

BURGHART SCHMIDT

Ein dendrochronologischer Befund zum Bau der Stadtmauer der Colonia Ulpia Traiana

Im Verlauf der archäologischen Ausgrabungen in Xanten wurden in den Jahren 1976–1978 unterhalb der römischen Stadtmauer insgesamt 24 Eichenpfähle geborgen. Wegen einer zu geringen Jahrringanzahl mußten sechs Pfähle, die im Jahre 1976 freigelegt worden waren, für eine Datierung ausscheiden. Auch die später aufgefundenen und im Jahre 1978 erstmals untersuchten Hölzer ließen zunächst eine zeitliche Einordnung nicht zu, da Holzproben mit weniger als 100 Jahrringen nur zu einem geringen Prozentsatz datiert werden können. Entscheidend für die Erarbeitung sicherer Datierungen ist über die Zahl der Jahrringe hinaus die Qualität und die Reichweite der bereits verfügbaren Jahrringkalender. In dieser Hinsicht wurden gerade in den letzten sechs Jahren mit dem Aufbau neuer Vergleichskurven für West- und Süddeutschland bessere Bedingungen für die Datierung römerzeitlicher Hölzer geschaffen (HOLLSTEIN 1980; BECKER 1981).

Darüber hinaus entstanden im Kölner Labor weitere Jahrringchronologien, deren Hölzer vorwiegend von Ausgrabungen im Raum zwischen Norddeutschland und dem Rhein-Main-Gebiet stammen¹.

Die untersuchten Pfähle

Wegen der zu geringen Anzahl an Jahresringen konnte der größte Teil der Pfähle nicht datiert werden (Tab. 1). Bei den datierten Pfählen der Stadtmauer fiel die verhältnismäßig geringe Ähnlichkeit ihrer Jahrringkurven untereinander auf, die möglicherweise auf Standortunterschiede zurückzuführen ist. Während zu unserer Chronologie für Nord- und Westdeutschland keine sichere Synchronlage gefunden wurde, zeigen die Pfähle mit den Hölzern, die im Hafensbereich (Kai und Mole) der Colonia

¹ Für die Mitarbeit danke ich Frau H. Grützmacher, Frau A. Jennes, Frau U. Strzoda, Herrn K. H. Deutmann und Herrn P. Schemainda.

TABELLE 1: Stadtmauer der CUT
dendrochronologisch untersuchte Pfähle

Dendro.- Nr.	Arch. Fundbez.	Anzahl Jahrringe	Anzahl Splint	Endjahr n. Chr.	Fällung n. Chr.
102	12989/x1	25	6		*
103	12990/x1	81	21		*
104	12989/x2	32	—		*
105	12989/x3	31	11		*
106	12989/x4	33	10		*
107	12989/x5	31	—		*
147	15074	58	4	94	um 105
148	15074	65	12	105	105
149	15074	67	15		*
150	15074	24	—		
151	15074	68	—		*
152	15074	46	3	99	um 105
153	15074	50	—		*
154	15074	71	3	98	um 105
155	15074	62	—		*
156	15074	75	—	91	um 105
157	15074	49	—		*
158	15074	87	18		105
159	15074	76	—		*
160	15074	70	4	91	um 105
161	15074	30	2		*
162	15074	35	—		*
163	15074	74	—		*
164	15074	26	3		*

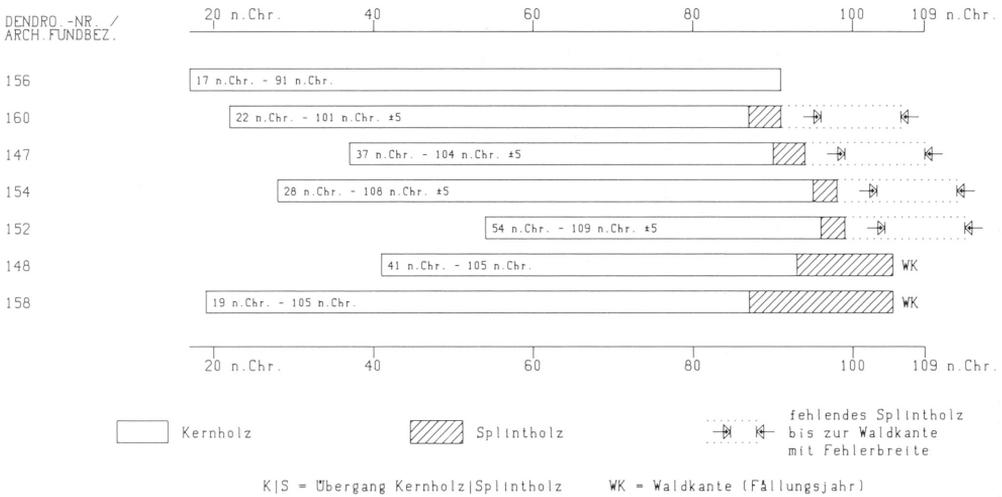
* dendrochronologisch nicht auswertbar

verbaut worden sind, eine sehr deutliche Übereinstimmung. Diese ist deshalb bemerkenswert, weil die im Hafen verbauten Eichen mit großer Wahrscheinlichkeit aus dem süddeutschen Raum stammen, wie Vergleiche mit dem süddeutschen Kalender (B. Becker, Stuttgart-Hohenheim) ergaben.

Insgesamt konnten 7 Hölzer (Dendro-Nr. 147, 148, 152, 154, 156, 158, 160) datiert werden (Abb. 1). Für die Ermittlung der Fällungszeit erwiesen sich die Pfähle Nr. 148 und Nr. 158 als besonders wichtig, da an beiden das Splintholz komplett erhalten ist. Der jüngste Jahrring beider Proben bildete sich im Jahre 105 n. Chr. (Fällungsjahr).

Datierungshilfen

Die Datierung der Pfähle war nicht problemlos, da, wie schon erwähnt, zum einen ihre Jahrringanzahl relativ niedrig ist und zum anderen die Jahrringkurven eine verhältnismäßig geringe Übereinstimmung untereinander besitzen. Nach Serienmessun-



1 Zeitstellung der Hölzer aus der Stadtmauer der CUT.

gen einzelner Proben gelang es dann, mehrere Pfähle untereinander zu datieren. Die hieraus entstandene Mittelwertkurve (Tab. 2) wurde mit mehreren Chronologien verglichen.

TABELLE 2: Stadtmauer der CUT

Jahrringbreiten (1/100 mm) der Eichenpfähle von 17 n. Chr. bis 105 n. Chr.

n. Chr.										
11							191	199	259	299
21	237	137	199	233	206	161	163	130	127	176
31	175	259	195	227	189	155	202	182	140	160
41	177	163	176	160	119	101	97	97	73	51
51	55	49	72	97	125	99	67	73	70	81
61	95	100	110	94	97	107	67	66	78	90
71	121	84	67	135	89	68	73	121	138	171
81	141	114	146	129	150	160	205	262	218	305
91	261	288	321	252	410	244	206	148	111	117
101	255	209	173	136	175					

Auf die bei den Kurvenvergleichen benutzten Tests soll hier kurz eingegangen werden.

Der Gleichläufigkeitswert

Als Maßstab für die Ähnlichkeit zwischen Jahrringkurven benutzte B. HUBER (1943), der Begründer der Dendrochronologie in Mitteleuropa, den Gegenläufigkeitswert. Dieses Verfahren hat sich bei der Datierung von Hölzern aus dem Klimagebiet Mitteleuropas gut bewährt (E. HOLLSTEIN 1980). D. ECKSTEIN (1969) verwendet den eher

anschaulichen Komplementärwert Gleichläufigkeit, da dieser mit der Ähnlichkeit zwischen zwei Kurven ansteigt. Hierbei wird – ungeachtet ihrer Jahrringbreiten – der Anteil gleichlaufender Jahrringfolgen zwischen zwei Kurven ermittelt.

Eine wesentliche Erleichterung der Synchronisierarbeit am Leuchttisch wurde durch das von D. ECKSTEIN (1969) entwickelte Computerprogramm SNCHR erreicht. Mit Hilfe dieses Programms werden zwei Jahrringkurven ab einer Mindestüberlappungslänge von 30 Jahren in jedem Jahr miteinander verglichen, wobei das Gleichläufigkeitsprozent (GL %) errechnet wird. In Abhängigkeit von diesem Wert und der Anzahl Jahrringe, die beide Kurven überlappen, wird die statistische Sicherheit von 95%, 99% und 99,9% angegeben. So berechnet D. ECKSTEIN (1969) für die 99,9%-Schranke die Gleichläufigkeit (W) nach folgender Formel:

$$W = 50 + \frac{3090 \cdot 50}{\sqrt{\text{JAHRE}}}$$

Hiernach ergeben sich für diese Datierungssicherheit bei verschiedenen Überlappungslängen etwa folgende Gleichläufigkeitsprozente:

Überlappungslänge in Jahren	Gleichläufigkeit in %
50	72
100	65
150	63
200	61
250	60
300	59
400	58
500	57
1000	55

Die Weiserjhaberechnung

Je nach den klimatischen Gegebenheiten eines Jahres reagiert das Dickenwachstum (Jahrringbreite) der Bäume eines Wuchsgebietes mehr oder weniger einheitlich. Jahre, in denen bei einer überdurchschnittlich großen Anzahl von Bäumen 'gleiches Wuchsverhalten' registriert wird, werden Weiserjahre genannt. Ein wichtiges Indiz für die Qualität einer Chronologie liefern diese Weiserjahre. Bei Datierungsversuchen kommt ihnen in nicht zweifelsfreien Fällen besondere Bedeutung zu. Durch die statistische Definition der Weiserjahre (ECKSTEIN 1969) nach einer von GRAF und HENNING (1960) angegebenen Formel können solche Jahre für Chronologien ab einer bestimmten Belegdichte errechnet werden. A. DELORME (1972) hat nach diesem Verfahren Weiserjahre für die Weserbergland-Chronologie errechnet. In unserem Labor werden Weiserjahre für jede Mittelwertkurve in der oben angegebenen Weise errechnet (SCHMIDT u. ANIOL 1983).

Da bei der Datierung diesen Weiserjahren eine größere Bedeutung beigemessen werden muß als den Nichtweiserjahren, wurde das von ECKSTEIN (1969) entwickelte Syn-

chronisierungsprogramm SNCH dahingehend erweitert, daß auch der Übereinstimmungsgrad von Weiserjahren einer Chronologie mit der zu datierenden Probe angegeben wird (SCHMIDT u. ANIOL 1983). Zunächst werden für eine Mittelwertkurve Weiserjahrgruppen gebildet, indem sie nach ihrer statistischen Sicherheit von 95%, 99% und 99,9% abgegrenzt werden.

Beim Vergleich einer zu datierenden Einzelkurve mit einer Chronologie werden zunächst die Gleichläufigkeitsprozente über alle Jahrringbreiten mit ihren Signifikanzschranken für die einzelnen Lagen der Kurven angegeben. Zusätzlich werden nun zu einem jeden Gleichläufigkeitswert die Gleichläufigkeitsprozente zwischen der zu datierenden Einzelkurve und den Weiserjahren in der Chronologie (95%, 99% und 99,9% statistisch gesichert) angegeben. Bei einer Synchronlage zwischen dem Jahrringkalender und der zu datierenden Kurve wird gefordert, daß die Gleichläufigkeitsprozente der Weiserjahrgruppen zur Jahrringkurve deutlich höher liegen als das Gleichläufigkeitsprozent aller Jahrringfolgen.

Darüber hinaus erwies sich die Klassifizierung der Weiserjahre in die drei Gruppen (95%, 99%, 99,9% statistisch gesichert) beim Auffinden von Synchronlagen als sinnvoll. Bei Synchronlagen zeigte sich, daß – wie erwartet – die Weiserjahre um so besser mit den Jahrringfolgen der zu datierenden Kurven übereinstimmen müssen, je schärfer die statistische Grenze für die Weiserjahrkriterien gefaßt ist.

Diese Weiserjahranalyse hat sich inzwischen als ein geeignetes Mittel zur Trennung von falschen und richtigen Lagen bewährt.

Der t-Wert

Bei diesem Test wird die Ähnlichkeit zwischen zwei Jahrringkurven über den Korrelationskoeffizienten berechnet. Der Korrelationskoeffizient

$$r = \pm \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

errechnet den linearen Zusammenhang zwischen den Jahrringbreitenwerten x_1, \dots, x_i einer Probe mit den Breitenwerten y_1, \dots, y_i einer anderen Holzprobe. Für die Berechnung des Korrelationskoeffizienten glätten BAILLIE und PILCHER (1973) zuvor die Jahrringkurve durch ein 5jähriges gleitendes Mittel, die sie dann als Ausgleichskurve bei der Standardisierung der Werte benutzten. Die Standardisierung reduziert bzw. eliminiert die für den Kurvenvergleich störenden nicht klimatisch bedingten Schwankungen wie z. B. den Alterstrend der Bäume. Da die Jahrringwerte einer schiefen Werteverteilung folgen – in der Regel findet man mehr schmale als breite Jahresringe –, verwenden BAILLIE und PILCHER (1973) den Logarithmus der Werte und transformieren sie so in normalverteilte Werte. Zur Wichtung der errechneten Korrelationskoeffizienten benutzen BAILLIE und PILCHER (1973) den t-Test

$$t = \frac{r\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

wobei N für die Anzahl an Jahren im Überlappungsbereich beider Kurven und N-2 für die Freiheitsgrade steht. Überlappen sich zum Beispiel zwei Kurven um 102 Jahre,

so ist ein t-Wert ab $t = 3,390$ (bei 100 Freiheitsgraden) zu 99,9% statistisch gesichert. Der t-Test hat sich bereits in der Praxis als ein sehr geeignetes Verfahren zum Auffinden von Synchronlagen bewährt (BAILLIE 1982).

In nicht synchronen Lagen schwanken die Werte im groben Mittel zwischen 0,0 und 3,6; t-Werte über 5,0 sind hochsignifikant. In völliger Übereinstimmung der Kurven ist der t-Wert = 100.

Der Datierungsindex

Der Datierungsindex (D) berücksichtigt den Gleichläufigkeitswert (GL) und den t-Wert (t), indem der t-Wert mit dem Betrag der Gleichläufigkeit, der über 50% liegt ($GL - 50$), multipliziert wird ($D = t * [GL - 50]$). Mit Hilfe dieses Datierungsindex lässt sich die Trennschärfe zwischen möglichen Synchronlagen und Nichtsynchronlagen erhöhen.

Bei den Kurvenvergleichen zeigt sich, daß die Pfähle der Stadtmauer am besten mit den Hölzern des römischen Kais in Xanten übereinstimmen. Wie schon erwähnt, stammen die Xantener Kaihölzer aus Süddeutschland, und so lag es nahe, die Jahrringfolgen der Pfähle mit der süddeutschen Eichenchronologie zu überprüfen.

Der Vergleichszeitraum erstreckt sich von 1950 n. Chr. bis 3920 v. Chr., also über die letzten 5870 Jahre (Tab. 3; Abb. 2).

Verteilung der GL-Werte zwischen 3920 v. Chr. und 1950 n. Chr.

Wie aus der Verteilung der Gleichläufigkeitswerte (GL) hervorgeht, wird in 3043 Fällen (Jahren) die Gleichläufigkeit von 50% nicht überschritten. Gleichläufigkeitswerte zwischen 60 und 70% ergeben sich in 196 Fällen. Der im Synchronlagenjahr 105 n. Chr. erzielte GL-Wert liegt bei 67%, in unserer erwähnten Zeitspanne von 3920–1950 n. Chr. liegen die GL-Werte in 6 Fällen gleich hoch oder höher. Der höchste GL-Wert wurde für das Jahr 3702 v. Chr. ermittelt (Abb. 2). Die Verteilung der Gleichläufigkeitswerte zeigt aber, daß der Wert von 67% im Jahre 105 n. Chr. in der Zeitspanne zwischen Christi Geburt und 200 n. Chr. markant herausragt.

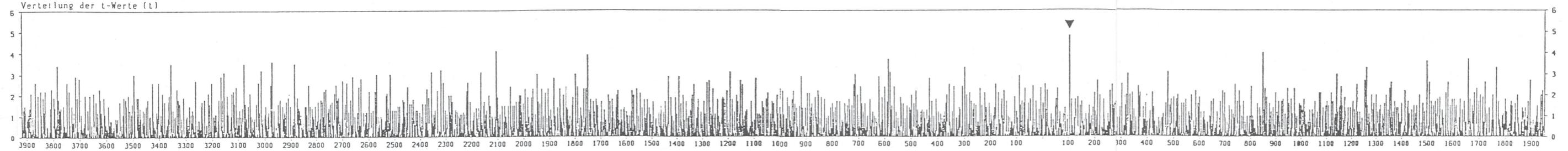
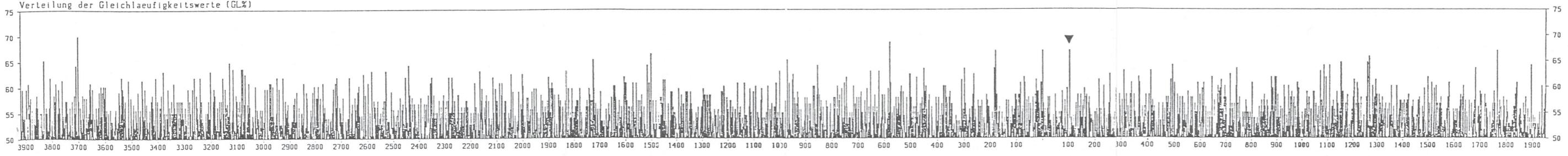
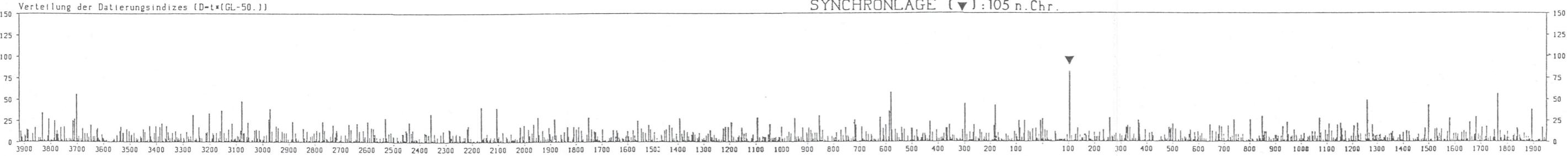
Verteilung der t-Werte

In 69,2% aller Vergleichsjahre bleibt der t-Wert zwischen 0 und 0,5 zurück, in 8 Fällen liegt er über 3,6. Der höchste t-Wert im gesamten Vergleichszeitraum liegt bei 4,7 und gehört zum Synchronlagenjahr 105 n. Chr. (Tab. 3; Abb. 2).

Verteilung der Datierungsindizes

Der Datierungsindex erreicht im Jahre 105 n. Chr. den Wert von $D = 82$ und ist damit der höchste Wert im Vergleichszeitraum von heute bis 3920 v. Chr. Dieser D-Wert

SYNCHRONLAGE (▼): 105 n. Chr.



2 Vergleich der Jahrringkurven Süddeutschland (B. Becker) mit CUT-Stadtmauer
Vergleichszeitraum : 3920 v. Chr.–1950 n. Chr.
Anzahl der Vergleiche : 5870
Mindestüberlappung : 89 Jahre

TABELLE 3: Vergleich der Jahrringkurven Süddeutschlands (B. BECKER) mit CUT-Stadtmauer

Vergleichszeitraum : 3920 v. Chr. – 1950 n. Chr.
 Anzahl der Vergleiche : 5870
 Mindestüberlappung : 89 Jahre

Verteilung der Gleichläufigkeitswerte (GL%)

GL%	Anzahl	%
0.0–50.	3043	51.8
50.1–52.	765	13.0
52.1–54.	817	13.9
54.1–56.	474	8.1
56.1–58.	431	7.3
58.1–60.	171	2.9
60.1–62.	117	2.0
62.1–64.	30	.5
64.1–66.	15	.3
66.1–68.	5	.1
68.1–70.	2	.0

WERTE IN DER SYNCHRONLAGE (◀)

◀ GL = 67.0%

Verteilung der t-Werte (t)

t	Anzahl	%
0.0–0.5	4061	69.2
0.6–1.0	807	13.7
1.1–1.5	525	8.9
1.6–2.0	290	4.9
2.1–2.5	117	2.0
2.6–3.0	47	.8
3.1–3.5	15	.3
3.6–4.0	6	.1
4.1–4.5	1	.0
4.6–5.0	1	.0

◀ t = 4.7

Verteilung der Datierungsindizes (D = t * (GL – 50.))

D	Anzahl	%
0–10	5557	94.7
11–20	243	4.1
21–30	50	.9
31–40	10	.2
41–50	6	.1
51–60	3	.1
61–70	–	–
71–80	–	–
81–90	1	.0

◀ D = 81

setzt sich relativ deutlich von den übrigen 5869 Nichtsynchronlagenjahren ab. Datierungsindizes von 0–10 wurden in 5557 Fällen (94,7%) und Werte ab 41 in insgesamt 9 Fällen ermittelt. Eine weitere Bestätigung dieser Datierung liefert die Synchronlage zwischen den Kurven Xanten-Kai und Xanten-Stadtmauer.

Im Synchronlagenjahr sind beide Chronologien zu 73,3% gleichläufig, ihr t-Wert beträgt 5,5.

Darüber hinaus stimmen die Weiserjahre der Chronologie 'Xanten Kai'

95,0% statistisch gesichert (WJ 1) zu 80%
 99,0% statistisch gesichert (WJ 2) zu 84%
 und 99,9% statistisch gesichert (WJ 3) zu 88%

mit dem Kurvenverlauf 'Xanten Stadtmauer' überein. Der Anstieg der Weiserjahrgleichläufigkeit (W1–W3 : 80–88%) kann als weiteres Indiz für die Richtigkeit der Synchronlage gewertet werden (Tab. 4).

TABELLE 4: Vergleich Xanten-Kai mit Xanten-Stadtmauer in synchroner Lage

Kurvenüberlappung: 89 Jahre	Synchronlage (SL): 105 AD		
	Anzahl Jahre	Gleichläufigkeit	t-Wert
Mittelwertkurve: XANTEN KAI	89	73,3%	5,5
Weiserjahre 95,0% stat. gesichert (WJ 1)	54	80,0%	
Weiserjahre 99,0% stat. gesichert (WJ 2)	43	84,0%	
Weiserjahre 99,9% stat. gesichert (WJ 3)	32	88,0%	

Ausblick

Die Datierung der oben genannten 7 Pfähle ist dendrochronologisch gesichert. Da das Einrammen der Pfähle, die zur Verfestigung des Untergrundes dienten, zu den ersten Baumaßnahmen dieser Stadtmauer gehören dürfte, ergibt sich aus der Datierung der Pfähle ein sicherer Hinweis auf den Baubeginn. Da das Jahr 105 n. Chr. mit großer Wahrscheinlichkeit das Fällungsjahr aller Pfähle war, dürften die Pfähle frühestens im Jahre 106 eingerammt worden sein. Hiernach konnte der Bau der Stadtmauer frühestens im gleichen Jahr beginnen.

Die Vergleiche zwischen den Jahrringkurven der Pfähle und der Süddeutschen Eichenchronologie und besonders mit der Mittelkurve Xanten Kai lassen vermuten, daß die Gründungspfähle der Stadtmauer aus dem Maingebiet stammen.

Abgekürzt zitierte Literatur

- BAILLIE 1982 M. G. L. BAILLIE, *Tree-ring Dating and Archaeology* (1982).
- BAILLIE u. PILCHER M. G. L. BAILLIE u. J. R. PILCHER, A Simple Cross-Dating Program for Tree-Ring Research. *Tree-Ring Bulletin* 33, 1973, 7–14.
- BECKER 1981 B. BECKER, Fällungsdaten römischer Bauhölzer anhand einer 2350jährigen süddeutschen Eichen-Jahrringchronologie. *Fundber. Baden-Württemberg* 6, 1981, 369–386.
- DELORME 1972 A. DELORME, *Dendrochronologische Untersuchungen an Eichen des südlichen Weser- und Leineberglandes* (Diss. Göttingen 1972).
- ECKSTEIN 1969 D. ECKSTEIN, *Entwicklung und Anwendung der Dendrochronologie zur Altersbestimmung der Siedlung Haithabu* (Diss. Hamburg 1969).
- GRAF u. HENNING 1960 U. GRAF u. H.-J. HENNING, *Statistische Methoden bei textilen Untersuchungen* (1960).
- HOLLSTEIN 1977 E. HOLLSTEIN, *Westfälisches Landesmuseum für Vor- und Frühgeschichte Münster, Neujahrsgruß* 1978.
- HOLLSTEIN 1979 E. HOLLSTEIN, Bauholzdaten aus augusteischer Zeit. *Arch. Korrbbl.* 9, 1979, 131–133.
- HOLLSTEIN 1980 E. HOLLSTEIN, *Mitteleuropäische Eichenchronologie. Trierer Grabungen und Forschungen* 11 (1980).
- HUBER 1943 B. HUBER, Über die Sicherheit jahrringchronologischer Datierung. *Holz als Roh- und Werkstoff* 6, 1943, 263–268.
- SCHMIDT 1983 B. SCHMIDT, Dating of Roman Sites, in: *Dendrochronology and Archaeology in Europe. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft* 141, 1983, 149–167.
- SCHMIDT u. ANIOL 1983 B. SCHMIDT u. R. ANIOL, Die Arbeitsweise der Dendrochronologie und ihre Verbesserung durch Berücksichtigung von Weiserjahren. *Kölner Jahrb. Vor- und Frühgesch.* 16, 1983, 142–152.
- SCHMIDT u. SCHWABEDISSEN 1978 B. SCHMIDT u. H. SCHWABEDISSEN, Jahrringanalytische Untersuchungen an Eichen der römischen Zeit. *Arch. Korrbbl.* 8, 1978, 331–337.