download www.biologiezentrum.at

# Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Wärmeleitung und Struktur der Hölzer

von **Friedrich Reinitzer.**

(Mit 11 Holzschnitten.)

(Ausgeführt im k. k. pflanzenphysiologischen Institute der Prager Universität.)

Wenn man ein Holz auf seine Leitungsfähigkeit für Wärme untersucht, so findet man, dass dieselbe nach der Längsrichtung grösser ist, als nach der Querrichtung. Diese Thatsache wurde zuerst von de la Rive und Decandolle [1]) gefunden. Zu diesem Resultate gelangten sie durch Vergleichung der Quecksilbersäulen mehrerer Thermometer, die in gleichweit von einander abstehenden, mit Quecksilber gefüllten Bohrungen der betreffenden Hölzer eingesteckt waren. Die Hölzer waren in gleiche Stangen geschnitten und wurden an einem Ende solange erhitzt, bis die Thermometeranzeigen constant blieben. Die so resultirenden Thermometeranzeigen nehmen, von der Erwärmungsstelle an gerechnet, nach einer geometrischen Reihe ab, während die Abstände der Thermometer nach einer arithmetischen Reihe zunehmen. Später beschäftigte sich Tyndall [2]) mit derselben Frage und hierauf wurde sie von Knoblauch [3]) ergriffen. Letzterer wählte zur Untersuchung dieselbe Methode, die schon Senarmont zur Klarlegung der Wärmeleitungsverhältnisse der Krystalle verwendet hatte. Diese Methode hat den grossen Vortheil, dass durch ihre Anwendung die Leitungsfähigkeit gleichzeitig nach allen in einer Ebene liegenden Richtungen

[1]) De la Rive und Decandolle, Bibliothèque universelle de la Génève. T. XXXIX. Poggend. Ann. Bd. XIV.

[2]) Tyndall, Philos. Magazin 4. Séries vol. V. und VI.

[3]) Knoblauch, Poggend. Ann. Bd. CV.

graphisch dargestellt wird. Aus dem betreffenden Material wird eine Platte geschnitten und in eine Durchbohrung derselben ein Metallstift eingesteckt, den man entsprechend erhitzt. Die Platte wird vorher mit einer dünnen gleichmässigen Wachs- oder Stearinschichte überzogen. Durch das Schmelzen derselben wird nun in jedem Augenblicke eine Curve auf die Platte gezeichnet, die alle Punkte gleicher Temperaturen verbindet, demnach eine Isotherme ist. Sie bleibt auch nach dem Erkalten durch Bildung eines Walles sichtbar. Knoblauch fand nun, dass die Isothermen von Hölzern auf Längsschnitten Elipsen sind, was natürlich auch aus den Untersuchungen von De la Rive und Decandolle folgt. Er zeigte ferner, dass ein gewisses Abhängigkeitsverhältniss zwischen der Elasticität und Wärmeleitungsfähigkeit nach der gleichen Richtung des Holzes herrscht. Er fertigte nämlich aus jedem Holze 2 Stäbchen; die Längsaxe des einen war parallel zur Faserrichtung, die des zweiten senkrecht auf dieselbe. Beide Stäbchen wurden nun einer gleichen Belastung ausgesetzt und die Radien der dabei resultirenden Krümmungsbögen bestimmt. Bezeichnet man den der Faserrichtung entsprechenden Krümmungsradius mit $r$, den zweiten mit $r'$, sind ferner die Axen der zugehörigen Elipse nach denselben Richtungen $a$ und $b$, so stehen nach Knoblauch die beiden Verhältnisse $\frac{r}{r'}$ und $\frac{a}{b}$ in einem gewissen Zusammenhang. Bestimmt man nämlich diese Werthe für ein Reihe von Hölzern so findet man, dass mit dem Wachsen von $\frac{r}{r'}$ auch $\frac{a}{b}$ zunimmt, jedoch ohne dass sich eine einfache mathematische Relation zwischen ihnen entdecken liesse. Es zeigt sich aber, dass für alle Hölzer bei denen $\frac{a}{b}$ ungefähr den gleichen Werth hat, $\frac{r}{r'}$ annähernd constant bleibt. Indem nun der genannte Forscher die Hölzer nach der ungefähren Gleichheit der Verhältnisse $\frac{a}{b}$ oder $\frac{r}{r'}$ ordnet, erhält er vier Gruppen, die sich aber nicht scharf von einander trennen lassen. Alle diese Untersuchungen gestatten jedoch immer noch keinen Einblick in die wahre Ursache dieser Erscheinung. Diese liegt, wie es eigentlich von selbst verständlich ist, blos in der eigenthümlichen Struktur des Holzes. Der einzig richtige und mögliche

Weg um sich über diese letztere Aufschluss zu verschaffen, ist die mikroskopische Untersuchung der Hölzer. Der Gedanke, den erwähnten Zusammenhang auf diesem Wege zu ermitteln, ist so naheliegend, dass er nicht als besonderes Verdienst gelten kann und die Ursache, warum sich die früher genannten Forscher dieser Methode nicht bedienten, kann nur in dem Umstande gesucht werden, dass ihnen histologische Untersuchungen fern lagen.

Auch ich bediente mich zum Studium der Wärmeleitungsverhältnisse der Senarmont'schen Methode, die jedoch etwas abgeändert wurde, um eine genauere Messung der Axen der Isothermen vornehmen zu können. Abgesehen davon, dass bei der ursprünglichen Methode die Begränzung der Curve durch den Anfangs erwähnten Wall keine scharfe ist, hat dieselbe besonders noch d e n Nachtheil, dass die Herstellung einer so dicken Stearinschichte wie sie für die Bildung eines Walles nöthig erscheint, sehr schwierig ist; denn eine Ungleichheit der Dicke des Überzuges, wie sie hier sehr leicht vorkommt, hat, wie ich mich wiederholt überzeugte, bedeutende Verzerrungen der Isotherme zur Folge. Es wurde daher der Überzug möglichst dünn gemacht und durch Reiben mit einem Lappen polirt. [1]) Findet nun die Erwärmung des Holzes von dem eingesteckten Metallstift aus statt, so zieht sich die flüssig gewordene Stearinsäure in dasselbe ein, wodurch die erhitzt gewesene Stelle bleibend matt wird, und sich sehr scharf von der spiegelnden Fläche abgränzt, was freilich nur in einer solchen Lage des Holzes deutlich sichtbar ist, in welcher die Oberfläche desselben dem Auge spiegelnd erscheint. Nach diesem so abgeänderten Verfahren wurde nun eine grössere Reihe von Versuchen ausgeführt, und jedes Holz, das irgend eine auffallendere Erscheinung zeigte, mikroskopisch untersucht. So gelangte ich zu einer genauen Einsicht in den Zu-

[1]) Am einfachsten lässt sich ein solcher Überzug derartig herstellen, dass man die vorher vollkommen geebnete und geglättete Fläche des Holzes über einer Flamme s c h w a c h erwärmt, und hierauf etwas flüssige Stearinsäure darauf tropft. Nachdem man nöthigenfalls nochmals erwärmt hat, verstreicht man die Stearinsäure mit dem Finger so lange, bis sie fest geworden ist und polirt sie dann mit einem Lappen. Man muss dabei darauf achten, dass das Holz nicht zu heiss gemacht wird, indem sich dann die Stearinsäure einsaugt, und dass ferner die zu überziehende Fläche bedeutend grösser ist als die darauf zu erzeugende Isotherme, da der Überzug an den Rändern stets ungleich dick ausfällt.

download www.biologiezentrum.at

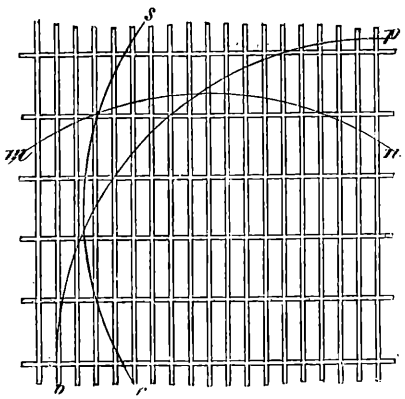

sammenhang zwischen der Struktur und den Wärmeleitungsverhältnissen des Holzes, welcher zunächst entwickelt werden soll.

Wenn zwei Wärmeleiter sich unmittelbar berühren, so ist die Wärmemenge, die in einer bestimmten Zeit von dem einen auf den andern übergeht, — abgesehen von andern Faktoren — auch von der Grösse des Berührungsquerschnittes abhängig und zwar ist sie demselben direkt proportional. Dagegen steht die Intensität der Wärme an irgend einer Stelle eines homogenen Leiters zur Grösse des Querschnittes daselbst im verkehrten Verhältnisse. Bei einem Holze ist nun dieser bei der Wärmeleitung in Betracht kommende Querschnitt nicht etwa gleich dem Querschnitte des Holzes in toto, sondern gleich der Summe der Querschnitte der einzelnen Zellwände welche die Schnittfläche des Holzes netzartig ausfüllen. Ich will ihn daher im Folgenden zum Unterschiede von der ganzen Schnittfläche des Holzes als „leitenden Querschnitt" bezeichnen. Betrachten wir nun zunächst ein Gewebe, das vollkommen gleichmässig aus cubischen Zellen zusammengesetzt ist. Führt man durch ein solches Gewebe in beliebiger Richtung Schnitte und vergleicht dieselben bezüglich der leitenden Querschnitte, so ergibt sich leicht, dass dieselben gleich gross sind. Daraus folgt, dass auch die in gleichen Zeiten nach verschiedenen Richtungen fortgepflanzten Wärmemengen gleich sind. Wird daher ein solches Gewebe mittelst eines Stiftes von einem Orte aus erwärmt, so muss in Folge dessen, da ja die Masse ganz gleich vertheilt ist, die Intensität der Wärme an gleich weit von der Erwärmungsstelle abstehenden Punkten gleich sein, d. h. an diesen Punkten herrscht dieselbe Temperatur. Es muss somit für ein solches Gewebe die Isotherme, welche in einer senkrecht zum Stift stehenden Ebene liegt, ein Kreis sein, und die isothermische Fläche eine Kugel, wobei ein für allemal unter isothermischer Fläche diejenige Fläche gleicher Temperaturen verstanden sein soll, welche durch Erwärmen von einem Punkte oder einer Kugel aus entstehen würde. Anders gestalten sich die Verhältnisse bei einem aus gestreckten Zellen bestehenden Gewebe. Betrachten wir ein solches auf seinem Längsschnitt, welchen uns Fig. 1 versinnlichen soll, und denken wir uns senkrecht auf diesen Schnitt eine cylindrische Bohrung ausgeführt. Die Bögen *mn*, *op* und *rs* sollen Stücke der Projektion dieses Cylinders sein. Der Theil der

download www.biologiezentrum.at



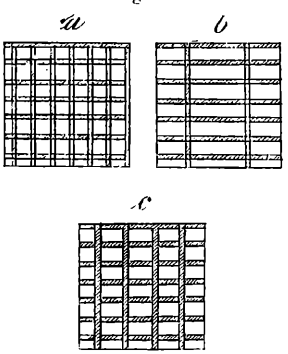
Fig. 1.




Längsschnitt durch ein ideales Gewebe aus gestreckten Zellen. Die Bögen *mn* *op* und *rs* sind blos des Raumes wegen so gezeichnet, dass sie sich schneiden, da es hier nur auf die Stellung derselben gegen die Zellen ankommt. In Wirklichkeit muss man sich dieselben, ihre Richtung beibehaltend, zu einem Kreise vereinigt und ergänzt denken.

cylindrischen Bohrung, dessen Projektion *mn* ist, muss von Innen gesehen wie Fig. 2*a*, derjenige der *rs* entspricht, wie Fig. 2*b*, und der welcher sich in *op* projicirt, wie Fig. 2*c* aussehn. Die in den Figuren schraffirten Flächen sind aber diejenigen Querschnitte, welche die Wärme aufnehmen und fortleiten. Die Summe dieser Querschnitte ist nun offenbar unter diesen drei gleich grossen Flächen in Fig. 2*a* am grössten, in Fig. 2*b* am kleinsten und in Fig. 2*c* von mittlerem Werthe. Die vom Stifte zugeführte Wärmemenge wird nun aber nach den verschiedenen Richtungen nach Massgabe der Grösse der zugehörigen Querschnitte vertheilt, da ja von dieser die aufgenommene Wärmemenge abhängig ist. Es wird also das Gewebe in der Längsrichtung die grösste, in der Querrichtung die kleinste und in jeder anderen Richtung eine, zwischen diesen zwei Extremen gelegene Wärmemenge empfangen. Bei einem ganz gleichförmigen Gewebe, wie das hier angenommene, muss die Vertheilung der Masse, natürlich auch bei gestrekten Zellen, vollkommen gleichmässig sein. Es kann somit in gleicher Entfernung vom Stifte die Temperatur in der Querrichtung noch nicht so hoch gestiegen sein als in der Längsrichtung, indem ja nach jener Richtung zur Erwärmung der gleichen Holzmasse weniger Wärme mitgetheilt werden kann, als nach dieser. Sucht man also, um die Leitungsfähigkeit beurtheilen zu können, die gleich hohen Temperaturen auf, (Methode von Senarmont), so

Fig. 2.



wird man sie in der Querrichtung der Wärmequelle näher finden, als in der Längsrichtung. Hiernach wäre also nicht etwa die Geschwindigkeit[1]) der Leitung in verschiedenen Richtungen verschieden, sondern die fortgeleitete Wärmemenge, und dem zu Folge ist in gleichen Entfernungen von der Wärmequelle die Intensität der Wärme in der Längsrichtung grösser als in der Querrichtung. (Methode von Decandolle und de la Rive.) Allerdings könnte man noch die Annahme machen, dass die Zellwand selbst nach der Länge und Breite (nicht etwa Dicke) mit ungleicher Geschwindigkeit leite. Diese Annahme könnte jedoch nur in dem optischen Verhalten der Zellwand eine Stütze finden, und da dieselbe zur Erklärung der Erscheinungen nicht nothwendig ist, so möge sie hier unberücksichtigt bleiben. Die Ursache der verschiedenen Leitungsfähigkeit eines Gewebes der eben besprochenen Art ist daher die: dass ein solches Gewebe bei ganz gleicher Massenvertheilung eine derartige Struktur besitzt, dass die Summe der Leitungs-Querschnitte nach der Längsrichtung grösser ist, als nach der Querrichtung. Die Isotherme auf dem Längsschnitte eines so beschaffenen Gewebes ist daher eine Elipse und die isothermische Fläche (im vorhin gegebenen Sinne) ein Rotationselipsoid, dessen Rotationsaxe die grosse Elipsenaxe ist. Ein Gewebe endlich, dessen leitende Querschnitte nach drei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen, welche den Axen der Zellen desselben entsprechen, eine verschiedene Grösse hat, muss als isothermische Fläche ein dreiaxiges Elipsoid haben. Gewebe dieser Art werden später noch ausführlicher besprochen werden.

Wenn man nun die natürlich vorkommenden Gewebe betrachtet, so sieht man auf den ersten Blick, dass sich bei ihnen nie eine solche Regelmässigkeit findet, wie ich sie soeben der Einfachheit halber annahm. Aus diesem Grunde zeigen die Isothermen manchmal kleine Abweichungen von der mathematisch genauen Gestalt der betreffenden Curve. Dieselben sind jedoch ziemlich selten, was ja auch leicht begreiflich ist, wenn man bedenkt, dass sich in den meisten Fällen die Wirkungen der Unregelmässigkeiten des Gewebes zum grössten Theil gegenseitig aufheben und der übrig bleibende

[1]) Natürlich bezieht sich hier die Geschwindigkeit auf gleiche Wärmemengen.

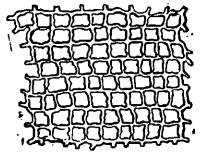
download www.biologiezentrum.at


Theil derselben von so geringem Belang ist, dass er nicht erkannt werden kann. Ferner wurde bisher stillschweigend vorausgesetzt, dass das betreffende Gewebe aus lauter gleichartigen Zellen zusammengesetzt sei. Solche Gewebe sind aber unter den hier in Betracht kommenden sehr selten; die überwiegende Mehrzahl derselben besteht aus einem Gemenge von oft sehr verschiedenen Zellformen, und durch diesen Umstand müssen begreiflicher Weise die Leitungsverhältnisse merklich geändert werden.

Die isothermische Fläche der von mir untersuchten Gewebe hat, mit Ausnahme weniger specieller Fälle, entweder die Gestalt einer Kugel oder eines Elipsoides.

Eine Kugel fand sich als isothermische Fläche blos bei einem der untersuchten Gewebe, nämlich bei dem Korkgewebe von Quercus Suber. Dieses besteht bekanntlich aus lauter nahezu cubischen Zellen wie aus Fig. 3 ersichtlich ist. Die Theorie steht also mit der Thatsache hier im völligen Einklange. Es lässt sich hieraus mit Sicherheit der Schluss ziehen, dass auch andere ähnlich gebaute Gewebe sich bezüglich der Wärmeleitung in gleicher Weise verhalten müssen. So muss z. B. das Mark von Sambucus ebenfalls auf jeder beliebigen Fläche als Isotherme einen Kreis haben.

Fig. 3.



Übergehen wir nun zu den Geweben, deren isothermische Fläche ein Elipsoid ist. Hier macht sich vor allem der Umstand geltend, dass dieselben stets aus verschiedenen Zellformen zusammengesetzt sind. Wir finden neben Holzprosenchym entweder blos Markstrahlen wie im sekundären Holz der Coniferen und Cycadeen, oder auch noch Gefässe wie im primären Holze dieser Pflanzen und dem Holze der Gnetaceen und Dicotylen. Im letzteren Falle kommt auch noch sehr häufig Holzparenchym vor. Betrachten wir zunächst die Wirkung, welche das Vorhandensein von Gefässen und überhaupt sehr langen Zellen auf die Gestalt der isothermischen Fläche ausübt. Vergleicht man wieder gleich grosse Stücke von Längs- und Querschnitten eines mit sehr langen Zellen untermischten Gewebes gestreckter Zellen, so ergibt sich, vergleichend mit einem blos aus letzteren bestehenden Gewebe, dass hier die Differenz zwischen der Grösse der leitenden Querschnitte nach diesen zwei Richtungen viel bedeutender

ist. Wenn daher in einem Gewebe eine grössere Anzahl von Gefässen vorkommt, so hat dies zur Folge, dass diejenige Isotherme, welche sich auf einem parallel den Gefässen geführten Schnitt bildet, senkrecht zu dieser Richtung verschmälert wird. Es lässt sich jedoch leicht denken, dass einige Gefässe nicht hinreichen können, eine äusserlich sichtbare Wirkung hervorzubringen, sondern dass hiezu schon eine grössere Anzahl derselben nöthig ist. Um nun auch experimentell die Wirkung der Gefässe zu zeigen, muss man ein Gewebe suchen, das an einzelnen Stellen sehr gefässreich ist. Aus einem solchen Gewebe besteht aber das Holz der meisten Laubbäume, denn diese haben ein sehr gefässreiches Frühjahrsholz und ein gefässarmes Winterholz. Man könnte nun die Leitungsverhältnisse des Frühlings- und Winterholzes dadurch vergleichen, dass man durch Tangentialschnitte dieselben nach einander bloslegt und die auf ihnen entstehenden Elipsen vergleicht. Um es jedoch anschaulicher zu machen, verfuhr ich hierbei derartig, dass ich auf dem Radialschnitte eines Holzes mit sehr breiten Jahresringen eine Elipse so erzeugte, dass ihre eine Hälfte im Frühlingsholz, die andere im Herbstholz entstand. Zu diesem Versuch eignet sich sehr gut das Holz von Elaeagnus fusca [1]), welches nicht blos breite Jahresringe hat, sondern auch eine verhältnissmässig scharfe Abgrenzung des ganz besonders gefässreichen Frühlingholzes gegen das Sommer- u. Winterholz zeigt. Fig. 4 gibt eine möglichst getreue Copie dieses Holzes sammt der darauf entstandenen Isotherme in natürlicher Grösse. Die dunkler gehaltenen Partien sind das Frühlings-, die schmalen schwarzen Bänder dagegen das Winterholz. Die unten angegebenen Zahlen machen ersichtlich, dass das erstere in der That die Queraxe der Elipse verkleinert. Aus den zwei (gestrichelten) Elipsenergänzungen erkennt man, wie die Iso-

Fig. 4.

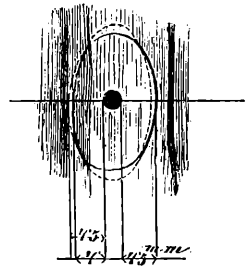
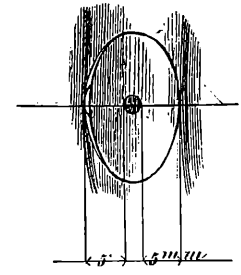


Fig. 5.



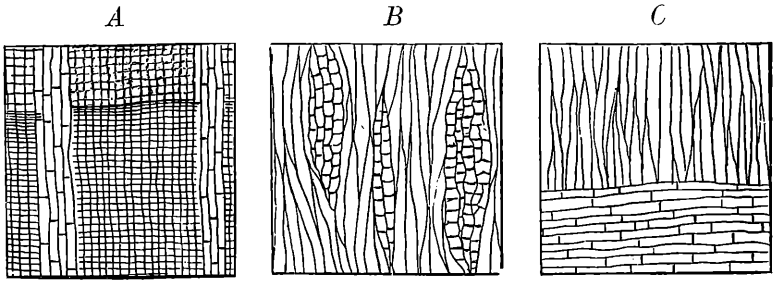
[1]) Sämmtliches Materiale hatte Herr Prof. Weiss mir freundlichst beigestellt.

download www.biologiezentrum.at


therme ausfallen würde, wenn das Holz vollkommen gleichmässig entweder aus Frühlings- oder aus Herbstholz bestände. Wegen der ziemlich scharfen Abgrenzung des gefässreichen Holzes von dem übrigen, ist an der Grenze beider an der Isotherme ein Buckel entstanden, der sehr deutlich sichtbar ist. Eine zweite Isotherme an einer andern Stelle desselben Holzes, die in Fig. 5 abgebildet ist, zeigt ein noch schöneres Resultat. Die Isotherme tritt hier aus dem Herbst- und Sommerholz in das Frühlingsholz über und aus diesem in das Winterholz. Wäre letzteres nicht der Fall, so würde natürlich wieder dasselbe wie in Fig. 4 entstehen. Da aber die Isotherme aus dem Frühlings- in das Winterholz übertritt, in welchem der leitende Querschnitt nach der Querrichtung des Holzes bedeutend grösser ist, so muss von dieser Stelle an als Ende der Isotherme ein Stück einer Elipse entstehen, deren Längsaxe viel kürzer ist als die einer Elipse auf dem Herbst- und Sommerholze. Es entsteht daher an der Übergangsstelle ein einspringender Winkel, der hier um so deutlicher sichtbar ist, indem durch das Frühlingsholz vorher ein Stück einer gestreckteren Elipse eingeschoben wurde. Wie man sieht, sind die kleinen Halbaxen der so entstandenen Isotherme gleich lang, weil die Wirkung des Frühlings- und Winterholzes sich in dieser Beziehung aufgehoben hat.

Übergehen wir nun zur Betrachtung der Wirkung der Markstrahlen. Die Markstrahlen bestehen bekanntlich aus ein oder mehreren Schichten radial gestreckter Zellen, die auf ihrem Querschnitt — am Tangentialschnitt des Holzes — isodiametrische Umrissformen haben. Sie keilen sich nach Oben und Unten zu aus und es hat daher ihr Querschnitt stets eine zweispitzige Gestalt. Schon aus dem radialen Verlauf kann man schliessen, dass sie dem Holze in verschiedenen Richtungen bezüglich der Wärmeleitung ein sehr verschiedenes Verhalten ertheilen werden. Um nun dieses Verhalten beurtheilen zu können, muss man die nach den verschiedenen Richtungen vorhandenen leitenden Querschnitte betrachten. Fig. 6 möge dazu dienen, dieser Betrachtung leichter folgen zu können. Denkt man sich für einen Augenblick die Markstrahlen weg, so ist die Summe der leitenden Querschnitte am Tangential- und Radialschnitt gleich und kleiner als am Querschnitt. Kommen jedoch die Markstrahlen hinzu, so entstehen folgende Änderungen: Am Tangen-

Fig. 6.




Schematische Darstellung eines Quer- = (*A*), Tangential- = (*B*) und Radialschnittes = (*C*) durch ein Holz, ohne Rücksicht auf Gefässe. Die Zellwanddicke ist durch die Dicke der Linien repräsentirt. Da diese so ziemlich gleich ist, so kann die Grösse des leitenden Querschnittes nach der Anzahl der Linien beurtheilt werden.

tialschnitt wird der leitende Querschnitt vergrössert und zw. um so mehr, je mehr Markstrahlen auf die Flächeneinheit dieses Schnittes kommen, je grösser ihre Querschnittsfigur, also die Breite und Höhe ist und je kleiner und dickwandiger ihre Zellen sind. Am Radialschnitte gestaltet sich die Sache je nach Zellengrösse und Zellwanddicke der Markstrahlen verschieden. Stimmen diese zwei Faktoren mit denen des übrigen Gewebes überein, so ändert sich am leitenden Querschnitt gar nichts, da für diesen die Richtung der Zellen ganz gleichgültig ist. Sind jedoch die Zellen der Markstrahlen kürzer, oder schmäler, oder dickwandiger als die des umgebenden Gewebes, so wird der leitende Querschnitt vergrössert, im entgegengesetzten Falle verkleinert. Die Vergrösserung oder Verkleinerung ist um so stärker, je mehr Markstrahlen vorhanden, und je breiter und länger sie sind. Am Querschnitt des Holzes endlich wird der leitende Querschnitt durch die Markstrahlen verkleinert und zw. um so stärker, in je grösserer Anzahl dieselben vorhanden und je breiter sie sind, und aus je grösseren und dünnwandigeren Zellen sie bestehen. Es ist von selbst verständlich, dass durch das Hinzukommen der Markstrahlen auch die Masse des Holzes verändert werden kann, was dann geschieht, wenn die Grösse der Zellen und die Dicke ihrer Wände, im Xylem- und Markstrahlgewebe verschieden ist. Dies hat jedoch blos auf die Grösse der Isotherme, nicht aber auf das Axenverhältniss derselben einen Einfluss.

download www.biologiezentrum.at


Aus den soeben angeführten Veränderungen, die der leitende Querschnitt eines Holzes durch die Markstrahlen erleidet, lässt sich nun leicht die, auf verschiedenen Schnitten eines Holzes entstehende Isotherme bestimmen. Betrachten wir zunächst die Isotherme am Querschnitt. Die zu ihrer Entstehung nöthige Wärmemenge hat den Leitungsquerschnitt des Radial- und Tangentialschnittes zu passiren. Der Tangentialschnitt wird durch die Markstrahlen vergrössert, der Radialschnitt dagegen kann je nach Umständen vergrössert oder verkleinert werden, oder auch unverändert bleiben. Im ersteren Falle wird es häufig geschehen, dass die leitenden Querschnitte am Tangential- und Radialschnitte gleich sind und dann muss ein Kreis entstehen. In den beiden anderen Fällen aber entsteht eine Elipse, deren Längsaxe in radialer Richtung liegt und welche je nach dem Verhältniss der leitenden Querschnitte (am Radial- und Tangentialschnitt) mehr oder weniger gestreckt ist. Eine Elipse muss daher, wie aus dem vorhergehenden leicht ersichtlich ist, dann entstehen, wenn die Markstrahlen aus sehr langen Zellen bestehen und in grosser Anzahl vorhanden sind. Was die Form der Isotherme am Tangentialschnitt anbelangt, so ist für diese wieder der leitende Querschnitt des Radial- und Querschnittes massgebend. Am Radialschnitt verhält sich derselbe wie bereits angegeben, am Querschnitt wird er verkleinert. Die Längsaxe der hier entstehenden eliptischen Isotherme wird somit durch die Markstrahlen verkürzt, während die Queraxe entweder gleich bleibt oder grösser oder kleiner wird. Da jedoch die Zellen des Holzes meist sehr langgestreckt sind, so ist der Unterschied zwischen dem leitenden Querschnitt am Tangential- und Querschnitte desselben meistens so bedeutend, dass durch die Wirkung der Markstrahlen allein kein Kreis, oder auch nur eine dem Kreise sich nähernde Elipse entstehen kann. Kommt letzteres jedoch trotzdem vor, so lässt diess auf sehr kurze Zellen des Xylemgewebes schliessen, worauf ich noch später beim Holze von Erythrina laurifolia zurückkommen werde. Am Radialschnitt endlich wird die Elipse, wie man durch ähnliche Betrachtungen leicht finden kann, in der Längsrichtung verkürzt, in der Querrichtung dagegen verlängert. Bei einem Holze mit vielen Markstrahlen wird daher am Radialschnitt eine Elipse entstehen, die sich schon sehr dem Kreise nähert.

Die Annäherung wird um so grösser sein, je grösser die Markstrahlen und ihre Anzahl, und je länger ihre Zellen sind. Wenn nun ein Holz viele grosse Markstrahlen besitzt, die aus langen Zellen bestehen, so muss sowohl am Radialschnitt, als auch am Querschnitt desselben, nach dem bisher gesagten, eine sich dem Kreise sehr nähernde Elipse entstehen. Einem solchen Holze kommt demnach als isothermische Fläche ein dreiaxiges Elipsoid zu.

Diese Wirkung der Markstrahlen wurde auf Grund der früheren Versuche und ihrer Erklärung abgeleitet und es handelte sich nun darum, dies experimentell zu bestätigen und so die Theorie zu prüfen. Ich suchte mir zu diesem Zwecke 2 Hölzer mit ziemlich vielen und grossen, aus sehr gestreckten Zellen bestehenden Markstrahlen aus: Platanus orientalis und Fagus sylvatica. Die Versuche mit diesen zwei Hölzern ergaben Resultate, die vollkommen mit der Theorie übereinstimmen. Wenn man aus den Axenverhältnissen der drei Isothermen das Axenverhältniss der isothermischen Flächen berechnet, so erhält man für:

| Fagus | | | Platanus | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 14,5 | 9,5 | 8,6 | 12,3 | 11 | 9 |
| 1,69 | 1,10 | 1,00 | 1,36 | 1,22 : | 1,00 |

Man sieht, dass der Unterschied in den Axen der Isotherme, am Querschnitt ziemlich bedeutend werden kann, denn bei Fagus verhalten sich dieselben wie 10 : 11 und bei Platanus sogar wie 9 : 11. Da es sehr viele Hölzer gibt, die der oben erwähnten Bedingung, welche die isothermische Fläche zu einem dreiaxigen Elipsoide macht, entsprechen, so sind auch jedenfalls Hölzer, die eine eliptische Isotherme am Querschnitt zeigen, nichts seltenes. So ist z. B. das Axenverhältniss der Isotherme am Querschnitt von Erythrina laurifolia 11 12, von Pyrus communis 11 : 13 und von Quercus spec. 11,5 : 12.

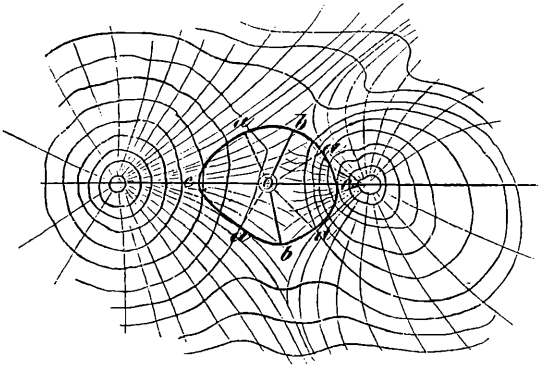
Man kann also aus der Struktur eines Holzes mit ziemlich grosser Wahrscheinlichkeit auf die Form der, demselben zukommenden isothermischen Fläche schliessen. Es gelingt jedoch auch der umgekehrte Schluss in manchen Fällen ganz gut. Hievon überzeugte ich mich durch folgenden Fall: Auf einem Querschnitt von Juniperus sabina, der von einer Stelle des Stammes herrührte, die etwas über einem Gabelungsort desselben lag und somit zwei organische

download www.biologiezentrum.at



Mittelpunkte besass, stellte ich zwischen diesen beiden eine Isotherme her, welche die in Fig. 7 abgebildete eigenthümliche Gestalt hatte. Da der Verlauf der Markstrahlen bei diesem Holze mit freiem Auge nicht erkannt werden kann, indem dieselben fast gar nicht zu sehen sind, so versuchte ich es, aus derForm der Isotherme auf diesen Verlauf zurückzuschliessen, indem ja hier blos die Markstrahlen die Ursache dieser eigenthümlichen Form sein können.

Fig. 7.

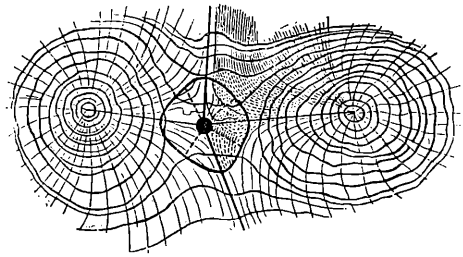



Die von den beiden organischen Mittelpunkten ausgehenden Linien charakterisiren den Verlauf der Markstrahlen, wie man ihn mit einer Loupe erkennt. Die Markstrahlen selbst, die ungemein dicht beisammen stehen und sehr schmal sind, konnten dieses Umstandes wegen nicht gezeichnet werden. Nat. Grösse.

Zunächst erkennt man, dass die Ausdehnung der Isotherme in den Richtungen *Oa* die kleinste, nach *Oc* die grösste und nach *Ob* hin eine mittlere ist. Es müssen daher die Markstrahlen ungefähr so angeordnet sein, dass sie senkrecht gegen *Oa* vorlaufen, parallel mit *Oc* und schief gegen die Richtungen *Ob*. Das Letztere deshalb, weil der Werth *Ob* zwischen *Oc* und *Oa* liegt. Diese Vermuthung trifft denn auch in der That zu. Mit einer guten Loupe erkennt man, dass der Verlauf der Markstrahlen so ist, wie in der Figur angegeben. Dass die Markstrahlen zwischen den beiden organischen Mittelpunkten in mehreren Wellenlinien angeordnet sind, wie diess die Figur zeigt, konnte natürlich aus der Form der Isotherme nicht erkannt werden. Eine noch schönere Isotherme der eben besprochenen Art erhielt ich auf dem Querschnitt von Pyrus communis, der einer analogen Stelle entnommen war, wie der von Juniperus sabina. Dieselbe ist sammt dem Holze in Fig. 8 abgebildet. Auch das

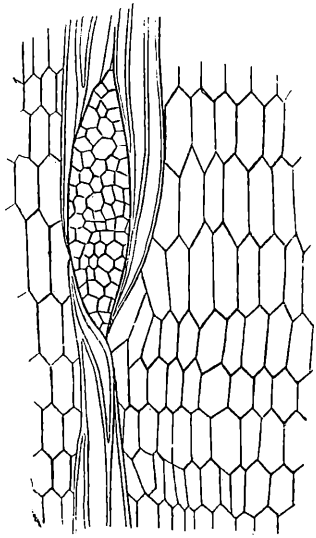
Holz von Erythrina laurifolia gab Gelegenheit dazu, aus der Form der Isotherme auf den Bau des Gewebes einen Rückschluss zu ziehen. Die auf dem Tangentialschnitt desselben erzeugte Isotherme nähert sich schon bedeutend dem Kreise, da ihre Axen sich wie 11 13 verhalten. Aus diesem Umstande folgt, wie schon pag. 42 erwähnt wurde, dass die Zellen dieses Holzes sehr kurz sein müssen, was auch mit dem anatomischen Bau, wie Fig. 9 zeigt, vollkommen übereinstimmt.

Fig. 8.



Die Markstrahlen sind blos im oberen rechten Viertel ausgeführt, im übrigen Theil ist blos ihr Verlauf angegeben. Nat. Grösse.

Fig. 9.



Tangentialschnitt durch das Holz von Erythrina laurifolia.

Ausser den bisher besprochenen Zellcombinationen, die durch das Vorhandensein von langgestreckten Zellen oder Markstrahlen und ein Elipsoid als Isotherme charakterisirt sind, bieten für die Wärmeleitungsverhältnisse noch diejenigen einiges Interesse, bei denen gestreckte Zellen in einer Curve angeordnet sind. Diese Anordnung kommt verhältnissmässig selten vor und lässt sich am treffendsten mit derjenigen Struktur vergleichen, die durch Biegung eines Langholzes entstehen würde. Ich habe zwei derartige Hölzer untersucht und zw.: Fraxinus americana und Platanus orientalis. Bei dem ersteren sind die Zellen auf dem Radialschnitt nach wellenförmigen Linien geordnet, die in axialer Richtung verlaufen. Bei dem letzteren dagegen sind solche Krümmungen am Tangentialschnitt, und zw. nur an manchen Stellen vorhanden, an denen sie derartig entstehen, dass die hier sehr langen Markstrahlquerschnitte nach einer Curve ge-

ordnet sind, und folglich die ihnen ausweichenden gestreckten Gewebezellen sich in gleicher Weise verhalten müssen. Fig. 10 und 11 zeigt die Isothermen, die auf diesen zwei Hölzern entstehen. Bei beiden ist die auf der convexen Seite liegende Hälfte der Isotherme viel stärker gekrümmt, als die entgegengesetzte Hälfte, was man am leichtesten daran erkennt, dass die vom Centrum am weitesten entfernten Punkte nicht an jenen Stellen liegen, wo die, durch das erstere zur Stammaxe gezogene Parallele die Isotherme schneidet. Diese Erscheinung erklärt sich leicht wenn man beachtet, dass eine parallel zur Stammaxe gezogene Gerade hier dieselben Querschnittsverhältnisse trifft, wie eine Gerade, die in einem geradfaserigen Holze unter dem Winkel $\alpha$ gegen die Faserrichtung gezogen wird, welche also nicht in der Axenrichtung der Isotherme liegt. Es kann daher auch in dem fraglichen Falle der längste Radius nicht in der Axenrichtung des Holzes liegen. Der vom Erwärmungs-Mittelpunkte am weitesten entfernte Punkt der Isotherme muss offenbar da liegen, wo diese von der, durch ersteren gezogenen Krümmungskurve des Holzes getroffen wird; denn die, von dem grössten Querschnitt aufgenommene grösste Wärmemenge, wird sich nur in jener Richtung ungeändert fortpflanzen, wo ihr dieser selbe Querschnitt auch zur Fortleitung geboten wird, das ist in der Richtung der Krümmung. In jeder anderen Richtung trifft sie schief auf die Faserrichtung, wo ihr ein kleinerer Querschnitt geboten wird, daher auch eine geringere Wärmemenge in dieser Richtung fortgeleitet werden, und die Erwärmung auch nicht auf eine so weite Strecke vor sich gehen kann. Durch diese Umstände entsteht somit eine Curve, welche gleichsam so aussieht, wie eine im Sinne der Krümmung der Holzfasern gebogene Elipse.

Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 10. Isotherme am Tangentialschnitt von Platanus orientalis.
Fig. 11. Isotherme am Radialschnitt von Fraxinus americana.

Wenn man alles bisher Gesagte genau erwägt und die hier gegebene Erklärung als richtig anerkennt, so muss man zu dem Schlusse kommen, dass die isothermische Fläche eines Gewebes umso

grösser sein muss, je grosszelliger und dünnwandiger das Gewebe ist, und umgekehrt desto kleiner, je kleinzelliger und dickwandiger es ist. Denn die zu erwärmende Masse nimmt mit der Wanddicke und Anzahl der Zellen zu, was bezüglich der Grösse der isothermischen Fläche ganz denselben Effekt hat, wie wenn die auf einen grösseren Raum ausgebreitete Masse des lockeren Gewebes auf einen kleineren zusammengedrängt würde. Es wird dann in derselben Zeit von der gleichen Wärmemenge zwar wieder dieselbe Masse, aber ein kleineres Volumen auf die gleiche Temperatur gebracht werden, da eben die gleiche Masse jetzt auf einem kleineren Volumen ist. Es wird somit auch die isothermische Fläche kleiner werden. Man könnte nun hier einwenden, dass mit der Zunahme der Dichte des Gewebes auch die aufnehmenden Querschnitte sich vergrössern und sich die Wirkungen dieser beiden aufheben. Dem ist jedoch nicht so. Es darf nämlich nicht vergessen werden, dass an das Holz in der Zeiteinheit immer nur die gleiche Wärmemenge abgegeben werden kann; es muss ja, um vergleichbare Resultate zu erlangen, der erhitzte Stift stets auf derselben Temperatur erhalten werden. Es darf nicht etwa aus der früheren Angabe über die Wirkung verschieden grosser Querschnitte geschlossen werden, dass auch hier der grössere Querschnitt eine grössere Wärmemenge aufnehmen wird und umgekehrt, denn dort wurde die, von dem Stifte abgegebene Wärmemenge durch die Wirkung der Querschnitte nach verschiedenen Richtungen blos ungleich vertheilt; eine Änderung der Gesammtmenge der aufgenommenen Wärme kann jedoch durch die Querschnitte nicht hervorgebracht werden. Diese hängt blos von der Temperatur des Stiftes ab. Um nun auch durch den Versuch zu zeigen, dass dichtere Gewebe kleinere, lockere dagegen grössere Isothermen haben, liegt nichts näher als die specifischen Gewichte der Hölzer mit den, durch eine constante Wärmequelle auf ihnen erzeugten Isothermen zu vergleichen. Diesen Weg schlug ich auch Anfangs ein. Zu diesem Zwecke bediente ich mich einer Legierung, die in einer Metallschale derartig erhitzt wurde, dass sie stets einen Krystallbrei darstellte. Durch diesen Umstand war ein bequemes und ziemlich empfindliches Kennzeichen für die Constanz der Temperatur der Legierung geschaffen. Zum Erwärmen des Holzes diente

ein, durch drei Drähte in senkrechter Lage in der Schale befestigter Messingdraht, (etwa 2mm dick), der oben gerade abgefeilt war. Die Hölzer wurden als Klötzchen angewendet und waren ihrer ganzen Dicke nach mit einer gut ausgefeilten, dicht auf den Messingdraht passenden Bohrung versehen. Die Hölzer, die den Stearinüberzug stets auf der gleichen Schnittfläche (Radialschnitt) trugen, wurden stets nur soweit auf den Stift aufgesteckt, dass ihre obere Fläche mit dem Stiftende in einer Ebene lag. Sie waren bei den ersten Versuchen durch einen Schirm von der strahlenden Wärme geschützt, der sich jedoch als überflüssig erwies. Es wurde nun von mehreren Hölzern das specifische Gewicht ermittelt, und dieselben dann nach der eben beschriebenen Methode auf ihre Wärmeleitungsverhältnisse geprüft. Als vergleichbare Zahlenwerthe für die Elipsen wurden die Producte der Axen (die sich wie die Flächen verhalten) gewählt. Obwohl nun die Versuche oft wiederholt wurden, so konnte doch keine Übereinstimmung mit der Anfangs erwähnten Behauptung erzielt werden. Gleichzeitig zeigte sich aber, dass während die Elipse derselben Holzart bei allen Versuchen fast vollkommen gleiche Grösse hatte, das specifische Gewicht oft ziemlich bedeutend variirte. Aus diesem Umstande erkennt man auch leicht, warum eine (verkehrte) Proportionalität zwischen specifischem Gewicht und Isothermengrösse nicht besteht. Das specifische Gewicht eines Holzes hängt nämlich nicht blos von der Grösse der Zellen und der Dicke ihrer Wände ab, sondern ist auch noch von dem specifischen Gewicht der Substanz des Holzes abhängig. Dieses ist aber sowohl bei den verschiedenen Hölzern, als auch bei demselben Holze, ganz sicher sehr ungleich. Diess folgt ja schon aus der Thatsache, dass sich in die Holzsubstanz die verschiedensten organischen und unorganischen Stoffe einlagern, worauf man bei manchen Hölzern schon durch die Färbung derselben aufmerksam gemacht wird, so z. B. bei Eichen-, Buxbaum, Ebenholz u. a. Ausserdem wird durch diese Stoffveränderung auch das specifische Leitungsvermögen geändert, wodurch ebenfalls die Abweichungen vermehrt werden.

Da sich also auf diesem Wege der oben erwähnte Zusammenhang zwischen Wärmeleitung und Gewebsdichte nicht nachweisen liess, schlug ich einen andern ein, der auch zum gewünschten Ziele führte. Anstatt nämlich Hölzer von verschiedener Dichte zu nehmen,

änderte ich die Dichte eines und desselben Holzes, indem ich es von den Seiten her zusammenpresste. Durch dieses Zusammenpressen ändert sich aber nicht blos die Dichte, sondern auch das Verhältniss der Querschnittsgrössen. Auf dem zur pressenden Fläche parallel liegenden Schnitt bleibt der leitende Querschnitt ungeändert, während er senkrecht zu Ersterer in demselben Maasse, in welchem das Holz zusammengepresst wurde, sich vergrössert. Da durch die Pressung auch die Dichte des Holzes vergrössert wird, muss, nach den früheren Auseinandersetzungen die Isotherme, verkleinert werden. Diess kann jedoch blos mit jener Axe geschehen, die in der Richtung des Druckes liegt, denn in der darauf senkrecht stehenden Richtung ist mit der Dichte in demselben Maasse auch gleichzeitig die zugehörige Querschnittsgrösse gewachsen, wodurch die Intensität der, in dieser Richtung fortgeleiteten Wärme, unverändert bleibt. Wenn also die obige Anschauung richtig ist, so muss durch das Zusammenpressen in der Querrichtung des Holzes die Elipse derart verändert werden, dass in dieser Richtung die Axe in demselben Verhältniss verkürzt wird, in welchem das Holz zusammengepresst wurde, während die Längsaxe unverändert bleibt. Es wurden nun auf einer Anzahl von Hölzern, mit Hilfe der oben beschriebenen constanten Wärmequelle, unter Einhaltung einer genau gemessenen Zeit, die Isothermen verfertigt und zwar stets auf dem Radialschnitt [1]). Hierauf wurden die Hölzer zusammengepresst. Um die Grösse der Pressung zu messen, wurden an den beiden Endpunkten der kleinen Axe der Elipse mit einem sehr dünnen scharfen Messer Tangenten an dieselben ziemlich tief in das Holz eingeschnitten. Die Endpunkte der kleinen Axe wurden aus dem Grunde gewählt, damit durch Ungleichheiten im Zusammenpressen, welche beim Vorhandensein von Jahresringen stets vorkommen, keine Fehler enstehen. Die durch das Zusammenpressen wellig gewordene Oberfläche wurde wieder geglättet, die Entfernung der nun wieder sichtbar gewordenen Einschnitte gemessen, die Bohrung für den Stift an den gepressten Seiten wieder ausgefeilt, und hierauf wieder die Isotherme unter

[1]) Der Tangentialschnitt eignet sich zu diesen Versuchen nicht, weil beim Zusammenpressen in tangentialer Richtung sich meistens die Jahresringe von einander blättern.

denselben Verhältnissen, als diess das erstemal geschah, erzeugt. Hierbei zeigte sich, dass sich die Queraxe vollkommen entsprechend verhielt, die Längsaxe jedoch stets um ein Stückchen zu kurz war. Ich erklärte mir diess so, dass ich mir dachte, dass sich bei der Pressung das Holz in der Längsrichtung etwas streckt, wodurch der in dieser Richtung gelegene Durchmesser der Bohrung verlängert wird. Es wird daher an diesen zwei Stellen ein sehr unvollständiger Contakt mit der Wärmequelle vorhanden sein, und so die erwähnte Erscheinung zu Stande kommen. Um diess auch experimentell zu beweisen, machte ich noch folgenden Versuch: Ich spaltete ein Holzklötzchen durch einen Radialschnitt. Die eine so erhaltene Hälfte wurde zusammengepresst, die andere unverändert gelassen. Hierauf erst wurden die Bohrungen gemacht, und dann auf jenen Flächen, mit welchen die Hölzer beisammen gewesen waren, die Isotherme erzeugt. Das Resultat stimmte auf das allergenaueste mit der Theorie überein. Beide Elipsen hatten dieselbe Länge und die kleine Axe der einen war genau im Verhältniss der Pressung kleiner geworden. — Dass beim Zusammenpressen von Kork der Kreis zur Elipse wird, wie auch der Versuch bewies, braucht wohl kaum noch erwähnt zu werden.

Fassen wir nun noch einmal alle Resultate kurz zusammen, so ergibt sich folgendes: Gewebe aus isodiametrischen Zellen haben als isothermische Fläche eine Kugel; Gewebe aus gestreckten Zellen zeigen ein Elipsoid, dessen grosse Axe umso länger ausfällt, je grösser der Unterschied zwischen Längs- und Querdurchmesser der Zellen ist. Je nach der Anzahl und Grösse der Markstrahlen, und der Grösse und Wanddicke ihrer Zellen, ist dieses Elipsoid zwei- oder dreiaxig. — An Gabelungsstellen holziger Axen entsteht als Folge der Anordnung der Markstrahlen eine isothermische Fläche, deren Querschnitt gleichsam ein abgerundetes Viereck ist. — Wenn in einem aus gestreckten Zellen bestehendem Gewebe die ersteren nach einer Curve angeordnet sind, so entsteht auf einem Längsschnitte, der diese Curve in sich enthält, eine Isotherme, die sich mit einer im Sinne der Curve gegebenen Elipse vergleichen lässt. Endlich wurde gezeigt, dass die Grösse der Isotherme mit der Zellengrösse und Zellwanddicke im verkehrten Verhältniss steht.

Vergleicht man diese Resultate mit denen der Untersuchung

von Knoblauch, so zeigt sich, dass diese eine Berichtigung erfahren, müssen. Knoblauch theilt nämlich alle von ihm untersuchten Hölzer in vier Gruppen ein, die er nach dem Axenverhältniss der Elipsen bildet. Er gibt dasselbe für diese Gruppen folgendermassen an: 1 : 1,25; 1 : 1,45; 1 : 1,60; 1 : 1,80. Innerhalb jeder dieser Gruppen sind ziemlich viele Hölzer angeführt, die selbstverständlich nicht genau dem Axenverhältniss entsprechen, sondern davon mehr oder weniger abweichen. Es ist nun, wie ich früher angegeben habe, bei Fagus und Platanus das Axenverhältniss auf dem Radial- und Tangentialschnitt ein verschiedenes, was jedenfalls, aus früher angegeben Gründen, noch bei vielen anderen Hölzern vorkommt. Berechnet man für diese zwei Hölzer das obige Axenverhältniss am Radial- und Tangentialschnitt für die kleine Axe = 1, so erhält man:

| | Fagus | Platanus |
|---|---|---|
| Tangentialschnitt | 1 1,50 | 1:1,117 alsofast1:1,12 |
| Radialschnitt | 1 1,96<br>also fast<br>1 1,70 | 1:1,36 |

Darnach würde Fagus in die zweite und dritte, Platanus in die erste und zweite Gruppe gehören. Beide sind jedoch in der zweiten Gruppe angeführt. Da die Richtung des Schnittes, auf dem die Isotherme ausgeführt wurde, für keines der Hölzer angegeben ist, auf welchen Punkt der Verfasser überhaupt keinen Werth legt, da ihm dessen Einfluss unbekannt ist, so sind die angegebenen Zahlen ziemlich werthlos. Es springt aber auch fernerhin sofort in die Augen, dass die Aufstellung solcher Gruppen ziemlich schwierig, wenn nicht ganz unmöglich ist. Es sind nämlich ausser der Richtung des Schnittes noch andere Umstände auf das Axenverhältniss von Einfluss. Das primäre Holz wird im Allgemeinen gestrecktere Elipsen geben, als das sekundäre, da es die längsten Zellen enthält. Ganz dasselbe Verhältniss wird auch am Tangentialschnitt herrschen, je nach dem ob man die Isotherme auf gefässreichem Frühlingsholz,

download www.biologiezentrum.at


oder gefässarmen Winterholz herstellt. Je nach verschiedenen äusseren Wachsthums-Bedingungen wird dieselbe Art bald mehr, bald weniger gestreckte Zellen haben. Durch das gleichzeitige Vorhandensein mehrerer solcher, in gleichem Sinne wirkender Umstände, können so bei derselben Art ziemlich bedeutende Schwankungen zu Stande kommen. Es dürfte daher, falls eine Vergleichung der Hölzer bezüglich dieses Punktes ausführbar wäre, dieselbe von sehr geringem Werthe sein.

Durch eine flüchtigere Betrachtung der oben erwähnten, von Knoblauch gegebenen Tabelle, kann man sich leicht zu einem falschen Schluss verleiten lassen, welcher sich in der That auch in Wüllner's Lehrbuch der Experimentalphysik (Bd. III., pag. 294, 3. Aufl.) angegeben findet. Viele von jenen Hölzern, welche die kürzeste Elipse haben, sind sehr hart, während sich viele der weichsten Hölzer unter jenen mit der längsten Elipse finden. Wüllner spricht diess jedoch als allgemein giltige Thatsache aus, was unrichtig ist. Da nämlich die Hölzer mit sehr kurzer Elipse als Isotherme nothwendig auch Zellen haben müssen, die im Verhältniss zu ihrer Breite sehr kurz sind — wenn nicht sehr viele Markstrahlen vorhanden — und umgekehrt, so müssten, wäre Wüllners Angabe richtig, alle harten Hölzer aus kurzen Zellen, alle weichen aus sehr langen Zellen bestehen, oder es müssten die harten Hölzer viel mehr Markstrahlen haben, als die weichen.

Diess ist aber nicht der Fall; es gibt eben so gut harte Hölzer aus langen, wie weiche Hölzer aus kurzen Zellen. Für erstere liefern uns viele harte Palmenhölzer gute Beispiele, ebenso Eisenholz, das sich in der Tabelle von Knoblauch unter den Hölzern mit der längsten Elipse angegeben findet. Andererseits gibt es aber auch Hölzer, die aus sehr kurzen Zellen bestehen (also kurze Elipsen geben) und dennoch sehr weich sind. Das Holz der Erythrina laurifolia liefert hiefür den besten Beweis. Dasselbe ist wegen seiner Weichheit, Leichtigkeit und schwammigen Beschaffenheit bekannt und doch ist das Axenverhältniss der auf einem Tangentialschnitt desselben erzeugten Elipse blos 1 1,18 demnach die Zellen auch sehr kurz wie Fig. 9 zeigt. Ebenso hat der Kork von Quercus suber einen Kreis als Isotherme, obwohl er ganz weich ist. Die von Wüllner ausgesprochene Beziehung ist daher nicht von all-

gemeiner Giltigkeit. — Ich glaube nun die Art und Weise des Zusammenhanges zwischen Struktur und Wärmeleitung des Holzes hinreichend erklärt und nachgewiesen zu haben. Wäre man im Stande auf irgend eine Art die Grösse des leitenden Querschnittes am Tangential-, Radial- und Querschnitte eines Holzes direckt zu messen, so könnte man auch die Axenverhältnisse der demselben zukommenden isothermischen Fläche im Vorhinein angeben.

Zum Schlusse sei es mir noch gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, dem Herrn Regierungsrath Prof. Dr. *Ad. Weiss* meinen tiefgefühltesten und aufrichtigsten Dank für das bereitwillige Entgegenkommen und die gütige Unterstützung in Rath und That auszusprechen, durch welche ich in den Stand gesetzt wurde, diese Arbeit auszuführen.

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Lotos - Zeitschrift fuer Naturwissenschaften

Jahr/Year: 1878

Band/Volume: 28

Autor(en)/Author(s): Reinitzer Friedrich

Artikel/Article: Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Wärmeleitung und Struktur der Hölzer 34-55