Die Auswirkung der Wuchsgeschwindigkeit auf die Holzstruktur und die Holzeigenschaften einiger Baumarten

Autor(en): **Pechmann, H. von**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse**

Band (Jahr): **109 (1958)**

Heft 11

PDF erstellt am: **07.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-766299

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen
Journal forestier suisse

109. Jahrgang November 1958 Nummer 11

Die Auswirkung der Wuchsgeschwindigkeit auf die Holzstruktur und die Holzeigenschaften einiger Baumarten

Von *H. von Pechmann,* München Oxf. 81

Jedem Holzfachmann und erst recht jedem Forstmann ist geläufig, daß hohe Wuchsleistungen im Wald nicht zugleich auch beste Qualität des erzeugten Holzes verbürgen. Bei den wichtigsten Nadelhölzern besonders, aber auch z. B. bei der Eiche, wird von den Holzverarbeitern i. d. R. langsamer erwachsenes Holz mit schmalen Jahrringen vor schnell gewachsenem bevorzugt. Nach den deutschen Gütebedingungen für Bauholz darf das Bauholz der Güteklasse 1 – mit besonders hoher Tragfähigkeit – höchstens bei der Hälfte des Querschnitts Ringbreiten über 4 mm haben, auch die Rohwichte darf gewisse Mindestwerte nicht unterschreiten. Diese allgemeinen Faustregeln sind im Interesse zweckmäßiger Holzsortierung und sparsamer Holzverwendung sehr nützlich und notwendig. Nun gelten aber für andere Verwendungszwecke nicht immer dieselben Bewertungsgrundsätze wie für das Bauholz, und überdies erweist sich bei näherer Betrachtung, daß die Jahrringbreite zwar ein sehr leicht erfaßbares, aber nur ein beschränkt zuverlässiges Kennzeichen der Holzbeschaffenheit ist. Es ist also vielleicht aufschlußreich, Untersuchungsergebnisse, die an Probestämmen von verschiedenen Baumarten und aus unterschiedlichen Wuchsgebieten im Laufe von mehreren Jahren gewonnen wurden, einmal unter dem Gesichtspunkt der Wuchsgeschwindigkeit zu ordnen. Ein weiterer Umstand ist anzuführen: Die Geschwindigkeit des Wachstums ist ja nicht nur naturbedingt, sondern läßt sich in einem gewissen Ausmaß auch durch waldbauliche und sonstige Maßnahmen (wie etwa Waldbodendüngung) beeinflussen. Durch den Waldaufbau und die Pflege- und Verjüngungstechnik wird wesentlich mitbestimmt wie sich der Zuwachs am einzelnen Baum entwickelt. Es lohnt sich also wohl doch die Auswirkung schnelleren oder langsameren Wachstums auf die Holzeigenschaften etwas genauer zu beobachten.

Verfolgen wir die Frage zunächst bei der Fichte, so zeigt sich, daß der Zusammenhang zwischen Wachstumsgeschwindigkeit und Holzeigenschaften dieser Baumart keineswegs so eindeutig ist, wie es zunächst scheinen

mag. Zwar läßt sich ganz allgemein sagen, daß rasch erwachsenes Fichtenholz mit sehr breiten Jahrringen in der Regel verhältnismäßig leicht, weich und wenig fest ist und daß mit abnehmender Ringbreite Rohwichte und Festigkeit des Holzes eine steigende Tendenz haben. Man kann deshalb bezüglich der Rohwichte von einer sogenannten optimalen Jahrringbreite sprechen, der die höchste Rohwichte entspricht. Zumeist ist das schwerste Holz von Fichten dort zu finden, wo die Jahrringe am schmälsten sind. Wenn etwa Aufforstungsbestände auf früherem Wiesen- oder Ackerboden eine besonders hohe Massenleistung aufweisen, ist die Wichte und Festigkeit ihres Holzes meist sehr niedrig. Die von A. Cieslar und G. Janka hinsichtlich Wuchsleistung und Holzeigenschaften untersuchten Fichtenaufforstungsbestände in Kärtnen haben bei einem enormen Raumzuwachs ungewöhnlich leichtes Holz aufgewiesen. Studiert man die Struktur derart rasch erwachsener Fichtenhölzer, so zeigt sich in der Regel, daß der weitaus überwiegende Anteil des Jahrringes von einem dünnwandigen, weitmaschigen Frühholz eingenommen wird; erst wenn die Jahrringbildung nahezu beendet ist — wie wir in einem Fall feststellen konnten, erst in der zweiten Augusthälfte — geht das Frühholz allmählich in ein Sommer- oder Spätholz über; auch dieses weist dann oft nur eine mäßige Dichte auf. Im ganzen Jahrring überwiegt der Typ des Leitgewebes mit weitlumigen, dünnwandigen Tracheiden, wie er durch reichliche Wasserversorgung und sehr gute Nahrstoffversorgung begünstigt wird. Langsamerem Wachstum entsprechen dagegen zumeist höhere Holzgewichte, d. h. das Holzgefüge ist reicher an Spätholz und hat überhaupt dickere Zellwände.

Sehr rasch gewachsenes Fichtenholz ist als Bauholz wenig tragkräftig, es erfüllt nie die Bedingungen, die an Bauholz der Güteklasse I gestellt werden. Aber auch die chemische Verarbeitung hat wenig Freude an solcher Ware, die aus einem doppelten Grund eine sehr geringe Zellstoffaus-

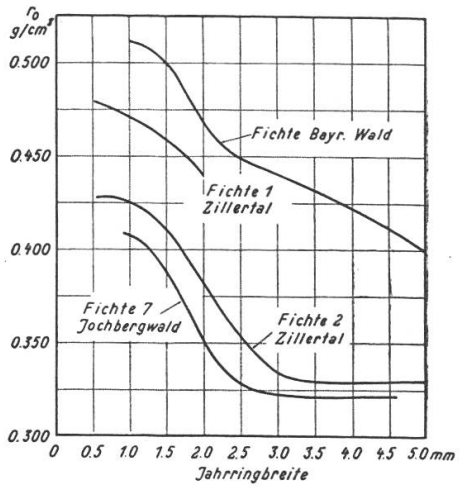


Abb. 1

Zusammenhang zwischen Jahrringbreite und Rohwichte bei einigen Fichten

beute ergibt: Das breitringige Holz enthält mit seiner niedrigen Rohwichte nicht nur wenig Holzsubstanz, es ist darüber hinaus noch verhältnismäßig arm an Zellulose, weil die zellulosereichen Spätholzwandungen zu schwach vertreten sind.

Bleiben wir aber bei der Rohwichte: Daß die Zusammenhänge nicht ganz so durchsichtig sind, zeigt uns die Abb. 1. Für 4 Fichten ist hier die Beziehung zwischen Ringbreite und Rohwichte dargestellt: Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Bäumen, die im übrigen alle zur gleichen herrschenden Baumklasse gehören, sind recht beachtlich und nicht leicht zu erklären. Nicht einmal für die beiden Fichten, die einem und demselben Bestand im Zillertal entstammen, decken sich die Kurven! Wir werden auf diese beiden Stämme nochmals zurückkommen. Die auffällige, verschiedene Lage der Kurven für die Fichte aus Jochberg im Tirol und aus Zwiesel im Bayerischen Wald wird verständlicher, wenn wir das Holzgefüge mikroskopisch betrachten und dabei beobachten, daß die erste Fichte äußerst dünne, die zweite aber sehr kräftige Frühholzwandungen

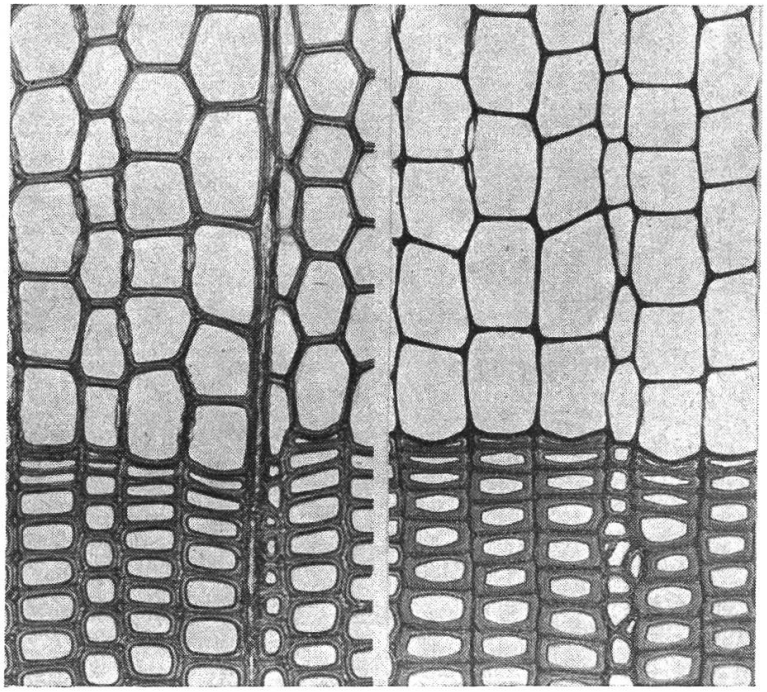


Abb. 2

Hirnschnitte durch das Holz von 2 Fichten: Rechts Jochbergwald (Tirol), links Zwiesel (Bayer. Wald)

aufweist. Ob diese merkwürdigen Unterschiede im Holzgefüge von zwei nach soziologischer Stellung und Wuchsleistung recht ähnlichen Fichten mit den Standortsverhältnissen oder vielleicht mit verschiedenem Erbgut dieser Bäume zusammenhängen, ist vorerst nicht zu klären. Die Fichte aus Zwiesel im Bayerischen Wald stammt im übrigen aus einem ziemlich gleich-

alterigen, etwa 90jährigen Fi-Ta-Bestand, der seine Entstehung vermutlich einem durch den Glashüttenbetrieb des vorigen Jahrhunderts bewirkten Kahlschlag mit nachfolgender Pflanzung verdankt. Auf dem guten Standort ist die Wuchsleistung beträchtlich; die herrschenden Stämme zeigen den üblichen Aufbau rasch erwachsener Fichten mit ziemlich breiten Jahrringen im Innern. Prüft man die Festigkeit des Holzes in verschiedenen Teilen des Stammquerschnitts, so zeigt sich — wie nicht anders zu erwar-

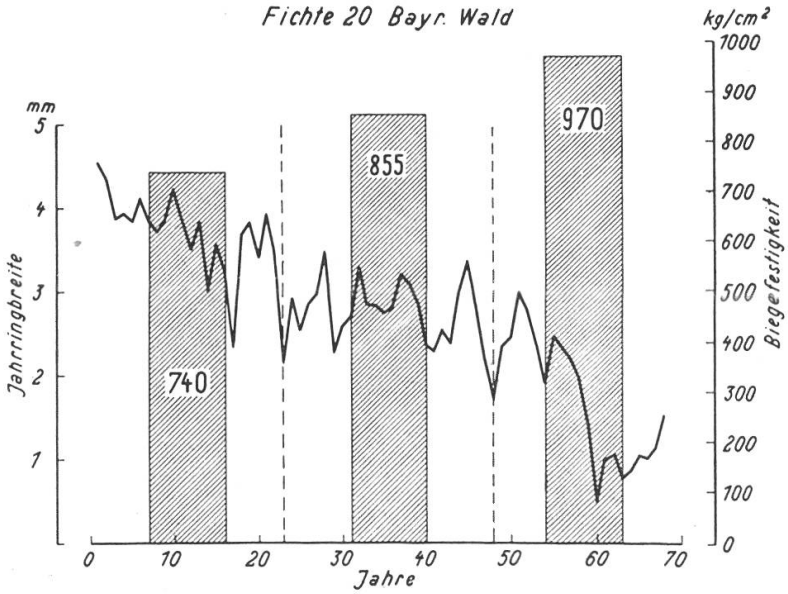


Abb. 3

Biegefestigkeit von Fichtenholz aus verschiedenen Teilen eines Stammabschnittes

ten war —, daß z. B. die Biegefestigkeit recht uneinheitlich ist. Im marknahen Holz der Baummitte, das seiner Ringbreite nach nur noch knapp die Bedingungen der Bauholz-Güteklasse 1 erfüllt, ist die Festigkeit mäßig, nach außen steigt sie sichtlich an, und der Mittelwert der äußeren Proben läßt schließlich eine beträchtliche Tragkraft erkennen. Wenn das Schmälerwerden der Jahrringe bei zunehmendem Stammdurchmesser oder auch ein Nachlassen des Zuwachses regelmäßig ein Dichterwerden des Holzgefüges bewirkt, ist es umgekehrt ganz folgerichtig, daß bei einer plötzlich einsetzenden Verbesserung der Nährstoffzufuhr, wie sie z. B. eine kräftige Stickstoffdüngung bewirkt, die Fichten nicht nur im Dickenzuwachs einen starken Aufschwung zeigen, sondern daß sich diese verbesserte Ernährung vor allem in einem Ansteigen der Frühholzbreite auswirkt, während das Spätholz gegenüber den vorhergehenden Jahren weniger deutlich ausgebildet wird. Wir können die Verschiedenheiten im Jahrringaufbau vor und nach der Düngung (die in einer Grunddüngung und nachfolgender, mehrmals wiederholter Kalkammonsalpetergabe von 5 Ztr./ha bestand) schon in der schwachen Vergrößerung der Mikroaufnahme (Abb. 4) leicht unter-

scheiden. Noch deutlicher werden sie durch eine mikroskopische Messung der Wandstärken und radialen Zelldurchmesser erfaßt, die im oberen Bildteil graphisch ausgewertet sind. Als Ordinaten wurden jeweils die Wandstärken der Tracheiden aufgetragen, die Schraffur deutet den unterschiedlichen Durchmesser der Zellen an. Nach der Düngung erscheint das Gewebe lockerer, die Zellwände im Spätholz sind merklich dünner geworden, die Frühholzwandungen sind hingegen fast ebenso dick wie zuvor. Die

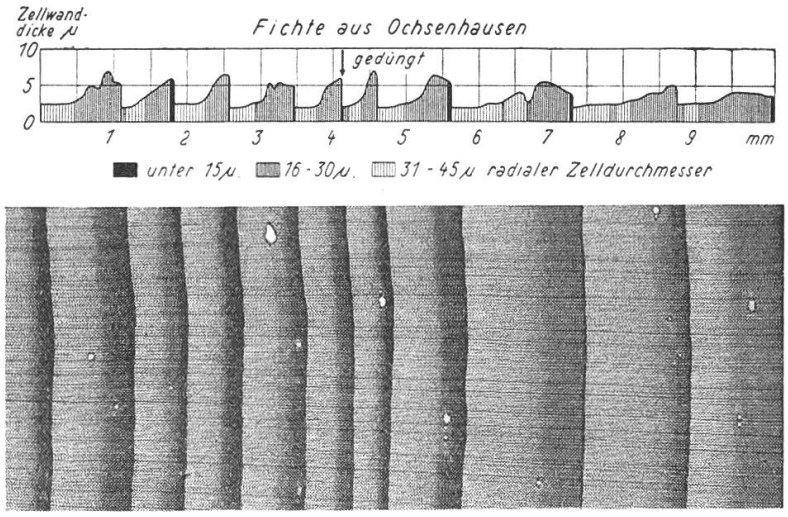


Abb. 4

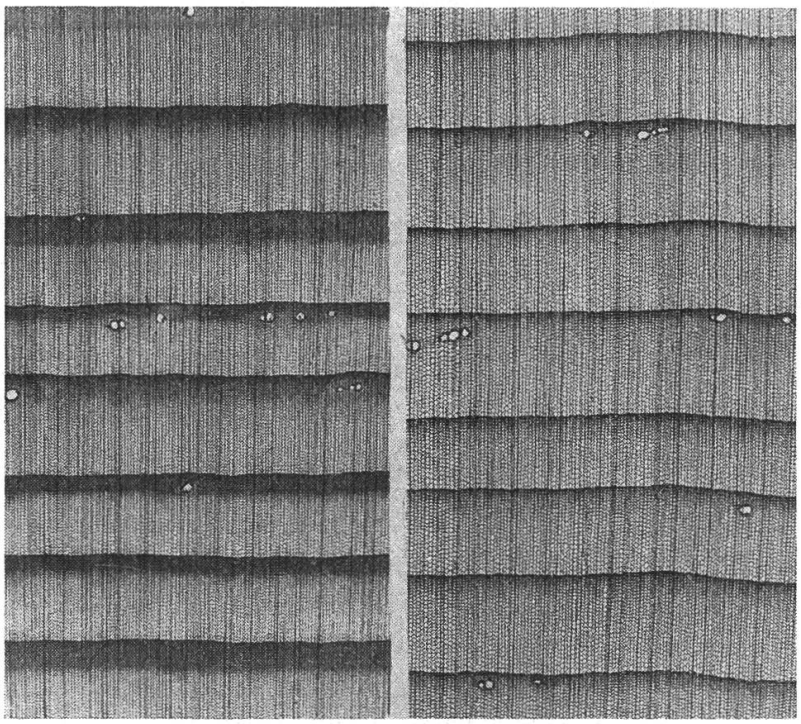
Auswirkung einer Stickstoffdüngung auf den Jahrringbau einer Fichte. Im oberen Bildteil: Graphische Auswertung mikroskopischer Gefügemessungen

Düngung liegt bei dieser Untersuchung erst wenige Jahre zurück, so daß sich noch nicht sagen läßt, wie lange ihre Wirkung anhalten wird.

Bei der eben gezeigten Fichte aus Oberschwaben wiesen die engen Jahrringe sehr kräftige Spätholzanteile auf. Auch bei ausgesprochen langsamem Wachstum kommen aber Fichtenhölzer mit wenig Spätholz und niedriger Wichte vor. Die Spätholzbildung, die für Holzgewicht und Festigkeit maßgebend ist, kann offenbar durch besondere klimatische oder standörtliche Einflüsse zeitlich eingeschränkt werden. So kommt in rauhen Hochlagen mit kurzer Vegetationszeit, besonders — wie es scheint — bei kontinentaler Klimatönung, das Holzwachstum schon frühzeitig im Hochsommer zum Abschluß. Das Spätholz erfährt dann bei der Fichte, aber auch bei anderen Nadelbaumarten, nur eine schwache Ausbildung. Auf solchen Standorten finden sich dann schmalringige, feine, trotz spärlichem Dickenwachstum spätholzarme, und daher ganz leichte Fichtenhölzer, wie sie durch die Untersuchungen Jankas für Fichten aus dem Karst und höheren Lagen der Südtiroler Dolomiten bekannt geworden sind. Daß in höheren Berglagen häufig Fichtenholz von sehr gleichmäßiger Dichte

ohne große Unterschiede zwischen Früh- und Spätholz vorkommt, hat auch Burger festgestellt. Wir konnten diesen feinringig-gleichmäßigen Typ z. B. an Fichtenholzproben aus höheren Lagen im Salzburgischen Lungau, aber auch an solchen aus dem hohen Waadtländer Jura, vor allem aber im Südtirol, feststellen.

Je geringer bei schmalen Jahrringen der Spätholzanteil ist, um so bescheidener ist natürlich die Festigkeit, um so besser sind aber anscheinend die akustischen Eigenschaften. Es sind ja stets besonders spätholzarme Hochlagenfichten mit sehr niedriger Rohwichte, die das beste Resonanzholz ergeben. In der Abb. 5 ist eine Probe von hervorragendem Klangholz – es soll aus Davos stammen und wurde uns freundlicherweise von einem bekannten Geigenbauer, Herrn Werrho in Bern, überlassen – zum Vergleich einer Probe oberschwäbischen Fichtenholzes von annähernd glei-



Fichte Zeil	Fichte Davos
E-Modul:	E-Modul:
141 000 kg/cm²	77 000 kg/cm²

Abb. 5

Hirnschnitte durch Fichtenholz von ähnlicher Jahrringbreite aber verschiedener Dichte und Elastizität

cher Ringbreite gegenübergestellt. Der große Unterschied im Spätholzanteil ist offenkundig. Sehr bemerkenswert ist aber auch die sehr unterschiedliche Elastizität: Das gute Klangholz hat einen ungewöhnlich niedrigen E-Modul, oder anders ausgedrückt, eine sehr hohe Dehnungszahl. Gerade auf seiner geringen Steifheit scheinen seine guten akustischen Eigen-

schaften zu beruhen. Die durchschnittliche Ringbreite liegt bei beiden Holzproben etwa bei 1 mm. Das Beispiel zeigt wieder, daß für die Eigenschaften des Fichtenholzes neben der hier sehr geringen Wuchsgeschwindigkeit noch weitere Einflüsse, insbesondere auch solche des Standortes, von wesentlicher Bedeutung sind.

Wir haben bisher nur kleine Ausschnitte von Holzproben verglichen, ohne dabei den Aufbau der ganzen Stämme zu berücksichtigen. Von Interesse ist es vor allem, zu verfolgen, wie sich auf demselben Standort ein unterschiedlicher Wachstumsablauf, der durch den Aufbau der Bestände und die Pflege und Verjüngungstechnik bedingt sein kann, auf die Struktur und Güte des Fichtenholzes auswirkt. Wesentliche Erkenntnisse verdanken wir bereits den Arbeiten von Robert Hartig, der an Fichten verschiedener Stärkeklassen aus gleichalterigen Beständen ganz unterschiedliche Holzdichte feststellen konnte. Die stärksten — d. h. also die vorherrschenden — Fichten hatten das leichteste, die schwächsten — also zwischenständigen und unterdrückten — Stämme das dichteste und schwerste Holz. Die Untersuchungen von Burger haben dazu wertvolle Ergänzungen gebracht.

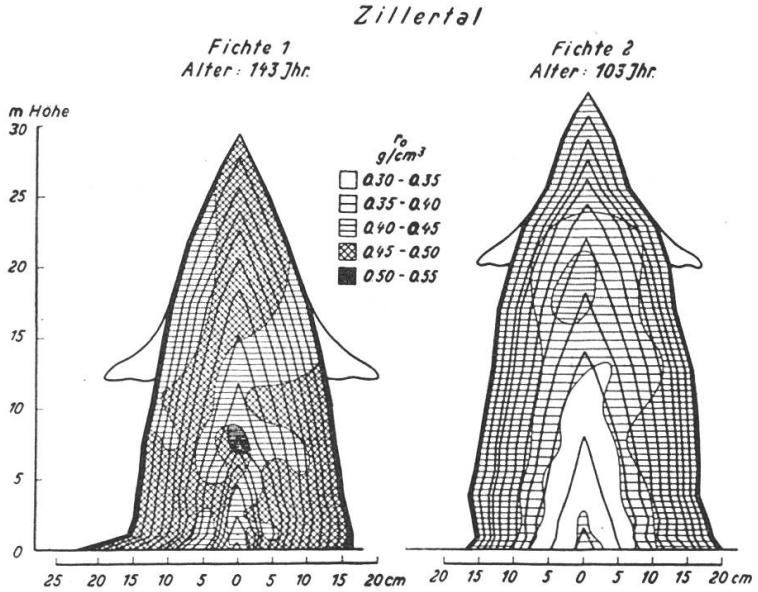


Abb. 6

Stammwuchsbilder von 2 Fichten aus einem Bestand im Zillertal mit eingezeichneter Rohwichte

Es ist leicht verständlich, daß vorherrschende Stämme mit großer Krone schon vermöge ihrer viel größeren Transpiration mehr Leitgewebe — also Frühholz — bilden, weil sie viel größere Wassermengen durchpumpen müssen als schwachbekronte Zwischenständer, die nur geringe Wassermengen verdunsten.

Der Vergleich von 2 Gebirgsfichten aus einem Bestand im Zillertal vermittelt uns weitere Einblicke. Es ist ein vermutlich durch Naturbesamung entstandener Bestand, dessen Stämme ziemliche Altersunterschiede aufweisen, woraus wir auf einen langfristigen Verjüngungsablauf schließen können. Die 2 Fichten, deren Stammanalysen die Abb. 6 zeigt, haben einen ganz verschiedenen Entwicklungsgang genommen. Die erste zeigt ein sehr langsames Jugendwachstum, später dann aber eine kräftige Erholung. Mit ihrer langherabreichenden Krone erinnert sie, wie in ihrer Jugendentwicklung und in der Gleichmäßigkeit ihres Jahrringaufbaus, stark an Plenterwaldstämme. Die zweite Fichte könnte mit ihrer raschen Höhenentwicklung, dem kräftig anlaufenden, später nachlassenden Dickenwachstum, mit ihrer verhältnismäßig kurzen Krone auch aus einem gleichalterigen Pflanzbestand entnommen sein. An den 2 Tiroler Fichten ist nun besonders bemerkenswert, daß der Stamm vom Plenterwaldtyp auch bei gleicher Ringbreite merklich schwereres Holz gebildet hat als der Stamm vom Kahlschlagtyp, wie wir der kurzen Charakterisierung halber sagen können (vgl. Abb. 1 auf Seite 616). Tragen wir schließlich die Holzgewichte in die Stammanalysen ein und kennzeichnen wir Zonen annähernd gleicher Rohwichte durch entsprechende Schraffur, so finden wir beim ersten Typ ein recht substanzreiches Holz mit bemerkenswerter Dichte auch in Marknähe, beim zweiten hingegen die typische leichte Innenzone, die nur durch einen schmalen Mantel dichteren Holzes, der sich in den letzten Lebensjahrzehnten gebildet hat, umhüllt wird. Daß der erste Typ durch sein gleichmäßig dichtes Gefüge die weit besseren Festigkeitseigenschaften hat und zudem durch geringere Astigkeit im Erdstammstück bei weitem wertvoller ist, da er vorzügliche, feinastige Brett- und Dielungsware ergibt oder auch gutes Ingenieurholz liefern würde, steht außer Zweifel.

Zur Astigkeit bzw. Astreinheit ist noch besonders beizufügen, daß auch bei der Fichte ein recht enger Zusammenhang zwischen dem Wachstumsablauf und dem Durchmesser der gebildeten Aeste besteht. Derber Ausbildung des Gipfeltriebes entsprechen breite Jahrringe der in entsprechender Baumhöhe gebildeten Aeste. Auf der Freifläche künstlich begründete Fichtenbestände, die auf guten Standorten eine sehr rasche Jugendentwicklung haben, können daher niemals so zartastig sein wie Jungwüchse, die unter Schirm angekommen sind und längeren Druckstand mit seinen wachstumshemmenden Wirkungen durchzumachen hatten. Am Beispiel einiger oberschwäbischer Fichten sollen diese Zusammenhänge noch deutlich gemacht werden. Hier wurden einige Fichten eines haubaren Bestandes untersucht, der nach den Erfahrungen eines zum Forstbetrieb gehörigen Sägewerkes und auch nach dem Urteil von Holzkäufern vorzügliche Holzeigenschaften aufweist. Stammwuchsbilder dieser Probestämme zeigt die Abb. 7. Bemerkenswert ist die verhaltene Jugendentwicklung und die

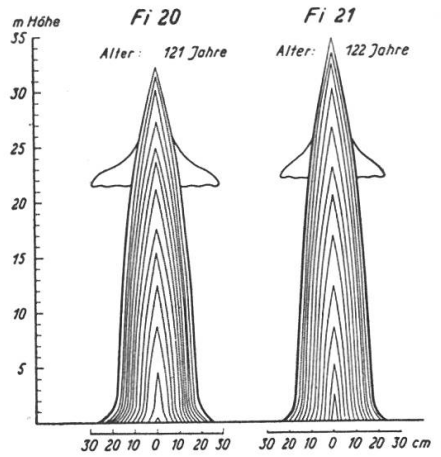


Abb. 7

Stammwuchsbilder von 2 Fichten mit hervorragenden Holzeigenschaften (Zeil, Oberschwaben)

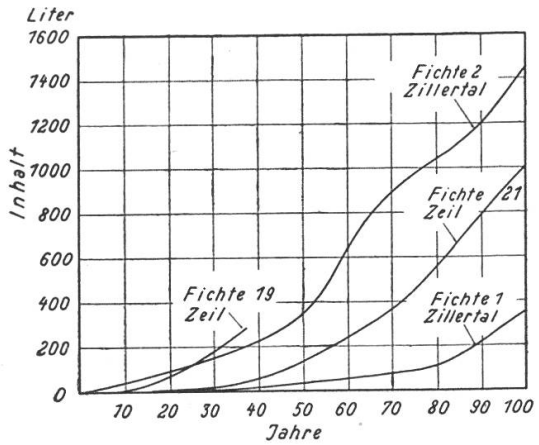


Abb. 8

Wachstumskurven für 4 Fichten

außerordentliche Gleichmäßigkeit im Aufbau des rechten Stammes. Auf gleichwertigem Standort in nächster Nachbarschaft befindet sich ein Stangenort, der durch Saat auf ehemals landwirtschaftlich genutztem Boden begründet wurde. Die Abb. 8 zeigt Massenwachstumskurven für ein Stämmchen dieser Aufforstung, für einen im Stammwuchsbild gezeigten Stamm des Altbestandes sowie für die zuvor erwähnten beiden Zillertaler Fichten.

Die Altfichte aus Zeil ähnelt in ihrer Jugendentwicklung, sicher durch starken Druckstand gebremst, der Zillertaler Fichte 1 vom «Plentertyp». Das Stämmchen aus der Aufforstung übertrifft an Raschwüchsigkeit sogar die unbehindert erwachsene Tiroler Fichte. Aufschlußreich ist der Vergleich der Aststärken der beiden Zeiler Fichten. In der Abb. 9 sind die Querflächen sämtlicher Dürräste eingetragen; die langsam entwickelte Altfichte ist bei weitem feinastiger; auch der Vergleich der jeweils stärksten

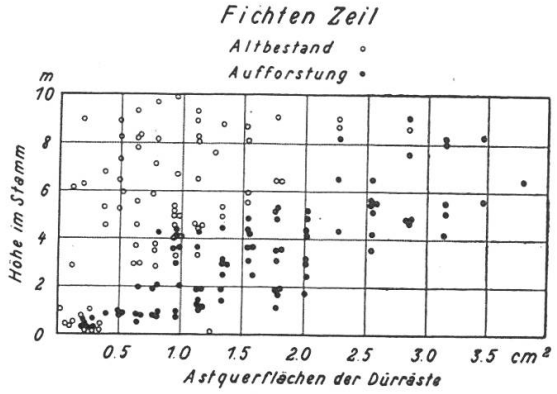


Abb. 9

Einfluß der Jugendentwicklung auf Astigkeit

Aeste, die in derselben Höhe vorhanden sind, läßt keinen Zweifel offen, daß der Ablauf des Jugendwachstums für die Astigkeit der Erdstämme entscheidend ist.

Will man also gleichmäßig dichtes, tragkräftiges und zugleich feinastiges Fichtenholz erziehen, so ist auf eine verhaltene Jugendentwicklung, wie sie nur langfristige Verjüngungsverfahren ermöglichen, Wert zu legen. Namentlich auf kräftigen, frischen Böden, wo die Fichte zu einem sehr raschen Wachstum neigt, ist die Ausnutzung von Schirm und Seitendruck zur Verhinderung grober Astbildung wertfördernd. Surber hat am Beispiel von Mittelwaldfichten nachgewiesen, daß dadurch auch auf optimalen Standorten vorzügliches, sehr gesuchtes Fichtenholz herangezogen werden kann.

Der Zusammenhang zwischen der Wachstumsgeschwindigkeit und den Holzeigenschaften ist bei der Föhre etwas anders gelagert als bei der Fichte. Sehr rasches Wachstum führt zwar auch bei Föhren zur Bildung wenig dichten, leichten Holzes, in dem die weitlumigen Frühholztracheiden stark überwiegen, während das Spätholz nur schwach vertreten ist. Je breiter die Jahrringe werden, um so schwächer sind meist die Wandstärken des Spätholzes ausgebildet. Auch die Faserlängen sinken bei jeder Föhre mit zunehmender Ringbreite. Wenn wir in der graphischen Auswertung von Schlagbiegeversuchen (Abb. 10) verfolgen, wie sehr die Holzfestigkeit mit zunehmender Ringbreite abfällt, erscheint die einschränkende Be-

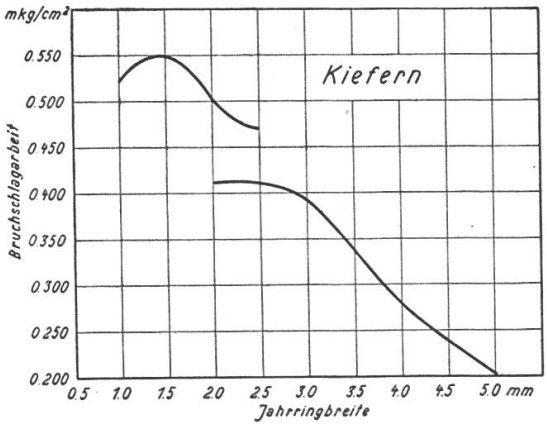


Abb. 10

Zusammenhang zwischen Jahrringbreite und Bruchschlagarbeit von Kiefernholz

stimmung der Bauholz-Güteklassensortierung, die breitringiges Holz von der Güteklasse 1 ausschließt, voll gerechtfertigt. Schmäleren Jahrringen entspricht also dichteres und festeres Föhrenholz. Sinkt aber das Dickenwachstum unter eine «optimale Ringbreite» ab, die etwa bei 1,5—1 mm liegt, so geht der Spätholzanteil und mit ihm die Rohwichte merklich

zurück. Bei ganz geringem Dickenwachstum fehlt das Spätholz dann nahezu vollständig, wie das Beispiel einer schlecht bekronten Kiefer von einem sehr mageren Standort des Nürnberger Reichswaldes zeigt (Abb. 11). Auch

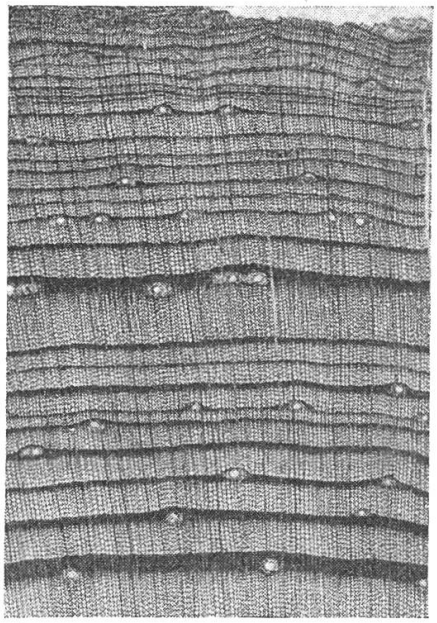


Abb. 11

Hirnschnitt durch das Holz einer schlechtbekronten Kiefer von sehr armem Standort (Nürnberger Reichswald)

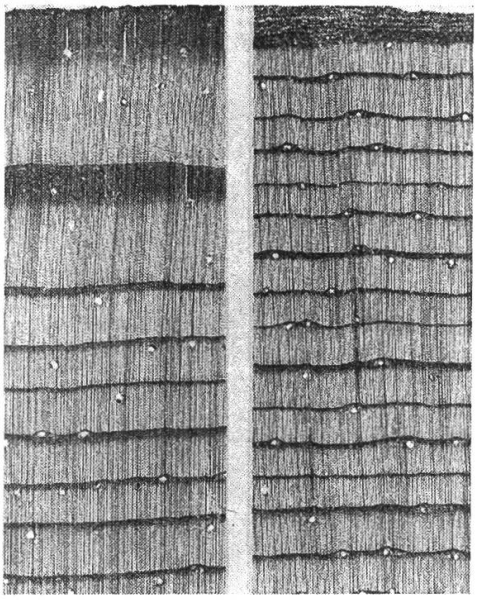


Abb. 12

Hirnschnitte durch die äußeren Jahrringe von 2 Altkiefern (Schwarzwald). Links: aus einem vor wenigen Jahren gedüngten Bestand; rechts: ungedüngt

die nach Schaftform und Astreinheit in Süddeutschland unerreichten Föhren des Schwarzwaldes leiden — wie schon Dieterich vor mehreren Jahrzehnten festgestellt hat — auf den wenig nährstoffreichen, vielfach stark verhagerten Böden des Hauptbuntsandsteins in höherem Alter unter einem Zuwachsschwund. Eine rasche Abnutzung der zuwachsschwachen, aber sehr hochwertigen Altbestände ist schon aus marktpolitischen Gründen nicht angezeigt. Um den Zuwachs wieder anzuregen, vor allem aber um für die künftige Verjüngung bzw. den angestrebten Bestockungsumbau eine Sanierung des Bodenzustandes zu erreichen, hat man in der letzten Zeit Düngungsversuche unternommen. Das Bild 12 zeigt zum Vergleich die äußersten Holzschichten je einer Kiefer aus einer gedüngten und einer benachbarten ungedüngten Fläche. Die Proben stammen aus 13 m Höhe im Stamm. Bei der nicht gedüngten Föhre scheint der Zuwachs im Lauf der letzten 15 Jahre noch abzusinken; Spätholz ist kaum mehr vorhanden. Auch die Rohwichte sinkt nach außen ab. Die gedüngte Föhre hat sich im Zuwachs überraschend gut erholt, was zwar vor allem die Frühholzbreite steigert, aber auch die Spätholzbildung gegenüber den Jahren vor der Düngung angeregt hat. Die Spätholzwandstärken sind so normal und kräftig ausgebildet, wie dies auch sonst auf den Hauptbuntsandsteinböden

des Ostschwarzwaldes beobachtet wurde. Die Rohwichte ist in den letzten Jahren wieder angestiegen. Nachteilige Einwirkungen der Düngung auf das Holzgefüge sind also nicht festzustellen.

Standraum und Kronengröße beeinflussen nicht nur das Wachstum, sondern auch die Holzstruktur und Rohwichte wesentlich. Vergleichen wir Föhren von verschiedener soziologischer Stellung aus demselben Bestand, so finden sich bei den stärker bekronten herrschenden Stämmen zwar die dickwandigeren Spätholztracheiden; aber die kleinkronigen Zwischenständer der Kraftschen Kronenklasse 3 und 4a haben zufolge ihrer schmäleren Ringe doch im ganzen das dichtere Holz. Diese schlanken Zwischenständer in Föhrenbeständen eignen sich bekanntlich meist sehr gut zur Aushaltung von Dielungsholz. Die Abb. 13 zeigt Stammwuchsbilder mit eingezeichneter Rohwichteverteilung von 2 Föhren eines sehr wüchsigen und langschaftigen, früher allerdings nur schwach gepflegten und ziemlich dicht erwachsenen Föhrenbestandes aus dem Hauptmoorwald bei

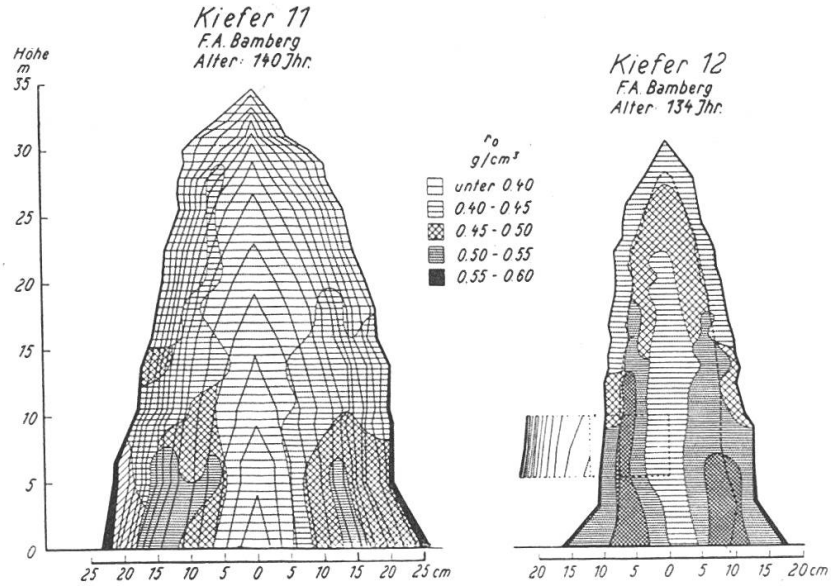


Abb. 13

Stammwuchsbilder mit eingezeichneter Rohwichte von 2 Föhren verschiedener Kronenklasse (Hauptsmoorwald bei Bamberg)

Bamberg. Der vorherrschende Stamm hat im Innern recht leichtes Holz gebildet mit einer Rohwichte von weniger als 0,40 g/cm³. Die schwach mitherrschende Föhre der Kronenklasse 3 enthält überhaupt kein Holz von derart lockerem Gefüge; sie hat allerdings in den letzten Jahrzehnten ihren Durchmesser kaum mehr vergrößert; die 10jährigen Zuwachsmäntel sind so dünn, daß sie nicht mehr eingezeichnet werden konnten. Die Holzdichte nimmt daher auch nach außen wieder ab.

Vergleichen wir aber Föhrenbestände verschiedener Ertragsklassen bei gleichen klimatischen Verhältnissen, so zeigen sich oft recht erhebliche Unterschiede in der Holzstruktur, der Dichte und Festigkeit des Holzes. Wie die Abb. 14 erkennen läßt, hebt sich die herrschende Kiefer (aus einem

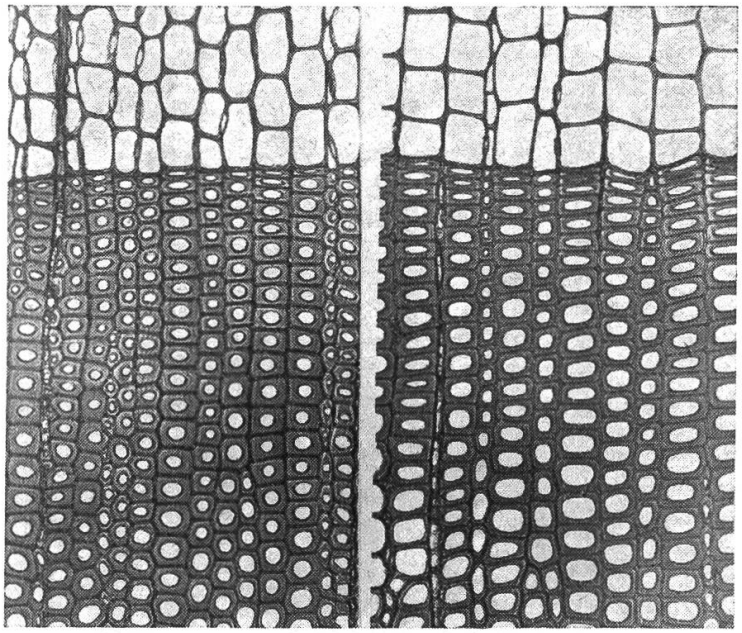


Abb. 14

Hirnschnitte durch das Holz von 2 vorherrschenden Kiefern aus dem Hauptsmoorwald bei Bamberg, Links 4. Standortsklasse, rechts 1. Standortsklasse

Bamberger Bestand) auf recht magerem Boden (Bon. IV) durch ihr dickwandiges Spätholz vorteilhaft von einem Probestamm der Spitzenbonität ab. Auf dem armen Standort sind ferner die Tracheiden in tangentialer Richtung schmäler, dadurch erscheint auch das Frühholz engmaschiger und dichter. Die Steigerung der Holzgüte mit absinkender Bonität hat allerdings nach unten eine Grenze, denn auf den allerärmsten Standorten erzielt die Föhre nur eine bescheidene Holzfestigkeit. In der Abb. 15 sind Mittelwerte der Rohwichte und Festigkeit für 3 Föhrenbestände bei Bamberg verglichen, die der I., IV. und VI. Bonität angehören. Die Mittelwerte des Bestandes der besten Bonität sind = 100 gesetzt, die der beiden anderen Bestände sind in Prozent der ersteren ausgedrückt. Man erkennt, daß die langsam erwachsenen Föhren der IV. Ertragsklasse in jeder Beziehung die besten Festigkeitseigenschaften aufweisen; so wird durch höhere Güte wenigstens zu einem kleinen Teil die viel geringere Mengenleistung ausgeglichen. Das Föhrenholz von der VI. Bonität allerdings fällt in der Festigkeit und Elastizität deutlich ab. Es handelt sich um einen trockenen Sandrücken zwischen Erlangen und Bamberg, der durch Streunutzung noch zusätzlich ausgeschunden wurde. Daß die Föhre auf ärmsten

Trockenstandorten auch an Holzgüte wenig leistet, ist z. B. an den sog. grauen Föhren im Talboden des Wallis' nachgewiesen worden.

Bei der Föhre besteht zwischen dem Stammholz der Güteklasse B – der üblichen Bauware – und der Güteklasse A – dem Schneideholz oder Wert-

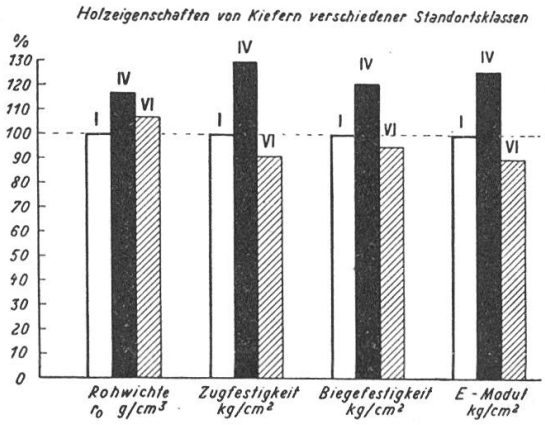


Abb. 15

holz – ein bedeutender Preisunterschied. Da für die Güteklasseneinteilung die Astigkeit bzw. Astreinheit der Stämme das entscheidende Merkmal ist, kommt der Frage nach dem Zusammenhang zwischen Wuchsgeschwindigkeit und Astbildung große praktische Bedeutung zu. Wie von Olberg und später auch von Schöpf nachgewiesen wurde, ist bei Föhren, ebenso wie bei Fichten, stets ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Stärkeentwicklung der Aeste und dem Dichtenwachstum des Stammes vorhanden. Schmalen Jahrringen in Marknähe entsprechen in derselben Höhe auch zarte, dünne Aeste. Auf sehr kräftigen Böden erwachsen Föhren meistens grobastig und beulig. Reichlicher Standraum und Vorwüchsigkeit wirken sich bekanntlich sehr nachteilig aus, indem sie die Ausbildung grober Aeste fördern. Schlanke Zwischenständer mit feinringigem Jahrringbau sind dagegen meist besonders feinastig und auch aus diesem Grund die besten Dielungshölzer. Die höchste Wertholzausbeute wird i. d. R. nicht von rasch erwachsenen Kiefern guter Ertragsklasse, sondern auf mäßigen Standorten erzielt. Grobe Aeste bewirken immer eine beträchtliche Abweichung der Faserrichtung und führen zu einer Wulstbildung. Auch durch Trockenästung läßt sich dieser schwerwiegende Fehler nicht völlig korrigieren; der Grobast läßt immer eine erhebliche Strukturstörung im Schaftholz zurück. Daß es nun waldbauliche Mittel gibt, die Astbildung im Erdstamm weitgehend zu bremsen, hat schon Olberg an eingehenden Stammanalysen erläutert. Es handelt sich, kurz gesagt, darum, die Wuchsgeschwindigkeit in den Jugendjahrzehnten möglichst zurückzuhalten, was durch eine entsprechende Ausnutzung des Altholzschirms, in idea-

ler Weise auch durch die Konkurrenz dichter Laubholzjungwüchse möglich ist. Es ist überflüssig, diese Zusammenhänge, die Vögeli in anschaulicher Weise erläutert hat und die ferner Kunz mit seinen Untersuchungen von Föhrendickungen weitgehend klären konnte, weiter zu erörtern. Die Richtigkeit dieser Feststellungen läßt sich vielfach beobachten. Auf einige Beispiele, wie Kiefern vorzüglicher Holzgüte in der Laubholzmischung, und zwar eingezwängt zwischen Stockausschlägen von Eichen, Hainbuchen und Buchen erwachsen sind, kann aber noch hingewiesen werden. Es handelt sich um zwei ehemalige Mittelwälder im mainfränkischen Keupergebiet. Im ersten Fall haben sich Föhren in einem nicht sehr pfleglich behandelten Gemeindewald nach Unterholzhieben angesamt oder sind vielleicht auch in Lücken eingesät worden. Sie gerieten bald in scharfe Konkurrenz mit den Ausschlägen der auf den Stock gesetzten Laubhölzer und haben meist erst im Baumholzalter eine herrschende Stellung erlangt. Durch den Seitendruck der Stocklohden, teilweise auch durch den Schirm von Ueberhältern blieb das Dickenwachstum der Föhren mäßig, demgemäß auch die Astbildung schwach. Ein typisches Ergebnis solcher Jugendentwicklung ist die 57jährige Föhre der Abb. 16, die eng zwischen Buchenstocklohden aufgewachsen ist mit einem nur ganz geringen Höhenvorsprung in den ersten Jahrzehnten. Verglichen mit einem mitherrschenden (also verhältnismäßig

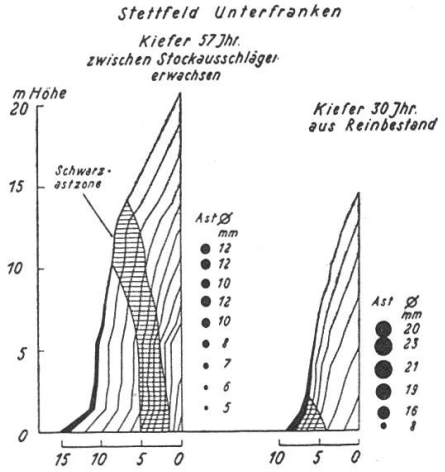


Abb. 16

Stammwuchsbilder mit Angaben der inneren Astigkeit für 2 Föhren mit verschiedener Jugendentwicklung

schwach bekronten) Stämmchen aus einem benachbarten reinen Föhrenstangenort ist die Föhre zwischen den Stocklohden sehr feinastig geblieben (die Astdurchmesser und Dürrastlängen beider Föhren sind sämtliche gemessen worden, die mittleren Aststärken sind im Bild eingezeichnet). Wie ungewöhnlich schlank das Föhrenstämmchen links im Bild in seinen ersten Lebensjahrzehnten war, ist gut zu erkennen. Auch die Holzdichte solcher

Kiefern, die in enger Laubholzumgebung aufgewachsen sind, ist günstig; so zeigt die Föhre, deren Stammwuchsbild mit Rohwichteverteilung in Abb. 17 wiedergegeben ist, auch im marknahen Holz eine beträchtliche Wichte.

Als zweites Beispiel wird die Jahrringentwicklung einer Kiefer gezeigt, die den größten Teil ihres Lebens noch im Mittelwaldbetrieb verbracht hat. Der Standort ist besser als bei den vorhergehenden, da auf Werksandstein hier eine starke Lößdecke lagert. Auf dem kräftigen und frischen Boden wäre von Kiefern, die auf der Freifläche ohne jeglichen Schirm aufwachsen, nur grobastiges, beuliges Holz zu erwarten. Die

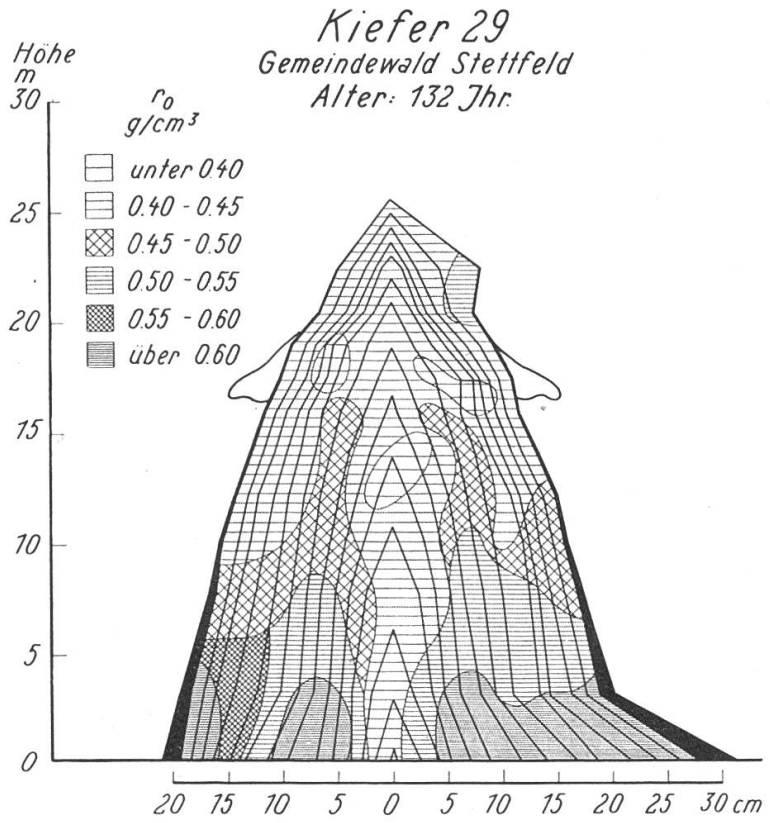


Abb. 17

Stammwuchsbild einer Föhre aus ehemaligem Mittelwald mit eingezeichneter Rohwichte

Konkurrenz der Stockausschläge, die bis zum ersten Unterholzhieb rund 25 Jahre sich auswirken konnte, hat das Wachstum der Föhren aber so abgebremst, daß die Jahrringbreite während der ersten Lebensjahrzehnte unter 1 mm blieb, die Massenleistung in diesen Jahren war verschwindend gering. Erst nach dem Stockhieb des Unterholzes beginnen die Föhren sich zu entwickeln. Mit der nun gegebenen Kronenfreiheit wächst die Jahrringbreite sprunghaft an — aber in der bisher erreichten Höhe sind die Aeste überaus zart geblieben, im Erdstammstück erreichen die Astdurch-

messer nur ausnahmsweise 10 mm, meist liegen sie erheblich darunter und betragen in den untersten 4 Metern nur 5–6 mm. Die in der Krone nunmehr unbehinderten Oberholzstämme leisten in der Folge einen beachtlichen Durchmesser- und Massenzuwachs, im Alter von 120 Jahren betra-

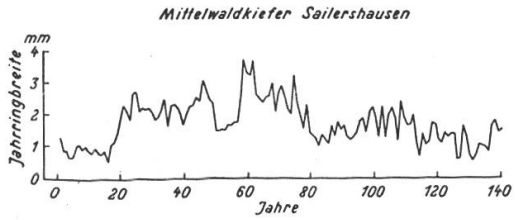


Abb. 18

Entwicklung der Jahrringbreite bei einer Mittelwaldkiefer

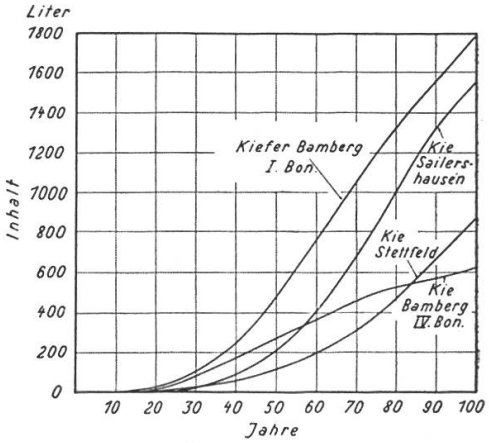


Abb. 19

Wachstumskurven für 2 Hochwald- und 2 Mittelwaldkiefern

gen die Brusthöhendurchmesser 60 cm und mehr. Die Erdstammstücke solcher Starkföhren ergeben sehr gesuchtes Furnierholz. Ein Furnierwerk erzielte eine Ausbeute von 50 % bester Außenfurniere und noch weiterer 25 % Absperrfurniere – ein sehr günstiges Ergebnis. In der Holzstruktur war die untersuchte Mittelwaldkiefer im übrigen ziemlich leicht und spätholzarm, aber von großer Gleichmäßigkeit der Holzdichte. Mit ihren riesigen, tiefangesetzten Kronen bilden die Mittelwaldkiefern auf dem guten Standort naturgemäß ein Holz, in dem das Leitgewebe (= die Frühholztracheiden) stark überwiegt, wie es dem raschen Wachstum und der starken Transpiration der großen Kronen entspricht. Bei der völligen Astreinheit der Erdstammstücke wird die Furniereignung aber durch das rasche Wachstum nicht beeinträchtigt. Daß Festigkeitseigenschaften und Rohwichte nur niedrige Werte aufweisen, ist für diese Art der Verarbeitung belanglos. Der eigenartige Wachstumsgang mit ungemein langsamer Jugendentwicklung, die dann aber nach wenigen Jahrzehnten in ein sehr rasches Wachstum übergeht, hat also die Holzqualität in günstigster Weise beeinflußt.

Schließlich ist noch der Vergleich der beiden Beispiele von Interesse. Die letzterwähnte Mittelwaldkiefer ist durch Stockhieb im Unterholz völlig freigestellt worden, als sie eine Höhe von etwa 8 m erreicht hatte. Damit erhielt sie früh volle Kronenfreiheit; ihr Dickenwachstum wurde enorm gesteigert, aber die Länge des Wertholzabschnittes wurde durch die frühe Freistellung beschränkt. Im reinen Mittelwaldbetrieb ergeben

die Föhren auf den unterfränkischen Keuperstandorten im höchsten Fall 8–9 m Furnierlänge. Im ersterwähnten Fall hingegen hat die Konkurrenz der Laubhölzer sich länger ausgewirkt. Die Föhren erreichten eine freie Kronenstellung erst dadurch, daß sie die umgebenden Stockausschläge, deren Höhenwachstum allmählich abklingt, schließlich überwuchsen. So entstehen wesentlich längere astreine Schäfte: einwandfreie Schneideholzabschnitte können bis 15 m, in einzelnen Fällen sogar bis 18 m Länge ausgehalten werden. Die Abb. 19 zeigt als Ergänzung hierzu die Entwicklung der Schaftinhalte von einigen der vorerwähnten Föhren. Sie läßt erkennen, daß die beiden aus ehemaligen Mittelwäldern (Sailershausen, Stettfeld) stammenden Probestämme in ihren ersten Lebensjahrzehnten im Zuwachs weit hinter den aus gleichalterigen Hochwaldbeständen entnommenen Kiefern zurückbleiben. Das langsame Jugendwachstum der zwischen Laubholz-Stockausschlägen erwachsenen Wertholzstämme wird besonders durch den Vergleich mit der Kiefer von dem armen Standort (IV. Bonität) unterstrichen, die eine wesentlich raschere Jugendentwicklung aufzuweisen hat. Als Nadelbaumart, bei der ebenfalls eine Dämpfung zu raschen Jugendwachstums sich vorteilhaft für die Holzgüte auswirkt, kann ferner die Japanische Lärche erwähnt werden, der als Gastbaumart auf manchen frischen Laubwaldstandorten, die der europäischen Lärche nicht zusagen, eine gewisse Bedeutung zukommt. Ihre Wuchsgeschwindigkeit kann so ungestüm sein, daß in den ersten Jahrzehnten Jahrringbreiten von 8–10 mm zustandekommen. Natürlich hält solches Dickenwachstum nur eine beschränkte Zeit an und die Stämme sind dann im Aufbau ungleichmäßig mit leichtem, wenig festem Holz im Stamminnern (Abb. 20). Gelingt es

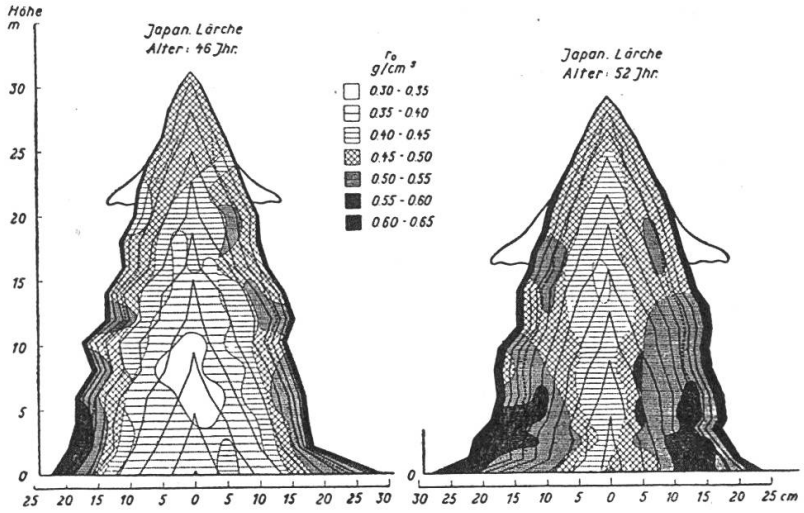


Abb. 20

Stammwuchsbilder für 2 Japanlärchen mit eingezeichneter Rohwichte. Links: sehr rasches Jugendwachstum, rechts: durch Dichtschluß zurückgehaltenes Jugendwachstum

durch dichte Pflanzverbände oder auch Konkurrenz raschwüchsiger Laubhölzer die jugendliche Entwicklung der Japanlärchen etwas abzubremsen, so wird das Holzgefüge wesentlich gleichmäßiger, die Rohwichteverteilung ausgeglichener und die Holzfestigkeit bei weitem günstiger. Außerdem scheint auch die natürliche Dauerhaftigkeit des Lärchenholzes – bei der japanischen ebenso wie bei der europäischen Lärche – durch sehr hohe Wachstumsgeschwindigkeit beeinträchtigt zu werden.

Bei den *ringporigen Laubhölzern* ist bekanntlich die Auswirkung der Wachstumsgeschwindigkeit auf die Wichte und Festigkeit des Holzes eine völlig andere als bei den Nadelbaumarten. Jahrringbreiten von 1–1,5 mm, die etwa bei der Föhre als optimal gelten können, wenn es sich darum handelt, festes und tragkräftiges Holz, Dielungsware von hoher Abnutzungsfestigkeit usw. auszuwählen, bedeuten z. B. beim Eschenholz nur eine geringe Holzgüte. Kein kundiger Verarbeiter wird solches feinringiges Eschenholz für die Herstellung von Werkzeugstielen, Sportgeräten oder für Stellmacherarbeiten benutzen. Trägt man etwa die Bruchschlagarbeit

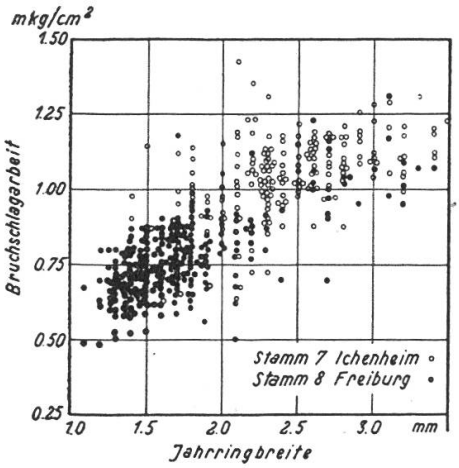


Abb. 21

Zusammenhang zwischen Jahrringbreite und Bruchschlagarbeit von Eschenholz

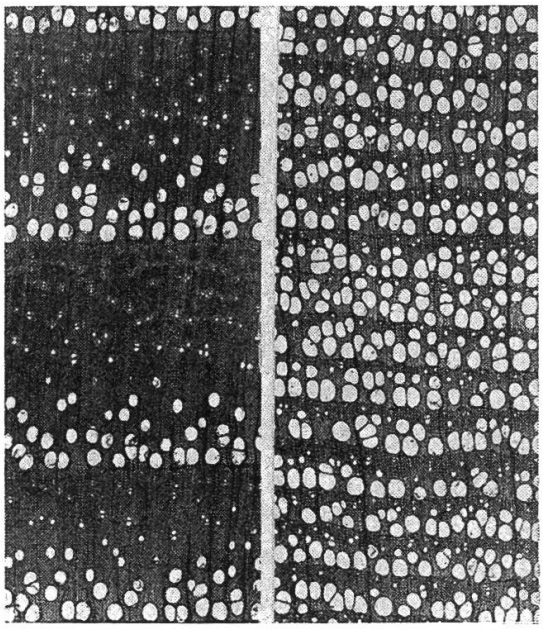


Abb. 22

Hirnschnitte durch Eschenholz: Rechts: schmalringiges Holz von einem flachgründigen Dolomitsüdhang der Voralpen, links Holz einer Auwaldesche mit breiten Jahrringen und hohem Anteil an Stützgewebe

untersuchter Eschenprobestäbe über der Jahrringbreite auf – wie dies in der Abb. 21 geschehen ist, so zeigt sich, daß das Streuband der Einzelwerte mit zunehmender Ringbreite eine stark steigende Tendenz hat – mindestens bis Jahrringbreiten von 2,5 mm erreicht sind. Von sehr langsam

erwachsenem Eschenholz kann man keine belangvollen Festigkeitswerte erwarten, weil in schmalen Jahrringen das dünnwandige Leitgewebe, das in Form der weitlumigen Frühholzgefäße alljährlich gebildet wird, den überwiegenden Teil ausmacht. Stützgewebe kann erst bei etwas lebhafterem Zuwachs einen entsprechenden Anteil einnehmen. So kann auch das schmalringige Holz der Abb. 22 nur brüchig und spröde sein. Die breitringige Probe hat hingegen eine vorzügliche Festigkeit.

Leider ist aber die Jahrringbreite noch kein eindeutiges Merkmal für die Festigkeit und Zähigkeit von Eschenholz. Insbesondere die dynamische Festigkeit, die als Ausdruck für die Zähigkeit bei der Esche stark interessiert, unterliegt auch bei wüchsigen Eschen erheblichen Schwankungen. Auch zwischen dem Hartfaseranteil und der Schlagbiegefestigkeit des Holzes besteht kein sehr enger Zusammenhang. Dies ist insofern verständlich, als die Hartfasern der Esche mit recht verschieden starken Wandungen ausgestattet sein können; auch der Faserdurchmesser schwankt beträchtlich. Bestimmt man allerdings durch eine freilich recht mühevolle

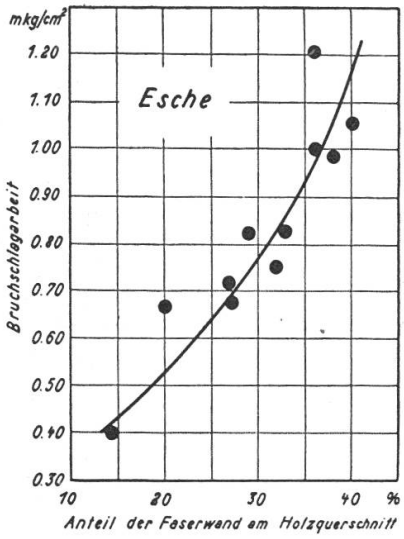


Abb. 23

Zusammenhang zwischen Faserwandanteil und Bruchschlagarbeit von Eschenholz

Messung den Anteil der Spätholzfaserwandungen an der Querfläche der Proben, so zeigt sich ein ziemlich enger Zusammenhang mit der dynamischen Festigkeit (Abb. 23). Es ist also ein reichlicher Hartfaseranteil, aber auch eine dickwandige Ausbildung dieser Fasern notwendig, um wirklich vollwertiges Eschenholz zu erzielen. Eine gewisse Bedeutung scheint daneben noch der Feinbau, insbesondere die Verholzung der Zellwandungen zu haben. Auf mageren Trockenstandorten ist das Stützgewebe nicht nur spärlich vertreten, sondern zudem meist noch dünnwandig. Die «Stein-

eschen», wie sie auf trockenen Sonnenhängen der Voralpen, aber auch z. B. im Jura vorkommen, sind zufolge ihrer geringen Wuchsgeschwindigkeit im Holz ganz geringwertig.

Merkwürdig ist nun, daß Eschen auch auf vorzüglichen, frischen Böden, wo sie ausgezeichnet gedeihen, hinsichtlich ihrer Festigkeitseigenschaften stark enttäuschen können. So bietet auch gutes Höhenwachstum noch keine Gewähr für hohen Faseranteil und entsprechende Festigkeit. An sehr langschaftigen Eschen aus dem südlichen Schwarzwald, die Höhen von 35 bis 40 m erreicht hatten, wurden z. B. nur mittelmäßige Festigkeitswerte festgestellt. Und auf einem standörtlich nahezu optimalen, frischen und kräftigen Moränenboden im schwäbischen Alpenvorland waren Eschen bei sehr guter Höhenleistung im Nadelmischbestand erwachsen, die technisch ganz geringwertiges, brüchiges Holz aufwiesen. Sogar breitringiges Holz dieser Stämme hatte keine befriedigende dynamische Festigkeit, wie aus Abb. 24

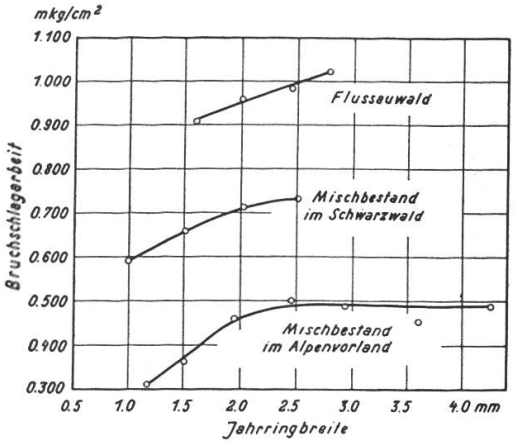


Abb. 24

Zusammenhang zwischen Jahrringbreite und Bruchschlagarbeit von Eschenholz verschiedener Herkunft

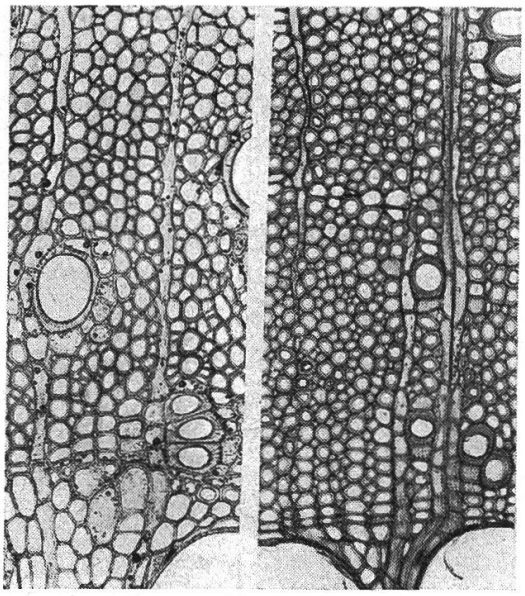


Abb. 25

Hirnschnitte durch das Holz von 2 Eschen mit verschieden ausgebildetem Stützgewebe

ersichtlich ist. Unter dem Mikroskop zeigten sich ziemlich weitlumige, dünnwandige Fasern. In Abb. 25 ist der Hirnschnitt durch das Holz einer solchen rasch erwachsenen, aber in den Festigkeitseigenschaften mangelhaften Esche vollwertigem Auwaldeschenholz gegenübergestellt. Dem gut ausgebildeten Stützgewebe der rechten Probe im Bild entspricht auch eine gut durchschnittliche Festigkeit. Es läßt sich also entnehmen, daß auch bei vorzüglichem Wachstum, wenn wir dabei von der Höhenentwicklung ausgehen, die Holzgüte, was die Festigkeit und Zähigkeit des Eschenholzes anlangt, keineswegs immer befriedigt. Stellen wir nun die Frage, unter

welchen Voraussetzungen sich dann überhaupt vollwertiges Eschenholz mit hohem Faseranteil und kräftig ausgebildeten Zellwänden im Stützgewebe bildet, so scheint nach unseren bisherigen Unterlagen der Aufbau und der Pflegezustand der Bestände eine entscheidende Bedeutung zu haben. Eschen, die im Dichtschluß, namentlich zwischen Fichte, aber auch in Einzelmischung mit gleichwüchsiger Buche, erwachsen, scheinen auch bei günstigen Standortsbedingungen nur wenig festes Holz zu bilden. Vollwertiges zähes Holz ist anscheinend nur von Eschen zu erwarten, die in allen Lebensaltern gut entwickelte, freie Kronen besitzen. Die Erfahrung von Holzverarbeitern, die stets Eschen aus Beständen mit lockerem Kronenschluß und Waldrandeschen gegenüber den Stämmen aus geschlossenen Beständen bevorzugen, scheint demnach durchaus begründet zu sein. Wir können jedenfalls schließen, daß bei der Esche der frühzeitig einsetzenden Kronenpflege eine überragende Bedeutung für die Holzgüte zukommt.

Wenn als weitere ringporige Baumart noch die Eiche erwähnt werden soll, so geschieht dies deswegen, weil die Auswirkungen der Wuchsgeschwindigkeit auf Struktur und Eigenschaften von Eichenholz nicht ganz mit den beim Eschenholz beobachteten übereinstimmen. Ferner aber, weil die Holzkäufer der Struktur des Eichenholzes besonderes Gewicht beimessen.

Schon beim Eschenholz sind in der Ausbildung des Leitgewebes, das in erster Linie aus einer Zone porenreichen Frühholzes besteht, gewisse Unterschiede hinsichtlich der Breite dieser Zone und den Durchmessern der Wasserleitungsbahnen, die wir als Gefäße bezeichnen, festzustellen. Bei der Traubeneiche — nur von dieser soll hier die Rede sein — ist das Leitgewebe noch unterschiedlicher ausgebildet. Zwar unterliegen die Durchmesser der Holzröhren nur geringen Schwankungen, aber der Frühjahrsporenring kann aus 1—2, ja 3 Reihen weitlumiger Gefäße bestehen und damit eine recht verschiedene Breite besitzen. Beim Spätholz schwankt nicht nur die Breite, sondern auch die Zusammensetzung nach Gewebearten. Leitgewebe ist vertreten in Form kleiner Spätholzgefäße und vor allem in Form von Tracheiden, deren Anteil im Jahrring bei unseren Traubeneichen zwischen 12 und 50 % schwankt; die das Stützgewebe bildenden Hartfasern können gegenüber den Tracheiden im Spätholz überwiegen oder auch zurücktreten. Nur der Parenchymanteil hält sich meist auf annähernd gleicher Höhe. Durch die Wuchsgeschwindigkeit wird sowohl die Früh- wie die Spätholzausbildung beeinflußt. Während in sehr schmalen Jahrringen fast immer nur eine Gefäßreihe vorhanden ist, wird bei lebhaftem Wachstum ein breiteres, mehrreihiges Frühholz gebildet; vor allem aber erfährt das Spätholz eine kräftigere Ausbildung; so ist im breitringigen Holz auf jeden Fall mehr dichtes und englumiges Stützgewebe vorhanden als in extrem schmalen Jahrringen. Bei alten Eichen — wenn die Krone ihre endgültige Form erreicht hat — geht auch das

Dickenwachstum zwangsläufig zurück. Wenn in hohem Alter die Breite der Jahrringe unter 1 mm, ja schließlich auf einen Bruchteil dieses Betrages absinkt, bestehen diese fast ausschließlich aus Leitgewebe und Parenchym, das Stützgewebe tritt ganz in den Hintergrund. Aus mikroskopischen Gefügemessungen über etwa 100 Jahrringe einer Alteiche, woraus jeweils für Abschnitte annähernd gleicher Ringbreite die durchschnittlichen Zellartenanteile berechnet wurden, ergab sich die Abb. 26. Am

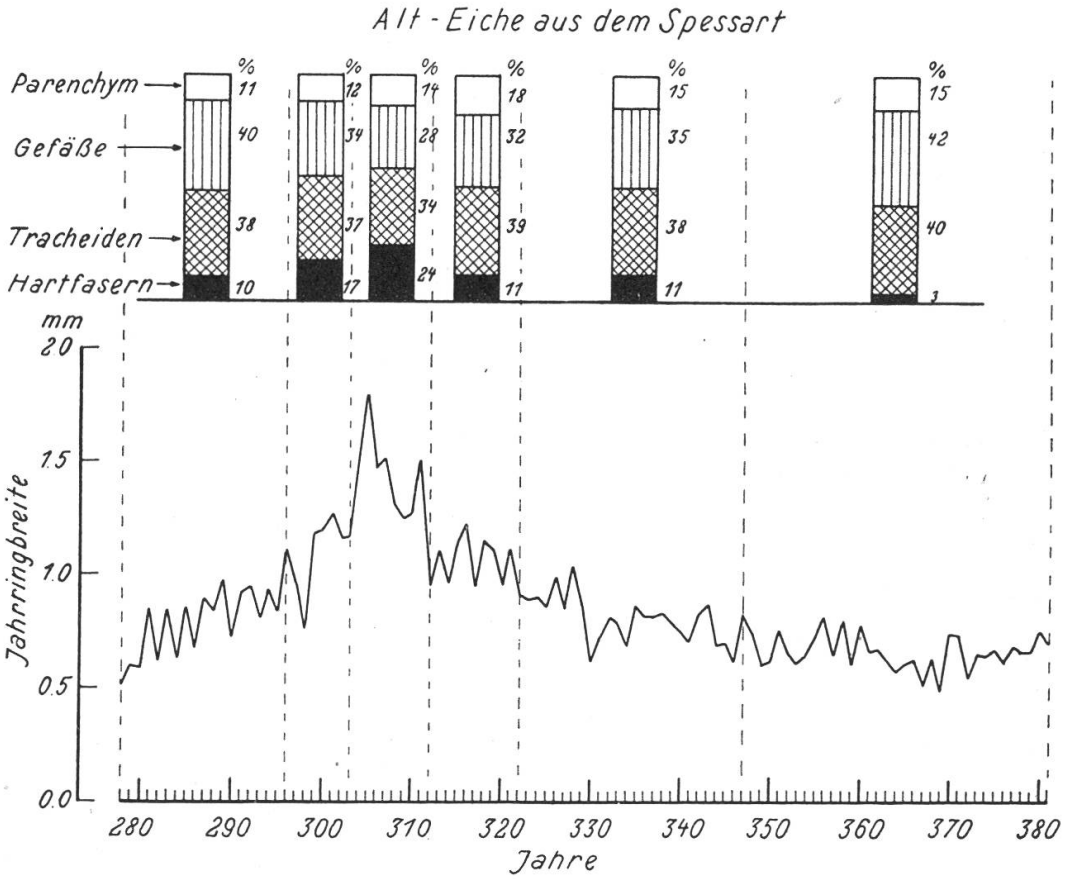


Abb. 26

Jahrringbreiten und Gewebeanteile in den letzten 100 Lebensjahren einer alten Traubeneiche (Spessart)

Schluß betrug der Hartfaseranteil nurmehr 3 %. Das ganz feinringige Holz aus den äußeren Schichten sehr alter Eichen fühlt sich auf der Hirnfläche, wenn es durch einen sauberen Sägeschnitt getrennt wird, fast samtartig weich an. Es wird dann von den Holzverarbeitern als mild bezeichnet und für Furnierzwecke sehr geschätzt. Eine Holzstruktur von solcher Zartheit, wie sie Abb. 27 zeigt, ist aber eine Funktion hohen Alters. Im Spessart, wo solches Holz vorkommt, werden teilweise noch 500–600jährige Eichen geerntet. Für andere Zwecke – etwa als Werkholz, Faßholz und dergleichen – eignet sich das sehr milde Alteichenholz weniger, da es porös und wenig fest ist.

Untersucht man bei Eichen jüngeren Alters die Zellartenanteile, so sind die Zusammenhänge zwischen der Ringbreite und dem Holzgefüge oft wenig eindeutig. Die beiden Proben von annähernd 100jährigen Spessarteichen in Abb. 28, noch dazu von recht ähnlichen Standorten

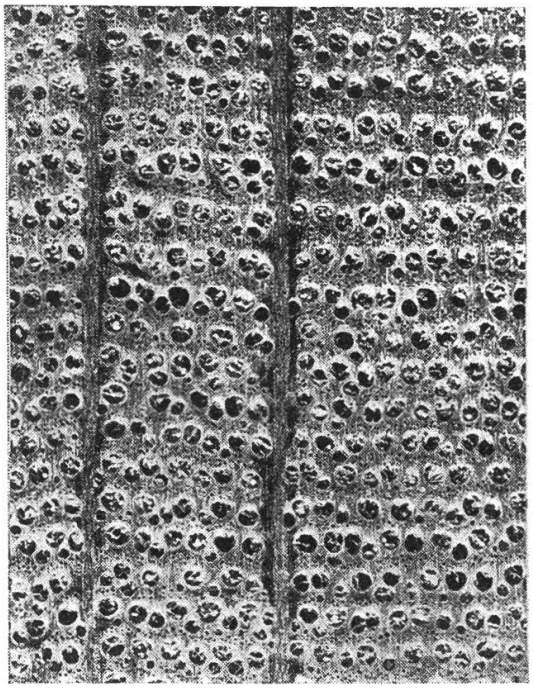


Abb. 27
Hirnschnitt durch die äußeren Jahrringe einer sehr alten Traubeneiche (Spessart)

stammend, zeigen bei ziemlich übereinstimmender Ringbreite verblüffende Unterschiede im Hartfaser- und Tracheidenanteil. Die linke Probe enthält zudem ungewöhnlich wenig Gefäße, während die rechte durch eine starke Ausbildung des Leitgewebes gekennzeichnet ist. Die Unterschiede klären sich auf, wenn wir den Standraum und die Kronenausbildung der beiden Stämme vergleichen. Wie die Abb. 29 zeigt, ist die Kronenschirmfläche außerordentlich verschieden. Bei dichtem Schluß und kleinen Kronen wird das Leitgewebe nur schwach ausgebildet, die Jahrringe bleiben verhältnismäßig schmal, enthalten aber viel Stützgewebe. Das faserreiche, zähe Holz, das so entsteht, entspricht wohl auch der hohen Querschnittsbelastung, die bei sehr schlanken Schäften gegeben ist. Da bei der Traubeneiche in der Wandstärke und den Zelldurchmessern der Hartfasern, soweit wir feststellen konnten, nur geringe Unterschiede auftreten, geht die Festigkeit des Holzes ziemlich parallel mit dem Faseranteil. Die Abb. 30 zeigt diesen Zusammenhang an einer Anzahl von Druckfestigkeitsproben, die auch auf ihr Holzgefüge untersucht wurden. (Da das bei der Eiche sehr häufig vorkommende Zugholz die Druckfestigkeit etwas herab-

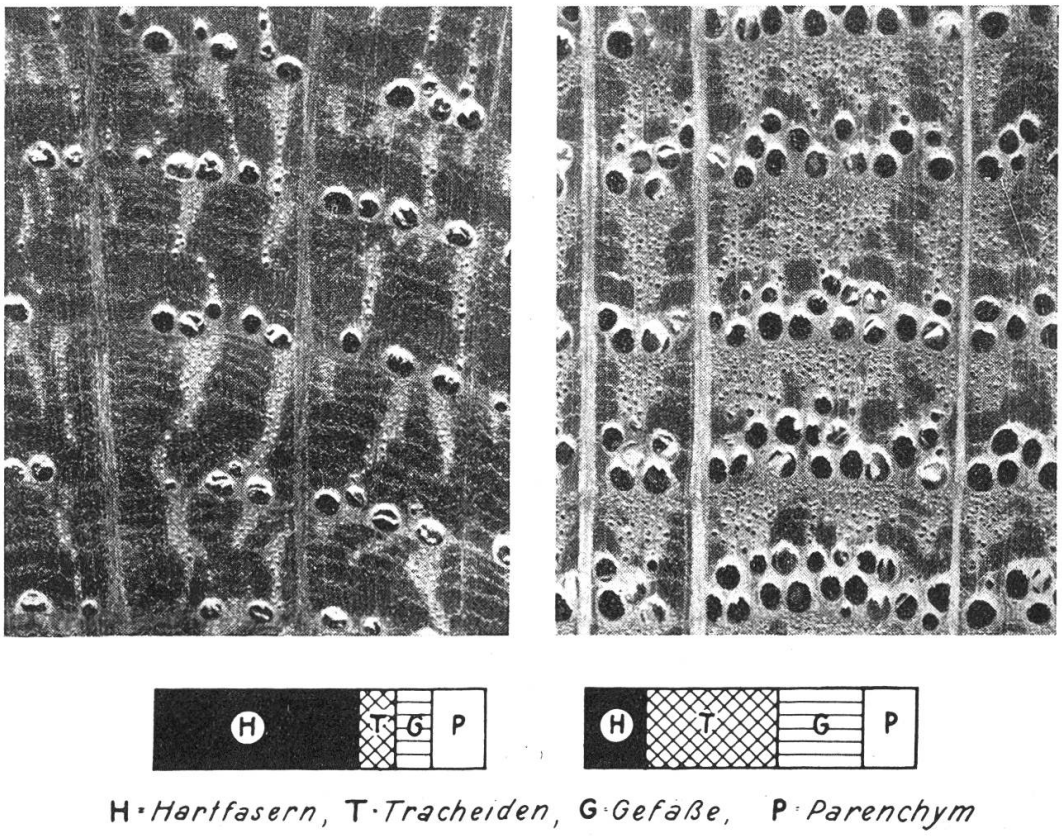


Abb. 28

Hirnschnitte durch das Holz von 2 etwa 100jährigen Eichen mit Angabe der Zellartenanteile. Rechte Probe von einer vollkronigen, linke Probe von einer sehr kleinkronigen Eiche

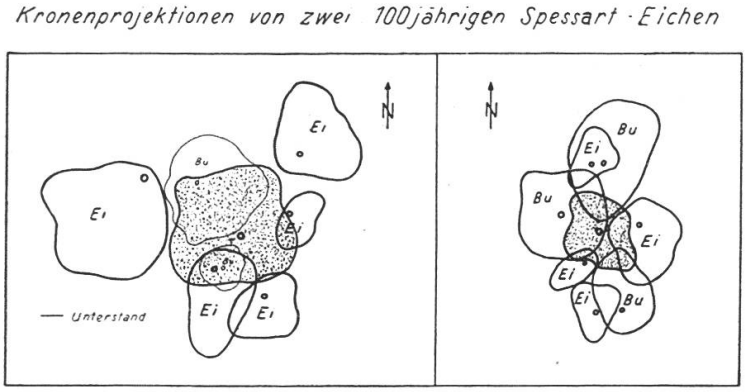


Abb. 29

setzt und den Zusammenhang etwas stört, wurden zugholzhaltige Proben besonders gekennzeichnet.)

Aber kehren wir zum Einfluß der Wuchsgeschwindigkeit zurück: Ganz allgemein gilt, daß auf kräftigeren Böden mit einer höheren Wuchsleistung auch faserreicheres, dichteres Eichenholz erzeugt wird als auf trockenen,

nährstoffarmen Standorten. Doch machen sich daneben Einflüsse des Waldaufbaues und der Pflegetechnik geltend. Durch die starke Transpiration großer Kronen wird nämlich die Bildung von Leitgewebe, auch im Spätholz, auf Kosten des Hartfaseranteils und damit der Holzdichte gefördert.

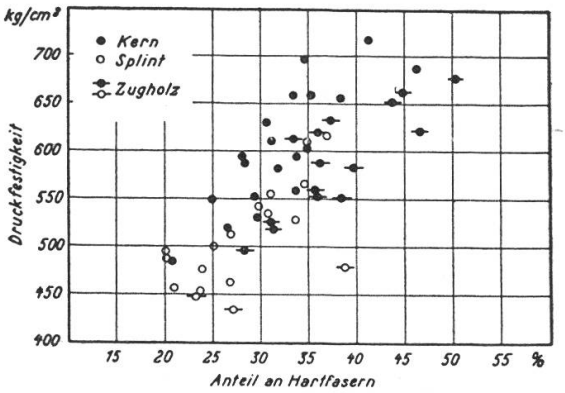


Abb. 30

Zusammenhang zwischen Hartfaseranteil und Druckfestigkeit von Eichenholz

Die viel wichtigere Frage ist aber die nach der Auswirkung des Wachstumsganges auf die Furniereignung des Eichenholzes. In diesem Zusammenhang spielt auch die zuvor erwähnte Frühholzbreite eine Rolle. Vergleichen wir dazu Ausschnitte aus dem Holz von 2 etwa 100jährigen Traubeneichen (Abb. 31): Links ein schmalringiges Holz von einem typischen Furniereichenstandort des Hochspessarts. Es handelt sich um einen Südhang mit tiefgründigem, grobsandigem Boden aus der Verwitterung des mittleren Buntsandsteins. Das Frühholz ist auf diesem ziemlich trockenen Standort schmal und besteht meist nur aus einer Reihe von Gefäßen. Am Spätholz ist das Stütz- und Leitgewebe annähernd gleichmäßig beteiligt. Die rechte Probe stammt von einem Eichenbestand, der auf einem kräftigen, frischen und tonreichen Boden des oberen Buntsandsteins stockt. Der Stamm, dem diese Probe entnommen wurde, war um 3 m höher und zudem in der Krone weit besser entwickelt als der Stamm vom mageren Südhang. Seinem kräftigen Dickenwachstum entspricht ein breiter Frühholzring mit mehreren Porenreihen; im Sommerholz ist das Leitgewebe mit Tracheiden und Spätholzgefäßen reichlich vertreten.

Daß rasch erwachsenes Traubeneichenholz für Furnierzwecke wenig Anklang findet, liegt wohl in erster Linie an seiner Frühholzbreite. Im Furnier bewirken die in breiten Zonen zusammenliegenden weitlumigen Gefäße grobgezeichnete Fladerbilder, in denen sich die gehäuft liegenden Nadelrisse unangenehm bemerkbar machen. Auch ein Durchschlagen des Leims durch die poröse Zone ist zu befürchten. Der bei weitem derbere Charakter des Furniers von der breitringigen Eiche ist sogar in dem kleinen Bildausschnitt der Abb. 32 gut zu erkennen. Die größere Härte, die

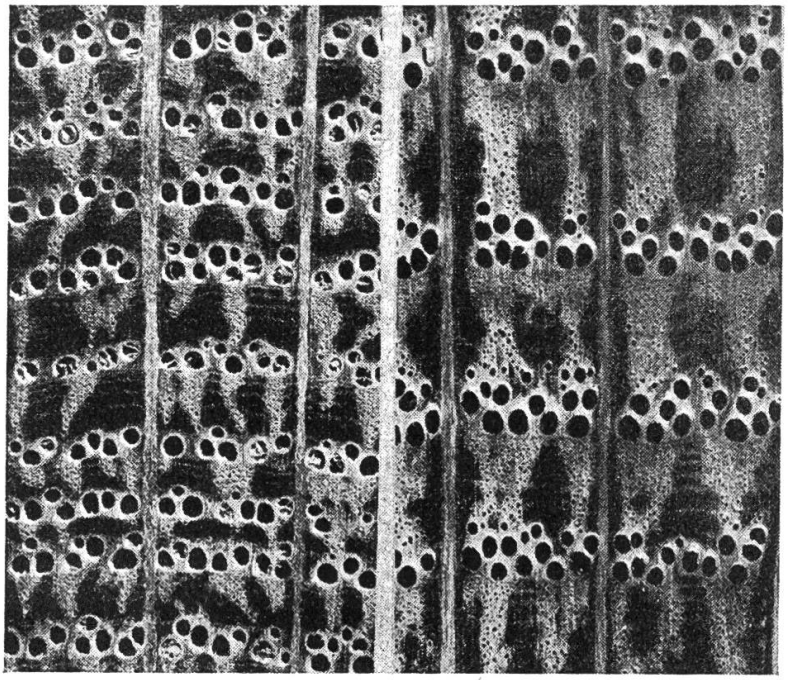


Abb. 31

Hirnschnitte durch das Holz von 2 Traubeneichen mit verschiedener Jahrringbreite

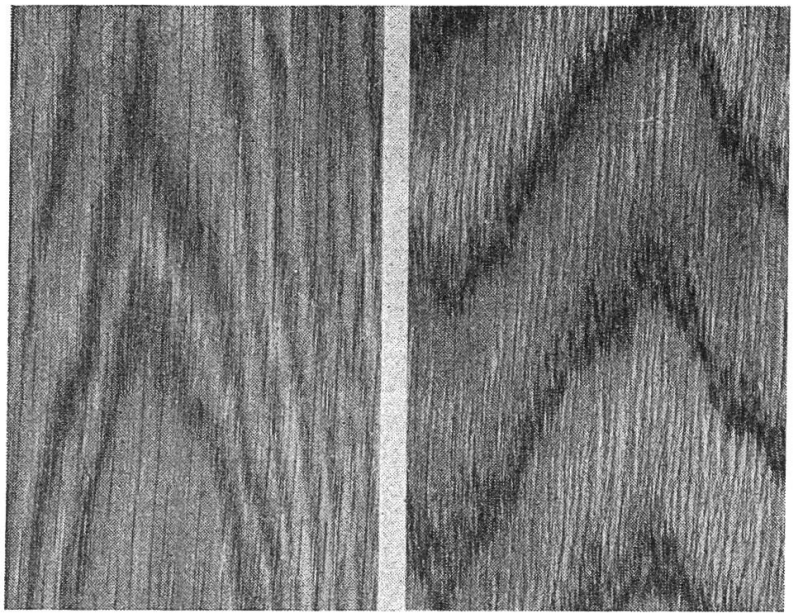


Abb. 32

Furnieroberflächen von 2 etwa 100jährigen Eichen mit verschiedener Jahrringbreite (s. Abb. 31)

dem rasch erwachsenen Eichenholz nachgesagt wird, braucht dabei keineswegs immer zuzutreffen. In unserem Beispiel ergab sorgfältige Härteprüfung der beiden Eichen mit dem Härtetaster ziemlich dieselbe durchschnittliche Hirnhärte. Die Spätholzhärte, für sich untersucht, war sogar bei der breitringigen Eiche geringer als bei der schmalringigen; die letztere hatte übrigens von Furnierfachleuten eine recht günstige Beurteilung erfahren.

Störender als die Härteunterschiede sind bei der Bewertung der Eichenfurnierhölzer im übrigen Farbunterschiede; erfahrungsgemäß gibt rasches Wachstum auf kräftigen Böden meist nur farbig geringwertige, dunkle, graugetönte Traubeneichenhölzer. Besonders störend ist öfterer Wechsel in der Jahrringbreite, der sehr häufig auch mit ungleichmäßiger Farbe zusammenfällt.

Gleichmäßige Struktur ist also für Eichenfurnierholz weitgehend wertbestimmend. Sie ist nicht nur vom Standort her, sondern wesentlich auch durch eine behutsame, stetige Pflegetechnik bestimmt. Scharfe, unvermittelte Eingriffe in Pflegebestände, besonders jüngeren Alters, sind nachteilig und gefährlich. Sie schädigen das gleichmäßige Holzgefüge und führen meist zur Bildung von Wasserreisern und Klebästen, die ein Furnierstück völlig entwerten (Abb. 33). Zur Erzielung astreiner Schäfte ist eine dichte Jugenderziehung der Eichen ebenso wichtig wie die plan-

Abb. 33
Durch Wasserreiser entwertetes Eichenfurnier

mäßige, vorsichtig einsetzende und häufig wiederholte Durchforstung.

Eine so starke Abhängigkeit der Holzstruktur und der Holzeigenschaften vom Wachstumsablauf wie bei den Nadelhölzern und ringporigen Laubhölzern ist bei zerstreutporigen Holzarten nicht zu erwarten. So ist es auch bei einem Kirschbaumfurnier etwa belanglos, ob die Jahrringe breit oder schmal sind; für Güte und Wert des Holzes ist die Ast- und Farbreinheit sowie der Durchmesser des Stammes maßgebend.

Auch bei der Buche sind eindeutige Zusammenhänge zwischen Wachstumsgeschwindigkeit und Holzgüte nicht ohne weiteres zu erkennen. Tragen wir z. B. die Schlagbiegewerte zahlreicher geprüfter Probestäbe über der Jahrringbreite auf (Abb. 34), so ergibt sich weder eine Ueberlegenheit der schmalringigen noch der sehr breitringigen Proben. Man

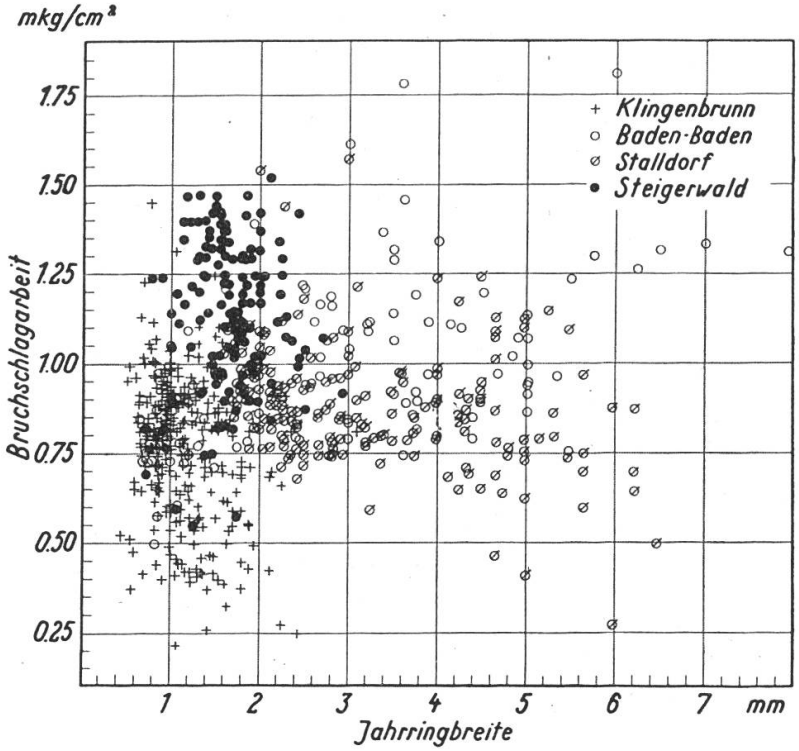


Abb. 34

Zusammenhang zwischen Jahrringbreite und Schlagbiegefestigkeit von Rotbuchenholz

gewinnt aus der Darstellung, in der einige süddeutsche Buchengebiete vertreten sind, vielmehr den Eindruck, daß Herkunft und Standort unabhängig von der Wachstumsgeschwindigkeit für die Festigkeit von Bedeutung sind. So erweisen sich die Proben von einem Standort im Steigerwald als dynamisch hochwertig, während eine Herkunft aus Klingenbrunn im bayerischen Wald weniger befriedigt. Etwas klarer wird das Bild, wenn wir die einzelnen Bäume auseinanderhalten. Aus der graphischen Auswertung der Rohwichte über der Jahrringbreite (Abb. 35) läßt sich zu-

nächst erkennen, daß bei jedem der untersuchten Stämme mit zunehmender Ringbreite auch das Holzgewicht leicht ansteigt. Weiterhin fällt aber auf, daß die Kurven der einzelnen Stämme sich keineswegs decken. Dies stimmt mit der Erfahrung überein, daß innerhalb eines Buchenbestandes,

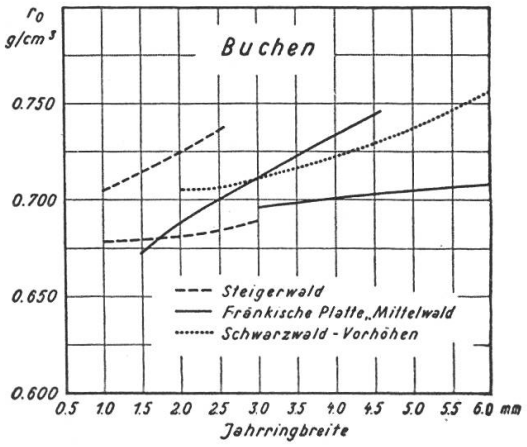


Abb. 35

Zusammenhang zwischen Jahrringbreite und Rohwichte bei verschiedenen Rotbuchen

auch bei Stämmen, die nach Baumklasse und Kronengröße etwa gleichwertig sind, häufig erhebliche Unterschiede in der Holzstruktur, besonders den Faserwandstärken, wie auch in der Rohwichte und Festigkeit vorkommen.

Die Buche reagiert wie kaum eine andere Baumart auf Pflegeeingriffe. Es liegt daher die Frage nahe, ob mit einer Steigerung des Durchmesserzuwachses, wie sie durch intensive Auslese- und Lichtwuchsdurchforstung erzielt wird, irgendwelche Auswirkungen auf die Holzeigenschaften verbunden sind. Aus unserem ziemlich umfangreichen Material ist kein Anzeichen zu entnehmen, daß durch erhöhtes Dickenwachstum Struktur und Festigkeit von Buchenholz etwa nachteilig beeinflußt würden. Klauditz hat sogar festgestellt, daß durch Lichtwuchsbetrieb die Rohwichte von Buchen bedeutend gesteigert werden kann. Ein weiterer Umstand scheint für eine möglichste Förderung des Stärkenzuwachses zu sprechen: die mit höherem Alter zunehmende Gefahr der Rotkernbildung. Wenn es sich beim Buchenrotkern, wie es Forschungsergebnisse und Beobachtungen wahrscheinlich machen, um eine Alterserscheinung handelt, steigen die Aussichten auf die Erziehung weißkernigen Buchenholzes, wenn es durch intensive Pflege gelingt, die Buchenumtriebe abzukürzen.

Wenn das Thema der Wuchsgeschwindigkeit erörtert wird, kann die raschwüchsigste unserer Laub-Baumarten, die Pappel, nicht völlig übergangen werden. Da der besondere Wert des Pappelholzes nicht in

hoher Rohwichte und Festigkeit, sondern in seiner gleichmäßigen Struktur, seiner leichten Bearbeitbarkeit, der bei geringem Gewicht doch noch ausreichenden Festigkeit, vor allem aber auf seiner geringen Schwindung und dem ausgezeichneten Stehvermögen beruht, kann rasches Wachstum seine Güte kaum herabsetzen. Auf einen interessanten Zusammenhang soll aber hingewiesen werden. Während wir bei Beständen anderer Baumarten stets Populationen vor uns haben, die eine Vielzahl von Typen verkörpern, stehen bei den Pappeln Sippen oder Klone zur Verfügung, die eine einheitliche Erbmasse besitzen. Versuchsanbauten verschiedener Pappelklone auf demselben Standort ergaben neben sonstigen Verschiedenheiten auch wesentliche Unterschiede im Holzgefüge. Die Abbildung zeigt 2 Proben von Pappeln, die auf den ungeheuer wuchskräftigen Schlickböden im Ueberschwemmungsgebiet des Po in Oberitalien angebaut wurden. Die

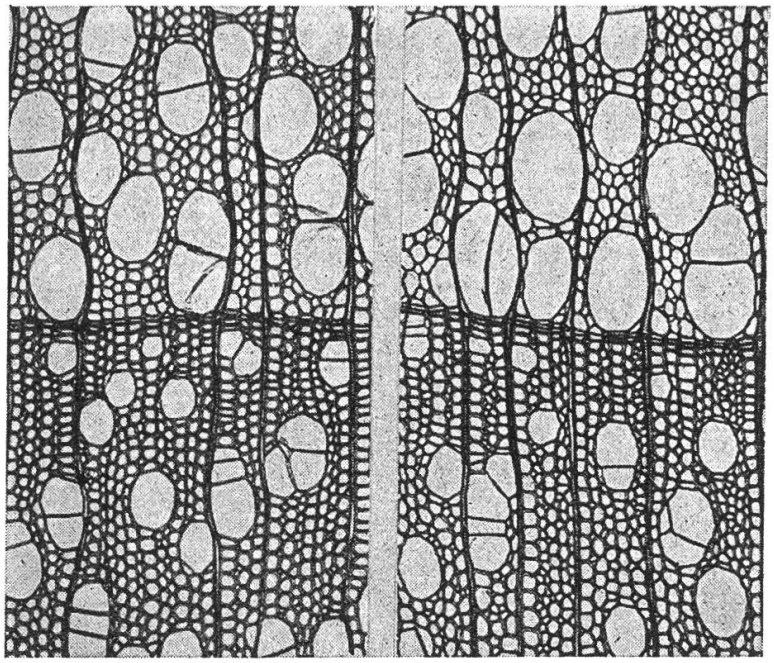


Abb. 36

Querschnitte durch sehr rasch erwachsenes Pappelholz (Poebene, Oberitalien):
Links: Klon 488, mittlere Rohwichte $r_0 = 0{,}40$ g/cm³
Rechts: Klon 214, mittlere Rohwichte $r_0 = 0{,}32$ g/cm³

Wuchsleistung ist in dem klimatisch und standörtlich bevorzugten Gebiet optimal; schälfähige Ausmaße werden in 10jährigem Umtrieb erzeugt, wozu allerdings noch durch tiefgründige Bodenbearbeitung und starke Düngergaben die Wuchsleistung gesteigert wird. Bei etwa demselben Raumzuwachs sind aber die beiden bevorzugt angebauten Sorten, der bekannte Klon 214 und der ebenso wüchsige Klon 488 in der Holzdichte, wie schon die Mikroaufnahme verrät, recht unterschiedlich. Klon 214 hat von beiden das leichtere und porenreichere Holz; die Rohwichten verhal-

ten sich wie 84 : 100, die Druckfestigkeit wie 80 : 100. Während die Sorte 214 sonst als robust und widerstandsfähig gilt, ist ihr lockeres Holz dem der Pappel 488 offenbar nicht gleichwertig. So ist z. B. bei der Sperrholzherstellung ein Durchschlagen des Leims zu befürchten. Daß die Rohwichte des Pappelholzes innerhalb eines bestimmten Anbaugebietes kennzeichnend für die Sorte ist, hat im übrigen auch Lenz bei seinen Pappelholzuntersuchungen festgestellt.

Das Beispiel der Pappeln mag als Hinweis dienen, wie stark neben der Summe der Umwelteinflüsse das Erbgut der Bäume die Holzbeschaffenheit bestimmt. Nicht nur die Wuchsleistung wird in der ganzen Pflanzen- und Tierwelt von der Erbmasse beeinflußt; auch bei gleichem Wachstum können verschiedene Baumartenrassen und Einzelbäume hinsichtlich Holzgefüge und Zellwandaufbau, Kronenform und Astbildung, Wichte und Festigkeit des Holzes recht abweichende Eigenschaften aufweisen.

Für die genetische Erforschung unserer Baumarten, wie für die Waldbaumzüchtung ist damit ein weites Betätigungsfeld gegeben.

Résumé

L'influence de la rapidité de croissance sur la structure et les qualités du bois de quelques essences d'arbres

Une forte croissance en hauteur de la forêt n'assure pas en même temps la meilleure qualité des bois produits. Dans cet article, l'auteur rend compte de divers travaux de recherches qui ont été entrepris sur la structure et les qualités du bois de quelques essences d'arbres, au moyen de tiges d'essai provenant de plusieurs régions et appartenant à differentes époques, en liaison avec la rapidité de la croissance. Cette caractéristique des essences d'arbres n'est pas seulement due à la nature, mais elle est en outre affectée par les mesures d'ordre sylvicole adoptées. Les essences d'arbres suivantes sont traitées:

Chez l'épicéa, il faut chercher à réduire l'accroissement dans la jeunesse, comme il est possible avec les procédés de rajeunissement à long terme, si l'on désire obtenir un bois serré, épais, resistant à la traction et peu noueux. L'auteur étudie tout spécialement l'importance de la quote-part du bois sénile.

Pour le pin, il y a possibilité d'augmenter la quote-part du bois de valeur limitée par l'embranchement. Ici aussi, les tiges qui ont poussé sous abri présentent les meilleurs résultats.

Après un bref exposé sur le comportement du mélèze du Japon, il est question par la suite d'essences feuillues.

Chez le frêne, la valeur du bois est assurée lorsque les couronnes des arbres ont eu, à tout âge, tout l'espace voulu pour se développer normalement.

Le déroulage du chêne exige une structure très régulière. Une technique de soins culturaux pratiqués régulièrement, liée à une éducation en fourrés serrés suivie d'éclaircies fréquentes, régulières et prudentes, constitue le meilleur procédé sylvicole pour la production de billes de déroulage de haute qualité dans les stations appropriées.

Quant au hêtre, les recherches n'ont pas laissé voir une meilleure qualité de bois à la suite d'un plus fort accroissement en épaisseur obtenu par des éclaircies sélectives ou légères très intensives.

Les travaux à propos du peuplier montrent enfin comment est forte la somme des influences du milieu sur la qualité du bois et les tâches qui incombent à la génétique forestière. (Trad.: *P.-E. Vézina)*

Literatur

Burger, H.: Holz, Blattmenge und Zuwachs. XII. Mitt. Fichten im Plenterwald. Mitt. d. Schweiz. Anst. f. d. Forstl. Versuchsw. XXVIII. Bd. 1952.

Cieslar, A. und *Janka G.:* Studien über die Qualität rasch erwachsenen Fichtenholzes. Cbl. f. d. ges. Forstw. 1902.

Dieterich, V.: Ein ertragskundlicher Beitrag zur Kiefernwirtschaft des Schwarzwalds, Silva 1924.

Hadek, A. und *Janka, G.:* Untersuchungen über die Elastizität und Festigkeit der österreichischen Bauhölzer. I. Fichte Südtirol. Mitt. Forstl. Versuchswes. Oesterr. 1900.

Hartig, R.: Die Verschiedenheiten in der Qualität und im anatomischen Bau des Fichtenholzes. Forstlich-naturwiss. Zeitschr. 1892.

Klauditz, W.: Zellulosegehalt und chemische Zusammensetzung des Lichtungszuwachsholzes einer Rotbuche. Ungedruckt.

Kunz, R.: Morphologische Untersuchungen in natürlichen Föhrendickungen. Mitt. d. Schweiz. Anst. f. d. Forstl. Versuchsw. XXIX. Bd. 1953.

Lenz, O.: Le bois de quelques peupliers de culture en Suisse. Mitt. d. Schweiz. Anst. f. d. Forstl. Versuchsw. XXX. Bd. 1954.

Olberg-Kühn: Ueber den Zusammenhang zwischen der Holzqualität und der Jugendentwicklung der Kiefer. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1930.

Olberg A.: Alters- und Qualitätsuntersuchungen an einem aus Plenterbetrieb hervorgegangenen Kiefernaltholzbestand. Mitt. d. Akademie d. deutschen Forstwissensch. 1943.

Pechmann, H. von: Untersuchungen über Gebirgsfichtenholz. Forstw. Centralbl. 1954.

— Die Auswirkungen der waldbaulichen Behandlung auf die Holzeigenschaften der Fichte, untersucht am Beispiel einiger oberschwäbischer Fichtenbestände. Forstw. Centralbl. 1955.

— Untersuchungen über Wuchsleistung und Holzeigenschaften einer Mittelwaldkiefer. Forstw. Centralbl. 1950.

— Untersuchungen über die Festigkeit und Struktur von Eschenholz aus einigen süddeutschen Waldgebieten. Forstw. Centralbl. 1956.

— Untersuchungen über die Bruchschlagarbeit von Rotbuchenholz. Holz als Roh- und Werkstoff. Jg. 11. 1953.

Schöpf, J.: Untersuchungen über Astbildung und Astreinigung der Selber-Kiefer. Forstw. Centralbl. 1954.

Surber, E.: Untersuchungen an Mittelwaldfichten im nordostschweizerischen Laubmischwaldgebiet. Mitt. d. Schweiz. Anst. f. d. Forstl. Versuchsw. XXVI. Bd. 1950.

Zycha, H.: Ueber die Kernbildung und verwandte Vorgänge im Holz der Rotbuche. Forstw. Centralbl. 1948.