

- Eigen, M. 1963. Wasserstoffbrückensysteme als Medien chemischen Stofftransportes. *Naturwissenschaften* 50: 426—437.
- Filby, E., Maass, O. 1932. The volume relations of the system cellulose and water. *Canadian Res. J.* 7: 162—176.
- Gaber, E. 1937. Ein Gütevergleich zwischen deutschen und ausländischen Weichhölzern. Karlsruhe: Versuchsanstalt Holz, Stein, Eisen 5.
- Graf, O. 1937/1938. Wie können die Eigenschaften der Bauhölzer mehr als bisher nutzbar gemacht werden. Welche Aufgaben entspringen aus dieser Frage für die Forschung. *Holz Roh-Werkstoff* 1: 13—28.
- Hermans, P. H. 1952. Contribution à l'étude physique des fibres celluloseuses. Paris: Edition Dunod.
- Howsmon, J. A. 1954. In: Ott, E., Spurlin, H. M.: *Cellulose and Cellulose Derivates*. New York: Interscience Publisher, Inc.
- Iller, K. H., Jacobs, H. 1960. Der Einfluß von Quellungsmittelem auf die Wasserstoffbrücken-Bindung und das elastische Verhalten von Polyamiden und Polyurethanen. *Makromolekulare Chem.* 39: 234—237.
- Kollman, F. 1944. Sorption und Quellung des Holzes. *Naturwissenschaften* 31: 121—139.
- 1951. *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe*, Bd. 1. Berlin/Göttingen/Heidelberg: J. Springer.
- 1963. Zur Theorie der Sorption. *Forschung auf dem Gebiet des Ingenieurwesens* 29: 33—41.
- Kratky, O., Kainz, K., Treer, R. 1939. Ein Beitrag zur Micellarstruktur der nativen Cellulose. *Holz Roh-Werkstoff* 2: 409—413.
- Küch, W. 1943. Der Einfluß des Feuchtigkeitsgehaltes auf die Festigkeit von Voll- und Schichtholz. *Holz Roh-Werkstoff* 6: 157—163.
- Luck, W. 1965. Zur Stereochemie der Wasserstoffbrückenbindung. *Naturwissenschaften* 52: 25—31 und 49—52.
- Luck, W. 1967. Zur Spezifität der Wasserstoffbrückenbindungen. *Naturwissenschaften* 54: 601—607.
- Mark, H. 1954. Structure and properties of cellulose fibers. In: Ott, E., Spurlin, H. M., Grafflin, W. M.: *Cellulose and Cellulose Derivates*. New York, London: Interscience Publisher, Inc.
- Meyer, K. H., Mark, H. 1953. *Makromolekulare Chemie*. Leipzig: Akad. Verlges. Geest und Portig K.G.
- Rånby, B. 1964. Kristallinität, Accessibilität und Wasserstoffbrückenbildung in Cellulose und Holz. *Papier* 18: 593—600.
- Seifert, J. 1972. Zur Sorption und Quellung von Holz und Holzwerkstoffen. — Erste Mitteilung: Einflüsse auf das Sorptionsverhalten der Holzwerkstoffe. *Holz Roh-Werkstoff* 30: 99—111.
- 1972. Zur Sorption und Quellung von Holz und Holzwerkstoffen. — Zweite Mitteilung: Das Quellungsverhalten von Holz und Holzwerkstoffen. *Holz Roh-Werkstoff* 30: 294—303.
- Stamm, A. J. 1938. Calculations of the void volume of wood. *Ind. Eng. Chem.* 30: 1280—1281.
- 1953. Adsorption in swelling versus nonswelling systems. I. Contact area. II. Free energy change per unit area of effective molecular contact. *Tappi* 40: 761—770.
- 1964. *Wood and cellulose science*. State University of North Carolina at Raleigh. New York: The Ronald Press Comp.
- Hansen, L. A. 1937. The bonding force of cellulose materials for water. *J. Phys. Chem.* 41: 1007—1015.
- Ulich, H., Jost, W. 1957. *Kurzes Lehrbuch der Physikalischen Chemie*. Darmstadt: D. Steinkopff.
- Weichert, J. 1963. Untersuchungen über das Sorptions- und Quellungsverhalten von Fichte, Buche und Buchenpreßvollholz bei Temperaturen zwischen 20° C und 100° C. Dissertation Th. München 1963. *Holz Roh-Werkstoff* 21: 290—300.
- Wilfong, J. G. 1966. Specific gravity of wood substance. *Forest Prod. J.* 16: 55—61.

HOLZ als Roh- und Werkstoff 30 (1972) S. 342—346

© by Springer-Verlag 1972

Zusammenhänge zwischen der Ausbildung einiger Holzmerkmale der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) und der Jahrringbreite

Relations between the Development of some Wood Features and the Ring Width in Beech (*Fagus sylvatica* L.)

Von Herbert Süß und Wolfgang R. Müller-Stoll

Mitteilung aus dem Zentralinstitut für Genetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Außenstelle Potsdam

Zusammenfassung

Am Holz der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) wurden Untersuchungen über die Ausbildung einiger Merkmale im Zusammenhang mit der Jahrringbreite durchgeführt. Bei Ringstellen, die in gleicher radialer Richtung im Stamm liegen, zeigen die Anzahl und der Durchmesser der Gefäße sowie der Anteil der Gefäße und Holzfasern eindeutige Beziehungen zur Jahrringbreite; innerhalb exzentrisch gewachsener Jahrringe konnten dagegen solche Erscheinungen nicht beobachtet werden.

Einleitung

Angaben über Beziehungen zwischen der Jahrringbreite und einigen auf dem Querschnitt des Holzes erfaßbaren Merkmalen liegen in der Literatur bereits vor [Wieler 1887; Hartig, Weber 1888; Hartig 1894, 1895; Desch 1932; Yatsenko-Khmelevski 1946; Schulz 1957; Sárkány, Stieber 1959 u. a.]. Da jedoch frühere Untersuchungen am gleichen Material ergaben, daß Zusammenhänge zwischen der Jahrringbreite und der Holzfasernlänge nur dann vorhanden sind, wenn die zu vergleichenden Ringstellen in gleicher radialer Richtung hintereinander im Stamm liegen, zwischen verschieden breiten Ringstellen ein und desselben Jahrringes dagegen keine Beziehungen bestehen [Süß, Müller-Stoll 1970], haben die Verfasser weitere Untersuchungen mit gleicher Fragestellung auch auf die Merkmale des Holzquerschnittes ausgedehnt.

Summary

The development of some features of beech (*Fagus sylvatica* L.) in relation to the ring width was investigated. Concerning rings located in the same radial direction in the stem, the number and diameter of vessels and also the proportion of vessels and fibres demonstrate clear relations to the ring width, whereas in eccentrically grown rings such phenomena could not be observed.

Material und Methode

Der 105jährige Stammscheibe aus Brusthöhe (1,3 m) einer etwa 125jährigen, im Bestand gewachsenen Buche eines Potsdamer Forstrevieres, welcher bereits bei früheren Untersuchungen Material entnommen wurde [Süß, Müller-Stoll 1970], wurden mehrere mikroskopische Querschnitte mit extrem schmalen und extrem breiten Ringstellen exzentrisch gewachsener Jahrringe sowie mit einer Jahrringfolge (1911 bis 1917) mit abwechselnd schmalen und breiten Zuwachszonen entnommen und unter dem Mikroskop mit der Okularmeßplatte bzw. Okularnetzmeßplatte die Durchmesser bzw. die Anzahl der Gefäße gemessen.

Die Mittelwerte für die Anzahl der Gefäße setzen sich aus 20 Einzelmessungen je Ringstelle zusammen. Die Mittelwerte des Gefäßdurchmessers wurden ermittelt, indem die zwischen zwei wenigreihigen Strahlen liegenden und sich

tangential bzw. radial in ihrem Durchmesser gegenseitig nicht beeinflussenden Gefäße vom ersten Früh- bis zum letzten Spätholz erfaßt wurden. Bedingt durch diese Methode setzen sich die Werte für die Gefäßdurchmesser je nach der Breite der Ringstellen aus 30 bis 50 Einzelmessungen zusammen. Der Anteil der einzelnen Zellarten an der Masse des Holzes wurde mit Hilfe der Integriervorrichtung ELTINOR¹ nach der von B. Huber u. G. Prütz [1938] sowie W. Liese u. K. H. Meyer - Uhlenried [1956/58] vorgeschlagenen Methode der Schrägmessung (45 bis 60° Neigung zur Jahrringgrenze) errechnet.² Zur statistischen Prüfung der Differenzen zweier Mittelwerte diente der *t*-Test [Weber 1964].

Untersuchungsergebnisse

Beziehungen zwischen der Jahrringbreite und der Ausbildung der Holzelemente können theoretisch sowohl zwischen verschiedenen breiten Ringstellen gleichen Alters als auch zwischen verschiedenen breiten Ringstellen unterschiedlichen Alters vorhanden sein; deshalb wurden sowohl verschieden breite Ringstellen ein und desselben Jahrringes als auch verschieden breite Ringstellen von in radialer Richtung hintereinander liegenden Jahrringen untersucht.

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse von Untersuchungen an fünf exzentrisch gewachsenen Jahrringen zusammengestellt. Gemessen wurden innerhalb eines jeden Jahrringes jeweils vier verschieden breite Ringstellen, deren Werte ihrer Breite nach angeordnet sind. Es geht daraus hervor, daß innerhalb eines Jahrringes sowohl die Anzahl der Gefäße als auch der Gefäßdurchmesser zwar große Unterschiede zeigen können, aber unabhängig von der Jahrringbreite ausgebildet werden. Die verschieden breiten Ringstellen eines exzentrischen Jahrringes haben somit keinerlei Beziehungen zu den Gefäßmerkmalen.

In Tabelle 2 sind die einzelnen Ringstellen der in Tabelle 1 angeführten Jahrringe mit den Werten der Gefäßanzahl und des Gefäßdurchmessers ihrer Breite nach geordnet. Wie ersichtlich, besitzen schmalere Ringe im allgemeinen eine größere Anzahl von Gefäßen und einen kleineren Gefäßdurchmesser als die breiteren, jedoch gibt es viele Ausnahmen von dieser Regel. So hat z. B. die breiteste Stelle (7,2 mm) mehr Gefäße als diejenige von 3,9 mm und einen kleineren tangentialen und mittleren Gefäßdurchmesser (radialer plus tangentialer Gefäßdurchmesser geteilt durch zwei) als die eine der 3,8 mm breiten Stellen. Die schmalste Ringstelle (1,0 mm) hat einen größeren tangentialen Gefäßdurchmesser als die 3,9 mm breite. Der größte radiale Gefäßdurchmesser befindet sich bei 4,1 mm und der größte mittlere Gefäßdurchmesser in einer der 3,8 mm breiten Ringstellen. In diesem Fall gibt es also keine strengen Beziehungen zwischen Jahrringbreite und den Gefäßmerkmalen.

Bei in gleicher radialer Richtung hintereinander im Stamm liegenden Jahrringen zeigen dagegen die Gefäßmerkmale eine eindeutige Beziehung zur Ringbreite. In Tabelle 3 sind die Werte einiger verschieden breiter Jahrringe aus unterschiedlich alten Zonen der Stammscheibe, nämlich die Jahrringe 1955 und 1948, 1934 und 1932 sowie die Jahrringe 1917 bis 1913 am Beispiel der Westseite des Stammes einander gegenübergestellt. Die breiten Jahrringe haben gegenüber den schmalen stets eine kleinere Gefäßanzahl und einen größeren tangentialen und radialen Gefäßdurchmesser. Diese Feststellung trifft ausnahmslos auch für die anderen drei Stammseiten zu.

¹ VEB Rathenower Optische Werke.

² Frau E. Schweingruber sei für die zahlreichen, sorgfältig durchgeführten Messungen auch an dieser Stelle herzlich gedankt.

Tabelle 1. Mittelwerte für Anzahl und Durchmesser der Gefäße bei Rotbuche am Beispiel von fünf Jahrringen. Die verschiedenen breiten Stellen eines Jahrringes sind jeweils mit den entsprechenden Werten für die Gefäßmerkmale nach zunehmender Breite geordnet

Jahrring und Breite in mm	Gefäßanzahl je mm ²	Gefäßdurchmesser in µm		
		tangential	radial	
1955	3,8	104	64	87
	4,1	97	59	89
	5,2	88	58	85
	7,2	101	63	86
1948	1,0	149	56	69
	1,7	125	53	75
	2,2	146	53	69
	2,8	114	50	73
1934	1,2	141	49	74
	1,4	154	55	73
	1,6	151	51	66
	2,3	137	48	70
1916	3,8	118	55	83
	3,9	96	52	80
	4,0	108	60	85
	4,2	116	60	85
1914	3,2	114	58	83
	3,4	105	53	76
	4,2	118	58	84
	3,8	115	58	79

Tabelle 2. Mittelwerte für Anzahl und Durchmesser der Gefäße bei der Rotbuche unabhängig von ihrer Zugehörigkeit zu einem bestimmten Jahrring nach der Breite der Ringstelle geordnet

Jahrringbreite in mm	Gefäßanzahl je mm ²	Gefäßdurchmesser in µm		
		tangential	radial	mittlerer
1,0	149	56	69	62,5
1,2	141	49	74	61,5
1,4	154	55	73	64,0
1,6	151	51	66	58,5
1,7	125	53	75	64,0
2,2	146	53	69	61,0
2,3	137	48	70	59,0
2,8	114	50	73	61,5
3,2	114	58	83	70,5
3,4	105	53	76	64,5
3,8	104	64	87	75,5
3,8	118	55	83	69,0
3,8	115	58	79	68,5
3,9	96	52	80	66,0
4,0	108	60	85	72,5
4,1	97	59	89	74,0
4,2	116	60	85	72,5
4,2	118	58	84	71,0
5,2	88	58	85	71,5
7,2	101	63	86	74,5

Tabelle 3. Mittelwerte für Anzahl und Durchmesser der Gefäße bei schmalen und breiten Jahrringen der Rotbuche am Beispiel der Westseite des Stammes

Jahrring und Breite in mm	Gefäßanzahl je mm ²	Gefäßdurchmesser in µm			
		tangential	radial	mittlerer	
1955	7,2	101	63	86	74,5
1948	2,2	146	53	69	61,0
1934	1,6	151	51	66	58,5
1932	4,1	123	57	80	68,5
1917	3,1	137	51	79	65,0
1916	4,2	116	60	85	72,5
1915	2,2	135	50	73	61,5
1914	4,2	118	58	84	71,0
1913	2,1	133	54	74	64,0

Tabelle 4. Gesamtmittel für Jahrringbreite, Anzahl der Gefäße und Gefäßdurchmesser bei breiten und schmalen Jahrringen der Rotbuche errechnet aus den Mittelwerten von jeweils vier Ringstellen

Jahrring und Breite in mm	Gefäßanzahl je mm ²	Gefäßdurchmesser in μm			
		tangential	radial	mittlerer	
1955	5,1	98	61	87	74
1948	1,9	134	53	72	63
1934	1,3	146	51	71	61
1932	4,0	116	56	80	68
1917	2,2	128	49	73	61
1916	4,0	110	57	83	70
1915	2,5	131	47	69	58
1914	3,7	113	57	81	69
1913	2,3	132	49	73	61

Tabelle 5. Gesamtmittel für Jahrringbreite und Anteil der Fasern und Gefäße an der Masse des Holzes bei besonders breiten und besonders schmalen Jahrringen der Rotbuche jeweils aus den Mittelwerten von vier Ringstellen errechnet

Jahrring und Breite in mm	Anteil in %		
	Fasern	Gefäße	
1955	5,1	39,0	36,2
1948	1,9	33,8	43,9
1934	1,3	37,6	44,7
1932	4,0	39,6	40,8

Tabelle 6. Niedrigster (M_{\min}) und höchster (M_{\max}) Mittelwert, Gesamtmittel (\bar{M}) sowie Differenz zwischen Höchst- und Niedrigstwert in Prozent des Niedrigstwertes für einige Holzmerkmale der Rotbuche. Das Gesamtmittel (\bar{M}) für die Anzahl und den Durchmesser der Gefäße wurde aus 64, die Anteile der Holzelemente aus 40 Mittelwerten errechnet

Merkmal	M_{\min}	M_{\max}	\bar{M}	Differenz
				$M_{\max} - M_{\min}$ in % von M_{\min}
Anzahl der Gefäße je mm ²	88	157	124	78,4
Tangentialer Gefäßdurchmesser in μm	42	64	52	52,4
Radialer Gefäßdurchmesser in μm	59	89	76	50,1
Faseranteil in %	25,2	57,2	39,6	127,0
Gefäßanteil in %	24,6	52,5	39,5	113,4
Holzparenchymanteil in %	3,5	7,0	5,2	100,0
Holzstrahlanteil in %	11,2	21,2	15,7	89,3

In Tabelle 4 sind die Gesamtmittelwerte aufgeführt, die sich jeweils aus den Mittelwerten von vier Ringstellen eines Jahrringes zusammensetzen. Auch hier zeigt sich eine klare Beziehung zwischen der Jahrringbreite und den Gefäßmerkmalen.

Nicht so eindeutig sind diese Beziehungen beim Anteil der Fasern und Gefäße an der Masse des Holzes. Wird jedoch das Gesamtmittel aus den vier Proben eines jeden Jahrringes gebildet, dann ist auch hier ein Zusammenhang mit der Jahrringbreite erkennbar. Extrem breite Jahrringe haben höhere Faser- und niedrigere Gefäßanteile als extrem schmale Jahrringe (Tab. 5).

Keine Beziehungen zur Jahrringbreite hatten die Merkmale der Holzstrahlen und des Holzparenchyms sowie der Durchmesser und die Wanddicke der Holzfasern. Auffällig war jedoch bei allen Merkmalen — außer beim Durchmesser der Holzfasern und der Zellen des Holz- und Strahlparenchyms — die große Variabilität der Mittelwerte. Tabelle 6

gibt einen Überblick über die Variationsbreite einiger dieser Merkmale. Von jedem Merkmal wird jeweils der niedrigste (M_{\min}) und höchste (M_{\max}) Mittelwert einer Ringstelle und das Mittel (\bar{M}) aus allen Messungen angegeben. Letzteres setzt sich bei der Anzahl der Gefäße und den Gefäßdurchmessern jeweils aus 64 Mittelwerten, bei den Anteilen der Holzelemente an der Masse des Holzes jeweils aus 40 Mittelwerten zusammen. Die letzte Spalte gibt einen Überblick über die recht beträchtlichen Unterschiede zwischen niedrigstem und höchstem Mittelwert.

Diskussion

Bereits A. Wieler [1887] fand, daß breite Zuwachszonen weitere und größere Holzelemente ausbilden als schmale, und R. Hartig u. R. Weber [1888] sowie R. Hartig [1894, 1895] berichten über eine starke Abhängigkeit der Gefäßmerkmale von der Jahrringbreite bei Rotbuche und Eiche. Ebenso fand H. E. Desch [1932] bei verschiedenen Laubhölzern, daß die Abnahme der Zellgröße und die Zunahme der Zellfläche von einer deutlichen Abnahme der Jahrringbreite begleitet wird. A. A. Yatsenko-Khmelevski [1946] stellte bei der Orientalischen Buche ein umgekehrtes Verhältnis zwischen Ringbreite und Gefäßanteil fest. H. Schulz [1957] konnte bei der Rotbuche ebenfalls mit zunehmender Ringbreite ansteigende Faser- und sinkende Gefäßanteile beobachten. Gleiches fanden auch S. Sárkány u. J. Stieber [1959] bei Untersuchungen an zahlreichen Stämmen der Rotbuche unterschiedlicher Herkunft und Standorte. Auch aus den Arbeiten von J. Barner [1957] sowie W. Knigge und H. Schulz [1961], die den Einfluß äußerer Faktoren auf die Ausbildung der Holzstruktur untersuchten, geht hervor, daß schmalere Jahrringe mehr und kleinere Gefäße bilden als breitere.

Auch an unserem Material konnten wir ziemlich enge Beziehungen zwischen der Breite von Jahrringen verschiedenen Stammalters und der Anzahl und dem Durchmesser der Gefäße sowie dem Anteil der Gefäße und Holzfasern an der Masse des Holzes finden (Tab. 3, 4 u. 5). Keine Zusammenhänge bestehen dagegen zwischen Jahrringbreite und Durchmesser der Holzfasern sowie zwischen Jahrringbreite und Anteil des Holzparenchyms und der Strahlen an der Masse des Holzes.

Es sind vor allem die Anzahl und der Durchmesser der Gefäße, die, zumindest bei der Buche, ganz gleichsinnig auf Faktoren reagieren, die auch den jährlichen Dickenzuwachs eines Baumes beeinflussen. Um dies deutlicher zu zeigen, wurden im Bild 1 die Jahrringbreiten der in der jahrringchronologischen Literatur als W-Signatur [Müller-Stoll 1951] bekannten Ringfolge der Jahre 1911 bis 1917 mit den entsprechenden Werten für Anzahl bzw. Durchmesser der Gefäße graphisch dargestellt. Die Kurven für die Jahrringbreite sowie für Anzahl und Durchmesser der Gefäße zeigen stets gleichsinnige Richtungsänderungen. Da die Jahrringbreite stark von Umweltfaktoren abhängig ist, sind es also vorwiegend auch diese Faktoren, die die Ausbildung der Gefäßmerkmale beeinflussen. Daß der Anteil der Gefäße und Holzfasern an der Masse des Holzes nur beim Vergleich extrem schmaler und breiter Jahrringe eine Beziehung zur Jahrringbreite zeigt, kann damit erklärt werden, daß bis zu einem gewissen Grad die Unterschiede im Gefäßanteil durch die an schmalen Ringstellen kleineren, aber dafür zahlreicheren und an breiten Ringstellen größeren, aber dafür weniger zahlreichen Gefäßen ausgeglichen werden. K. Y. Chow [1946] untersuchte bei der Rotbuche unter anderem auch den Anteil von Gefäßen und Holzfasern in verschiedenen breiten Jahrringen, und zwar sowohl in Zonen mit Normalholz als auch mit Reaktionsholzbildung. An Jahrringstellen mit vorwiegend Normalholz fand er ebenfalls eine deutliche Ab-

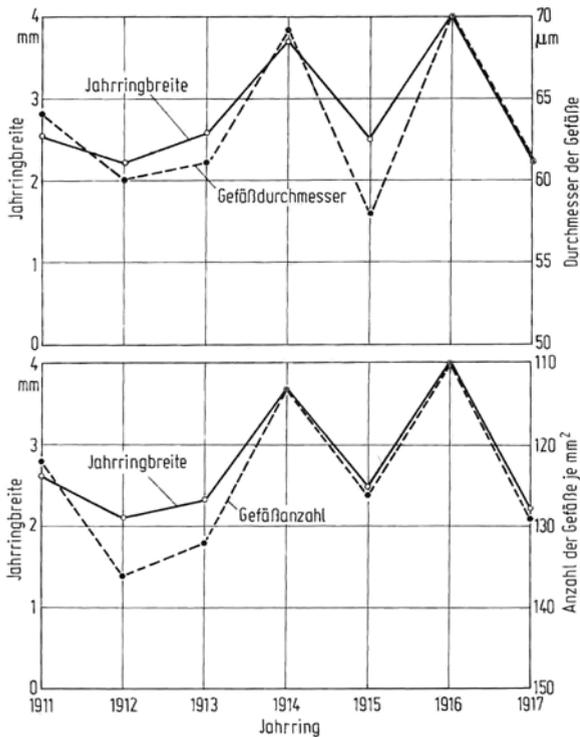


Bild 1. Mittlerer Gefäßdurchmesser (errechnet aus tangentiellen und radialem Durchmesser) sowie Anzahl der Gefäße bei Rotbuche in Beziehung zur Jahrringbreite am Beispiel der Jahrringe 1911 bis 1917

nahme des Gefäß- und eine Zunahme des Faseranteils mit zunehmender Jahrringbreite. An Jahrringstellen mit vorwiegend Reaktionsholz waren dagegen diese Beziehungen nicht so eindeutig ausgeprägt; die breiten Jahrringe (3,2 mm) hatten zwar stets einen größeren Gefäß- und kleineren Faseranteil als die schmalen (0,9 mm), jedoch zeigten die mittleren Breiten (1,9 mm) höhere Faser- und niedrigere Gefäßanteile als die breiten und schmalen Jahrringe. Chow's Untersuchungen zeigen außerdem, daß zwischen Holzonen mit vorwiegend Normal- und vorwiegend Reaktionsholzbildung größere strukturelle Unterschiede auftreten können und dieser Umstand bei vergleichenden Betrachtungen beachtet werden muß. H. Süß u. W. R. Müller-Stoll [1970] fanden am gleichen Material, wie es auch bei den vorliegenden Untersuchungen benutzt wurde, zwischen ex-

trem schmalen und extrem breiten Jahrringen ebenfalls eine positive Beziehung zwischen Jahrringbreite und Holzfaserlänge; bei zwar noch deutlichen aber geringeren Unterschieden in der Jahrringbreite war dieser Zusammenhang jedoch nicht mehr zu erkennen.

Beachtenswert ist, daß die geringste Gefäßanzahl und der kleinste tangentielle Gefäßdurchmesser innerhalb ein und desselben Jahrringes immer in der gleichen Ringstelle liegen und auch zwischen den größten tangentialen Gefäßdurchmessern und der größten Anzahl der Gefäße ziemlich enge Beziehungen vorhanden sind. Während also im Holz von unterschiedlich alten, d. h. in radialer Richtung hintereinander liegenden Ringstellen die Gefäßmerkmale eine ausgeprägte Beziehung zur Jahrringbreite zeigen, ist innerhalb eines Jahrringes, wie in einer späteren Arbeit dargelegt wird, die Ausbildung der Holzstruktur von anderen Faktoren abhängig und deshalb auch keine Beziehung zwischen der Breite der Ringstellen und den Holzmerkmalen vorhanden (Tab. 1).

H. Süß [1958] fand im Wurzelholz fossiler Lauraceen ebenfalls einen Zusammenhang zwischen Jahrringbreite und Gefäßmerkmalen. Beim Übergang von einer bestimmten Ringbreite zur anderen veränderten sich die Anzahl der Gefäße und der radiale Gefäßdurchmesser sprunghaft, so daß zwei scharf gegeneinander abgegrenzte Strukturtypen (Multiporosa- und Pauciporosa-Struktur) unterschieden werden konnten. Ordnet man die Ringstellen aller untersuchten Jahrringe unseres Buchenmaterials, wie in Tabelle 2, ihrer Breite nach, kann auch hieran ein mehr oder weniger deutlicher sprunghafter Übergang von einem zum anderen Bereich der Jahrringbreite festgestellt werden, denn sowohl bei der Anzahl der Gefäße als auch beim radialen Gefäßdurchmesser überschneiden sich von einer bestimmten Ringbreite an die Mittelwerte nicht mehr. Für die Gefäßanzahl liegen diese Bereiche unterhalb 2,3 mm und oberhalb 2,8 mm, für den radialen Gefäßdurchmesser unterhalb 2,8 mm und oberhalb 3,2 mm. Im Wurzelholz der Lauraceen zeigte allerdings der radiale Gefäßdurchmesser ein umgekehrtes Verhältnis zur Jahrringbreite. Der schmalere Jahrringbereich war durch einen größeren, der breitere durch einen kleineren radialen Gefäßdurchmesser gekennzeichnet.

In Tabelle 7 sind Angaben der Literatur über den Anteil der Gewebearten den eigenen Werten gegenübergestellt. Bemerkenswert ist, daß nach B. Huber u. G. Prütz [1938], H. Schulz [1957], W. Knigge u. H. Schulz [1959] sowie nach den Angaben in einer Holz eigenschaftstafel für Rotbuche

Tabelle 7. Zusammenstellung von Literaturangaben und eigenen Messungen über den prozentualen Anteil der Gewebearten an der Masse des Holzes der Rotbuche. Mittelwerte und Extremwerte

Autoren	Anteil der Gewebearten in %				Bemerkungen
	Fasern	Gefäße	Holzstrahlen	Holzparenchym	
Eigene Messungen	(25,2...39,6...57,2)	(24,6...39,5...52,5)	(11,2...15,7...21,2)	(3,5...5,2...7,0)	Mittel aus 40 Holzproben einer Stammscheibe in Brusthöhe
Langenkamp [1931]	—	(37,0...63,0)	—	—	Nach Angaben von Trendelenburg und Mayer-Wegelin 1955, S. 408.
Huber und Prütz [1938]	(34,5...37,4...43,6)	(22,2...31,0...37,8)	(22,6...27,0...30,0)	(4,0...4,6...5,5)	Eine Holzprobe
Holz eigenschaftstafeln [1939]	(34,0...54,0)	(15,0...31,0...65,0)	(22,0...27,0...30,0)	um 5	
Linnemann [1953]	—	—	(3,6...36,7)	—	
Schulz [1957]	(32,0...42,0...59,0)	(17,0...31,0...45,0)	(10,0...17,0...25,0)	(1,0...5,0...11,0)	30 Holzproben unterschiedlichen Alters,
Knigge und Schulz [1959]	46	35	17	2	Mittelwerte aus drei Jahrringen

[Preußisches Holzforschungsinstitut Eberswalde 1939] der Faseranteil höher ist als der Gefäßanteil. Wir konnten dagegen feststellen, daß sich bei unserem Material die Gesamtmittelwerte aus 40 Holzproben für die Anteile der Gefäße und Holzfasern genau die Waage halten.

H. Schulz [1957] fand bei der Rotbuche eine mit der Verbreiterung der Jahrringe verbundene sehr deutliche Zunahme des Strahlenanteils. G. Linnemann [1953] konnte ebenfalls gewisse Zusammenhänge zwischen Strahlbreite und Jahrringbreite feststellen. Bei seinen Untersuchungen zeigten teils breite und teils schmale Ringe einen verhältnismäßig hohen Strahlenanteil. Nach seiner Erklärung müssen sowohl in günstigen Jahren mit langer Assimilationsperiode als auch in ungünstigen Jahren im Verhältnis zum geringeren jährlichen Holzzuwachs viel Speicherstoffe untergebracht werden. Bei unserem Material waren zwar sowohl innerhalb eines Jahrringes als auch zwischen unterschiedlich alten Jahrringen sehr große Schwankungen im Anteil der Strahlen und des Holzparenchyms (Tab. 6), aber keinerlei Beziehungen zur Jahrringbreite vorhanden.

Die Angaben über den Anteil der Strahlen an der Masse des Holzes stützen die Untersuchungsergebnisse von E. Tellerup [1953], daß Form, Größe und Anteil der Strahlen von erblichen Faktoren abhängig sind und deshalb in einer natürlichen Population zwischen den einzelnen Individuen größere Unterschiede im Strahlenanteil auftreten als in verschiedenen Holzzonen innerhalb eines Baumes. Aus Tabelle 7 sind zwei von einander scharf abgegrenzte Mittelwerte mit einem Strahlenanteil von 15 bis 17% [eigene Messungen; Schulz 1957; Knigge, Schulz 1959] und von 27% [Huber, Prütz 1938; Preußisches Holzforschungsinstitut Eberswalde 1939] ablesbar, die sich auch mit ihren Extremwerten nicht oder nur wenig überschneiden. Bei dem Anteil der Fasern, der Gefäße und des Längsparenchyms lassen sich dagegen die Werte der verschiedenen Autoren gegenseitig nicht abgrenzen. Über andere *Fagus*-Arten liegen in der Literatur in bezug auf den Strahlenanteil noch Angaben vor von J. E. Myer [1922] über die amerikanische Buche, *F. grandifolia* Ehrh. [= *F. atropunicea* (Marsh.) Sudw.] und von P. Šimić [1957] über die Balkanbuche, *F. moesiaca* Maly, Domin, Czeczot; im ersten Fall wird ein Wert von 20,4%, im zweiten Fall werden Werte von 23,5 bis 39,3% angegeben.

Schrifttum

Barner, J. 1957. Die Einwirkung der Staunässe auf die Organbildung und Physiologie von Holzgewächsen unter besonderer Berücksichtigung der Darstellung anatomischer Befunde mit Hilfe von Koordinatentransformationen. Ber. dtsh. bot. Ges. 70, 3—10.

Chow, K. Y. 1946. A comparative study of the structure and chemical composition of tension wood and normal wood in beech (*Fagus sylvatica* L.). Forestry 20: 62—77.

Desch, H. E. 1932. Anatomical variation in the wood of some dicotyledonous trees. New Phytol. 31: 73—118.

Hartig, R. 1894. Untersuchungen über die Entstehung und die Eigenschaften des Eichenholzes. Forstl. naturwiss. Z. 3: 1—13, 49—68, 172—191, 193—203.

— 1895. Untersuchungen des Baues und der technischen Eigenschaften des Eichenholzes. Forstl. naturwiss. Z. 4: 49—82.

— Weber, R. 1888. Das Holz der Rotbuche in anatomisch-physiologischer, chemischer und forstlicher Richtung. Berlin: Springer.

Huber, B., Prütz, G. 1938. Über den Anteil von Fasern, Gefäßen und Parenchym am Aufbau verschiedener Hölzer. Holz Roh-Werkstoff 1: 377—381.

Knigge, W., Schulz, H. 1961. Einfluß der Jahreswitterung 1959 auf Zellartverteilung, Faserlänge und Gefäßweite verschiedener Holzarten. Holz Roh-Werkstoff 19: 293—303.

Liese, W., Meyer-Uhlenried, K. H. 1956/58. Zur quantitativen Bestimmung der verschiedenen Zellarten im Holz. Z. wiss. Mikroskopie 63: 269—275.

Linnemann, G. 1953. Untersuchungen über den Markstrahlenteil am Holz der Buche. Ber. dtsh. bot. Ges. 66: 37—63.

Müller-Stoll, H. 1951. Vergleichende Untersuchungen über die Abhängigkeit der Jahrringfolge von Holzart, Standort und Klima. Bibliotheca Botanica 122: 1—93.

Myer, J. E. 1922. Ray volumes of the commercial woods of the United States and their significance. J. Forestry 20: 337—351.

Preußisches Holzforschungsinstitut Eberswalde. 1939. Holzeigenschaftstafeln: Rotbuche. Holz Roh-Werkstoff 2: 95—96.

Sárkány, S., Stieber, J. 1959. Untersuchungen über die quantitativ-ökologische Xylotomie von *Fagus sylvatica*. Ann. Univ. Sci. Budapestinensis 2: 239—257.

Schulz, H. 1957. Der Anteil der einzelnen Zellarten an dem Holz der Rotbuche. Holz Roh-Werkstoff 15: 113—118.

Šimić, P. 1957. The minute structure of wood of the Balcan Beech (*Fagus Moesiaca* Maly, Domin, Czeczot). (Serbokroatisch mit engl. Zusf.) Jahrb. land- und forstwirtschaft. Fak. Univ. Skopje 10: 217—252.

Süß, H. 1958. Anatomische Untersuchungen über die Loorbeerhölzer aus dem Tertiär des Hasenberges bei Wiesa in Sachsen. Abh. dtsh. Akad. Wiss. Berlin, Kl. f. Chemie, Geologie u. Biologie, Jahrg. 1956, Nr. 8, 1—59.

— Müller-Stoll, W. R. 1970. Zusammenhänge zwischen der Größe einiger Holzelemente der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) und der Orientierung des Stammes zur Himmelsrichtung bzw. der Jahrringbreite. Holz Roh-Werkstoff 28: 270—277.

Tellerup, E. 1953. Individual differences in the shape of wood rays in *Fagus sylvatica* L. A wood anatomical investigation. K. Vet. og Landbohøjskole Arsskr. (Kopenh.), Jahrg. 1953: 149—157.

Trendelenburg, R., Mayer-Wegelin, H. 1955. Das Holz als Rohstoff. München: Hanser.

Wieler, A. 1887. Beiträge zur Kenntnis der Jahrringbildung und des Dickenwachstums. Jahrb. wiss. Bot. 18: 71—132.

Weber, E. 1964. Grundriß der biologischen Statistik. 5. Aufl., Jena: Fischer.

Yatsenko-Khmel'evski, A. A. 1946. Änderungen in der Zusammensetzung und im Bau des Holzes bei *Fagus orientalis* L. in Abhängigkeit von Alter und Höhe über den Erdboden sowie äußeren Bedingungen. (russisch) Izvestiya Akademii Nauk Armyanskoy SSR Nr. 5.