

Jahringkurven der Hallstattzeit

von

ERNST HOLLSTEIN

Im Rheinischen Landesmuseum Trier befinden sich die ältesten Holzproben Europas, die durch lückenlose Folge mit einem historischen Datum, der Erbauung der Kölner Rheinbrücke im Jahre 310, verknüpft und dadurch absolut datiert sind¹. Es sind Pfosten, Balken und Brettstücke aus Eichen-, Buchen- und Tannenholz, die bei archäologischen Grabungen in der Nähe von Kirnsulzbach im Nahebergland, Befort in Luxemburg, Münchhausen im Kreis Marburg (Lahn), Bad Nauheim in der Wetterau, Villingen im Schwarzwald und Thielle/Cornaux-les-Sauges am Ausfluß des Neuenburger Sees entdeckt wurden. Den Ausgräbern und ihren Mitarbeitern ist besonders dafür zu danken, daß sie die Holzfunde, auch scheinbar unscheinbare, ebenso sorgsam aufgenommen und geborgen haben wie die viel kostbareren Schmuckstücke, Geräte und Waffen. Das jahringchronologische Untersuchungsergebnis aus diesen Hölzern rechtfertigt jedoch die aufgewandte Mühe. Für die Förderung der hier vorgelegten Holzdatierungen danke ich vor allem Frau Dr. Gretel Gallay (Villingen), Frau Dr. Hanni Schwab (Fribourg) und den Herren Dr. Heinz Cüppers (Trier), Dr. Rolf Gensen (Marburg), Dr. Werner Jorns (Darmstadt), Dr. Reinhard Schindler (Trier), Professor Dr. Hermann Schwabedissen (Köln), Professor Dr. Rudolf Schüttrumpf (Köln), Dr. Konrad Spindler (Villingen), Dr. Lothar Süß (Darmstadt) sowie dem Direktor des Staatsmuseums Luxemburg, Herrn Gérard Thill. Dem Lande Rheinland-Pfalz möchte ich an dieser Stelle dafür danken, daß es mir mit der Versetzung an das Rheinische Landesmuseum Trier stete Mitarbeit in der archäologischen Jahrringforschung ermöglicht hat.

Holzdatierungen nach der dendrochronologischen Methode² beruhen auf dem Prinzip des Gestaltvergleichs wie andere Datierungen auch. Verglichen wird die Gestalt von Jahrringkurven, die sich aus mikroskopischen Messungen der Jahrringbreiten von Holzproben ergeben. Eine vermutete Datierung kann

¹ O. Doppelfeld, Köln als Brücke zum Abendland. Das erste Jahrtausend (1964), 616—633. — O. Kraus, Die römische Rheinbrücke zu Köln und die Stadtmauer der Südseite. Bonner Jb. 130 (1925), 232—253. — Doppelfeld zitiert ausführlich den Lobredner, wahrscheinlich Eumenius, der im Jahre 310 in Trier u. a. sagte: „Sie (die Rheinbrücke in Köln) erhält verlässliche und dauerhafte Festigkeit, wenn jetzt in die Tiefe der Strudel die Fundamente der so gewaltigen Pfeiler hinabgesenkt werden.“ Von den zahlreichen Eichenpfählen, die aus den Pfeilergründungen erhalten sind, wurden 1966 mehrere in Trier dendrochronologisch untersucht. Ihre umfangreiche Jahrringkurve überlappt zahlreiche andere Holzfunde aus römischer Zeit, die ihrerseits das gesamte latènezeitliche Material überlappen. Eine Gesamtdarstellung aller Jahrringüberbrückungen, die in *Germania* 45 (1967), 60—84, ausschnittsweise publiziert sind, ist in Vorbereitung.

² B. Huber, Dendrochronologie. Handbuch der Mikroskopie in der Technik 5, Teil 1 (1970). 171—211. Dort weitere Literaturangaben.

nur geprüft und akzeptiert (oder verworfen) werden, wenn mindestens zwei verschiedene Kurven zur Verfügung stehen. Je mehr Kurven, desto sicherer das Urteil. Aus diesem Grunde wird hier das gesamte, derzeit verfügbare Jahrringmaterial der Hallstattzeit und des frühesten Latène dargeboten, und nicht nur aus einem einzelnen Fundort. Nur so ist es möglich, die angebotenen Vergleiche — ebenso wie etwa keramische Vergleiche — kritisch zu prüfen und regional zu differenzieren.

Da die Kurven stets verschieden ausfallen (identische Kurven können ja nur aus fehlerfrei wiederholten Messungen desselben Stückes resultieren), ist auch bei richtiger Synchronlage zweier Kurven niemals eine vollständige Kongruenz, sondern nur eine mehr oder weniger große Ähnlichkeit zu erwarten. Bei falscher Vergleichslage muß man hingegen damit rechnen, daß eine mehr oder weniger große Zufallsähnlichkeit auftritt und Synchronlage vortäuscht. Daraus ergeben sich zunächst zwei Fragen. Erstens: wie werden Ähnlichkeiten überhaupt bewertet? Zweitens: wie groß muß eine Ähnlichkeit mindestens sein, damit sie nicht als zufällig verworfen wird?

Die Bewertung geschieht rein optisch auf einfachste Weise und kann von jedermann nachvollzogen werden, indem man die Kurven aufeinanderlegt (am besten über einem Leuchttisch) und gegeneinander verschiebt. Bei richtiger Synchronlage wird Evidenz erwartet und umgekehrt: wenn man sieht, daß die Kurven in einer bestimmten Vergleichslage evident ähnlich sind, wird man ohne weiteres, das heißt ohne rechnerische Bewertung, Synchronlage annehmen. Das ist im Prinzip genau der gleiche Entscheidungsprozeß wie bei anderen Vergleichen, etwa keramischen.

Im Zweifelsfall muß man jedoch rechnen. Das heißt: der Opponent, der eine nach Evidenz bewertete Ähnlichkeit verwirft, muß durch eine verfeinerte, mithin rechnerische Bewertung beweisen, daß es besser ist, die vorgelegte Ähnlichkeit als zufällige einzustufen. Nach Huber³ und Eckstein/Bauch⁴ wird die Ähnlichkeit von Jahrringkurven am einfachsten durch ihre Gleichläufigkeit x/n bewertet. Dabei ist n die Zahl der verglichenen Richtungsänderungen, x die Zahl der gleichsinnigen Richtungsänderungen beider Kurven in einer geprüften Vergleichslage⁵.

Bei (nichtsynchroner) Zufallslage irgendwelcher Kurven⁶ folgt x der Binomialverteilung mit dem Mittelwert $n/2$. Soviel ich sehe, war es Prof. Huber, der

³ B. Huber, Über die Sicherheit jahrringchronologischer Datierung. Holz als Roh- und Werkstoff 6 (1943), 263—268.

⁴ D. Eckstein und J. Bauch, Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. Forstw. Cbl. 88 (1969), 230—250.

⁵ Kurve steigt oder fällt. Fälle mit Richtungsänderung Null (Kurve steigt oder fällt nicht) werden bei x und n nicht gezählt.

⁶ Die Bewertung kann auf beliebige Kurven aus diskreten Meßwerten, zum Beispiel auf Niederschlagskurven angewendet werden unter der Bedingung, daß die Richtungsänderungen zufällig aufeinander folgen. Diese Bedingung ist bei Jahrringkurven in hohem Maß erfüllt (Nachweis durch Iterationstest). Wenn einmal abnorme Iteration bei einer Jahrringfolge auftritt, so ist sie in der Regel auch undatierbar und scheidet aus dem Untersuchungsmaterial aus.

diesen Zusammenhang erkannte und in die Jahringchronologie einführte; seine Bewertungsmethode ist heute allgemein anerkannt⁷. Danach ist die Wahrscheinlichkeit P_i , daß irgendeine zufällige Gleichläufigkeit x_i/n den Wert x/n nicht überschreitet, durch die Bernoulli-Funktion gegeben⁸.

$$P_i = P\left(\frac{x_i}{n} \leq \frac{x}{n}\right) = \sum_{k=0}^x \binom{n}{k} \left(\frac{1}{2}\right)^n \quad (1)$$

In der Regel hat man jedoch nicht nur eine, sondern viele, beispielsweise m mögliche Lagen innerhalb des archäologisch-historisch indizierten Datierungsspielraums zu bewerten. Bei rein optischem Vergleich nach Evidenz geht das so vor sich, daß man die beiden Kurven m -mal (innerhalb von m möglichen Jahren) gegeneinander verschiebt und sich für das Jahr der größten Kurvenähnlichkeit entscheidet. Bei rechnerischer Bewertung ordnet man die m Ähnlichkeiten, gemessen in Gleichläufigkeiten, der Größe nach ($x_1/n, \dots, x_i/n, \dots, x_m/n$), so daß x_m/n die größte von m Gleichläufigkeiten ist. Die Wahrscheinlichkeit P_m , daß irgendeine größte zufällige Gleichläufigkeit x_m/n den Wert x/n nicht überschreitet, ist nach Bernoulli

$$P_m = P\left(\frac{x_m}{n} \leq \frac{x}{n}\right) = \left\{ \sum_{k=0}^x \binom{n}{k} \left(\frac{1}{2}\right)^n \right\}^m \quad (2)$$

Man schließt nun folgendermaßen: überschreitet eine beobachtete Gleichläufigkeit den Wert x/n nicht, so wird angenommen, daß es sich um eine zufällige handelt; die Ähnlichkeit wird als scheinbare verworfen. Überschreitet hingegen eine (andere) beobachtete Gleichläufigkeit den Wert x/n , so wird angenommen, daß es sich um eine nichtzufällige handelt; die Ähnlichkeit wird akzeptiert.

Formel 2, die seit 1970 in der Dendrochronologie benützt wird und Formel 1 als Sonderfall enthält, erlaubt die konstante Anwendung einer zentralen Wahrscheinlichkeit S (statistische Sicherheit) für alle P_m , so daß $M(P_m) = S$. Dabei ist S die Wahrscheinlichkeit, eine Ähnlichkeit zu verwerfen^{8a}, wenn sie

⁷ Andere Vergleichsmethoden, zum Beispiel Korrelationsrechnung mit trendbereinigten Jahringwerten oder ihren Logarithmen lassen sich, da n meist größer als 50 wird, durch geeignete Transformation mit der Gleichläufigkeitsrechnung vergleichen; wegen des stochastischen Zusammenhangs entstehen nur zufällige, meist kleine Bewertungsunterschiede. Beispiele bei A. V. Munaut, *Recherches dendrochronologiques sur Pinus silvestris*; *Agricultura* 14 (1966 Louvain), 361–389 und Fig. 10. Zum gleichen Problem siehe auch W. Elling, *Untersuchungen über das Jahringverhalten der Schwarzerle*. *Flora B* 156 (1966), 155–201, und A. Delorme, *Dendrochronologische Untersuchungen an Eichen des südlichen Weser- und Leineberglandes*. Diss. Göttingen 1972, insbesondere Seite 19 ff. und 55 ff.

⁸ J. Bernoulli, *Ars Conjectandi* (1713). Ihm zu Ehren wird die Binomialverteilung oft Bernoulli-Verteilung genannt.

^{8a} Allgemeiner: eine Nullhypothese anzunehmen, wenn sie zutrifft. Dendrochronologische Nullhypothese: die Ähnlichkeit ist zufällig.

zufällig ist, und wird daher unabhängig von m und n stets so groß gewählt, daß $1-S = \alpha$ als (kleines) Irrtumsrisiko akzeptiert wird.

Die am häufigsten verwendeten Irrtumsrisiken sind 1 und 5 Prozent, vielfach auch 3 und 4, seltener 0,1 und 10 Prozent; sie werden in der wissenschaftlichen und technischen Fehlerkontrolle sowie in der Literatur, wie man an zahllosen Beispielen nachweisen kann, empfohlen. Ihr Zentralwert ist 3,5 Prozent. Als zentrale Wahrscheinlichkeit S ist daher 96,5 Prozent anzunehmen in Übereinstimmung mit

$$S = 1/(1 + (2^{1/4} - 1)^2) = 96,54 \text{ Prozent.} \quad (3)$$

Formel 3 wird theoretisch auf verschiedene Weise abgeleitet, zum Beispiel aus der Bedingung, daß irgendeine Prüffunktion nur dann akzeptiert wird, wenn sie zwei kleine Irrtumsrisiken α und β mit zwei kleinen Fehlerquoten p_1 und p_2 vereinigt, so daß jeder dieser vier Werte in der Regel kleiner ist als jeder von vier zufälligen Werten⁹. Die hier vorgelegten Jahrringdatierungen beruhen auf Prüfungen mit der Bernoulli-Funktion (2) in Verbindung mit der zentralen statistischen Sicherheit $M(P_m) = 96,54$ Prozent, die sich nach Erfahrung und Ableitung empfiehlt. Im Diagramm I (Abb. 1) ist diese Prüffunktion für häufig gebrauchte Werte von m und n dargestellt. Die Tafel zeigt, daß beispielsweise eine 101 Jahrringe umfassende Kurve (mit $n = 100$ Richtungsänderungen) bei $m = 100$ Verschiebungen auf einer anderen Kurve eine größere Zufallähnlichkeit als 0,67 (entsprechend 67 gleichsinnigen Richtungsänderungen beider Kurven) mit der Wahrscheinlichkeit 96,54 Prozent nicht erwarten läßt. Findet man nun innerhalb des archäologisch indizierten Datierungsspielraumes von 100 Jahren eine Vergleichslage mit 68 oder mehr Übereinstimmungen (das heißt 68/100 oder mehr Gleichläufigkeit), so wird Synchronlage angenommen: die beiden Kurven sind zueinander richtig datiert. Findet man keine Ähnlichkeitslage, die diesem Test genügt, so wird die getestete Kurve als vorläufig undatierbar zurückgelegt.

Die hier vorgelegte Prüfmethode weist mit der notwendigen Schärfe (3,5 Prozent Irrtum) zweifelhafte Datierungen zurück, und zwar in Übereinstimmung mit der archäologischen Diskussion. Das muß besonders betont werden. Die bisher praktizierte Prüfmethode nach Formel 1 berücksichtigt nicht den Datierungsspielraum m und ist deshalb in der Regel nicht scharf genug und außerdem unelastisch. Der Datierungsspielraum kann ja von Fall zu Fall ganz verschieden geschätzt werden und muß in jedem Fall mit dem Archäologen diskutiert werden. Beachtet man die Prüfgröße m nicht, so kommt man leicht zu falschen Schlußfolgerungen. Eckstein und Bauch prüften zum Beispiel 1968 eine Eichenkurve in 614 Lagen (von 1352 bis 1965 n. Chr.) nach Formel 1 und fanden, daß „fünf Gleichläufigkeitswerte die 99,9-Prozent-Linie übersteigen,

⁹ A. Wald, *Statistical Decision Functions*. New York: Wiley 1961; Wald zeigt, daß eine Prüffunktion stets auf der unabhängigen Wahl zweier Irrtumsrisiken und zweier Fehlerquoten beruht.

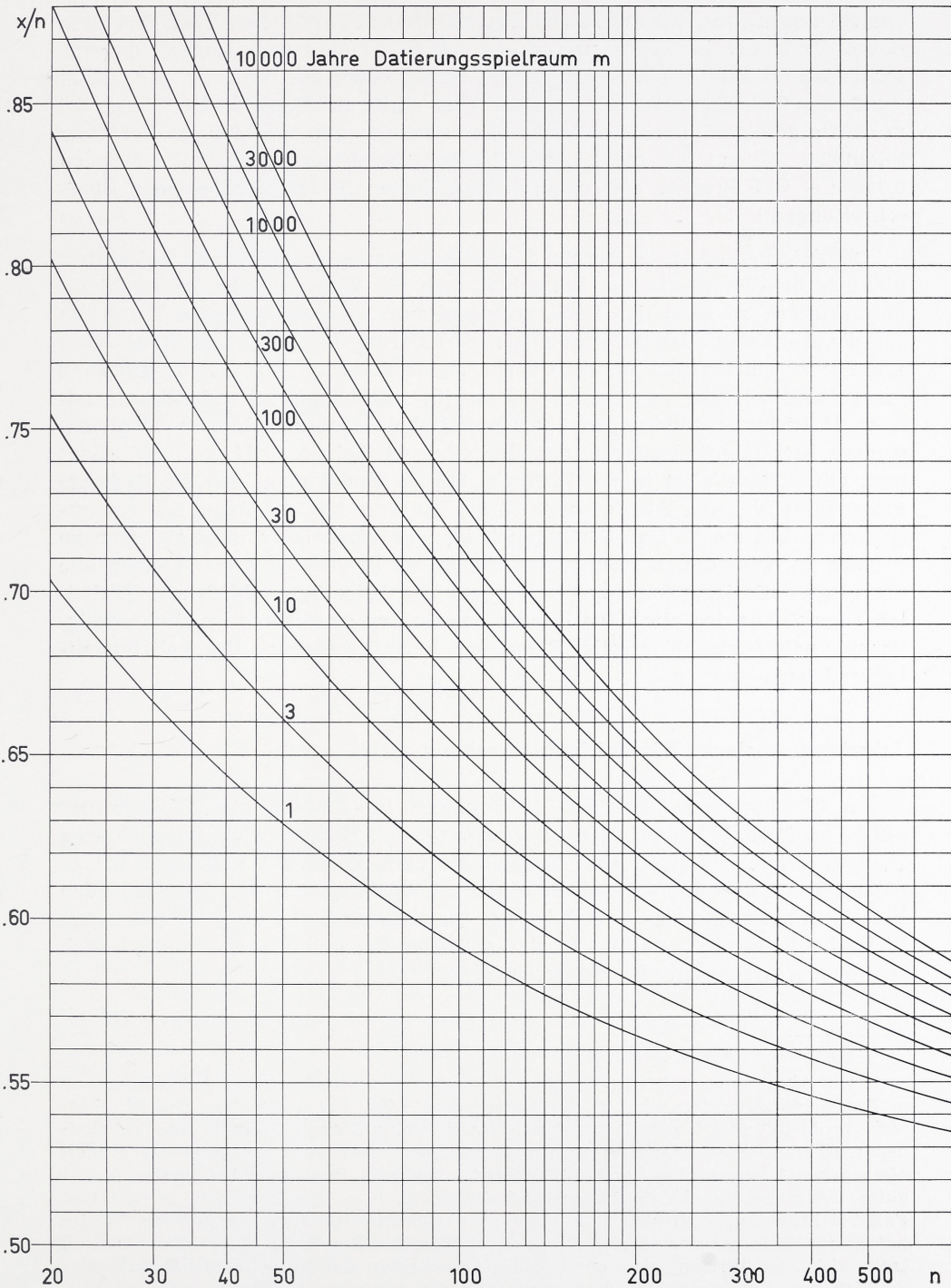


Abb. 1 Prüfplan zur Datierung von Jahrringkurven.
 x/n = Gleichläufigkeit zweier Kurven, n = Zahl der verglichenen Richtungsänderungen, x = Zahl der gleichsinnigen Richtungsänderungen beider Kurven, m = Zahl der erforderlichen Vergleiche (Datierungsspielraum). Statistische Sicherheit 96,54 Prozent.

obwohl nur in durchschnittlich 0,1 Prozent aller Fälle mit einer Überschreitung dieses Vertrauensbereiches zu rechnen ist. Es handelt sich hierbei um eine scheinbare Häufung von unabhängigen Ereignissen, die mitunter beobachtet wird, die Gültigkeit der Grenzlinien aber nicht in Frage stellt¹⁰. Das ist unrichtig gefolgert. Die tatsächliche Wahrscheinlichkeit, mit der die Verfasser selektiert haben, ist nicht 99,9 Prozent, sondern bei 614 Vergleichen $0,999^{614} = 54,5$ Prozent, also unzureichend. Daher die fünf irritierenden Überschreitungen¹¹.

Die Prüfmethode nach Formel 2 vermeidet derartige Fehler. Sie erleichtert überdies die Verständigung. Betrachtet man die Wahrscheinlichkeitswahl als ausdiskutiert, so wird der Datierungsspielraum m entscheidendes Kriterium für die Annahme oder Ablehnung einer Datierung bei gegebener Ähnlichkeit x/n . Hierzu ein Beispiel aus dem vorliegenden Material. Aus Abb. 2 entnimmt man, daß die Kurve von Befort die von ihr unabhängige Standardkurve mit $n = 94$ Richtungsänderungen überlappt. Dabei ergeben sich $x = 70$ gleichsinnige Richtungsänderungen mit der Gleichläufigkeit $70/94 = 0,745$. Geht man mit diesem Wert in die Prüftafel ein, so findet man, daß die Ordinate $x/n = 0,745$ über der Abszisse $n = 94$ die Prüflinie für 3000 Jahre Datierungsspielraum übersteigt. Da archäologisch kein größerer Datierungsspielraum zu fordern ist, wird die Datierung -456 akzeptiert. In gleicher Weise können alle vorgelegten Datierungen geprüft werden. Die beigefügten Meßwerte (Tabellen 1 bis 7) aus den einzelnen Fundorten, die nun zu besprechen sind, ermöglichen unabhängige Kontrolle, Benutzung und Erweiterung der hallstattzeitlichen Jahrringkurven.

Jahrringchronologie Kirnsulzbach, Grabung 1972

Im Oktober und November 1972 kamen im Planum des „Torschnitts“ 342,69 m über N.N. auf dem Bremerberg bei Kirnsulzbach an mehreren Stellen verkohlte Balken und Bohlenreste zum Vorschein, und zwar bis zu 60 cm Breite und 5 cm Dicke. Eine Voruntersuchung von drei lose liegenden Einzelstücken zeigte, daß es sich bei der ergiebigsten Stelle um eine vielringige Eichenbohle handeln mußte. In der späteren Gesamtauswertung ergab sich eine mittlere Jahrringbreite von nur 0,56 mm.

¹⁰ Siehe Anm. 4 a. a. O. S. 241.

¹¹ Die Ablehnungswahrscheinlichkeit $(1 - \alpha)^{1/m}$ zur Aussonderung des größten von m Beobachtungswerten wird in der statistischen Literatur unter dem Begriff „Ausreißerproblem“ zitiert, zum Beispiel bei Graf/Henning/Stange, Formeln und Tabellen der mathematischen Statistik; Berlin, Heidelberg, New York 1966, 64. Da α stets klein gegen 1 ist (empirischer Zentralwert 3,5 Prozent), kann man bei großen m mit guter Näherung die Ablehnungswahrscheinlichkeit $1 - \alpha/m$ benutzen, im zitierten Fall bei Eckstein/Bauch also $1 - 0,035/614 = 0,999943$. Bei Benutzung dieses Wertes hätten die Verfasser nur eine Datierung selektiert. — Das Wort „Ausreißer“, englisch „maverick“, ist übrigens sehr anschaulich. Die richtige Datierung setzt sich entweder deutlich von den falschen ab und wird dann als Ausreißer anerkannt, oder aber sie ist in der „Herde“ der falschen so versteckt, daß alle m möglichen Datierungen mit der Wahrscheinlichkeit $(1 - \alpha)^{1/m}$ abgelehnt werden.

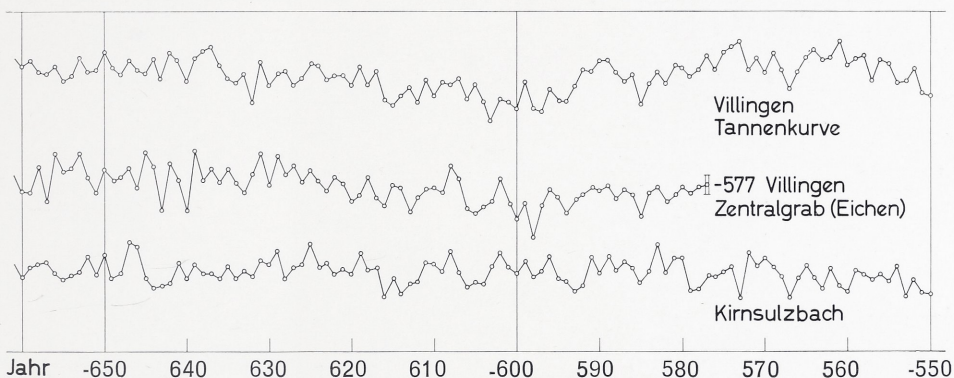
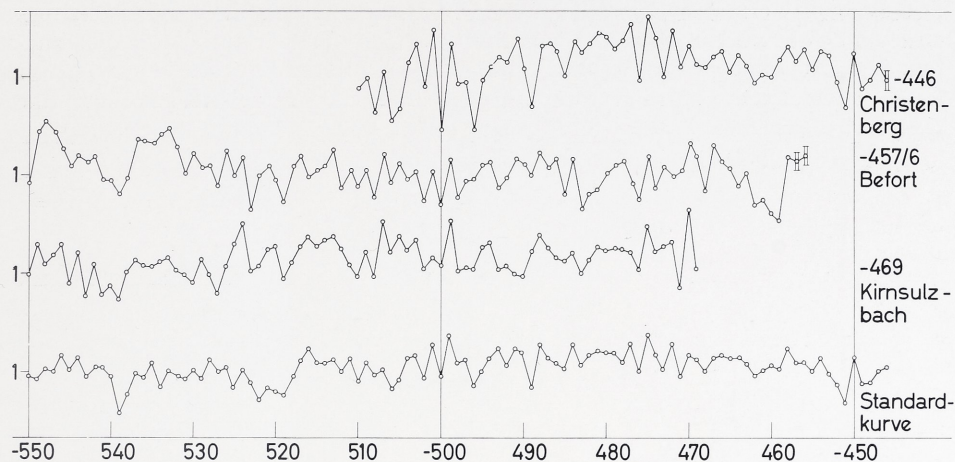


Abb. 2 Jahrringkurven der Hallstatt- und frühen Latènezeit.

Ordinaten = Jahrringbreiten nach Tabelle 1 bis 7, logarithmisch. Standardkurve = Mittelkurve aus Hölzern von Bad Nauheim und Thielle nach dem Stand von 1970.

Derart enge Jahresringe entstehen in unserem Klima i. A. nur auf kargem Boden und trockenem Standort. Die verwendeten Bäume stammten also sicher vom Bremerberg selbst, wo auch heute noch feinringige Eichen auf dünner Humusdecke bei felsigem Untergrund in relativ niederschlagsarmer Umgebung¹² langsam heranwachsen.

Unsere Hoffnung auf reiche Jahrringausbeute aus der späthallstattzeitlichen Wallanlage bei Kirnsulzbach¹³ wurde auch nicht enttäuscht. Die verkohlten Eichenbalken und Bohlen waren auf dem trockenen Untergrund

¹² Das Fundgebiet (oberes Nahebergland) liegt im Regenschatten des Hunsrücks und ist besonders in der Vegetationsperiode ziemlich trocken (Index ca. 20 %). Deutscher Wetterdienst, Klimaatlas von Rheinland-Pfalz, Bad Kissingen 1957, Blatt 52 bis 54.

¹³ R. Schindler, Der eisenzeitliche Schlackenwall auf dem Bremerberg bei Kirnsulzbach, siehe S. 26 ff.

unter den Versturzmassen stellenweise vorzüglich erhalten, so daß sie in situ mit der Feinsäge in Querschnittstreifen präpariert werden konnten. Das trockene Wetter dieses Spätherbstes unterstützte die Bergung. Die Bohlenquerschnitte wurden durch aufgeleimte Leinenstreifen gesichert und regelrecht aus dem Untergrund herausgesägt. Durch Paraffineinbettung erhielten wir vollständige und praktisch ungestörte Querschnitte.

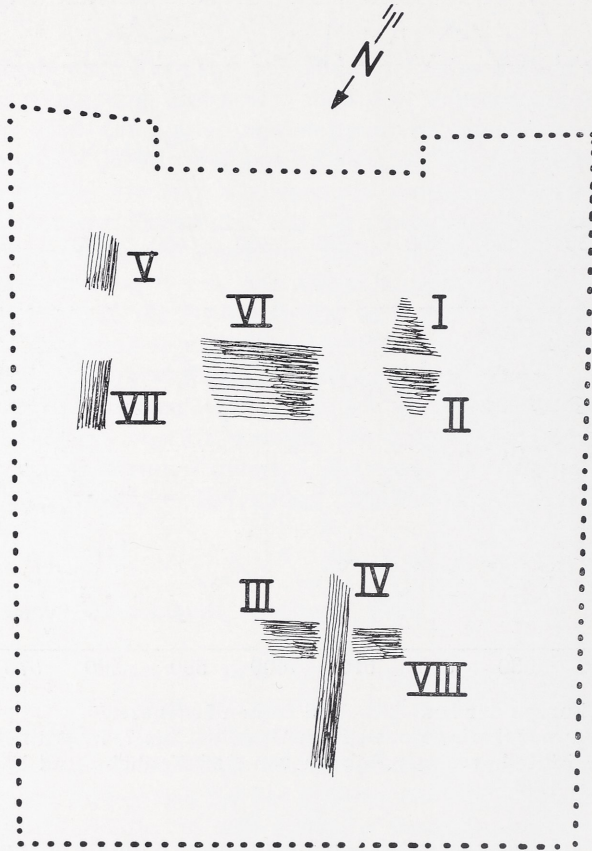


Abb. 3 Kirnsulzbach, Torschnitt, Fundlage der acht untersuchten Eichenproben, unmaßstäblich, vgl. S. 26, Abb. 5

Insgesamt wurden acht Hölzer untersucht, wie die Lageskizze zeigt (Abb.3).

Erst bei der Jahrringanalyse stellte sich heraus, daß die Bohlen Nr. I und II, welche zunächst wie eine einzige Bohle aussahen, aus zwei verschiedenen Hölzern bestanden. Sie sind wahrscheinlich in ursprünglicher Fugenlage — Splint an Splint mit gegensinnigem Ringverlauf wie bei Fußbodenbrettern üblich — gemeinsam herabgestürzt und verkohlt (Abb. 4 und 5). Diese Schlußfolgerung deckt sich mit der Beobachtung, daß Teile der Bohlen III und VIII auf dem Balken IV lagen. Man muß daher annehmen, daß der Balken IV und die Bohlen I, II, III, VI und VIII Elemente einer deckenartigen Konstruktion

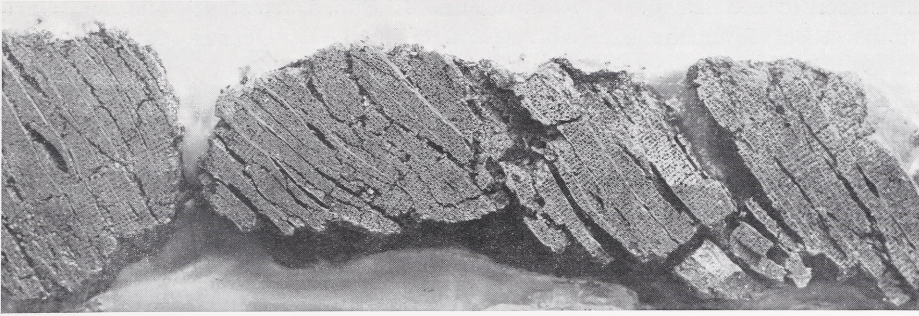


Abb. 4¹ Kirnsulzbach, Bohle I (links) und II in Paraffin eingeschmolzen, Querschnitt-detail, ca. 1 : 1,5

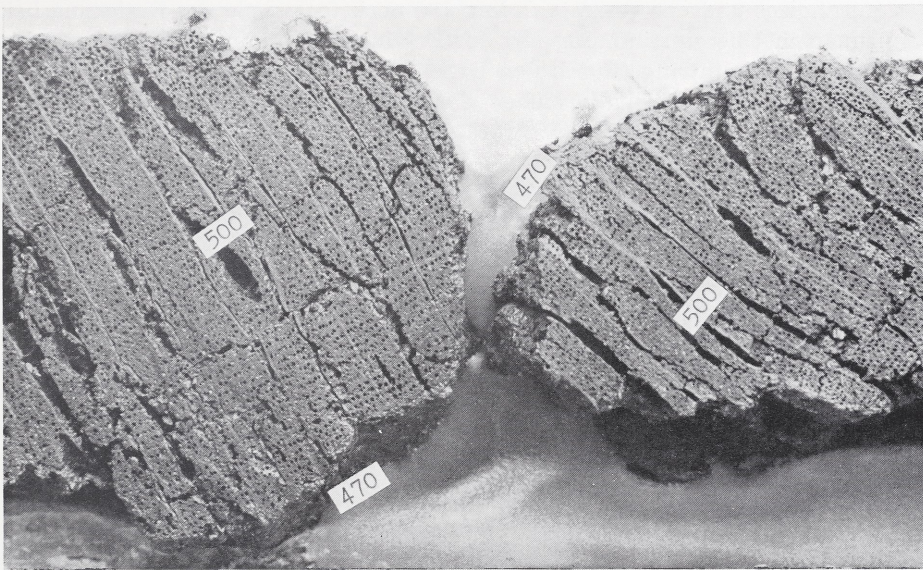


Abb. 5 Kirnsulzbach, vergrößerter Ausschnitt von Abb. 4, beide Bohlen haben den gleichen Endjahrring -470

waren, die im Feuer, teilweise noch zusammenhängend, herabgestürzt und unter nachfallendem Schutt verschwelt ist.

Balken V und VII, im Planum zwar durch Lücke unterbrochen, nach Individualdiagnose der Jahrringe aber wahrscheinlich identisch, sind vermutlich in ursprünglicher Lage verkohlt, nachdem die Unterseite durch Fäulnis bereits vergangen war.

Die Jahrringkurven aller 7 noch meßbaren Hölzer — es wurden rund 13 000 Messungen ausgewertet — enden im Jahre -469 oder wenig davor (Tabelle 2). Die Datierung ist gesichert durch rund 100jährige Überlappung mit dem bisherigen Stand der Eichenchronologie von Kurven aus Thielle (keltische Zihlbrücke, Grabung Hanni Schwab, Fribourg), aus Bad Nauheim

(latènezeitliche Salzsiederei, W. Jorns und L. Süß, Darmstadt), aus dem Christenberg bei Münchhausen/Lahn (frühlat. Wall, R. Gensen, Marburg) und weiteren Proben (Abb. 2, Jahrringkurven).

Eine geschlossene Baukonstruktion wie die Toranlage vom Bremerberg bei Kirnsulzbach ist dendrochronologisch stets durch den jüngsten Jahresring, hier -469, zu datieren. Die Vermutung, daß es sich hierbei um die Fällungs- und Einbauzeit handelt, wird durch die überraschende Fundlage der beiden Bohlen I und II mit gleichem Endjahrring -470 gestützt. Wenn auch die Waldkanten nicht mehr eindeutig zu erkennen waren, so geht doch aus dem Querschnittsbild (Abb. 4 und 5) und aus der Übereinstimmung der Endjahrringe zweifellos hervor, daß keine Splintholzringe verlorengegangen sind. Ebenso wahrscheinlich bei Balken IV mit Endjahrring -470 und V (-473). Dagegen fehlen bei den Proben III und VII offensichtlich wesentliche Teile des Kernholzes und der gesamte Splint. Dennoch tragen sie zur Datierung bei, wenn man in Übereinstimmung mit der Erfahrung annimmt, daß zirka 20 bis 30 Kern- und Splintringe durch den Brand oder vorangegangene Fäulnis verlorengegangen sind. Für alle sieben datierten Proben ist daher die gleiche Fällungsperiode, für die gesamte Toranlage die Datierung -469 anzunehmen.

Die Mitteleuropäische Eichenchronologie ist damit bis zum Jahre -717 zurückgeführt (Tabelle 1) und ermöglicht nun eine genaue Datierung des Fürstengrabes von Villingen auf das Jahr -577 durch gesicherten Eichenvergleich, wie im folgenden gezeigt wird.

Tabelle 1

Kirnsulzbach, Bremerberg, 7 Eichenproben, mittlere Ringbreiten 1/200 mm

Jahr	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	n
710	—	—	90	104	110	71	72	69	91	82	1
700	119	103	126	86	85	88	112	89	99	96	1
690	76	88	81	90	97	80	100	108	79	111	1
680	83	85	67	59	72	33	68	87	69	65	1
670	63	74	60	59	48	56	50	56	51	56	1
660	52	56	66	61	72	73	73	98	83	64	1
650	75	76	81	70	64	66	68	87	69	91	1
640	66	70	109	106	66	57	60	61	80	67	1
630	77	71	70	68	77	67	74	69	83	82	1
620	98	69	83	89	123	90	96	79	92	88	1
610	113	93	106	72	95	78	92	94	139	135	1
600	131	162	126	104	110	110	140	171	142	133	2
590	157	129	130	167	126	121	105	109	164	134	2
580	168	139	156	144	120	137	198	136	166	162	2
570	105	106	128	124	133	146	96	180	148	166	2
560	151	131	96	124	148	123	109	144	116	107	2
550	139	136	127	130	121	148	99	124	104	100	3
540	150	115	128	148	89	134	76	112	76	85	3
530	72	105	130	130	129	126	132	106	107	95	5
520	123	102	80	111	147	180	101	105	129	133	7
510	98	119	150	176	157	166	169	148	120	101	6
500	141	101	216	142	175	151	171	118	132	121	6
490	215	111	113	108	152	164	114	118	109	106	5
480	142	181	156	138	131	148	109	131	156	150	4
470	152	150	143	118	203	151	158	176	90	270	4
460	150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1

n = mittlere Anzahl der beteiligten Proben je Dekade

Tabelle 2

Einzeldaten der acht untersuchten Eichenhölzer von Kirnsulzbach (1972)

Nr.	Gegenstand	geborgener Querschnitt	ursprüngl. Baumradius	geborgene Ringzahl	Datum des Endjährrings
I	Bohle	4,5/19 cm	etwa 21 cm	135	-470
II	Bohle	4/28 cm	etwa 28 cm	248	-470
III	Bohlenrest	2/ 8 cm	etwa 20 cm	40	-502 ...
IV	Balken	4/10 cm	etwa 8 cm	34	-470
V	Balken	6/10 cm	10 cm	48	-473
VI	Bohle	4/27 cm	(nicht mehr meßbar)	-	-
VII	Balken	5/15 cm	etwa 13 cm	70	-492 ...
VIII	Bohlenrest	2/ 6 cm	etwa 25 cm	59	-469
zus. 7 datierte Eichenproben				634	-469

Jahrringchronologie Befort (Luxemburg), Grabung 1941

Im Sommer 1941 entdeckte G. Riek (Tübingen) „ein Fletthaus aus der Wende ältere-jüngere Hunsrück-Eifel-Kultur bei Befort in Luxemburg¹⁴“. Etwa 8,80 m breit und 31 m lang mit gepflasterter Mittellängsdiele, war es das größte und bedeutendste von mehreren Pfostenhäusern innerhalb einer vorgeschichtlichen Burgwallanlage, die schon auf Karten des vorigen Jahrhunderts als Aalburg oder Alte Burg bezeichnet wurde. Riek fand außer datierender Keramik zahlreiche Reste der beim Untergang der Burg verkohlten Haus- und Wallpfosten. Er konnte aber infolge des Krieges den Gesamtbefund der Ausgrabung nicht mehr vorlegen und übergab 1949 die Originalfunde dem Staatsmuseum Luxemburg. Die abschließende Gesamtdarstellung der Aleburg von Befort auf Grund noch vorhandener Planunterlagen bei Herrn Professor Riek und im Trierer Landesmuseum besorgte R. Schindler¹⁵. Ihm und Herrn G. Thill (Staatsmuseum Luxemburg) ist es auch zu verdanken, daß die vorzüglich erhaltenen Holzkohlen von Befort nunmehr dendrochronologisch untersucht werden konnten. Die Untersuchung brachte den eindeutigen Beweis dafür, daß das Fletthaus (Haus 5)¹⁶ und der Abschnittswall fast gleichzeitig errichtet wurden. An sechs waldkantigen Proben wurden die Fällungsjahre -468 und -457/6 abgelesen.

Untersucht wurden die 35 ringreichsten Stücke mit insgesamt 1471 Ringen, durchweg Eichen und Rotbuchen-Rundhölzer, die bei der Verkohlung zu sektorförmigen Bruchstücken zerfallen waren. Der mittlere Kernholzradius der Eichen war 6 cm, ihr Durchmesser (einschließlich des nicht mehr vorhandenen Splintholzanteiles) also etwa 16 bis 17 cm, jedoch hatten wenigstens zwei der 23 gemessenen Eichen rund 22 bis 23 cm Durchmesser. Riek schreibt a. a. O.: „Mehrere Holzkohlenbruchstücke ließen für die Ständer des Mittelschiffs von Haus 5 die Verwendung fast 20 cm starker Rundhölzer errechnen.“ Die Rotbuchen waren erheblich schwächer mit Durchmessern zwischen 4 und 12 cm. Nur ein Rotbuchenrundholz am „Tor zur Quelle“ maß 14 cm. Das läßt

¹⁴ Gustav Riek, Ein Fletthaus aus der Wende ältere-jüngere Hunsrück-Eifel-Kultur. *Germania* 26 (1942), 26—34.

¹⁵ Reinhard Schindler, Die Aleburg von Befort in Luxemburg. *Hémecht* 1/1969 (Luxemburg), 37—50.

¹⁶ Hausgrundriß und Grabungsphotos abgebildet bei Riek und Schindler.

auf eine bewußte Holzartenauswahl schließen. Eichenholz galt in Mitteleuropa stets als das beste Baumaterial. Rotbuchenholz ist trotz seiner hohen Festigkeit viel weniger dauerhaft. Außerdem neigt es beim Trocknen zu Verwerfungen und Krümmungen, so daß es für tragende Bauelemente wenig geeignet ist. Es ist zu vermuten, daß die Erbauer der Aleburg dies wußten. Wahrscheinlich haben sie planmäßig starke Eichen für die Ständer und Rähme, schwache Buchen für die nichttragenden, leichteren Bauglieder (Riegel, Zwischenwände, Zwischensparren) verwendet.

Es handelt sich um normalwüchsige Bäume mit 1,2 mm mittlerer Ringbreite bei den Eichen und 0,9 mm bei den Buchen (einige der dünnen Buchenstücke stammen wahrscheinlich von Ästen, die gewöhnlich feinringig sind). Die drei ergiebigsten Eichenstücke umfaßten 66, 72 und 75 Ringe und ließen sich zu einer 83jährigen Mittelkurve vereinigen. Diese bildete die Grundlage für die sichere Einordnung von weiteren 10 Eichenproben, so daß eine mit 13 Proben gut belegte Mittelkurve mit den Kurven von Thielle, Bad Nauheim, Christenberg und Kirnsulzbach zu vergleichen war. Die beste Übereinstimmung ergab sich naturgemäß mit dem relativ nahen Fundort Kirnsulzbach, überzeugende Kurvenähnlichkeit auch beim Vergleich mit den weit entfernten Fundorten, wie Abb. 2 zeigt. Danach ist sicher, daß der jüngste erhaltene Eichenring von Befort aus dem Jahre -468 stammt (Tabelle 3). Sieben von dreizehn Eichenproben, alle ohne Splint, enden zwischen -483 und -478, so daß ihre Fällungszeit mit Rücksicht auf die verlorenen Splintringe und durchschnittlich 5 verlorene Kernringe auf -457 ± 6 zu datieren ist.

Tabelle 3

Befort, Aleburg, 13 Eichenproben, mittlere Ringbreiten in 1/100 mm											
Jahr	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	n
550	—	—	—	—	—	—	—	—	—	90	1
540	190	210	190	156	112	132	120	132	95	94	2
530	85	100	167	164	154	177	192	151	104	136	8
520	112	115	91	141	101	130	67	100	115	95	10
510	71	114	133	102	112	120	148	91	111	94	12
500	111	82	139	96	125	102	112	79	114	76	13
490	129	80	97	99	123	125	96	100	134	126	10
480	109	144	119	138	89	135	72	87	91	110	6
470	123	137	123	96	166	96	98	99	156	200	1
460	175	94	—	—	—	—	—	—	—	—	1

n = mittlere Anzahl der beteiligten Proben je Dekade

Diese Datierung wird durch die Buchenkurve mit 5 erhaltenen Waldkanten aus den Jahren -457 und -456 bestätigt und präzisiert (siehe Tabelle 4; in Abb. 2 ist die Eichenkurve von -468 ab mit der Buchenkurve vereinigt). Eichen und Buchen desselben Standortes zeigen eine deutliche Ähnlichkeit des Wuchsverlaufs. Dies wurde von Jazewitsch an rezenten Bäumen des Spessarts¹⁷, im Trierer Landesmuseum an historischen Proben¹⁸ nachgewiesen.

¹⁷ Wita von Jazewitsch, Jahrringchronologie der Spessart-Buchen. Forstw. Cbl., 72. Jg. (1953) 7/8, 234—247.

¹⁸ Ernst Hollstein, Eine mittelalterliche Rotbuchenchronologie aus dem Gerechtigkeitsbrunnen auf dem Frankfurter Römer. Forstw. Cbl., 92 Jg. (1973), H. 1, 47—50.

Die Jahrringkurven der vorgeschichtlichen Buchen von Befort sind ebenfalls mit Sicherheit synchronisierbar, wie man an Hand der Tabellen nachprüfen kann. Charakteristisch für die Buchenkurve ist ihre größere Varianz und die Erscheinung schärferer Minima (extrem schmaler Ringe) mit Nachwirkung im Folgejahr. Beides wurde auch an rezentem und historischem Material festgestellt. Offensichtlich reagieren die Rotbuchen der Mittelgebirgszone mit größerer Empfindlichkeit (sensitivity¹⁹) auf wachstumhemmende Einflüsse als die Eichen.

Tabelle 4

Befort, Aleburg, 11 Rotbuchenproben, mittlere Ringbreiten in 1/100 mm

Jahr	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	n
550	—	—	—	155	167	145	157	143	63	122	2
540	178	212	168	188	167	144	133	205	241	194	5
530	74	116	132	114	118	165	83	92	99	71	5
520	60	60	102	136	142	73	56	109	124	73	6
510	64	131	138	46	32	95	73	80	89	129	4
500	121	84	113	72	65	48	18	18	46	75	2
490	78	73	60	99	103	76	54	31	52	28	4
480	46	75	69	61	30	49	83	37	103	112	4
470	59	57	62	28	75	56	86	69	76	119	6
460	90	68	122	74	68	59	62	50	53	45	5
450	38	123	120	138	(Waldkanten an fünf Proben)						5

Nachdem die Mittelkurven der beiden Holzarten zunächst ohne Rücksicht auf die einzelnen Fundstellen sicher datiert waren, ergab sich aus der Häufigkeitsverteilung der einzelnen Proben-Endjahre eine deutliche Unterscheidung von zwei Fällungsperioden, das heißt also von zwei Bauperioden auf der Aleburg, soweit sie durch die Jahrringanalyse erfaßt werden. Es sind zwar nicht mehr alle Proben beschriftet, immerhin jedoch so viele, daß aus den originalen Fundzetteln von Rieks Hand in Verbindung mit der Jahrringanalyse eine sichere Periodenordnung aller datierbaren Proben ermöglicht wird.

Danach gehören zum Wall folgende Proben mit Beschriftung:

Nr.	Beschriftung	Holzart	jüngster Jahrring
29	„Tor zur Quelle“	Eiche	-489 . . . ohne Waldkante
31, 34	„Tor zur Quelle“	Buche	-468 Waldkante !
32	„Wall“	Eiche	-496 . . . ohne Waldkante
33	„Wall“	Eiche	-492 . . . ohne Waldkante
34	„Wall“	Eiche	-492 . . . ohne Waldkante
35	„Wallschnitt“ D1 (Nd. B)	Eiche	-484 . . . ohne Waldkante

Der Durchschnitt der fünf fehlkantigen Eichen-Endringe ist -491, der jüngste Endring -484. Allein aus den Eichen ergibt sich also, wenn man die mittleren Erfahrungswerte 5 verlorene Kernringe und 17 verlorene Splintringe bei jungen Bäumen berücksichtigt, daß der Wall um -469 im Bau begriffen war. Zum Glück haben wir außerdem die waldkantige Buchenprobe Nr. 31 (Nr. 34 ohne Waldkante, aber sicher dazugehörig) aus dem Jahre -468. Dadurch werden die erschlossenen Eichendaten bestätigt und präzisiert. Wei-

¹⁹ Zu dem Begriff „sensitivity“ siehe Wita von Jazewitsch, Zur klimatolog. Auswertung von Jahrringkurven. Forstw. Cbl. 80 Jg. (1961) 5/6, 187.

tere sieben Eichenproben ohne Beschriftung enden ebenfalls in den späten 90er Jahren und sind daher derselben Bautätigkeit am Wall zuzuordnen.

Alle anderen Proben gehören nach Rieks Fundzetteln zum Fletthaus. Die Beschriftungen lauten: „Haus 5, N von Steinpackung, 2,50 m vord. Rand entfernt“ oder „Haus 5, aus der Mitte des Hauses“. Die vier derart gekennzeichneten Eichenproben enden ohne Waldkante mit den Schlußringen -490, 481, 480 und 479, also deutlich später als die Eichen aus dem Wall. Vier andere Eichenproben ohne Beschriftung enden -479 und -468. Es ergibt sich also eine zweite Fällungs- und Bauperiode (für das Haupthaus) um -457, ein Datum, welches durch fünf Buchenproben mit Waldkanten von -457 und -456 fixiert wird.

Man kann daraus schließen, daß die Erbauer der Aleburg im Jahre -468 noch am Wall gearbeitet haben. Vielleicht haben sie während dieser Zeit in einem kleineren Haus gewohnt. Das große Fletthaus entstand jedenfalls später um -457/6.

Jahrringchronologie Christenberg bei Marburg (Lahn), Grabung 1968—70

Tabelle 5

Christenberg, Schnitt 110, 10 Eichenproben, mittlere Ringbreiten											
Jahr	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	n
510	—	—	—	—	—	—	—	—	—	88	1
500	100	62	108	55	65	122	162	90	195	48	2
490	165	92	94	47	98	114	132	126	172	116	5
480	68	153	162	145	103	164	146	161	184	179	10
470	151	169	208	98	236	177	100	192	117	157	10
460	122	116	133	144	109	139	119	94	106	104	10
450	128	155	129	151	115	143	140	96	67	141	9
440	88	99	121	97	(acht Waldkanten)						8

Auf dem Christenberg bei Münchhausen, 25 km nördlich Marburg (Lahn), wurde durch R. Gensen im Schnitt 110 „die ungewöhnlich gut erhaltene verkohlte Holzkonstruktion des frühkeltischen Walles in vielen Einzelheiten geklärt²⁰“. Aus der Fundstelle, an der Nordostflanke des inneren Berings gelegen²¹, gelangten zehn Eichenrundhölzer und ein (ebenfalls verkohltes) Stammstück aus Lindenholz zur dendrochronologischen Untersuchung (1971). Das Lindenstück konnte nur holzanatomisch bestimmt, jedoch nicht datiert

²⁰ Fundberichte aus Hessen 9./10. Jg. (1969/70), 159—160 (Gensen). — Fundberichte aus Hessen 11. Jg. (1971), 152 (Gensen), Fundort: Münchhausen. Gensen berichtet, daß in der Wallanlage der Lützelburg, die dem Christenberg im Nordwesten vorgelagert ist, „sehr viele Scherben der vorchristlichen Eisenzeit gefunden wurden, die nach der bisherigen Bearbeitung als späthallstattzeitlich anzusprechen sind, sich aber in ihren jüngsten Formen mit der ältesten Christenbergkeramik überschneiden“.

²¹ R. Gensen, Der Christenberg bei Münchhausen und seine Bedeutung. Hessisches Jahrbuch für Landesgeschichte 18/1968, 14—26, insbesondere 22 ff. und Abb. 9. Der Wallschnitt 110, aus dem die untersuchten Holzproben entnommen wurden, ist in Abb. 2 (Plan der Wallanlage und der Ausgrabungsbefunde) 65 m östlich des Nordtores eingezeichnet.

werden²². Dagegen ließen sich alle zehn Eichenproben mit Sicherheit datieren, da ihre Jahrringcharakteristik mit unverwechselbaren Signaturen der langjährigen Eichenchronologie aus Bad Nauheim übereinstimmt (Abb. 2 und Tabelle 5).

Die Eichenholzfunde aus Bad Nauheim, 70 km südlich vom Christenberg, überdecken mit einer 592jährigen Mittelkurve (aus 61 zum Teil 400jährigen Bäumen) die gesamte Latènezeit²³ und sind durch 416jährige Überlappung mit Hölzern der römischen Brücken von Stadtbredimus (Luxemburg), Trier, Mainz, Koblenz, Großkrotzenburg und Köln unverrückbar datiert²⁴. Die Bad Nauheimer Kurve geht bis zum Jahre -530 zurück. Sie ist in Abb. 2 mit einer Eichenkurve aus Thielle²⁵, die bis -572 zurückreicht, kombiniert und unter dem Begriff „Standardkurve“ zusammengefaßt. Dieser Forschungsstand der mitteleuropäischen Eichenchronologie wurde im Jahre 1970 erreicht und ermöglichte die sichere Datierung der neu hinzukommenden Proben von Kirnsulzbach, Befort und Christenberg.

Die Christenberg-Eichen haben wie die von Befort eine normalwüchsige mittlere Ringbreite (1,26 mm). Ihr mittlerer Durchmesser schwankt zwischen 11 und 19 cm. Sehr wahrscheinlich sind alle zehn Bäume dicht benachbart herangewachsen und in einem Arbeitsgang gefällt worden: sie haben sehr gut übereinstimmende Ringbreiten und gleiches Fällungsjahr -446 (acht Waldkanten mit letztem Jahrring vom Herbst/Winter 447 oder Frühjahr 446). Alle Hölzer waren in ihrer ursprünglichen, waagerechten Einbaulage im Wallfundament verkohlt. Sie sind auch während und nach der Brandkatastrophe offenbar niemals bewegt worden, so daß R. Gensen vollrunde Querschnitte,

²² Lindenholz neigt besonders stark zu Ringausfällen und ist daher für dendrochronologische Untersuchungen wenig geeignet. Siehe auch: W. Elling und K. Höfer, Der Jahrringaufbau von Linden des Doernhoefferschen Parkes in Bayreuth. Ber. d. Deutschen Bot. Ges. Jg. 1966, Bd. 79, H. 1, 3—6.

²³ Die vor- und frühromischen Holzfunde von Bad Nauheim, die mit ihren ungewöhnlich langen Ringkurven den Vorstoß in die Hallstattzeit ermöglichten, stammen aus den umfangreichen Grabungen des Landesarchäologen von Hessen, Außenstelle Darmstadt (W. Jorns und L. Süß). Teilveröffentlichungen des reichen Fundgutes liegen vor von: W. Jorns, Zur Salzgewinnung in Bad Nauheim während der Spätlatènezeit. *Germania* 38, 1960, 178—184; L. Süß, Zur frühen Kaiserzeit und zum Latène in Bad Nauheim. *Fundber. aus Hessen* 5—6, 1965/66, 26—39; E. Hollstein, Jahrringchronologien aus vorrömischer und römischer Zeit. *Germania* 45, 1967, 1/2, 70—84, insbesondere 79 ff. und Abb. 2; F. Schwappach, Untersuchungen zur stempelverzierten Latène-Keramik aus Bad Nauheim, Kr. Friedberg. *Arch. Korr. Blatt* 1/1971 1, 41—44.

²⁴ Eine Gesamtdarstellung der römerzeitlichen Jahrringkurven mit rund 60 000 datierten Jahresringen ist in Vorbereitung.

²⁵ H. Schwab, Keltische Brücke zwischen Cornaux (NE) und Gals (BE). *Ur-Schweiz* XXX/1 (1966), 9—11. — H. Schwab, Entdeckung einer keltischen Brücke an der Zihl und ihre Bedeutung für La Tène. *Arch. Korr. Blatt* 2, 1972, 289—294. — E. Hollstein, Jahrringchronologien aus vorrömischer und römischer Zeit. *Germania* 45, 1967, 1/2, 81 und Abb. 2. Jahrringmessungen an Hölzern dieser Brücke, die das Forstbotanische Institut München (Prof. Dr. B. Huber) zur Auswertung überließ, stimmten vollständig mit den Untersuchungsergebnissen im Rheinischen Landesmuseum Trier überein. Frau Giertz-Siebenlist, die unter Prof. Huber wesentliche Teile der nordschweizerischen Jahrringkurven erarbeitete, welche im Vergleich mit dem Trierer Material datiert werden konnten, sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

wie sie sonst kaum anzutreffen sind, mittels Gipseinbettung bergen konnte. An einer Probe war sogar die schräg gebeilte Kopffläche (oder Fällungskerbe) erhalten.

Jahrringchronologie Villingen, Grabung Magdalenenberg 1890 und 1970/71

Der hallstattzeitliche Fürstengrabhügel auf dem Magdalenenberg bei Villingen im Schwarzwald, einer der größten seiner Art, wird seit 1970 von K. Spindler systematisch und vollständig untersucht²⁶. Dabei kam nicht nur die 1890 entdeckte Grabkammer in gutem Zustand wieder zum Vorschein, sondern es wurden auch (bisher) über hundert Nachbestattungen aufgedeckt, die zweieinhalb Jahrtausende unerkannt und unberührt in der Hügelschüttung verborgen waren. Spindler konnte zahlreiche, ungewöhnlich gut erhaltene Hölzer bergen beziehungsweise Holzfunde der Grabung von 1890 im Stadtarchiv Villingen identifizieren und stellte diese dankenswerterweise zur dendrochronologischen Untersuchung bereit. Grabung und Jahrringanalyse sind derzeit noch im Gange²⁷. Die vorliegenden Messungen aus 65 Holzproben mit zusammen 2712 Jahrringen, abgesichert durch direkten Eichenvergleich mit den neuen Funden aus Kirnsulzbach, können jedoch schon zu einer 240jährigen Chronologie komprimiert werden, welche jedes Wuchsjahr von -769 bis -530 nachweist (Belegdichte 1 bis 23fach). Sie wird vorsorglich hier mitgeteilt, um unabhängige Kontrolle und Benutzung der Kurven zu ermöglichen (Tabelle 6 und 7). Insbesondere ist zu hoffen, daß die umfangreiche und gut belegte Tannenkurve von Villingen, die bis in die mittlere Hallstattzeit zurückreicht, durch weitere Tannenfunde aus dem nördlichen Alpenvorland ergänzt und verlängert werde. Möglicherweise können Tannenhölzer aus Hallstatt selbst an Hand der Magdalenenbergfunde auf das Jahr genau datiert

Tabelle 6

Villingen, Magdalenenberg, 3 Eichenproben, mittlere Ringbreiten 1/100 mm											
Jahr	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	n
660	—	—	—	—	—	215	355	235	325	187	1
650	190	220	150	300	235	270	400	270	217	288	2
640	260	264	314	230	362	312	170	298	232	147	3
630	298	205	213	197	233	189	173	243	281	201	3
620	325	249	273	245	273	231	203	232	235	179	3
610	189	250	220	176	210	179	167	177	199	175	3
600	189	253	219	146	128	137	152	218	162	146	3
590	156	99	133	158	129	107	152	156	161	168	3
580	162	150	160	154	122	148	146	124	148	139	3
570	137	147	165	(drei Waldkanten)							3

²⁶ K. Spindler, Magdalenenberg I und II, Villingen 1971 und 1972.

²⁷ Neue Forschungen am Magdalenenberg, Germania 50, 1972, 1/2, 56—76, mit Beiträgen von K. Spindler, H. Beck und J. Biel, E. Hollstein, O. Wilmanns. Das Fällungsjahr der Eichen von Grab 1, auf Seite 69 ff. mit x bezeichnet, ist nach dem Vergleich mit den Kirnsulzbacher Eichen nunmehr auf -577 datiert. Eine von mir vorgeschlagene Datierung -563, die sich vor Auffindung der Kirnsulzbacher Eichen bei sehr schmaler Vergleichsbasis anzubieten schien, hat sich somit als 14 Jahre zu spät erwiesen und wird hiermit korrigiert. Die jetzt vorliegende langjährige Überbrückung ist gesichert.

Tabelle 7

Villingen, Magdalenenberg, 22 Tannenproben, mittlere Ringbreiten 1/100 mm

Jahr	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	n
760	350	383	395	346	251	320	221	317	232	275	1
750	266	277	225	213	249	250	193	167	139	143	1
740	157	181	137	136	177	183	201	175	167	215	1
730	148	199	143	178	151	137	182	182	142	202	1
720	267	211	174	176	211	192	181	182	206	168	2
710	194	178	141	173	252	247	177	154	203	204	2
700	189	166	166	212	137	130	152	185	128	171	3
690	123	116	183	150	180	189	220	166	175	189	3
680	179	180	199	144	155	152	164	141	147	139	6
670	133	97	121	90	127	129	132	123	105	101	7
660	147	95	125	113	149	132	135	132	172	154	8
650	163	142	140	153	129	132	174	144	147	187	9
640	157	138	166	154	146	176	136	197	176	128	10
630	177	194	208	163	137	127	145	98	169	122	11
620	144	149	123	135	165	166	132	140	140	129	12
610	158	123	154	99	92	107	121	98	131	103	13
600	129	123	135	102	125	101	76	102	100	90	17
590	135	96	87	117	102	107	126	160	153	184	20
580	183	154	132	151	94	131	157	136	168	162	19
570	146	166	195	158	201	217	261	160	191	152	16
560	201	165	129	156	187	213	183	184	241	168	6
550	179	200	141	182	178	132	136	160	117	115	3
540	159	155	152	155	132	145	149	180	146	119	1
530	160	157	162	87	98	138	145	122	140	130	1

n = mittlere Anzahl der beteiligten Proben je Dekade

werden. Denn nach Müller-Stoll²⁸ und Becker/Giertz-Siebenlist²⁹ ist in Mitteleuropa besonders die Tanne (nach der Eiche) für weiträumige Jahrringüberbrückungen geeignet. Nachgewiesen wurde signifikante Kurvenähnlichkeit rezenter und historischer Tannen von den Beskiden über den Bayerischen Wald bis zu den Vogesen.

Bei den meisten Holzproben von Villingen handelt es sich um 10- bis 50jährige Tannenstangen, im Mittel 8 cm dick, die an vielen Stellen in der Hügelschüttung gefunden wurden. Sie sind „offenbar als Marken während des Hügelbaues angebracht worden, vielleicht um eine gleichmäßige Aufschüttung zu gewährleisten oder um den Beteiligten bestimmte auferlegte Baulose abzugrenzen“ (Spindler, *Germania a. a. O.*). Wo sie datiert werden konnten, genügende Ringzahl vorausgesetzt, lieferten sie Zeitmarken für die Wachstumsgeschwindigkeit des Hügels, weil ihr Vergrabungsdatum wegen fehlender Trockenrisse höchstens etwa ein Jahr nach dem Fällungsdatum liegen kann³⁰. Dendrochronologisch besonders ergiebig waren zwei Holzkonstruktionen im Westsektor des Hügels, die bei der Auffindung mit den vorläu-

²⁸ H. Müller-Stoll, Vergleichende Untersuchungen über die Abhängigkeit der Jahrringfolge von Holzart, Standort und Klima. *Bibl. Bot.* 122 (1951), 1—93.

²⁹ B. Becker und V. Giertz-Siebenlist, Eine über 1100jährige mitteleuropäische Tannenchronologie. *Flora* 159, 1970, 310—346.

³⁰ Rissefreiheit bei Feuchthölzern beweist zwingend, daß sie niemals austrocknen konnten, sondern kurz nach der Fällung in feuchtes Erdreich oder unter Wasser gelangt und dort verblieben sind. Literatur zitiert D. Noack, *Neue Beiträge zum Fund der Bremer Kogge*. *Bremisches Jahrbuch*, 50. Band.

figen Namen „Hütte“ (südlichere Konstruktion) und „Blockhaus“ (nördlichere) bezeichnet wurden; sie stellten sich bei der vollständigen Aufdeckung als Pfostenreihen dar, die, durch Längshölzer verknüpft und durch Gabelhölzer verankert, radial zum Hügelzentrum ausgerichtet waren. Die nördliche Pfostenreihe enthielt vier ringreiche Tannen von 18 bis 20 cm Durchmesser (ausführlich beschrieben und abgebildet bei Spindler³¹) aus dem Jahr -576 (Frühjahr oder Frühsommer); die Höhe der Hügelschüttung betrug dabei bereits etwa 60 bis 80 cm. Die südliche Pfostenreihe, in etwa 2 m Hügelhöhe, bestand aus dünneren Tannen vom Frühjahr -572 und einer Erle mit tiefen Trockenrissen vom Jahre -577 (Wiederverwendung!).

Die umfangreichsten Tannenkurven ergaben sich aus den Grabbrettern der Nachbestattungen: Grab 6, ein Kindergrab, mit 127jähriger Ringkurve bis -551 (wahrscheinliches Fällungsjahr, aber nicht sicher, da die Waldkante nicht erhalten war); Grab 39 mit 99 Ringen bis -587... (hier bricht die Ringfolge durch Fäulnis ab, so daß die Fällungszeit leider nicht datiert werden kann); Grab 72 und Grab 74 mit 208jähriger Ringkurve bis -562 (Waldkante verletzt): diese beiden Gräber sind mit Sicherheit gleichzeitig, da Bretter derselben Tanne in beiden verwendet wurden (Individualdiagnose nach Jazewitsch³²); zwei weitere Tannen waren jedoch verschieden.

Eichenholz größerer Querschnitte ist nur beim Bau der zentralen Grabkammer (Grab 1) verwendet worden. Zwei Proben der Tabelle 6 sind aus dem Kammerboden entnommen: Kanthölzer (20/21 und 34/23 cm) mit geradezu unglaublichem Fugenschluß der gebeilten Längsflächen. Das Fällungsjahr ist übereinstimmend -577 (Spätsommer oder Herbst), ebenso bei einer 2 m langen Eichenstange (aus dem Grabungsfund von 1890), die wahrscheinlich zur Kammerabdeckung gehört hat.

Überraschend kann nun auch die Beraubung des Fürstengrabes dendrochronologisch erfaßt werden. Aus der Grabung von 1890 sind drei tannene Grabscheite erhalten, die im Zentralgrab aufgelesen wurden³³. Sie sind nach Ausweis ihrer Wuchsringe aus ein und derselben Tanne gefertigt. Ihre dendrochronologische Kurve läßt sich mit sehr guter Signaturenpassung nur so in die Hügelchronologie einordnen, daß der letzte erhaltene Jahrring genau 47 Jahre nach dem Zentralgrab, also im Jahre -530 liegt. Es ist nicht sicher, daß es sich dabei um die Waldkante handelt, da die Spatenränder durch Benutzung beschädigt sind. Der Befund kann jedoch nur so gedeutet werden, daß es sich um die liegengelassenen Werkzeuge der Grabräuber handelt. Wegen der vollständigen Identität von Gegenstand, Fundstelle und Jahrring-

³¹ K. Spindler, Funde und Befunde organischer Materialien vom Magdalenenberg bei Villingen (Baden-Württemberg). Archäologisches Korrespondenzblatt 2/1972, 133—141, insbesondere Abb. 1 und 2, Tafel 21, 22 und 23.

³² W. von Jazewitsch, Über die Möglichkeiten einer jahrringchronologischen Individualdiagnose von Bäumen. Diss. München 1948.

³³ Beschrieben und abgebildet bei Spindler, Magdalenenberg I, Seite 38 unter Nr. 104 (Inv. Nr. Vi 90/100), 105 (Vi 90/99) und 107 (Vi 90/101), Tafeln 10, 2 und 3, und 11,2.

kurve ist sicher, daß alle drei Spaten zur gleichen Zeit angefertigt und benutzt wurden: im Jahre -530 oder höchstens einige Jahre danach³⁴.

Ein Eichenspaten³⁵, der ebenfalls aus der Grabung von 1890 erhalten ist, zeigt vielleicht einen zweiten Beraubungsversuch an. Das Werkzeug ist anders geformt und sorgfältiger geschnitzt als die Tannenspaten von -530. Seine Jahrringkurve endet mit 14 Splintringen und wahrscheinlicher Waldkante im Jahre -393 unserer Standardkurve. Mit diesem Datum können einige frühlatènezeitliche Scherben aus dem Hügel in Verbindung gebracht werden (Grabung 1890)³⁶.

Zusammenfassung

Es wird ein verfeinertes Prüfverfahren zur Datierung von Jahrringkurven vorgelegt (Formel 2). Die Entscheidung über eine Datierung hängt nicht nur von der maximalen Gleichläufigkeit x_m/n beim Vergleich zweier Kurven, sondern auch von der Zahl m der erforderlichen Vergleiche (Datierungsspielraum) und vom mittleren Wert der statistischen Sicherheit ab (Formel 3). Eine Prüftafel erleichtert die Anwendung dieser Grundsätze (Abb. 1).

Aus 106 hallstattzeitlichen und frühlatènezeitlichen Holzfunden mit zusammen 5310 Jahrringen, die an rund 35 000 Stellen mikroskopisch gemessen wurden, ergab sich folgende chronologische Ordnung:

- 577 Villingen, Fürstengrab (zentrale Grabkammer = Grab 1)
- 576 Villingen, nördliche Pfostenreihe bei 0,7 m Hügelhöhe
- 572 Villingen, südliche Pfostenreihe bei 2,0 m Hügelhöhe
- 571 Villingen, Tannenstange bei 2,8 m Hügelhöhe
- 562 Villingen, Grab 72 und Grab 74
- 551 Villingen, Grab 6
- 530 Villingen, drei Tannenspaten in Grab 1 (Beraubung)
- 469 Kirnsulzbach, Toranlage
- 468 Befort, Wall beim „Tor zur Quelle“
- 457/6 Befort, Fletthaus (Haus 5)
- 446 Christenberg, Wallfundament bei „Schnitt 110“
- 393 Villingen, Eichenspaten (zweiter Beraubungsversuch?).

³⁴ Eine ausführliche Darstellung der Einzelergebnisse von Villingen wird vorbereitet. Die hier vorgelegten Jahrringtabellen enthalten eine zusammenfassende Auswahl der längsten Einzelkurven, die bisher vorliegen. Es ist zu hoffen, daß weitere Holzfunde vom Magdalenenberg zur Verdichtung und Verlängerung beitragen, insbesondere bei der Eichenchronologie.

³⁵ Spindler, Magdalenenberg I, 38 (Nr. 108) und Tafeln 11, 4 und 57b.

³⁶ Spindler, Magdalenenberg I, 31—32 und Tafel 12, 5.