

ERNST HOLLSTEIN

Jahrringchronologische Datierung von Eichenhölzern ohne Waldkante

Um das absolute Alter von verbauten Hölzern zu bestimmen, bietet die Naturwissenschaft den Archäologen und Kunsthistorikern zwei exakte Methoden an: die Radiocarbonmessung nach Libby (1949) und die Jahrringanalyse nach Douglass (1909). Durch sensationell wirkende Datierungen begünstigt, ist die erstere mehr in den Vordergrund getreten. Es wäre aber verfehlt, die beiden Verfahren als Konkurrenten anzusehen.

In der Tat ergänzen sie sich gegenseitig in willkommener Weise (Huber 1958). Mit Hilfe der Radiocarbonmethode lassen sich Proben organischer Substanz, auch einzelne, in diejenige geschichtliche oder vorgeschichtliche Epoche einreihen, in der sie Bestandteil eines Lebewesens waren. Die Datierung ist jedoch prinzipiell mit einer Standardabweichung belastet, die um so stärker ins Gewicht fällt, je älter die Probe ist.

Demgegenüber datiert die Jahrringanalyse Holzproben grundsätzlich auf das Jahr genau, vorausgesetzt daß genügend Parallelproben der gleichen Holzart vorliegen. Wichtigstes Arbeitsmittel sind die Jahrhunderte und Jahrtausende umfassenden Jahrringchronologien, in Europa vor allem für die Holzart Eiche. Hier ist der führende Begründer und Experte Prof. Dr. Dr. h. c. Bruno Huber vom Forstbotanischen Institut München, der mit seinen Mitarbeitern seit 1941 die Jahrringforschung in den Dienst von Archäologie, Kunstgeschichte und Klimatologie stellt. Aufbauend auf den Jahrringfolgen vielhundertjähriger Spessarteichen, haben Huber und Mitarbeiter sich besonders auf die 'Mitteldeutsche Eichenchronologie des letzten Jahrtausends' konzentriert und zahlreiche Kunstdenkmäler vor allem des hessischen Raumes exakt datiert (Huber, Niess und Siebenlist 1964). Daneben gelang die Aufhellung feinsten baugeschichtlicher Einzelheiten an 'Süddeutschen und Schweizerischen Pfahlbauten' (Huber und Merz 1962 und 1963).

Für die Landschaften westlich des Mittelrheins, die bisher jahrringchronologisch nicht erfaßt waren, arbeitet der Verfasser dieses Berichtes seit 1961 an einer 'Westdeutschen Eichenchronologie', die zur Zeit¹ bis zum Jahre 822 n. Chr. zurückreicht und in lückenloser Folge mit rund 14 000 Jahrringen belegt ist. Die Mittelwerte dieses Zahlenmaterials werden hier erstmals veröffentlicht (siehe S. 24 ff. Tabelle 4). Der Rückstoß bis in die Karolingerzeit gelang durch glückliche Funde aus der Abteikirche St. Matthias in Trier, der Stiftskirche St. Castor in Karden, dem Romanischen Haus und der Basilika in Münstereifel, sowie dem berühmten Grauen Haus in Winkel im Rheingau. Besonderer Dank für die Förderung dieser Untersuchungen gebührt den Rheinischen Landesmu-

¹ Nach dem Stand von 1964. Durch neueste Untersuchungen in Aachen konnte die Chronologie bis zum Jahre 739 n. Chr. verlängert werden.

seen Trier und Bonn und dem Landeskonservator Rheinland, Bonn. Tatkräftige und unermüdlige Hilfe, sogar bei der Probenentnahme mit Säge und Bohrer, leisteten Dr. Cüppers, Trier, und Dr. Schaefer, Bonn.

Wichtige Belegstücke des Hohen Mittelalters lieferte Dr. Niess, Büdingen, mit Proben aus der Remigiuskirche und vom Schloß in Büdingen. Die Jahrringkurven dieser Balken, deren zeitliche Einordnung bisher nicht möglich war, konnten zu unserer freudigen Überraschung mit den moselländischen Ringfolgen zur Deckung gebracht und sicher datiert werden. Damit ist auch die 'Mitteldeutsche Eichenchronologie' bis zum Jahre 831 zurückverlängert worden. Die Balkendatierungen führten zu neuen baugeschichtlichen Erkenntnissen, deren Veröffentlichung in Einzelbeiträgen vorgesehen ist.

Die 'Westdeutsche Eichenchronologie' entstand unabhängig und für den Zeitraum vor 1300 ohne Kenntnis der rechtsrheinischen Chronologien, die das Forstbotanische Institut München erarbeitet hatte. Die in Trier geglückte erstmalige Synchronisierung hessischer und moselländischer Jahrringfolgen beweist eine viel bessere Übereinstimmung, als sie bisher für möglich gehalten wurde. Nach Untersuchungen von H. Müller-Stoll (1951) nimmt die Ähnlichkeit von Jahrringfolgen gesetzmäßig mit der Entfernung ab. Eine Jahrringdatierung über größere Entfernung sei nicht möglich. Nunmehr steht jedoch fest, daß diese Befürchtung zumindest für das Mittelrheingebiet und seine Nachbarlandschaften nicht zutrifft: Eichenholzproben aus dem Saarland, dem Trierer Raum, aus Luxemburg und vom Nordrand der Eifel ließen sich ebenso gut untereinander synchronisieren wie mit solchen aus dem Odenwald, dem Spessart, aus ganz Hessen und sogar aus dem Weserbergland (eine in Trier geglückte Datierung). Die mittleren Jahrringbreiten der rechtsrheinischen 'Mitteldeutschen Eichenchronologie' (Huber, Niess und Siebenlist 1964) zeigen in dem Zeitraum von 1005 bis 1950 nur 24% Gegenläufigkeiten gegen die in Tabelle 4 mitgeteilte 'Westdeutsche Eichenchronologie' bei vollkommener Deckung der wichtigsten Extremstellen und 'Signaturen' wie z. B. der 'Säge', einer auffälligen und einmaligen Zickzacksignatur in den Jahren 1530 bis 1540 (Huber und Siebenlist 1963) oder der Depression von 1164 bis 1167 (Hollstein 1964). Wir halten die Entdeckung dieser erfreulichen Übereinstimmung für ebenso bedeutsam wie die geglückte Verlängerung der Jahrringkurve bis in die Karolingische Zeit. Die historische Wissenschaft ist damit im Besitz eines zuverlässigen neuartigen Instrumentes zur exakten Datierung von Kirchen, Burgen, Schlössern, Wohnhäusern, Mühlen, Wasserbauten und anderen Bauwerken, bei denen Eichenholz verwendet wurde.

An der Verlängerung der Chronologie wird unablässig gearbeitet. Seit 1962 ist eine 'Westdeutsche Eichenchronologie des Latène und der Römerzeit' im Entstehen begriffen. Im Auftrag des Rheinischen Landesmuseums Trier und in enger Zusammenarbeit mit dem federführenden Archäologen H. Cüppers wird ein umfangreiches Pfosten- und Balkenmaterial verschiedener keltischer und römischer Brücken- und Brunnenbauten von Mosel, Rhein, Main und aus der Wetterau jahrringchronologisch untersucht. Die Ringbreiten von rund 270 Proben mit über 200 000 mikroskopischen Messungen konnten zu einer 856-jährigen Chronologie zusammengefügt werden, die nach historischen Quellen und archäologischen Befunden zuverlässig in die Zeit von 486 v. Chr. bis 369 n. Chr. einzuordnen ist und damit zur jahrgenaue Datierung von fundarmen oder zeitlich unsicheren Bauwerken und Baumsärgen beiträgt. Um die Lücke zwischen Antike und Mittelalter zu schließen, ist es wünschenswert, alle Eichenholzfunde aus Spätantike und fränkischer Zeit untersuchen zu lassen.

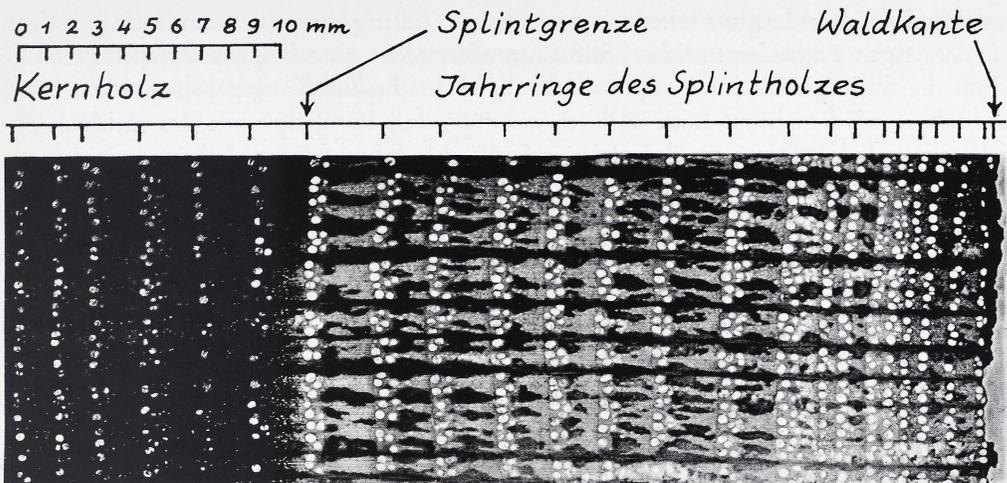
Eichenholzproben mit Waldkante

Soll das Fällungsjahr einer Holzprobe jahrringanalytisch bestimmt werden, so muß der letzte unter der Rinde gewachsene Jahrring noch vorhanden und meßbar sein. Forstleute und Holzhandwerker nennen diese auffällige Stelle bei einem Balken seit altersher 'Waldkante'. Bauhölzer, die außer den Schnittflächen noch Waldkante zeigen, werden auch heute noch sowohl im Handel wie in der Verarbeitung von sog. 'scharfkantigen' Balken unterschieden. Bei der Probenentnahme von Holzscheiben oder Bohrkernen (Niess 1963, Hollstein 1964) aus historischen Gebäuden wird man daher am besten solche Stellen auswählen, wo die Waldkante nicht dem Zimmermannsbeil zum Opfer gefallen ist. Gelehrige Helfer erkennen nach einiger Zeit der Übung sehr bald waldkantenverdächtige Balken- und Pfahlquerschnitte. So hat H. Cüppers bei der Untersuchung der Römerbrücken in Trier die Grabungshelfer des Museums zu äußerster Sorgfalt erzogen und in unermüdlichem persönlichem Einsatz zahlreiche Pfähle mit voller Waldkante geborgen. Dank dieser Mühe, die Außenstehende kaum zu würdigen wissen, sind wir heute in der Lage, die verschiedenen Bauperioden der einzelnen Brücken, ja sogar der einzelnen Pfeiler auf das Jahr genau zu unterscheiden!

Wenn die Splintringe einer Holzprobe nicht allzu sehr fäulniszersetzt oder wurmerzessen sind, läßt sich die Waldkante im Mikroskop immer zuverlässig ansprechen (Bild 1). In manchen Fällen sind noch Reste des Bastes und ganze Rindenpartien erhalten. Die Randpartie des Stammquerschnitts der Eiche, der sog. Splint, ist bei jahrhundertelanger Wasserlagerung immer außerordentlich zart (Noack 1965), so daß es beim Trocknen zu extremen Schrumpfungen und Verzerrungen des Holzbildes kommt. Die Jahrringbreiten lassen sich dann nicht mehr mit erforderlicher Genauigkeit messen, die Waldkante nicht immer sicher bestimmen. Die Proben werden daher am besten im feuchten Zustand ausgewertet. Von allen Waldkanten der wichtigen historischen Funde wurden dauerhafte Schnittpräparate als Belegstücke angefertigt. Beim Kurvenvergleich am Leuchttisch zeigte sich immer wieder, daß Hölzer des gleichen Objektes oder des gleichen baulichen Zusammenhanges im gleichen Jahr gefällt waren. Meist ließ sich sogar die Jahreszeit der Fällung abschätzen. So ist z. B. bei Pfahl Nr. 97 der zweiten Römerbrücke in Trier der letzte Porenring unter der Rinde gerade eben erst begonnen worden, als die Axt der Holzfäller an den Baum gelegt wurde (Bild 1). Er ist also im Frühjahr, wahrscheinlich im Mai, gefällt worden, und da wir die gleiche Beobachtung bei den meisten unversehrten Waldkanten machen konnten, dürfen wir annehmen, daß die Hauptfällungszeit entgegen der heutigen Gepflogenheit in Antike und Mittelalter nicht im Winter, sondern im Frühjahr und im Frühsommer lag.

Eichenholzproben mit Splintrest

Trotz aller Sorgfalt gelingt es nicht immer, die begehrte Waldkante einer Holzprobe unversehrt zu erhalten. Das kann verschiedene Gründe haben. Oft wird das Splintholz als unbrauchbar schon vom Zimmermann abgebeilt, und ein Übriges zur Zerstörung leisten dann Insekten, Pilze und Bakterien, während das widerstandsfähige Kernholz – besonders unter Wasser – Jahrtausende überdauern kann. Auch bei der Bergung und nachfolgenden Trocknung gehen bisweilen Splintreste verloren. Wir beobachten dies vor allem bei der Untersuchung von alten, nicht paraffinierten Museumsbeständen. Der Jahrringforscher, von dem exakte Datierung erwartet wird, ist aber bestrebt,



1 Eichenpfahl Nr. 97 der Römerbrücke in Trier.

Dünnschnitt aus der Randzone. Ganz rechts Bastreste (Rinde), darunter der letzte Jahrring, dessen Wachstum bereits bei Bildung der ersten Poren (Gefäße) unterbrochen wurde: der Baum ist also im Frühjahr gefällt worden. – Makroaufnahme im Durchlicht, etwa $3\frac{1}{2}$ -fach vergrößert (Foto Rhein. Landesmuseum Trier).

wenigstens die Splintgrenze, d. h. die Übergangszone zwischen dem dunkleren festen Kernholz und dem helleren zarten Splintholz, zu erkennen. So gewinnt er eine Möglichkeit, den verlorengegangenen Splintanteil zumindest abzuschätzen, während es bei einer Balkenprobe ohne jeden Splintrest völlig offen bleiben muß, ob sie nicht aus dem innersten Kernholz eines vielhundertjährigen Baumes stammt. In diesem Falle würde die Zeitbestimmung des letzten, zufällig noch meßbaren Jahrringes zu einer fehlerhaften Frühdatierung führen. Unter den römischerzeitlichen Pfählen befinden sich einige, bei denen über 100 Jahresringe durch Bearbeitung oder Fäulnis verloren gegangen sind. Wir können dies nachweisen durch Kurvenvergleich mit waldkantigen Hölzern, die wegen des engen baulichen Zusammenhanges zweifelsfrei synchron mit den fehlkantigen sein müssen. Daher sind Holzproben mit vollständiger Waldkante oder wenigstens mit erkennbarem Splintrest besonders wichtig.

Zur sicheren Unterscheidung von Kern- und Splintholz müssen nach Trendelenburg und Mayer-Wegelin (1955) drei Merkmale beobachtet werden:

1. Die Verfärbung (Eichensplint ist fahl, der Kern lebhaft braun, bei lange im Wasser lagerndem Holz schwärzlich bis tiefschwarz),
2. Offene Gefäße im Splint, während das Kernholz verthyllte, d. h. durch feine Häute verstopfte Gefäße ('Poren') aufweist.
3. Stärke im Splint. Die ersten beiden Merkmale lassen sich bei historischen Eichenholzproben meist mit Sicherheit, das dritte nicht mehr ansprechen. An seine Stelle tritt nach unseren Erfahrungen eine andere Beobachtung. Bei Balken und vor allem bei Rundhölzern, die ihren Splint nicht durch menschliche Bearbeitung, sondern durch Insekten oder Fäulnis verloren haben, ist der letzte Jahrring des Kernholzes auf dem vollen Umfang oder an großen Teilen des Querschnittes erhalten. Man erkennt an der gleichmäßigen Rundung, daß nur das leichtvergängliche Splintholz fehlen kann, während das zähe Kernholz voll erhalten blieb. Das gilt auch trotz der Einschränkung, daß die Verkernung des Stammes nicht jahrringweise fortschreitet und die Grenzlinie

zwischen Kern und Splint selten genau mit einer Jahrringgrenze zusammenfällt. Wenn in derartigen Fällen eigentliche Splintreste nicht mehr zu erkennen waren, so konnte doch die Splintgrenze im Meßprotokoll als 'wahrscheinlich' angegeben werden. Diese Annahme wird meistens noch dadurch gestützt, daß Parallelproben des gleichen Objektes ihre Splintgrenze an der gleichen Stelle der Jahrringkurve haben.

Bei den Untersuchungen in Trier zeigte sich, daß von den genannten drei Merkmalen die fahle Farbe des Splintes trügerisch sein kann. Wir besitzen Eichenproben, bei denen der Splint eine dunklere Färbung als das Kernholz aufweist. Andererseits kommt es manchmal vor, daß Randpartien eines Balkenquerschnittes durch Kalk und andere chemische Einwirkungen fahl verfärbt sind und dadurch Splint vortäuschen. Jedoch waren dies Ausnahmen. In der Regel läßt sich die Splintgrenze mit Sicherheit erkennen.

Häufigkeit der Eichensplintringe

Die mutmaßliche Anzahl der verlorenen Splantringe zu schätzen, ist ein statistisches Problem. In der forstbotanischen Literatur ist diese Frage bisher nur am Rande behandelt worden. Den Forstmann und Holzverbraucher interessiert weniger die Anzahl der Splintjahrringe, sondern mehr die Splintbreite in Millimeter. Die Anzahl der Eichensplintjahre wurde von verschiedenen Autoren meist für einzelne Bäume angegeben. Eine für unsere Fragestellung brauchbare Statistik bringen Gürsu und Bernhart (1964) bei der Untersuchung von 18 Eichenstämmen aus dem nordwestlichen Anatolien (siehe Tabelle 1). Aus dem reichen Bestand an historischen Eichenhölzern, die in Trier gesammelt wurden, konnten 200 zur Auszählung der Splantringe herangezogen werden. Wie Tabelle 1 zeigt, stimmen die von Gürsu und Bernhart mitgeteilten Werte mit den Trierer Ergebnissen trotz der großen geographischen Entfernung gut überein. Die etwas geringere Streuung der anatolischen Werte hängt vielleicht damit zusammen, daß es sich um ein einheitlicheres Untersuchungsmaterial handelt. Die Anzahl der Splintjahrringe wächst mit dem Lebensalter des Baumes, worauf verschiedene Autoren hinweisen (Schulz 1959).

Altersklasse der untersuchten Bäume und Holzproben ²	Anzahl der Splintjahrringe	
	in Westdeutschland ³	in Anatolien ⁴
unter 100jährige Stämme	16,0 ± 4,5	—
100- bis 200jährige Stämme	20,4 ± 6,2	20,6 ± 4,15
über 200jährige Stämme	25,9 ± 7,5	29,4 ± 7,14

Tabelle 1: Anzahl der Eichensplintjahre

Die mitgeteilten Durchschnittswerte bieten eine gute Grundlage, um den fehlenden Splint bei Eichenholzdatierungen zu extrapolieren. Im Mittel haben wir mit rund 20 Splintjahren zu rechnen, vor allem bei der Gruppe der 100- bis 200-jährigen Stämme, die gerade bei jahrringchronologischen Untersuchungen besonders ins Gewicht fallen. Es kommt allerdings nicht selten vor, daß Bäume der verschiedensten Altersklassen zur gleichen Zeit gefällt und am gleichen Bauwerk verarbeitet wurden. Läßt sich auch in diesen Fällen ein statistisch gesicherter Ansatz zur Berechnung der fehlenden Splintjahre

² Nach der Gesamtzahl aller Jahrringe, die an der Holzprobe bzw. am Stock zu zählen oder zu schätzen waren.

³ Beobachtet an 200 Holzproben aus Antike, Mittelalter und Neuzeit.

⁴ Beobachtet an 18 rezenten Eichen (Gürsu u. Bernhart 1964).

finden? Um diese Frage zu prüfen, wurde zunächst die Häufigkeitsverteilung der Eichensplintjahre des gesamten Untersuchungsmaterials ohne Rücksicht auf die Altersklassen untersucht (siehe Tabelle 2).

Häufigkeitsklassen Nr. n =	Grenzen in Jahren		Prozentuale Häufigkeit	
	genau	gerundet	empirische Werte Westdeutschland	theor. Verteilung nach Gauß
- 4	unter 6,8	unter 7	0	0,02
- 3	6,9 bis 9,2	7 bis 9	0,8	0,60
- 2	9,3 — 12,4	10 — 12	6,8	6,06
- 1	12,5 — 16,7	13 — 16	24,0	24,17
0	16,8 — 22,4	17 — 22	38,0	38,30
+ 1	22,5 — 30,1	23 — 30	25,2	24,17
+ 2	30,2 — 40,2	31 — 40	4,0	6,06
+ 3	40,3 — 54,2	41 — 54	1,2	0,60
+ 4	über 54,3	über 55	0	0,02

Tabelle 2: Häufigkeitsverteilung der Eichensplintjahre

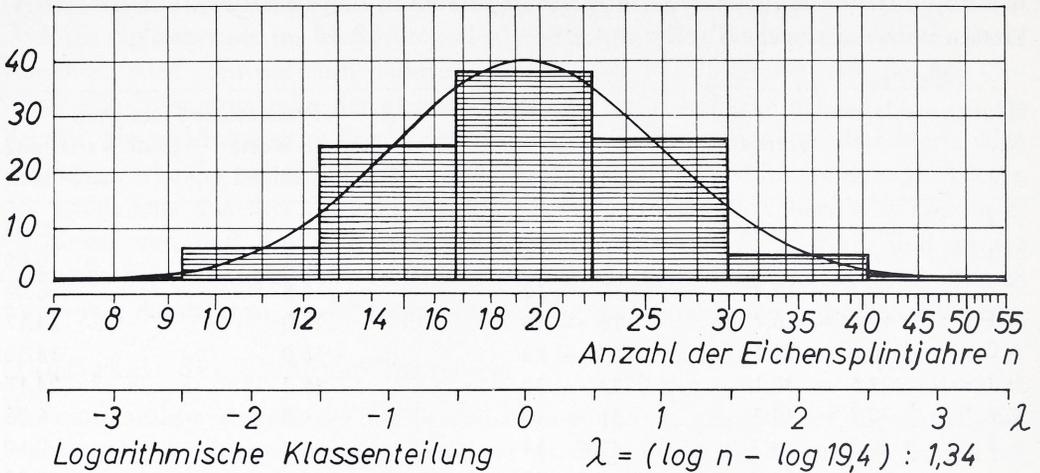
Die Auswertung zeigt, daß es sich um eine eingipfelige schiefe Häufigkeitsverteilung mit dem Mittelwert $20,4 \pm 6,0$ (mittl. quadr. Abweichung) handelt. Die Einteilung der Häufigkeitsklassen wurde so gewählt, daß der häufigste Wert 19,4 Splintjahre in die Mitte der Klasse 0 fällt und die anschließenden Klassenmitten mit konstantem Proportionalitätsfaktor, d. h. logarithmisch, festgelegt werden. Die meisten in der Natur auftretenden Verteilungen sind ja genau betrachtet logarithmischer Art (Daeves-Beckel 1948). Die logarithmische Zeitachse macht die Symmetrie der Erscheinung deutlich und ermöglicht den direkten Vergleich mit der Gauß'schen Normalverteilung. Die Nachprüfung im Wahrscheinlichkeitsnetz nach Daeves-Beckel und mit dem χ^2 -Test beweist, daß die empirischen Werte sich nur geringfügig und zufallsbedingt von der zu erwartenden Normalverteilung unterscheiden. Sie können daher als repräsentativ angesehen werden. Der angegebene Faktor ist zugleich Streuungsmaß in der Darstellungsweise der Kennwerte eines über logarithmischer Merkmalskala normal verteilten Kollektivs, in unserem Falle also $19,4 \times 1,345$ oder in anderer Schreibweise $19,4 \cdot 1,345 \pm 1$. Zur Veranschaulichung siehe Bild 2.

Man erkennt die starke Häufung in den drei mittleren Klassen: rund 90% aller Eichen haben 12 bis 30 Splintjahre, während die Extremwerte unter 10 und über 40 Splintjahre nur selten, nämlich in etwa 1 Prozent aller Fälle vorkommen. Der kleinste beobachtete Wert waren 7, der größte 46 Splintjahre (Variationsbreite).

Jahrringchronologische Datierung nach Splintgrenzen

Wir benutzen nun die normierte Häufigkeitsverteilung der Anzahl der Eichensplintjahre zur Datierung von Holzproben ohne Waldkante, aber mit datierter Splintgrenze. Da der häufigste Wert und die logarithmische Zeitskala umständlich zu handhaben sind, verwenden wir hauptsächlich das arithmetische Mittel, ganzzahlig gerundet auf 20 ± 6 Splintjahre, da bei der Datierung ohnehin nur Kalenderjahre in Frage kommen. Wer Holzproben zur Jahrringuntersuchung einsendet, erwartet die Mitteilung des Fällungsjahres, womöglich des Baujahres. Wenn nun die Waldkanten fehlen, sieht sich der Jahr-

Prozentuale Häufigkeit



2 Häufigkeitsverteilung der Splintjahrringe bei Trierer Eichenholzproben.

Beobachtete Variationsbreite 7 bis 46 Splintjahre. In 90 von 100 Fällen liegt die Anzahl der Splintringe zwischen 12 und 31. Arithmetischer Mittelwert 20 ± 6 (mittlere quadratische Abweichung ganzzahlig gerundet). Häufigster Wert $19,4 \cdot 1,34 \pm 1$.

ringforscher vor die Alternative gestellt, entweder nur die Datierung des letzten, zufällig noch meßbaren Jahresringes bekanntzugeben und die Schlußfolgerungen dem Einsender zu überlassen oder selber den Wahrscheinlichkeitsbereich für das unbekannte Fällungsjahr abzustecken.

Bei Einzelproben ist dies besonders heikel, nicht nur wegen der kritischeren Einordnung der Jahrringkurve in die Standardchronologie, sondern auch wegen des Verdachtes, daß es sich um ein zufälliges Reparaturholz oder ein Holz in Wiederverwendung handelt, dessen Fällungsjahr nicht das geringste mit der eigentlichen Erbauungszeit des Objektes zu tun zu haben braucht. Hinzu kommt die erhebliche Variationsbreite der Eichensplintringe von 7 bis 46 Jahren⁵, die als voller Wahrscheinlichkeitsbereich zu gelten haben, wenn man 100prozentige Sicherheit des Urteils vorschreibt. Wir datieren daher nur ungern eine Einzelprobe und weisen bei geglückter Einordnung darauf hin, daß damit noch keine sichere Datierung des gesamten Bauwerkes gewährleistet ist. Die gleiche Einschränkung gilt natürlich auch für die Datierung von Einzelproben mit Hilfe der Radiocarbon-Methode, und hier noch in stärkerem Maße.

Die Sicherheit des Urteils wächst mit der Anzahl von Parallelproben des gleichen Objektes. Diese sinnfällige Beziehung läßt sich auch mathematisch formulieren. Wählt man aus den im gleichen Jahr gefällten Hölzern eines einheitlichen Bauwerkes, z. B. eines Mühlenwehres, mehrere Proben zufällig aus, so zeigt sich in der Jahrringanalyse eine auffällige enge Häufung der Splintgrenzjahre: sie liegen durchschnittlich 20 ± 6 Jahre vor dem gemeinsamen Fällungsjahr. Kehren wir die Bedingungen um, so erhalten wir folgende Regel: Findet man bei der Jahrringanalyse einer hinreichend großen Anzahl von zufällig ausgewählten Proben aus einem einheitlichen Gebäude eine auffällige Häufung der Splintgrenzjahre innerhalb eines Streubereiches von ± 6

⁵ Die mittl. quadr. Abweichung (hier ± 6 Jahre) gilt bekanntlich nur in 68% aller Fälle und kann also nicht mit genügender Sicherheit zur Eingrenzung der Fällungszeit herangezogen werden.

Anzahl der Proben	Anzahl der Jahre, die zum Mitteljahr der datierten Splintgrenzen hinzuzuzählen sind, bei der statistischen Sicherheit			
	90 %	95 %	99 %	99,9 %
1	12 bis 31	11 bis 34	9 bis 40	7 bis 50
2	14 — 27	13 — 29	11 — 34	10 — 39
3	15 — 25	14 — 26	13 — 29	11 — 34
4	16 — 24	15 — 25	14 — 27	13 — 29
8	17 — 22	16,5 — 23	16 — 24	15 — 25
16	18 — 21	17,5 — 21,5	17 — 22	16,5 — 23
20	18,5 — 20,5	18 — 21	17,5 — 21,5	17 — 22

Tabelle 3: Wahrscheinlichkeitsbereich für das Fällungsjahr gleichzeitiger Eichenholzproben ohne Waldkante.

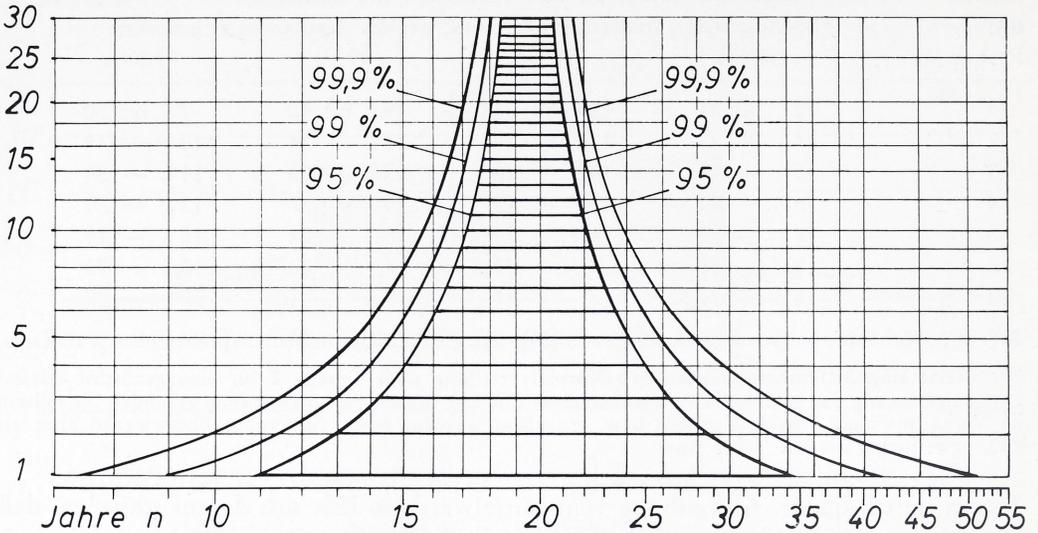
Die Werte sind als Integralgrenzen der Normalverteilung nach Tabelle 2 für eine gemischte Alterszusammensetzung der beteiligten Proben berechnet und zur praktischen Anwendung gerundet. Sie müssen im Verhältnis nach Tabelle 1 erhöht bzw. erniedrigt werden, wenn die Proben überwiegend älter als 200, bzw. jünger als 100 Jahre sind.

Jahren (mittl. quadr. Abweichung vom Mittelwert), so läßt sich daraus schließen, daß alle Hölzer im gleichen Jahr gefällt worden sind. Das mutmaßliche gemeinsame Fällungsjahr liegt im Durchschnitt 20 Jahre nach dem Mittelwert der Splintgrenzjahre. Anders ausgedrückt: das wahrscheinliche gemeinsame Fällungsjahr einer zusammengehörigen Reihe von Eichenholzproben ohne Waldkante, aber mit datierten Splintgrenzen, läßt sich berechnen, indem man zum Mitteljahr aller Splintgrenzjahre 20 Jahre hinzuzählt. Bei diesem Rechenansatz müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

1. Alle derart zu einer Jahrringkurve zusammengefaßten Hölzer müssen in einem einheitlichen Zusammenhang verbaut worden sein, z. B. als Deckenbalken eines Geschosses, Pfähle eines Brückenpfeilers.
2. Die Splintgrenzen müssen sich um einen Mittelwert häufen mit einer mittleren quadratischen Abweichung von höchstens ± 6 Jahren; das heißt: etwa zwei Drittel aller Splintgrenzjahre müssen innerhalb eines Zeitraumes von weniger als 12 Jahren liegen.
3. Kein Splintgrenzjahr darf von dem so errechneten gemeinsamen Fällungsjahr weniger als 7 und mehr als 46 Jahre entfernt sein (Variationsbreite).

Ist auch nur eine dieser Voraussetzungen nicht erfüllt, so kann man nicht mehr mit einem einheitlichen Fällungsjahr rechnen. Oder anders ausgedrückt: An diesen drei Bedingungen entscheidet sich die Frage, ob man bei Eichenholzproben ohne Waldkante ein einheitliches Fällungsjahr und somit eine einzige Bauperiode des untersuchten Objektes ansetzen darf oder nicht.

Das so errechnete gemeinsame Fällungsjahr läßt sich streng genommen nur innerhalb eines bestimmten Wahrscheinlichkeitsbereiches angeben, dessen Grenzen sich nach der gefundenen Häufigkeitsverteilung der Splintjahre und der Anzahl der datierten Proben richten. Existiert nur eine Holzprobe, so liegt das Fällungsjahr in 90 von 100 Fällen 12 bis 31 Jahre nach der Splintgrenze. Fordert man eine größere Sicherheit des Urteils, so erweitert sich dieser Wahrscheinlichkeitsbereich: bei 95prozentiger Sicherheit auf 11 bis 34 Splintjahre, bei 99prozentiger Sicherheit auf 9 bis 41 Splintjahre, die im Anschluß an die Splintgrenze zu extrapolieren sind. Liegen jedoch mehrere Parallelproben des gleichen Objektes vor, so multiplizieren sich die Wahrscheinlichkeiten. Dadurch wird der mögliche Zeitraum für das gesuchte Fällungsjahr um so mehr eingeengt, je mehr Proben vorliegen.

Anzahl der Proben N 

3 Wahrscheinlichkeitsbereich für das Fällungsjahr ($M + n$) von N zusammengehörigen Eichenholzproben ohne Waldkante, aber mit datiertem mittlerem Splintgrenzenjahr M . Statistische Sicherheiten 95%, 99% oder 99,9%. Beispiel: $M = 1442 \pm 6$ aus 9 zusammengehörigen Proben gemittelt \rightarrow Fällungsjahr 1462 ± 3 mit 95% statist. Sicherheit. Je mehr zusammengehörige Proben sich mit ihren Splintgrenzen eng um ein mittleres Jahr M häufen, desto sicherer ist das wahrscheinliche Fällungsjahr ($M + 20$) bestimmt. Nur ganzzahlige Werte ablesen!

In Tabelle 3 sind die Integralgrenzen dieser Wahrscheinlichkeitsbereiche für die üblichen statistischen Sicherheiten nach dem Gauß-Integral berechnet und gerundet, um die Anwendung in der praktischen Datierungsarbeit zu erleichtern.

Ein Beispiel soll die Anwendung erläutern. Bei 8 Parallelproben liegt das Fällungsjahr mit 90prozentiger Sicherheit 17 bis 22 Jahre nach dem Mitteljahr der datierten Splintgrenzen. Bild 3 veranschaulicht die Beziehungen der Tabelle 3 und dient ebenfalls zum Ablesen der gesuchten Werte. Deutlich ist zu sehen, wie der Wahrscheinlichkeitsbereich des Fällungsjahres mit steigender Probenzahl immer mehr eingeengt und präzisiert wird. Zur sicheren Datierung eines Bauwerkes braucht man daher möglichst viel Untersuchungsmaterial. Diese Forderung Hubers (1960) findet hier eine weitere Begründung.

Fällungsjahr – Stapelzeit – Baujahr

Kann an den Hölzern eines Baudenkmals ein einheitliches Fällungsjahr nachgewiesen oder wahrscheinlich gemacht werden, so darf man daraus den weiteren Schluß ziehen, daß die Stämme eigens zum Zwecke dieses Bauwerkes geschlagen und nicht etwa jahrzehntealter Stapelung entnommen wurden. Altes Stapelholz ist sicher nicht in einem Jahr gefällt worden, sondern weist gestreute Fällungsjahre und somit auch eine uneinheitliche Verteilung der Splintgrenzenjahre auf. Dagegen bezeichnet das einheitliche Fällungsjahr zusammengehöriger Hölzer zugleich auch den Baubeginn, genauer gesagt den Beginn der Zimmererarbeiten. Dies gilt besonders für Wasserbauten, bei denen es unnötig, ja unsinnig wäre, jahre- und jahrzehntelang im Stapel getrocknetes Holz zu verwenden.

Wir müssen der immer wieder auftauchenden Behauptung entgegenreten, daß Bauhölzer nach der Fällung generationenlang auf Stapel gelegt worden seien, ehe man sie verbaute. Das ist schon aus wirtschaftlichen Gründen undenkbar. Die meisten erhaltenen Forst- und Waldordnungen enthalten strenge Bestimmungen darüber, daß das eingeschlagene Bauholz sofort verarbeitet werden muß. So heißt es zum Beispiel im 'Cröver Reichs-Weistum': 'Der Berechtigte muß das Holz innerhalb eines Jahres verbauen, andernfalls wird es ihm wieder abgenommen' (Bauer 1964).

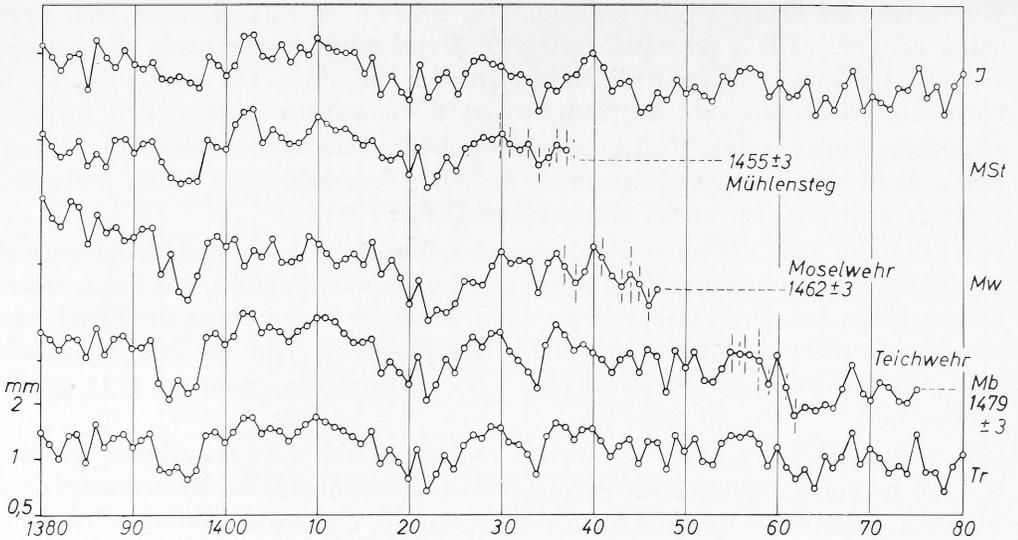
Dies bestätigen auch alle jahrringchronologischen Datierungen, die an Urkunden nachgeprüft werden konnten. Ein Beispiel bringt W. v. Jazewitsch (1955) für Ziegenhainer Eichengebälke. Im Trierer Gebiet zeigte sich u. a. bei der Untersuchung der Pfarrkirche von Schankweiler, Kr. Bitburg, daß alle Balken jeweils ein Jahr vor dem inschriftlich bezeugten Erbauungsjahr des Langhauses 1729 und des Glockenturmes 1733 gefällt worden sind.

Daß Bauhölzer in der Regel nach dem Einschlag sogleich weiterverarbeitet wurden, läßt sich auch oft am Zustand der Balkenscheiben direkt ablesen. Bei Wasserbauhölzern, durchweg unzerteilten Rundlingen, fehlen regelmäßig die charakteristischen Trockenrisse, die sich unvermeidlich gebildet hätten, wenn die Stämme nach dem Einschlagen längere Zeit auf Stapel gelegt worden wären. Derartige Trockenrisse würden, wenn sie vor dem Einrammen der Pfähle in das Flußbett bestanden hätten, mit Sicherheit bei der mikroskopischen Untersuchung entdeckt werden, da sie dann mit Sand oder Schlammteilchen angefüllt sein müßten. Sie wurden auch bei den Pfählen von Brücken, Brunnen und Stauwehren gelegentlich beobachtet. Falls die Waldkante erhalten war, zeigte sich dann, daß ein derartiger Stamm ein oder mehr Jahre vor den anderen gefällt worden war. Fehlende Trockenrisse beweisen also, daß die Hölzer noch im Fällungsjahr eingebaut wurden.

Bei Hochbauten läßt sich eine andere Beobachtung auswerten. Hier zeigt sich, daß die Balkenquerschnitte sehr oft rhombisch verzerrt erscheinen. Sie waren aber ursprünglich rechtwinklig gesägt oder zugehauen. Die schiefwinklige Schrumpfung beweist, daß ein solcher Balken noch im feuchten, also frisch geschlagenen Zustand bearbeitet wurde und erst nachträglich trocknete und dadurch seine Gestalt veränderte. Einschränkend sei bemerkt, daß diese Erscheinung i. A. nur bei sog. Viertelhölzern (Mark an einer Ecke des Balkenquerschnittes) besonders deutlich wird (Bild 5).

Die Gepflogenheit, Werkholz vor der Verarbeitung jahrelang zu stapeln, hat sich erst mit der Verfeinerung des Schreinerhandwerks entwickelt. Hier ist es wirklich vorgekommen, daß erst der Enkel das vom Großvater überkommene Holz unter den Hobel nahm. Daher lassen sich Schreinerarbeiten wie Möbel, Vertäfelungen, Fenster und Türen jahrringchronologisch in der Regel nicht datieren. Dies gilt auch für Holzbildhauerarbeiten. Ich selbst besitze eine eichene Truhe mit intarsierter Inschrift 1807, deren Holz nach jahrringchronologischer Analyse jedoch etwa um 1650 gefällt worden ist. Da hier wie bei allen Schreiner- und Bildhauerarbeiten wesentliche Teile des Stammumfanges fehlen und selbstverständlich der gesamte Splint, läßt sich aus diesem Grunde kein Beweis führen. Bei allen Zimmererarbeiten finden wir dagegen in der Regel ein einheitliches Fällungsjahr der verbauten Hölzer und damit zugleich das Baujahr selbst.

Hölzer in Wiederverwendung kommen nicht häufig vor. Sie sind uns bei den Trierer Untersuchungen nur an zwei Objekten begegnet und entweder bei der Probenentnahme durch leere Zapfenlöcher oder nichtpassende Holzverbindungen oder aber spätestens bei



4 Trierer Eichenchronologie im Zeitabschnitt 1380-1480.

J = Deckenbalken eines Hauses in der Jakobstraße (Mittelkurve aus 8 Proben), MSt = Mühlensteg (9 Proben), Mw = Moselwehr (8 Proben), Mb = Moseluferbauten (12 Proben), Tr = Gesamtmittelkurve Trier. Die Jahrringbreiten sind als Ordinaten in logarithmischem Maßstab aufgetragen. Die Kurven sind zur besseren Übersicht in der Höhe versetzt. \circ Splintgrenze wahrscheinlich, \square Splintgrenze sicher, - - - - fehlender Splint.

der Jahrringanalyse als solche erkannt worden. Entsprechendes gilt für Reparaturhölzer. Man erkennt sie an der Einbaustelle oder beim Kurvenvergleich am Leuchttisch, vorausgesetzt, daß genügend andere Proben die eigentliche Erbauungszeit beweisen. So konnte zum Beispiel bei der romanischen Stiftskirche St. Castor in Karden an der Mosel der für die statische Untersuchung wichtige Nachweis geführt werden, daß die Zugankerbalken erst im Jahre 1671 in eine Balkenlage von 1216 eingebaut worden sind.

Zur Veranschaulichung der neuen Datierungsregel zeigt Bild 4 ein Beispiel aus vielen erfolgreichen Untersuchungen: die Jahrringanalyse des Moselwehres und der mittelalterlichen Mühlenbauten bei Trier. Die dargestellten Jahrringfolgen sind Mittelkurven aus jeweils mehreren Proben. Bei 8 Jahrringkurven des Moselwehres (Kurve Mw) lagen die Splintgrenzen in den Jahren 1437, 1438, 1441, 1443, 1444, 1444, 1445 und 1446, im Mittel also im Jahre 1442. Die oben begründeten Bedingungen – einheitliches Bauwerk, enge Streuung der Splintgrenzen – sind so gut erfüllt, daß wir ein einheitliches Fällungsjahr, zugleich Baujahr erschließen dürfen, indem wir 20 Splintjahre addieren. Der Wahrscheinlichkeitsbereich ist nach Tabelle 3 mit genügend hoher Sicherheit (95%) auf 16,5 bis 23 Jahre eingengt. Das Wehr ist also sicher zwischen 1459 und 1465, wahrscheinlich 1462 erbaut worden, in kurzer Schreibweise 1462 ± 3 . Die jahrringchronologische Datierung konnte in diesem Falle urkundlich erhärtet werden (Baubeginn der Mühle 1462). In gleicher Weise sind die Datierungen des Mühlensteges und des Teichwehres gefunden worden. Hier wurden wegen der größeren mittleren Kurvenlänge nach Tabelle 1 jedoch 21 Splintjahre extrapoliert.



5 Rhombische Verzerrung des ursprünglich rechtwinkligen Balkenquerschnittes. Die Winkelabweichung von 5° in tangentialer Richtung entspricht dem normalen Trockenschwund und beweist, daß der Balken im frischen Zustand bearbeitet worden ist. Fällungsjahr = Baujahr! – Oben links Waldkante von 1779. Aus der Kirche von Filsch bei Trier, geweiht 1780. (Photo R. Summa, Trier).

Zusammenfassung

Die Jahrringchronologie bietet die einzigartige Möglichkeit, Hölzer unbekanntem Alters auf das Jahr genau zu datieren. Sie ist darin der Radiocarbon-Methode überlegen. Es wird eine lückenlose und vielfach belegte 'Westdeutsche Eichenchronologie' vorgelegt. Sie reicht vom Jahre 822 bis zur Gegenwart und ermöglicht durch Kurvenvergleich über dem Leuchttisch die exakte Datierung von Bauwerken, aus denen sich eine genügende Anzahl von Proben mittels Säge oder Spezialbohrer entnehmen läßt. Die Auswertung wird erschwert, wenn die letzten Jahrringe des Splintes infolge Bearbeitung oder Fäulnis und Insektenbefall nicht mehr meßbar sind. In diesen Fällen gründet sich die exakte Datierung auf die beobachteten Splintgrenzen. Die fehlenden Splintringe können innerhalb bestimmter Wahrscheinlichkeitsgrenzen extrapoliert werden. Als Berechnungsgrundlage dient eine Statistik der Eichensplintjahre nach historischen Proben. Die Beobachtungsmerkmale werden erläutert, die Regeln des Verfahrens an Beispielen dargestellt. Das einheitliche Fällungsjahr der Hölzer eines in sich geschlossenen Bauwerkes bezeichnet in der Regel auch das Baujahr selbst (Beginn der Zimmererarbeiten). Urkunden und Beobachtungen an den Holzproben beweisen, daß Bauholz im Gegensatz zum Schreinerholz regelmäßig sofort nach der Fällung weiterverarbeitet wurde. Daher führt die jahrringchronologische Datierung der Fällungsjahre zur Aufdeckung feinsten baugeschichtlicher Einzelheiten. Wiederverwendete oder nachträglich eingebaute Hölzer lassen sich erkennen und gesondert datieren. Die Sicherheit des Urteils wächst gesetzmäßig mit der Anzahl der Proben.

Tabelle 4: Westdeutsche Eichenchronologie (Stand 1964)

Mittlere Jahringbreiten in $\frac{1}{100}$ Millimeter											n = Anzahl der beteiligten Proben
Jahr	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	n
820	.	.	152	161	115	143	186	190	175	147	1
830	144	204	185	165	138	121	174	231	148	191	4
840	181	201	216	162	199	178	187	173	172	163	4
850	168	128	130	177	153	132	148	156	137	165	4
860	133	145	138	128	135	135	156	149	127	160	4
870	141	159	143	151	80	136	134	144	147	152	7
880	128	144	138	112	150	156	163	139	149	145	7
890	119	135	154	154	159	139	139	158	110	108	7
900	141	141	117	141	118	143	132	109	117	149	9
910	95	130	126	106	94	107	78	89	79	109	10
920	82	117	88	92	91	89	82	117	81	109	10
930	83	120	118	104	117	91	115	102	131	129	12
940	131	123	153	95	100	77	100	113	129	128	13
950	144	124	134	128	107	123	111	116	112	138	13
960	115	130	107	118	99	114	114	129	124	148	13
970	119	117	124	124	91	132	118	120	104	129	13
980	100	98	119	108	101	144	119	111	108	129	13
990	86	113	102	108	97	89	105	98	95	132	14
1000	94	124	116	133	109	116	110	109	115	121	14
1010	110	115	139	138	95	122	111	114	85	114	13
1020	99	139	116	131	127	113	131	128	106	104	11
1030	148	118	119	127	116	118	105	144	114	103	11
1040	123	110	114	92	78	115	113	118	100	119	12
1050	109	110	133	98	122	123	129	127	114	93	10
1060	129	110	113	145	100	130	145	138	162	132	8
1070	107	111	118	166	122	131	121	134	108	139	7
1080	139	99	171	132	116	168	138	166	158	164	6
1090	109	163	189	180	180	164	160	187	168	170	4
1100	218	168	119	145	149	132	170	150	182	174	4
1110	174	118	193	148	196	184	256	288	216	248	4
1120	198	165	264	262	186	169	189	159	184	153	6
1130	211	188	187	142	180	178	174	135	178	180	10
1140	232	195	164	209	182	206	168	167	149	186	11
1150	147	158	121	186	169	155	184	159	175	155	11
1160	182	175	131	101	66	60	80	60	131	130	11
1170	115	149	142	154	156	148	119	81	126	124	11
1180	141	127	142	114	86	96	109	136	88	129	11
1190	130	138	102	143	128	147	133	111	140	121	11

Jahr	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	n
1200	110	160	153	160	144	120	138	89	129	128	13
1210	148	131	92	118	108	116	115	86	108	137	13
1220	115	134	106	125	124	121	118	106	103	142	15
1230	125	108	95	75	83	100	84	113	109	108	15
1240	133	120	118	132	87	135	110	138	122	140	14
1250	135	133	86	114	92	122	121	85	111	99	14
1260	102	91	73	81	119	117	138	101	128	114	13
1270	77	118	93	110	108	134	86	116	72	95	13
1280	116	98	108	141	109	116	138	75	92	81	12
1290	101	95	115	101	87	111	130	98	133	106	12
1300	111	104	118	90	91	86	88	99	79	119	12
1310	96	93	125	109	121	109	127	126	113	113	14
1320	85	117	113	94	99	89	72	107	106	108	14
1330	90	94	86	83	93	103	79	98	97	88	14
1340	74	93	99	102	77	102	101	79	90	115	15
1350	84	100	86	75	107	85	102	84	126	132	14
1360	87	90	133	131	124	110	158	158	140	175	19
1370	157	130	131	132	150	133	143	130	143	126	22
1380	134	122	107	135	132	103	142	116	137	127	29
1390	116	126	121	84	89	86	72	82	129	128	34
1400	117	135	156	161	131	141	134	122	130	144	34
1410	166	152	145	140	139	119	144	94	111	96	32
1420	80	119	72	85	104	89	128	131	130	144	36
1430	143	123	120	112	88	132	152	143	126	135	30
1440	138	120	99	120	113	119	107	119	90	137	25
1450	114	137	99	108	136	132	145	135	125	99	23
1460	129	107	91	110	78	122	105	126	154	120	28
1470	145	131	158	129	165	163	120	131	98	147	28
1480	150	149	137	138	188	139	144	179	150	135	28
1490	140	110	120	119	128	130	136	145	95	150	27
1500	117	143	138	89	73	120	84	119	109	131	27
1510	111	108	124	97	106	133	110	69	93	95	24
1520	85	112	100	103	110	98	128	111	152	137	23
1530	99	155	84	132	85	132	91	116	77	118	23
1540	100	111	124	116	136	128	108	93	109	100	23
1550	97	108	83	99	85	125	81	86	91	85	25
1560	131	124	144	120	122	125	96	87	120	101	28
1570	125	107	95	99	76	124	93	113	97	120	28
1580	118	129	99	86	136	124	136	117	94	131	26
1590	92	107	125	130	105	104	90	116	115	96	25
1600	113	88	93	69	97	96	117	148	118	118	24

Fortsetzung von Tabelle 4

Jahr	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	n
1610	98	98	120	146	125	100	101	130	115	98	22
1620	83	73	91	124	103	130	99	139	93	101	19
1630	97	101	136	118	91	86	59	85	99	76	18
1640	93	90	100	103	75	84	82	82	119	113	20
1650	109	78	63	78	100	115	100	101	106	80	21
1660	98	122	97	108	124	99	105	76	76	95	22
1670	81	102	91	129	93	100	85	105	104	117	23
1680	112	81	118	121	93	94	118	122	147	132	22
1690	137	154	132	158	137	114	92	80	115	116	20
1700	128	133	123	116	150	108	145	132	130	82	21
1710	80	86	132	141	113	137	117	135	110	93	24
1720	121	110	137	103	122	155	133	188	120	137	26
1730	147	105	133	133	140	162	130	151	162	136	24
1740	147	98	116	89	65	87	137	130	109	136	25
1750	125	133	161	108	168	123	152	119	87	96	25
1760	85	139	104	149	130	107	132	119	153	145	21
1770	154	118	101	167	166	162	137	139	114	115	18
1780	103	90	96	124	100	107	79	100	172	170	15
1790	130	128	148	107	137	135	148	147	135	108	14
1800	110	128	88	108	118	122	97	107	86	134	14
1810	110	122	95	109	104	104	129	124	107	91	14
1820	111	126	90	136	130	93	112	111	118	128	14
1830	109	117	85	95	124	99	100	113	106	108	14
1840	112	100	115	94	84	93	77	105	104	120	13
1850	121	121	105	109	70	111	95	93	72	102	13
1860	108	125	132	118	119	102	119	115	98	105	13
1870	64	115	101	102	96	127	89	121	119	118	13
1880	82	96	104	95	102	95	93	89	107	106	13
1890	106	104	89	71	130	137	123	126	154	125	14
1900	128	133	129	136	134	100	68	76	73	70	14
1910	116	111	127	125	133	98	135	124	128	100	13
1920	113	88	123	103	130	105	108	115	105	106	13
1930	107	131	130	105	97	99	112	97	114	87	12
1940	89	84	63	90	88	80	108	80	97	120	12
1950	108	117	104	124	119	123	84	67	98	97	10
1960	103	105	88	100	85	

Literatur

- E. Bauer, Der Kondelwald in alter Zeit. Trierischer Volksfreund (Beilage Mosella) 12, 1964 Nr. 5–8.
- K. Daeves und A. Beckel, Großzahlforschung und Häufigkeitsanalyse (Weinheim/Bergstraße und Berlin 1948).
- A. E. Douglass, Weather cycles in the growth of big trees (Washington 1909).
- I. Gürsu und A. Bernhart, Struktur- und Eigenschaftsvergleiche an Traubeneichenholz verschiedener Herkunft. Forstw. Centralblatt 83, 1964, 222–247.
- B. Huber, Dendrochronologie. Geol. Rundschau 49, 1960, 120–131 (mit ausführlichem Literaturverzeichnis).
- B. Huber, Radiocarbon- und Jahrringforschung im Dienste der Geochronologie. Mitt. aus der Staatsforstverwaltung Bayerns, H. 34 (München 1964).
- B. Huber und W. von Jazewitsch, Jahrringuntersuchungen an Pfahlbauhölzern. Flora oder Allgemeine Botan. Zeitung 146, 1958, 445–471.
- B. Huber und W. Merz, Jahrringchronologische Untersuchungen zur Baugeschichte der urnenfelderzeitlichen Siedlung Zug-'Sumpf'. Germania 40, 1962, 44–56.
- B. Huber und W. Merz, Jahrringchronologische Synchronisierung der jungsteinzeitlichen Siedlungen Thayngen-Weier und Burgäschisee-Süd und -Südwest. Germania 41, 1963, 1–9.
- B. Huber und V. Siebenlist, Das Watterbacher Haus im Odenwald, ein wichtiges Brückenstück unserer tausendjährigen Eichenchronologie. Mitt. der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft, N. F. Heft 10, 1963, 256–260.
- B. Huber, V. Siebenlist und W. Nieß, Jahrringchronologie Hessischer Eichen. Büdinger Geschichtsbl. 5, 1964, 29–82.
- E. Hollstein, Jahrringchronologische Datierung des Hauses Britanien. Landeskundl. Vierteljahrsbl. 10/1, 1964, 3–13.
- E. Hollstein, Moselwehr und Mühlensteg. Eine jahrringchronologische Untersuchung der Wasserbauten bei St. Martin in Trier. Neues Trierisches Jahrb. 1964, 26–45.
- E. Hollstein, Jahrringchronologien aus romanischer Zeit. Rheinische Heimatpflege 4, 1965.
- W. von Jazewitsch, Jahrringchronologie von Ziegenhainer Eichengebälken. Zeitschr. Ver. f. hess. Gesch. und Landesk. 65/66, 1954/55, 55–71.
- H. Müller-Stoll, Vergleichende Untersuchungen über die Abhängigkeit der Jahrringfolge von Holzart, Standort und Klima. Bibliotheca Botanica 122 (Stuttgart 1951) 1–83.
- W. Nieß, Ein Fräsbohrer zur Entnahme von Bohrspänen aus trockenem Holz. Allg. Forstzeitschr. 18, 1963, 375.
- D. Noack, Der gegenwärtige Stand der Dimensionsstabilisierung von Holz und Schlußfolgerungen für die Konservierung der Bremer Kogge. Bremisches Jahrb. 50, 1965, 20–49.
- H. Schulz, Untersuchungen über Bewertung und Gütemerkmale des Eichenholzes aus verschiedenen Wuchsgebieten. Schriftenreihe Forstl. Fak. Univ. Göttingen und Mitt. Niedersächs. Forstl. Versuchsanstalt Bd. 23 (Frankfurt a. M. 1959) 51.
- R. Trendelenburg und H. Mayer-Wegelin, Das Holz als Rohstoff (München 1955).