Der anatomische Bau des Holzes in seinen Beziehungen zur Jahrringbildung und zu den technischen Eigenschaften der Hölzer.

Von Professor Dr. Graner in Tübingen.

Vortrag, gehalten am 4. November 1893 im „naturwissenschaftlichen Verein“ daselbst.

M. H! Als die Reihe des Vortrags in unserem Verein an mich herantrat, konnte ich mich der Einsicht nicht verschließen, daß für mich als Forstmann und somit als Laien auf naturwissenschaftlichem Gebiete eine gewisse Schwierigkeit in der Aufgabe liege, einen Stoff zu wählen, von welchem angenommen werden könne, daß er geeignet sei, auch den hier anwesenden Vertretern der verschiedenen naturwissenschaftlichen Disziplinen Interesse zu bieten, und ich muß es selbstredend ganz Ihrer Beurteilung anheimgeben, ob meine Wahl, von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, eine zweckmäßige war, wenn ich es heute unternehme, zu Ihnen zu reden über den anatomischen Bau des Holzes und seine Beziehungen zur Jahrringbildung und zu den technischen Eigenschaften der Hölzer. Immerhin ging ich davon aus, daß eine zusammenfassende Darstellung dieses Gegenstandes, wobei auch der neueren Forschungen auf dem in Rede stehenden Gebiete gedacht wird, nicht bloß überhaupt den Mitgliedern unseres Vereins, sondern namentlich auch den Angehörigen des forstlichen Fachkreises nicht ganz unerwünscht sein werde.

Die Erforschung des anatomischen Baues des Holzes ist Aufgabe der anatomisch-physiologischen Botanik. Sie ist aber zugleich von unmittelbarer Bedeutung für die Lösung einer Reihe von Fragen der forstlichen Produktionslehre. So bildet die nähere Kenntnis der anatomisch-physiologischen Verhältnisse meines Erachtens die unentbehrliche Unterlage, von welcher die noch so sehr in den Anfängen liegende naturwissenschaftliche Begründung der Maßnahmen des Waldbaues ausgehen müßte. Dann aber — und dies ist die uns hier berührende Seite — muß der anatomische Bau zur Erklärung der auf dem Gebiete der technischen Eigenschaften hervortretenden Erscheinungen in den verschiedensten Richtungen herangezogen werden, wiewohl unser Wissen über diese Beziehungen noch manche Lücken aufweist. Eine mehr nebensächliche Bedeutung endlich ist darin zu suchen, daß der anatomische Bau im gefällten Zustande der Hölzer ein Kennzeichen für die Holzart bildet.

Bei dem Versuche, den anatomischen Bau unserer heimischen Hölzer in kurzen Zügen darzulegen, bedarf es zunächst der Anknüpfung an die Unterscheidung der „primären Gefäßbündel“ und des „sekundären Holzes“. Erstere sind in den jüngsten Organen innerhalb des Grundgewebes des

Mark's und der Rinde nahezu kreisförmig angeordnet und lassen nur die Markstrahlen zwischen sich. Der einzelne Gefäßbündel enthält nach innen den Holzteil (Xylem) und nach außen den Bastteil (Phloëm). Diese beiden grenzen aber nicht unmittelbar aneinander, sondern werden durch das Bildungsgewebe, das „Kambium“, getrennt. Unter fortgesetzter Teilungsthätigkeit schließt sich dieses Kambium allmählig zu einem Ring zusammen, und bildet im Laufe der weiteren Vegetationsperioden nunmehr die Grenzscheide zwischen dem äußeren Teil, dem Rindenkörper, und dem uns hier allein noch berührenden inneren Teil, dem sekundären Holze.

Betreffend den Aufbau des sekundären Holzkörpers, so ist es, anknüpfend an die physiologischen Funktionen, üblich geworden, von drei verschiedenen Gewebesystemen zu reden. Es sind dies das „tracheale System“, bestehend aus Gefäßen und Tracheiden, das „bastfaserähnliche System“ oder „Libriformsystem“ und endlich das „parenchymatische System“. Diese Systeme unterscheiden sich, wie in anatomischer, so in physiologischer Hinsicht, insofern dem trachealen System die Aufgabe der Leitung des Wasserstromes im Baumkörper, dem Libriformsystem die Funktion der mechanischen Festigung der Gewebe und dem parenchymatischen System diejenige der Leitung und Aufspeicherung der plastischen Substanzen zukommt. Scharf abgegrenzt ist freilich die Verteilung dieser Funktionen unter die erwähnten verschiedenen Gewebeformen nicht, sondern es finden sich Übergänge. So nehmen z. B. auch die Tracheiden — insbesondere bei den Nadelhölzern, welchen die Libriformfasern fehlen, — an der Festigung des Stammes Anteil und ebenso spielt nach einer neueren Theorie (von Godlewsky) auch das Parenchymgewebe bei der Wasserströmung im Holze eine wenigstens vermittelnde Rolle. Immerhin giebt die Unterscheidung jener drei Systeme einen guten Anhalt für die Einteilung der Gewebe des sekundären Holzes.

Etwas abweichend hiervon ist die von R. Hartig in seinem „Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen“ getroffene Einteilung. Derselbe unterscheidet: 1. Gefäße; 2. Holzprosenchym, bestehend aus Tracheiden, Libriformfasern und Faserzellen; 3. Holzparenchym, zerfallend in Strangparenchym und Strahlenparenchym.

Rufen wir uns nunmehr in Kürze die wesentlichen Kennzeichen der einzelnen, diese Gewebe zusammensetzenden Elementarorgane ins Gedächtnis zurück.

Die im Holzkörper vorkommenden Gefäße (Tracheen) sind gegliederte, den Stamm von der Wurzel bis zu den Blättern durchziehende Röhren, entstanden durch Auflösung der Querswände einzelner in der Längsrichtung

aneinander grenzender Zellen. Ihr Lumen ist mit durch Luft unterbrochenen Wasserteilchen erfüllt und die Wandungen sind abwechselungsweise verdickt. Auf dem Querschnitt heben sich die Gefäße durch größere Weite des Lumens von der übrigen Gewebemasse ab, was zu der uneigentlichen Bezeichnung „Poren“ geführt hat. Gefäße finden sich nur bei den Laubhölzern. Den Nadelhölzern fehlen sie, bezw. sie treten hier nur in den jüngeren Organen in der Umgebung der Markröhre auf. Der Anteil, welchen die Gefäße bei den Laubhölzern am Aufbau des Holzkörpers nehmen, ist von Bedeutung nicht nur wegen der Markierung der Jahresringe, sondern auch wegen der Rückwirkung auf das spezifische Gewicht, welches durch das Vorwalten von Gefäßen, namentlich solcher mit weitem Lumen, herabgedrückt wird.

Die Tracheiden sind prosenchymatisch entwickelte Zellen, welche ihre Selbständigkeit als Elementarorgane bewahrt haben. Von diesem Unterschiede abgesehen, sind sie den Gefäßen ähnlich sowohl rücksichtlich des Inhalts als der Beschaffenheit der Wände. In letzterer Hinsicht zeigen die Tracheiden die charakteristische Form der „gehöftten Tüpfel“, von welchen angenommen wird, daß sie eine Rolle bei der Vermittelung der Wasserströmung im Holze spielen. Bei den Nadelhölzern, welchen, wie schon erwähnt, die Gefäße fehlen, bilden die Tracheiden die Grundmasse des Gewebes. Bei den Laubhölzern finden sich Tracheiden mehr vereinzelt, in der Regel in der Nähe der Gefäße, vor.

Die Libriformfasern, welche Bezeichnung der Ähnlichkeit mit den Bastfasern entnommen ist, unterscheiden sich von den Tracheiden hauptsächlich durch noch ausgeprägtere Längserstreckung und schärfere Zuspitzung, durch stärkere Verdickung der Wände und sehr enges Lumen, sowie durch das Zurücktreten oder Fehlen der Tüpfel. Libriformfasern finden sich nur bei den Laubhölzern; ihr Anteil an dem Bau des Holzes scheint hier aber vorzugsweise für die Dichte und die Güte des Holzes bestimmend zu sein.

Das im Holzkörper enthaltene Parenchym ist — wenigstens im jüngeren Holze — als lebendes Gewebe aufzufassen, dessen Zellen von dünnen Wandungen umkleidet sind und Protoplasma im Innern enthalten. Hierdurch werden sie zur Auffpeicherung von Reservestoffen befähigt.

Soweit das Parenchymgewebe des Holzes in der Längsrichtung entwickelt ist, zeigt es die Form des „Strangparenchyms“ und findet sich zu meist in der Umgebung der Gefäße und Tracheiden vor.

Im Gegensatz hierzu ist das „Markstrahlenparenchym“ in der Querrichtung entwickelt. Bei den meisten Holzarten, so bei den Laubhölzern

und bei der Tanne, besteht das gesamte Markstrahlengewebe nur aus Parenchym; bei einigen Nadelhölzern dagegen (Fichte, Kiefer, Lärche) finden sich an der oberen und unteren Grenze des die Mitte ausfüllenden Parenchyms sogenannte Quer-Tracheiden vor. Die bei einzelnen Holzarten, wie bei Eiche und Buche, vorkommenden breiten Markstrahlen bestehen aus einer größeren Zahl nebeneinander liegender Zahlreihen, die schmalen Markstrahlen dagegen aus einer oder doch nur wenigen Zellreihen.

Zu bemerken ist noch, daß die bisher erwähnten Gewebe dicht aneinander schließen und der Holzkörper somit eine kompakte Masse darstellt. Eine Ausnahme machen nur die Harzgänge, welche im Holze einiger unserer Nadelhölzer (Fichte, Kiefer, Lärche, nicht aber Tanne) auftreten. Es sind dies Sekretbehälter, welche man sich als durch Desorganisation der umgebenden Zellreihen entstanden denkt.

An die Darstellung der Zusammensetzung des Holzkörpers aus Elementarorganen sind nun einige Betrachtungen anzureihen über den Aufbau des Holzkörpers aus Jahresringen.

Es ist einleuchtend, daß die Schichtung des Holzkörpers in konzentrisch angeordnete, mehr oder weniger kreisförmige Ringe, welche je das Produkt der Vegetationsthätigkeit eines Jahres darstellen und deshalb als Jahresringe bezeichnet werden, auf abweichenden anatomischen Bau der in den verschiedenen Phasen der Vegetationsperiode gebildeten Elementarorgane zurückgeführt werden muß. Nun sind zwar die innerhalb desselben Jahresringes gebildeten Zonen häufig nicht scharf von einander abgegrenzt, sondern meist durch Übergänge vermittelt; wohl aber heben sich die Endzone des jeweilig früheren und die Anfangszone des unmittelbar folgenden Jahresrings deutlich ab.

Betreffend zunächst die Namensbezeichnung, so waren für die beiden, innerhalb des einzelnen Jahresrings hervortretenden Zonen früher allgemein die Ausdrücke „Frühjahrs Holz“ und „Herbstholz“ üblich. Letztere Bezeichnung ist nun aber von R. Hartig angefochten worden und soll mit Rücksicht auf die nach seinen Untersuchungen noch in die eigentlichen Sommermonate fallende Zeit der tatsächlichen Entstehung durch „Sommerholz“ ersetzt werden. Andere Autoren, so F. Schwarz in seiner „forstlichen Botanik“, glauben im Hinblick auf den Umstand, daß die neue Bezeichnung doch auch nicht für alle Verhältnisse passe, wie denn z. B. in den Wurzeln das Dickwachstum erst Ende Oktober oder noch später erlösche, an dem älteren, so gebräuchlichen Ausdrucke „Herbstholz“ festhalten zu sollen.

Der Gegensatz des Frühjahrs Holzes und des Herbst Holzes ist be-

grundet teils in der abweichenden Gestaltung derselben Elementarorgane in den beiderlei Zonen, teils in dem Auftreten verschiedener Elementarorgane. Ersteres trifft bei den Nadelholzern zu, während bei den Laubholzern die beiden Unterschiede nebeneinander hergehen.

Beginnen wir mit den Nadelholzern, deren Holz überhaupt einen einfacheren Bau zeigt. Da sowohl Gefäße als Librifasern fehlen, ist der bei den Nadelholzern meist ziemlich scharf abgegrenzte Unterschied zwischen dem Frühjahrsholz und Herbstholz ausschließlich nur auf die abweichende Beschaffenheit der Tracheiden in den beiderlei Zonen zurückzuführen. Die Tracheiden des Frühjahrsholzes sind nämlich auf dem Querschnitt durch weites Lumen und regelmäßige Gestalt mit annähernd gleicher Entwicklung des Durchmessers in der Richtung des Radius wie der Tangente oder, wie die übliche Bezeichnungsweise lautet, durch verhältnismäßig bedeutende „radiale Streckung“ gekennzeichnet, wozu noch meist das Merkmal geringer Wandungsdicke hinzutritt. Im Gegensatz hierzu zeigen die Tracheiden des Herbstholzes — und zwar in um so höherem Grade, je mehr man sich der Jahresringgrenze nähert, — nicht nur eine Verengerung des Lumens und eine mehr abgeplattete, in die Breite gedrückte Gestalt infolge der Verkürzung des radialen Durchmessers, sondern zumeist auch eine zunehmende Verdickung der Wände. Mit Rücksicht auf diese Verschiedenheit stellt R. Hartig eine „Rundfaserficht“ und eine „Breitfaserficht“ einander gegenüber.

Bei den Laubholzern besteht zwar ein ähnliches Verhältnis bezüglich stärkerer radialer Streckung und eines entsprechend weiteren Lumens der Tracheiden des Frühjahrsholzes im Vergleich zum Herbstholz; doch ist dieser Gegensatz hier weniger deutlich ausgeprägt, als bei den Nadelholzern, wie denn die Jahresringgrenze bei den Laubholzern für das unbewaffnete Auge meist nur durch eine verhältnismäßig feine Linie gekennzeichnet ist. Von größerer Bedeutung scheint zu sein, daß im Herbstholz die mechanischen Elemente, also die Librifasern, in größerer Zahl aufzutreten pflegen. Der hauptsächlichste Faktor aber für die Markierung der Jahresringe ist bei den Laubholzern die Zahl, Verteilung und Beschaffenheit der Gefäße. Im Frühjahrsholz sind nämlich die Gefäße nicht nur in größerer Zahl vertreten, sondern auch durch größere Weite des Lumens gekennzeichnet, wodurch das Frühjahrsholz ein mehr großporiges Aussehen und eine hellere Färbung erhält. Solches ist nun freilich bei den verschiedenen Holzarten nicht in gleichem Maße ausgeprägt, worauf denn die nach dem Vorgange Nordlingers übliche Unterscheidung der „ringporigen Laubholzer“ — z. B. Eiche, Esche, Ulme — und der „zerstreutporigen Laubholzer“ — z. B. Rot und Weißbuche, Ahorn, Erle, Linde

u. f. w. — beruht; immerhin ist es doch Regel, daß die Zahl und Weite der Gefäße im Jahresring von innen nach außen abnimmt.

Die Ursachen der Jahrringbildung sind noch keineswegs genügend aufgeklärt; vielmehr liegt hier eines der am meisten umstrittenen Probleme vor.

Allerdings ist die ältere, von Sachs aufgestellte „Rindendrucktheorie“, welche die Bildung mehr abgeplatteter, verdickter Organe im Herbstholz auf eine Zunahme des Rindendruckes im Laufe der Vegetationsperiode zurückführen wollte, jetzt verlassen, seitdem von Krabbe der experimentelle Nachweis erbracht worden ist, daß thatsächlich eine derartige jahreszeitliche Verschiedenheit im Rindendruck nicht bestehe.

Eine neue Theorie der Jahrringbildung ist die von R. Hartig aufgestellte.

Nach diesem Forscher wären für die Erklärung der Jahrringbildung zwei verschiedene, in der Regel nebeneinander bestehende Einflüsse in Betracht zu ziehen.

Der eine Faktor soll darin zu suchen sein, daß es im Frühjahr, wenn der Baum sich mit neuen Trieben und Knospen versehe, zunächst auf baldige und ausgiebige Deckung des Transpirationsbedarfs ankomme, wodurch Veranlassung gegeben sei, daß zunächst möglichst leitungsfähiges Holz, bei den Nadelhölzern Tracheiden mit weitem Lumen, bei den Laubhölzern viele und große Gefäße, erzeugt werden, während, wenn die Blätter ausgebildet seien und eine der Transpirationsgröße entsprechende wasserleitende Holzschicht im neuen Jahresring sich entwickelt habe, der Baum seine weitere Wachstumsthätigkeit mehr der Erzeugung solcher Organe zuwenden könne, welche der Festigung des Stammes dienen. Auch hält Hartig mit Rücksicht auf den Umstand, daß gerade die Kernholzbäume zumeist eine reiche und großporige Frühjahrszone zeigen, während bei den Splintbäumen fast ohne Ausnahme die Gefäße mehr gleichmäßig im Jahresring verteilt seien, den Gedanken für naheliegend, einen Zusammenhang zwischen Gefäßporenkreis und Kernholzbildung zu suchen.

Das zweite Moment für die Erklärung des Gegensatzes zwischen dem Frühjahrs- und Sommerholz wäre nach der Hartigschen Theorie in der verschiedenen Ernährung des Kambiums zu suchen, durch welche die Unterschiede in der Verdickung der Wände bedingt würden, und zwar betrachtet Hartig die größere Dichte und Güte des Sommerholzes im Vergleich zu derjenigen des FrühjahrsHolzes als Folge besserer Ernährung des Kambiums in den Sommermonaten gegenüber der noch unvollkommenen Ernährung im Frühjahr. Hierzu würden zwei Ursachen zusammenwirken. Zunächst der Umstand, daß im Frühjahr die Bäume zuerst die neuen

Triebe auf Kosten der aufgespeicherten Reservestoffe entwickeln müssen und deshalb noch wenig neue Bildungstoffe für die Ablagerung des Jahresrings herstellen können. Hierzu käme die weitere Erwägung, daß im Frühjahr die äußeren Ernährungsverhältnisse weniger günstige sind, was darauf zurückzuführen wäre, daß die Luft- und Bodentemperatur noch niedrig und wegen der Kürze der Tage die Lichtwirkung noch eine wenig intensive ist, während alle diese äußeren Ernährungsverhältnisse sich in den Monaten des Hochsommers erheblich günstiger gestalten.

Unter der Voraussetzung, daß die Hartigsche Theorie sich weiter bestätigen sollte, würden verschiedenartige Erscheinungen, so der Einfluß des Baumalters, des Standorts, des Bestandeschlusses auf die Qualität des Holzes sich in anderem Lichte darstellen, als früher angenommen worden war.

Nun ist aber die R. Hartigsche Theorie der Jahresringbildung keineswegs unangefochten. Insbesondere ist derselben neuerdings ein gewichtiger Gegner in Wieler erwachsen, welcher seine Anschauungen über die vorliegende Frage teils in botanischen Fachzeitschriften, teils in einer zusammenfassenden Abhandlung: „Über Beziehungen zwischen dem sekundären Dickenwachstum und den Ernährungsverhältnissen der Bäume“ in dem „Tharander forstlichen Jahrbuch“ (Jahrgang 1892) niedergelegt hat.

Zwar begegnen sich die Ansichten der beiden Forscher zunächst darin, daß auch Wieler den Zusammenhang zwischen der Erzeugung und Entwicklung der Blattorgane und der Bildung von Leitungsbahnen im Jahresringe betont.

Weiterhin ist es wohl mehr von untergeordneter Bedeutung, daß Wieler dem von Hartig ausgesprochenen Gedanken, die Verminderung der Gefäßzahl im Herbstholz mit der Kernholzbildung in Zusammenhang zu bringen, entgegentritt und zwar unter Hinweis darauf, daß überhaupt nur wenige der letzten Jahresringe an der Wasserleitung im Baumkörper teilnehmen, gleichviel, ob die Bäume Kern- oder Splintbäume seien. Wieler erklärt vielmehr die Verminderung der Gefäße im Herbstholz aus dem Umstande, daß zur Zeit der Herbstholzbildung weniger Masse an Anhangsorganen gebildet werde, als in dem früheren Abschnitte der Vegetationsperiode.

Ferner besteht eine Berührung zwischen den Ansichten Hartigs und Wieliers darin, daß auch letzterer die Verschiedenheit in der radialen Streckung der Elementarorgane des Frühjahrs- und Herbstholzes auf ungleiche Ernährungsverhältnisse des Kambiums in den verschiedenen Phasen der Vegetationsperiode zurückführt.

Dagegen bestreitet Wieler durchaus den Hartigschen Satz, daß

das Frühjahrsholz der schlechteren und das Herbstholz der besseren Ernährung des Kambiums seine Entstehung verdanke. Indem Wieler die Notwendigkeit betont, die Verschiedenheit in der radialen Streckung der Elementarorgane des Frühjahrsholz- und Herbstholzes und die Unterschiede in der Wandverdickung der beiderseitigen Elementarorgane grundsätzlich als zwei völlig getrennte Probleme zu behandeln, spricht er sich dahin aus, daß der Vorgang der stärkeren Wandverdickung im Herbstholz nichts mit dem Problem der Jahrringbildung zu thun habe, da Wandverdickungen vielfach auch im Frühjahrsholze sich fänden, daß vielmehr nur die Streckungsdifferenzen der Elementarorgane im Mittelpunkt jenes Problems stehen. In dieser letzteren Hinsicht kehrt nun aber Wieler den Hartigschen Satz geradezu um und schreibt die stärkere radiale Streckung der Elementarorgane des Frühjahrsholzes in vollem Gegensatz zu Hartig der besseren Ernährung des Kambiums und demgemäß die verminderte Streckung der Herbstholzellen der schlechteren Ernährung des Kambiums zu. Diese seine Auffassung stützt Wieler auf von ihm ausgeführte experimentelle Untersuchungen, durch welche es ihm gelungen ist, die Größe des radialen Durchmessers der Elementarorgane je nach der wechselnden Zusammensetzung der Ernährungsbedingungen variabel zu gestalten, ja geradezu auf künstlichem Wege die Jahrringgrenze zu beseitigen.

Von der Ermägung ausgehend, daß gute und schlechte Ernährung unbestimmte Begriffe seien, zerlegt sodann Wieler die Ernährungsverhältnisse in die einzelnen Faktoren und unterzieht hiernach erstlich die Einwirkung des verschiedenen Wassergehaltes des Kambiums, weiterhin den Einfluß der anorganischen und endlich denjenigen der organischen Nährstoffe auf die Streckungsverhältnisse der Elementarorgane je einer gesonderten Erforschung. Hierbei kommt er zu dem Schlusse, daß zwar allen drei Faktoren eine Einwirkung auf die Streckung der Zellen zukomme, daß aber das Untersuchungsmaterial bezüglich des Einflusses der mineralischen wie der organischen Nährstoffe noch der Vervollständigung bedürfe und daß demnach vorerst dem verschiedenen Wassergehalt der Kambiumzellen der Hauptanteil an der Ausbildung des Frühjahrsholz- und Herbstholzes zugeschrieben werden müsse. Solches in dem Sinne, daß die dem Frühjahrsholz eigene größere radiale Streckung der Elementarorgane in erster Linie auf den in dieser Jahreszeit größeren Wassergehalt des Kambiums und umgekehrt das Auftreten des Herbstholzes auf eine Abnahme des Wassergehalts zurückzuführen wäre.

Noch möge der Anschauung eines dritten Autors Erwähnung geschehen. F. Schwarz in seiner „forstlichen Botanik“ weicht von den ersteren beiden Forschern darin ab, daß er den Ernährungsverhältnissen

keine Bedeutung beilegt, indem er sich dahin ausspricht, er könne, da zu jeder Jahreszeit genügende Mengen von Reservestoffen zur Verfügung stehen, die verschiedene Ernährung des Kambiums nicht als Ursache der Jahrringbildung ansehen. Sodann aber nähert sich Schwarz der Wieler'schen Auffassung, indem auch er annimmt, daß die Jahrringbildung durch den Wasserbedarf der Pflanze indirekt beeinflusst werde, obwohl man nicht wisse, wie dieser Einfluß mechanisch vermittelt werde. Zur Stütze dieser Anschauung weist er darauf hin, daß, wenn z. B. Laubhölzer im Sommer entlaubt werden, der Wasserverbrauch plötzlich sehr stark sinke und zugleich statt des Frühjahrsholzes Herbstholz gebildet werde, während, wenn der entlaubte Baum wieder ausschläge, aufs neue Frühjahrsholz entstehe; auf diese Weise können auch bei Entlaubungen durch Raupenfraß oder vorübergehende starke Trockenperioden in einem Jahre zwei Jahresringe gebildet werden.

Aus den vorstehenden Darlegungen geht hervor, daß die Anschauungen der Forscher in der Frage der Jahrringbildung noch weit auseinandergehen und insbesondere die Ansichten Hartigs und Wieler's in scharfem Gegensatz stehen. Es kann unter diesen Umständen nicht ausbleiben, daß die Lage des Laien auf botanischem Gebiete, des Forstmannes, des Praktikers, zu einer schwierigen sich gestaltet und es ihm nicht leicht wird, ein eigenes Urteil in dieser Frage sich zu bilden, aus welcher, wenn sie hinreichend geklärt wäre, wichtige Folgerungen für die forstliche Praxis sich ergeben würden. Man wird geneigt sein, den Anschauungen Wieler's den Vorrang aus dem Grunde einzuräumen, weil er dieselben auf sorgfältige experimentelle Untersuchungen stützt. Auf der anderen Seite möchte aber doch auch nicht außer acht zu lassen sein, daß die Beweisführungen Wieler's nur die Streckungsdifferenzen der Elementarorgane zum Gegenstande haben, aber noch kein unmittelbares Licht auf die Wandverdickung der Zellen werfen, welche — wenigstens bei den Nadelhölzern — zumeist als begleitende Erscheinung bei der Herbstholzbildung auftritt und welche R. Hartig wohl mit Grund zu der Annahme bestimmen konnte, daß sie ein Zeichen für reichliche Ernährung des Kambiums sei. Sache der Fachmänner auf dem Gebiete der anatomisch-physiologischen Botanik wird es sein, diese Fragen weiter zum Austrage zu bringen; der Laie aber wird aus der bis jetzt bestehenden starken Divergenz der Aufstellungen der verschiedenen Forscher den Eindruck gewinnen, daß die Frage der Jahrringbildung nicht aus einer einzigen Ursache, sondern nur aus dem Zusammenwirken einer Reihe von Faktoren, welche teilweise eine Einwirkung in verschiedenen Richtungen äußern, erklärt werden kann, wie denn hier überhaupt ein auf verwickelten Verhältnissen beruhendes Problem vorliegt.

Um zu einem abschließenden Urteile zu gelangen, so wird es notwendig sein, nicht sowohl das Trennende, als vielmehr das Gemeinsame in den Anschauungen der einzelnen Forscher in die erste Linie zu rücken, und so wird denn — vorbehältlich weiterer Klärung der Anschauungen über den Einfluß der äußeren Ernährungsverhältnisse und insbesondere des Wassergehaltes des Kambiums — das Schwergewicht darauf zu legen sein, daß unstreitig ein innerer Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Blattorgane und der Erzeugung von Leitungsbahnen im Jahresringe besteht und daß — nach den Worten Wielers — der Jahresring das Wachstum der Anhangsorgane widerspiegeln muß. In dem ersten Stadium der Vegetationsperiode, wenn die Triebe sich entwickeln und weiterhin die Blattorgane in lebhaftem Wachstum ihre Masse vermehren und die transpirierende Fläche vergrößern, werden vom Kambium entsprechende Leitungsbahnen, Gefäße und Tracheiden mit weitem Lumen, geschaffen. Ist aber einmal das Wachstum der Anhangsorgane zu einem gewissen Abschlusse gelangt, so kann sich deren Assimilationsthätigkeit in verstärktem Maße der Zufuhr von Bildungstoffen für diejenigen Elementarorgane zuwenden, deren Aufgabe in erster Linie in der mechanischen Festigung der Gewebe gelegen ist.

Ich komme zu dem letzten Teile meines Vortrags, indem ich mich den technischen Eigenschaften des Holzes zuwende, welche vorzugsweise von dem Gesichtspunkte der Beziehungen zu dem anatomischen Bau einer kurzen Betrachtung zu unterziehen sind. Hierbei wird der Stoff zweckmäßig in der Weise zu gliedern sein, daß zuerst das spezifische Gewicht als der Wertmesser für die Güte des Holzes, sodann die mit chemischen Vorgängen im Zusammenhang stehende Brennkraft des Holzes und endlich die Gruppe der mechanischen Eigenschaften in den Kreis der Besprechung gezogen werden.

Es ist eine naheliegende Erwägung, daß das spezifische Gewicht des Holzes in naher Beziehung zu dem anatomischen Bau desselben stehe und daß demnach die Unterschiede des spezifischen Gewichts, welche sowohl zwischen den verschiedenen Holzarten als auch innerhalb derselben Holzart unter dem Einflusse äußerer Faktoren erfahrungsmäßig bestehen, in erster Linie auf das Verhältnis zwischen der festen Holzfaser und dem Lumen der Organe zurückzuführen seien. Die Annahme einer solchen Beziehung zwischen dem anatomischen Bau und dem spezifischen Gewicht oder der „Dichte“ des Holzes findet eine Stütze an dem Ergebnisse der Untersuchungen über das spezifische Gewicht der reinen Holzfaser. Die in dieser Richtung von Sachs angestellten und weiterhin von R. Hartig bestätigten Forschungen haben dargethan, daß das spezifische Gewicht der

als kompakte Masse gedachten reinen Holzfaser 1,5—1,56 beträgt. Hierbei ist es bemerkenswert, daß, während doch sonst die spezifischen Gewichte der verschiedenen Holzarten in weiten Grenzen schwanken und beispielsweise die Lufttrockengewichte etwa im Rahmen von 0,45—0,5 für Fichte und Tanne und von 0,75—0,8 für Buche und Eiche sich bewegen, die Verschiedenheit der Holzart in dem spezifischen Gewicht der festen Holzfaser keine irgend erheblichen Unterschiede begründet.

Da nun weiterhin das spezifische Gewicht des Holzes nicht nur durch das Verhältnis der festen Holzfaser zum Lumen der Organe, sondern auch durch den Umstand bedingt wird, ob das Lumen der Zellen mehr oder weniger mit dem natürlichen Saftwasser oder mit Luft erfüllt ist und inwieweit deren Wandungen mit Wasser durchtränkt sind, so geht hieraus hervor, daß das spezifische Gewicht des Holzes nicht anders als mit Beziehung auf den jeweiligen Wassergehalt, bezw. Trockenheitsgrad, angesprochen werden kann, und wir unterscheiden hiernach das spezifische Grüngewicht, das spezifische Lufttrockengewicht und das absolute Trockengewicht, d. h. das spezifische Gewicht im Zustande der wasserfreien Trockensubstanz. Die Bedeutung des Grüngewichts ist eine mehr untergeordnete und liegt hauptsächlich nur im Bereiche des Transportwesens. Im Gegensatz hierzu ist die Bedeutung des Lufttrockengewichts zunächst auf dem Gebiete der Technik der Holzverarbeitenden Gewerbe zu suchen. Aber auch für die Lösung der wissenschaftlichen Fragen nach den Beziehungen zwischen den äußeren Faktoren und der Güte des Holzes wurde in den einschlägigen früheren Arbeiten regelmäßig das Lufttrockengewicht zu Grunde gelegt. Von R. Hartig wird jedoch, wohl nicht mit Ungrund, betont, daß für die Untersuchung derartiger Fragen am richtigsten das absolute Trockengewicht verwendet werde, da nur dieses letztere für das einzelne Versuchsobjekt eine feststehende Ziffer darstelle, während der Begriff des Lufttrockengewichts der Natur der Sache nach ein schwankender sei.

Die soeben berührte Frage nach den Beziehungen zwischen den äußeren Faktoren und dem spezifischen Gewicht als dem Maßstab für die Qualität des Holzes ist übrigens eine noch zu wenig geklärte, als daß es möglich wäre, das Wesentliche hierüber an gegenwärtigem Orte in einigen Sätzen zusammenzufassen. Ich beschränke mich daher auf wenige Andeutungen.

Zu erwähnen ist zunächst, daß von R. Hartig das Schwergewicht — abgesehen von dem weiterhin zu erörternden Gegensatz von Schluß und Freistand — auf den Einfluß des Alters der Bäume gelegt wird und daß nach diesem Autor in zahlreichen Fällen die seither der Einwirkung des Standorts zugeschriebenen Unterschiede in den Gewichtsver-

hältnissen des Holzes auf den Einfluß der Verschiedenheit des Bestandesalters zurückzuführen waren, welcher vornehmlich in einer Abnahme des spezifischen Gewichtes und demgemäß in einer Verschlechterung der Holzqualität im höheren Bestandesalter mit Zunahme des letzteren sich äußert. Immerhin mochte ich — in diesem Punkte in Übereinstimmung mit Bieler — es für zu weitgehend halten, wenn Hartig der Bodenbeschaffenheit nahezu jeden Einfluß auf die Holzqualität abspricht und wenn hiernach insbesondere die sicher bestehende Einwirkung der mit dem Standort wechselnden Feuchtigkeitsverhältnisse nicht gewürdigt wird, welche erfahrungsmäßig auf die Holzmassenproduktion und auf die Holzgüte den entgegengesetzten Einfluß zu äußern pflegen. Ohne die Annahme einer Einwirkung des Standorts lassen sich verschiedenartige thatsächliche Erscheinungen hinsichtlich der Qualitätsverhältnisse des Holzes nicht genügend erklären.

Von weittragender Bedeutung ist sodann die Frage nach dem Einflusse des Bestandeschlusses auf die im spezifischen Gewicht zum Ausdruck kommende Güte des Holzes. Daß durch die Erziehung geschlossener Bestände die Formverhältnisse der Stämme verbessert werden, ist ja eine längst bekannte und von keiner Seite bestrittene Thatsache. Nun wurde sich aber auf der Grundlage der R. Hartigschen Theorie der Jahrringbildung auch eine günstige Einwirkung des Bestandeschlusses auf die Qualität des Holzes ergeben. Solches zunächst deshalb, weil der Bestandeschluß — in ähnlicher Weise wie die Gebirgslage — den Beginn der Zuwachsthätigkeit nicht unerheblich verzögern und so den verhältnismäßigen Anteil der Frühjahrszone an der Gesamtbreite des Jahresrings vermindern und hiernach in der Richtung der Erzeugung eines mehr gleichmäßig gebauten, „feinjährigen“ Holzes einwirken würde. Sodann aber in der weiteren Erwägung, daß der Freistand infolge der größeren Kronenentwicklung die Transpiration steigern und so die Bildung mehr weitleumiger Organe im Holze befördern würde. In der That schreibt denn auch R. Hartig dem geschlossenen Stande eine günstige, dem freien Stande eine ungünstige Einwirkung auf die Gewichtsverhältnisse des Holzes zu. Hiermit läßt sich nun aber allerdings die erfahrungsmäßige Thatsache der Steigerung nicht bloß der Holzmassenproduktion, sondern auch der Holzgüte durch den sogenannten „Lichtstandszuwachs“ nicht in Einklang bringen. Dies veranlaßt denn den genannten Forscher, die Forderung der Holzgüte durch den Lichtstandszuwachs nur für eine vorübergehende Erscheinung zu halten und solche aus der zeitweiligen Steigerung der Thätigkeit des bloßgestellten Bodens zu erklären, wodurch die Ernährung verhältnismäßig viel stärker gefordert werde, als die Trans-

piration. Ich vermag mich des Eindrucks nicht zu erwehren, daß diese Unterscheidung zwischen der Wirkung des Lichtstandszuwachses und derjenigen eines mehr räumlichen Standes überhaupt eine etwas künstliche ist. Es ist nicht recht einzusehen, warum die sonstigen waldbaulichen Maßnahmen, welche einer größeren Entwicklung der Baumkrone Vorschub zu leisten bestimmt sind, von anderen Folgen begleitet sein sollen, als der spezifische Lichtstand. Jede gesteigerte Kronenentwicklung ist eben von zwei Momenten begleitet, welche die Güte des Holzes in entgegengesetzter Richtung zu beeinflussen geeignet sind. Sie vergrößert auf der einen Seite die transpirierende Fläche, ein Faktor, welcher die Erzeugung von Leitungsbahnen im Jahresring begünstigt und somit das spezifische Gewicht herabzudrücken bestrebt ist. Auf der anderen Seite aber vermehrt sie zugleich die Assimilationsthätigkeit durch die verstärkte Lichtwirkung, als deren Folge sich eine Substanzvermehrung in gegebenem Volumen, also eine Erhöhung des spezifischen Gewichtes, ergeben muß. Solches unter analoger Anwendung des von Hartig selbst aufgestellten Satzes, wonach die größere Wandverdickung der Sommerholzelemente eine Funktion günstigerer Ernährungsverhältnisse des Kambiums sein soll. Welcher der erwähnten beiden Faktoren einen überwiegenden Einfluß äußere, hierüber müssen allerdings vergleichende Untersuchungen des spezifischen Gewichtes von Hölzern, welche unter verschiedenen Lichtstandsverhältnissen erwachsen sind, entscheiden.

Ein völlig anderes Gebiet betreten wir mit der Besprechung einer weiteren technisch wichtigen Eigenschaft, der Brennkraft des Holzes.

Hierbei wird es nicht zu vermeiden sein, bei dieser zu chemischen Vorgängen in Beziehung stehenden Eigenschaft einige wenige Betrachtungen einzufügen über die Art und Weise der Feststellung der Brennkraft. Man hat zu diesem Zwecke zwei Wege eingeschlagen: die chemische und die physikalische Ermittlung; im ersteren Falle spricht man von einem „theoretischen Heizeffekt“, im letzteren Falle von einem „empirischen“ oder „faktischen Heizeffekt“. Bei der chemischen Ermittlung wird die Brennkraft durch Rechnung aus der Elementarzusammensetzung des betreffenden Brennmaterials abgeleitet. Hierbei dienen als Maßstab für die Brennkraft die in dem Brennstoff enthaltenen Mengen an Kohlenstoff und „überschüssigem“ Wasserstoff als den beiden wärmegebenden Elementen, bezw., da der Wasserstoff und Kohlenstoff hinsichtlich der Heizkraft sich verschieden verhalten, diejenigen Sauerstoffmengen, welche zur Verbrennung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs erforderlich sind. Im Gegensatz zu der chemischen Ermittlung, gegen welche grundsätzliche Einwendungen sich erheben lassen, sucht man auf physikalischem Wege die Brennkraft durch

Bestimmung der Zahl der von 1 kg des Brennstoffs entwickelten Wärme-einheiten festzustellen. In dieser Weise ist insbesondere auch das gegenseitige Verhältnis der Heizkraft des Holzes und anderweitiger Brennstoffe untersucht worden, und darf ich vielleicht — ohne daß dies zur Sache selbst gehören würde — hier anführen, daß nach den Versuchen von Kammelsberg der Wasserstoff, der Kohlenstoff, die Steinkohle und das Holz hinsichtlich der Brennkraft sich verhalten sollen $= 34,6 : 8 : 6 : 2,7 - 3,6$.

Auf das Bestehen eines gewissen Zusammenhanges zwischen dem anatomischen Bau und der Brennkraft läßt sich ein Schluß aus dem Umstande ableiten, daß thatsächlich eine derartige Beziehung zwischen dem spezifischen Gewicht und der Brennkraft anzunehmen ist. Zwar darf dieselbe nicht so aufgefaßt werden, als ob die verschiedenen Holzarten nach Maßgabe der Unterschiede des spezifischen Gewichts auch eine ebensolche Abstufung nach der Brennkraft zeigen würden, was mit der Thatsache im Widerspruch stehen würde, daß verschiedene Holzarten von annähernd gleichem spezifischen Gewicht, z. B. Buche und Eiche, sich hinsichtlich der Brennkraft abweichend verhalten. Wohl aber bildet das spezifische Trockengewicht innerhalb einer und derselben Holzart einen recht brauchbaren Maßstab für die Brennkraft. So lassen sich denn auch die Beziehungen zwischen den äußeren Faktoren und der Brennkraft in der Hauptsache auf die Einwirkung zurückführen, welche jene Faktoren auf das spezifische Gewicht äußern.

Noch erübrigt eine kurze Umschau über die Gruppe der mechanischen Eigenschaften des Holzes, deren gemeinsames Merkmal darin besteht, daß sie erst unter der Einwirkung einer äußeren Kraft in die Erscheinung treten.

Unter denselben ist zunächst die Elastizität beim Holze von mehr untergeordneter Bedeutung und denn auch noch verhältnismäßig wenig untersucht. Es dürfte daher genügen an der Wiedergabe der zusammenfassenden Bemerkung Nördlingers in dessen „technischen Eigenschaften der Hölzer“, daß „die Federkraft des Holzes keineswegs nach sonstiger Verwandtschaft sich richte, vielmehr Laub- und Nadelhölzer, Hartholz und Weichholz, in buntem Gemisch durcheinanderstehen“ und daß nur „innerhalb derselben Holzart (beim lufttrockenen Holze) die Elastizität in der Regel gleichen Schritt mit dem spezifischen Gewichte halte.“ In seiner späteren Schrift „Die gewerblichen Eigenschaften der Hölzer“ spricht sich der genannte Autor dahin aus, „es lasse sich erwarten, daß der anatomische Bau der verschiedenen Holzarten auch auf die Federkraft namhaft wirke und nur ihm können wir es zuschreiben, daß die Nadelhölzer mit ausgeprägten Sommerholzschiechten so hoch stehen (böhmische Fichte, Tanne,

Lärche)“. Insbesondere scheint die auf einem hohen Maß von Elastizität beruhende Eigenschaft der Hölzer, den Schall fortzupflanzen („Resonanzholz“), mit sehr gleichmäßigem, „feinjährigem“ Bau der Hölzer, welchen diese wertvolle Eigenschaft zukommt, im Zusammenhang zu stehen.

Die wichtigste unter den die technische Verwendung des Holzes bedingenden Eigenschaften ist unstreitig die Festigkeit, d. h. der Widerstand gegen eine Kraft, welche die Kohäsion der Fasern aufzuheben bestrebt ist. Sie hängt wesentlich von der Menge und Dichte der Fasern auf der Querschnitseinheit ab, was an sich schon die Annahme einer Beziehung zu dem anatomischen Bau nahelegt.

Einige Betrachtungen über die wichtigsten Arten der Festigkeit mögen vorausgeschickt werden. Es sind dies die Zug-, Druck- und Beugungsfestigkeit. Die übrigen Arten, wie Säulen-, Abscher- und Torsionsfestigkeit, mögen, weil auf verwickelten Verhältnissen beruhend, hier außer Betracht bleiben. Die Zugfestigkeit (absolute Festigkeit), also der Widerstand gegen eine Kraft, welche die Fasern in der Längsrichtung zu zerreißen sucht, ist proportional der Größe, aber unabhängig von der Gestalt des Querschnitts. Sie übertrifft die ihr entgegengesetzte Druckfestigkeit (rückwirkende Festigkeit) im Durchschnitt der verschiedenen Holzarten um nahezu das Dreifache. Die Beugungsfestigkeit (relative Festigkeit), welche als „Tragkraft“ über den technischen Gebrauchswert der in wagrechter Lage zur Verwendung kommenden Konstruktionshölzer in erster Linie entscheidet, wächst mit zunehmender Breite des Versuchsstücks in einfachem und mit der Höhe in quadratischem Verhältnisse, nimmt aber andererseits mit zunehmender Länge in einfachem Verhältnisse ab. Die Beugungsfestigkeit beruht auf einem Zusammenwirken der Zug- und Druckfestigkeit, indem die bei der Beugung in Wirkung gesetzte Kraft die Fasern auf der unteren Seite zu zerreißen und auf der oberen Seite zu flauen sucht. An der Stelle, wo beide Kräfte sich begegnen, befindet sich die „neutrale Faser“. Dieselbe liegt übrigens unterhalb der Mitte; denn die Beugungsfestigkeit des Holzes nähert sich ihrem Betrage nach mehr der Zug-, als der Druckfestigkeit.

Die Beziehungen der Festigkeit zum anatomischen Bau und spezifischen Gewicht, sowie zu den äußeren Faktoren, Standort, Fällungszeit u. s. w., sind zum Gegenstande zahlreicher Forschungen gemacht worden. Erwähnenswert sind neben den Nördlingerschen Versuchen, welche sich mehr der ersteren Seite der Frage zuwenden, hauptsächlich in Untersuchungen von Bausinger in München, Tetmayer in Zürich u. a.

Ein Zusammenhang zwischen der Festigkeit und dem spezifischen Gewicht ist nicht zu verkennen. Zwar liegt ein solcher nicht gerade in

dem Sinne vor, daß die Rangordnung der verschiedenen Holzarten nach dem spezifischen Gewicht und nach der Festigkeit Übereinstimmung zeigen würde, wiewohl immerhin im großen und ganzen die Festigkeitskala mit den spezifisch schwereren Hölzern, wie Ulme, Buche, Eiche, Birke, Ahorn, Eiche u. s. w. beginnt und mit den spezifisch leichten Holzarten, Tanne, Fichte, Pappel, Weide u. s. w. schließt. Dagegen wird die Annahme, daß das spezifische Gewicht wenigstens im Rahmen der einzelnen Holzart einen gewissen Maßstab für die Festigkeit abzugeben geeignet sei, durch das Ergebnis der Untersuchungen Bauschingers gestützt, welches dahin geht, daß bei den untersuchten Nadelholzstämmen ein verhältnismäßig größerer Anteil der dichteren Sommerholzzone am Aufbau der Jahresringe mit einem höheren Grad von Festigkeit zusammentraf. Wenn schon hieraus eine nahe Beziehung zwischen der Festigkeit und dem anatomischen Bau hervorgeht, so wird diese Annahme noch unterstützt auch durch die sonst wahrnehmbare Erscheinung der Erhöhung der Festigkeit durch gleichmäßigen, feinjährigen Bau des Holzes, geraden Faserverlauf, Astreinheit und umgekehrt der Schwächung der Festigkeit durch die entgegengesetzten Verhältnisse. Nebenbei darf vielleicht — ohne daß dies wiederum unmittelbar zur Sache gehören würde — der Untersuchungen Bauschingers über den Einfluß der Fällungszeit auf die Festigkeit der Hölzer Erwähnung geschehen. Das Ergebnis läßt sich in Kürze dahin zusammenfassen, daß zwar in dem Falle, wenn die betreffenden Hölzer unmittelbar nach der Fällung auf ihre Festigkeit geprüft wurden, ein Einfluß der Fällungszeit nicht zu erkennen war, daß aber, wofern die Prüfung erst mehrere Monate nach der Fällung erfolgte, die im Winter gefällten Fichten- und Kiefernstämmen unter sonst gleichen Umständen eine um etwa 25 pCt. größere Festigkeit zeigten, als die im Sommer 'geschlagenen Stämme.

Im Vergleich zur Festigkeit ist die Biegsamkeit des Holzes wiederum nur eine untergeordnete Eigenschaft; eine gewisse Bedeutung hat dieselbe in der Technik hauptsächlich nur dadurch zu erlangen vermocht, daß die Biegsamkeit auf künstlichem Wege durch Dämpfung des Holzes erheblich gesteigert werden kann, wovon in der Möbelfabrikation und beim Schiffsbau Gebrauch gemacht wird. Von irgend einer nachweisbaren Beziehung der Biegsamkeit der Hölzer zum anatomischen Bau oder spezifischen Gewicht wird kaum gesprochen werden können.

In um so unmittelbarer Weise erscheint die Spaltbarkeit als eine in den besonderen Verhältnissen des anatomischen Baues des Holzes begründete Eigenschaft. Im Sinne einer technischen Eigenschaft würde übrigens der Ausdruck „Spaltfestigkeit“ den Vorzug verdienen, welche

sich als der Widerstand des Holzes gegen die seitliche Trennung der Fasern durch einen eingetriebenen Keil kennzeichnet. Hieraus geht hervor, daß die Spaltbarkeit nur in der Längsrichtung der Fasern in die Erscheinung tritt, und zwar stellt sich die radiale, in die Ebene der Markstrahlen fallende Richtung, als die Hauptspalttrichtung dar, während in der Richtung der Sehne der Keil wegen der Notwendigkeit des Durchschneidens der Markstrahlen einen größeren Widerstand findet. Überhaupt fördert reichlicher Einbau von Markstrahlen die Spaltbarkeit, wie dies bei der Buche und Eiche zutrifft. Ebenso wird die Spaltbarkeit erhöht durch geraden Fasernverlauf und Astreinheit, worauf insbesondere der die Spaltbarkeit steigernde Einfluß des Bestandeschlusses beruht.

Zu den wichtigsten Eigenschaften des Holzes endlich gehört dessen Härte oder „Schnittfestigkeit“, welche sich als der Widerstand gegen das Eindringen eines schneidenden Werkzeugs in das Innere des Holzes kennzeichnet. So einfach diese Begriffsbestimmung scheint, so ist es doch, wie Rördlinger bemerkt, überraschend schwer, die verschiedenen Härtegrade der Hölzer zu bestimmen, teils wegen des ungleichförmigen Baues des Holzes und der dadurch bedingten örtlichen Unterschiede der Härte, teils wegen der Trübung der Versuche durch den Einfluß anderweitiger Eigenschaften, wie der Elastizität und Spaltbarkeit, teils endlich wegen der Verschiedenheit des Ergebnisses der Versuche je nach den angewandten Werkzeugen.

Ohne auf diese Einzelheiten einzugehen, mögen hier nur noch die Beziehungen Erwähnung finden, welche zwischen dem anatomischen Bau und dem spezifischen Gewicht einerseits und der Härte andererseits bestehen. Der anatomische Bau insbesondere macht sich wiederum in der Richtung geltend, daß dichter, engringiger Bau und Vorkommen der Sommerholzzone den Härtegrad steigert. Schon hieraus ergibt sich ein Zusammenhang zwischen dem spezifischen Gewicht und der Härte zunächst innerhalb der einzelnen Holzart. Aber auch in der Rangordnung der verschiedenen Holzarten ist, wenn auch keine volle Übereinstimmung, so doch eine nahe Beziehung zwischen dem spezifischen Gewicht und der Härte unverkennbar.

Hiermit bin ich am Ende meiner Darlegungen angelangt. Sollten dieselben noch Lücken aufweisen, so dürfte dies entschuldbar sein im Hinblick auf die Schwierigkeit der Aufgabe, einen so reichen Stoff in den Rahmen eines engbegrenzten Vortrags einzuschließen.