾ hat in seiner Abhandlung über die stärkeführenden Zellen darauf aufmerksam gemacht, wie häufig eine Beziehung zwischen den beiden Elementen deutlich ausgesprochen ist. Er gruppirt daselbst die verschiedenen Holzarten nach diesem Verhältniss und findet in den allermeisten Fällen, dass, wenn nicht regelmässig, doch sehr häufig, sich Holzparenchymzellen um ein Gefäss herumlagern. Er macht ferner dabei den Unterschied, ob Holzparenchymzellen ausschliesslich in der Umgebung der Gefässe, in mehrzelligen, ringförmigen Schichten oder unregelmässigen Gruppen vorkommen, oder ob sie ausserdem noch isolirt und in tangentialen Reihen das Libriform durchsetzen.

Es scheint mir nun ein Umstand hierfür von Bedeutung zu sein, der das Verhältniss in ein anderes Licht setzt, auf den aber bisher noch weniger Werth gelegt worden ist.

Die Markstrahlen entstehen ebenso wie Holzparenchym und Gefässe aus dem Cambium, sie dienen demselben Zwecke wie die Holzparenchymzellen, und setzen, wie wir gesehen haben, die in den letzteren ihren Verlauf nehmenden Saftströme nach der Rinde hin fort. Es ist demnach natürlich, dass man bei der Frage nach dem Zusammenhange des Tracheoms²⁾ mit dem Amylom ebenso sehr berücksichtigt, wo sich die Gefässe zu den Markstrahlen in Beziehung setzen, als zu den in der Längsrichtung gestreckten Elementarorganen. Denn halten wir überhaupt an der Vorstellung fest, dass die Gefässe als Hauptzweck die Durchlüftung der stärkebildenden Organe vermitteln, so muss man schliessen, dass überall da, wo sich Amylomelemente im Cambium differentiiren, auch Gefässe entstehen werden; dieselben würden dagegen ihren Zweck verfehlen, wenn sie sich da bildeten, wo es sich nur um die mechanische Festigung des betreffenden Organes handelt.

Daneben muss man aber beachten, dass nicht selten typisch mechanische Zellen einerseits zur Bildung von Stärke, andererseits zur Durchlüftung verwendet werden. Im ersteren Falle wäre es eine Folge unsrer Voraussetzungen, dass sich die Gefässe an die mechanischen Zellen anschliessen; im zweiten Falle wäre es nicht unbedingt erforderlich, dass sich in Berührung mit Amylomelementen eigentliche Gefässe fänden.

Diese Gesichtspunkte scheinen mir Berücksichtigung zu verdienen, wenn es sich um die Beziehungen zwischen den beiden Systemen handelt.

Am auffälligsten tritt das Verhältniss bei denjenigen Hölzern zu Tage, wo die Mestomelemente tangentialen Schichten, oder grössere zusammenhängende Gruppen bilden, wie z. B. bei den Leguminosen, den Proteaceen, *Casuarina* u. s. w. Die Gefässe findet man hier in der Regel von einer Amylomgruppe eingeschlossen, oder auch an

¹⁾ *Linnaea* 1857. 58. p. 111.

²⁾ Vergl. die Anmerkung ¹⁾ zu S. 20.

eine solche angelagert. In allen Fällen aber, wo bei einer derartigen Orientirung Gefässe von jenen Gruppen entfernt vorkommen, lässt sich im weiteren Verlauf ein unmittelbarer Anschluss derselben an Markstrahlen nachweisen.

Von *Cusuarina* sagt Moeller¹⁾, „die Gefässe sind immer von Libriform umgeben, höchstens an das Holzparenchym angelagert, aber nie in die Reihen desselben eingeschlossen“. Bei der Untersuchung dieses Holzes fand ich häufig Gefässe mitten in einen Parenchymstreifen eingeschlossen, und mindestens ebenso oft eine Beziehung der ersteren zu den letzteren, als ich auf Querschnitten beide Elemente getrennt sah; lagen aber Gefässe im Libriform, so schlossen sie sich entweder schon auf demselben Querschnitt oder im weitem Verlauf, den ich auf Längsschnitten verfolgte, an einen Markstrahl an.

Lässt sich aber bei den bisher betrachteten Holzarten die Thatsache nicht wegläugnen, dass eine durchgreifende Beziehung zwischen den Durchlüftungsorganen und den stärkeführenden Zellen²⁾ besteht, so ist die Annahme gerechtfertigt, dass dieselbe auch in den Fällen, wo sie weniger deutlich in die Augen springt, zur Geltung gelangt. Wir kommen daher schliesslich zu dem Ergebniss, dass im Holze der Dikotylen die Gefässe mit den Amylomelementen wie bei den Monokotylen zu einem ernährungsphysiologischen System zusammentreten, welches bei letztern durch die äussere Anordnung der Theile sofort kenntlich wird, bei ersteren aber dadurch an Uebersichtlichkeit verliert, dass eine Durchdringung mit dem mechanischen System eingetreten ist.

Die vorliegende Arbeit ist das Resultat von Untersuchungen, die ich im Laufe des Winters und Frühjahrs 1878—79 im botanischen Institut der Berliner Universität unter persönlicher Leitung und Aufsicht des Herrn Prof. S. Schwendener gemacht habe. Es gereicht mir zu hoher Genugthuung, diesem meinem hochverehrten Lehrer für den Rath, den er mir beim Beginn der Untersuchungen bereitwilligst ertheilt und für das Interesse, mit dem er dem weitem Fortgang derselben gefolgt ist, an dieser Stelle meinen tiefsten Dank auszusprechen. Daran schliesse ich den Dank, den ich Herrn Dr. Westermaier für seine freundliche Unterstützung in einigen speciellen Untersuchungen schuldig bin.

Figuren-Erklärung der Taf. V.

Fig. 1. *Ceragana arborescens*. Tangentialer Längsschnitt; e Ersatzfasern mit und ohne Querwand nebeneinander, g Gefäss, p Holzparenchym von der gewöhnlichen Form, m Markstrahl (270).

¹⁾ A. u. O.

²⁾ Unter stärkeführenden Zellen sind hier wie oben solche zu verstehen, welche zur Zeit der Vegetationsruhe Stärke, Inulin, Oel oder Zucker führen.

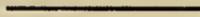
Fig. II. *Robinia Pseudacacia*. Querschnitt, der die Vertheilung der Elemente veranschaulichen soll. Die schraffirten Stellen bestehen aus Holzparenchym (90).

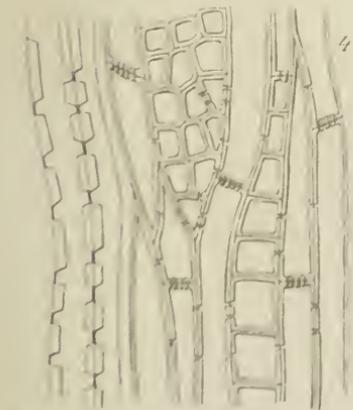
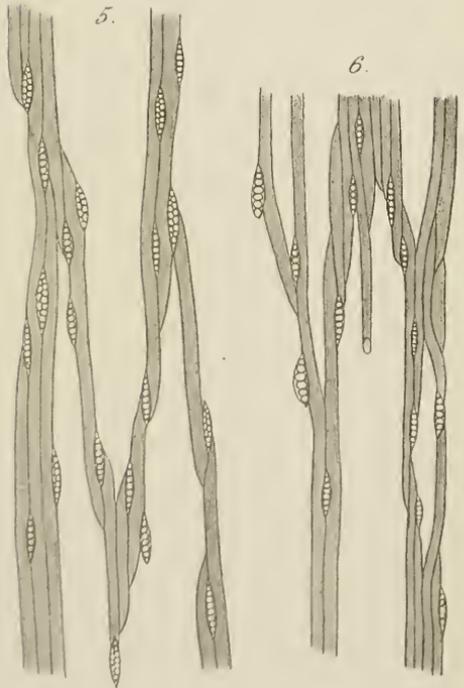
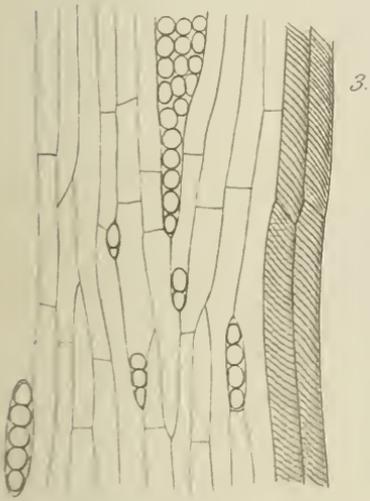
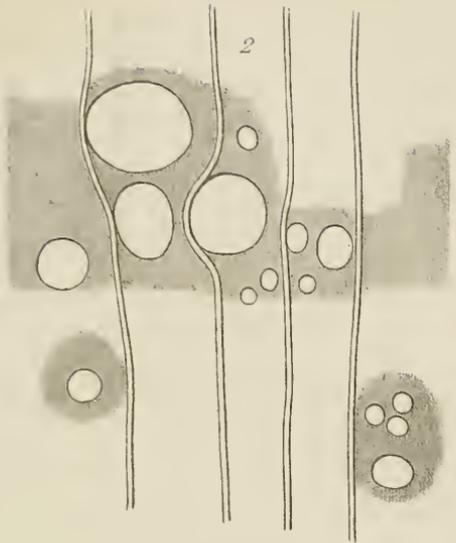
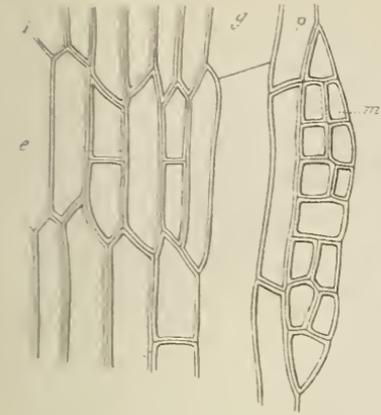
Fig. III. *Robinia Pseudacacia*. Tangentialer Längsschnitt durch das Frühlingsholz, Amylomelemente und Tracheiden.

Fig. IV. *Fagus silvatica*. Tangentialer Längsschnitt, der die Art des Anschlusses der verschiedenen Amylomelemente aneinander zeigt.

Fig. V. *Fagus silvatica*. Ein Theil des Amylomsystems im tangentialen Längsschnitt. Die schraffirten Zellen sind Holzparenchymzellen, alles übrige ist weiss gelassen, mit Ausnahme der Markstrahlen

Fig. VI. *Crataegus coccinea*. Dasselbe. In beiden Figuren sind die Längsdimensionen gegen die Querdimensionen verkürzt.





ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des Botanischen Vereins Berlin Brandenburg](#)

Jahr/Year: 1879

Band/Volume: [21](#)

Autor(en)/Author(s): Troschel I.

Artikel/Article: [Untersuchungen über das Mestom im Holze der dikotylen Laubbäume. 78-96](#)