

Die Datierung der Seeufersiedlung Arbon-Bleiche 3, Kanton Thurgau, Schweiz : ein methodisches Problem

Autor(en): **Schweichel, Roswitha / Leuzinger, Urs / Brem, Hansjörg**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Jahrbuch Archäologie Schweiz = Annuaire d'Archéologie Suisse = Annuario d'Archeologia Svizzera = Annual review of Swiss Archaeology**

Band (Jahr): **100 (2017)**

PDF erstellt am: **16.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-697018>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

ROSWITHA SCHWEICHEL, URS LEUZINGER UND HANSJÖRG BREM

DIE DATIERUNG DER SEEUFERSIEDLUNG ARBON-BLEICHE 3, KANTON THURGAU, SCHWEIZ – EIN METHODISCHES PROBLEM*

Keywords: Übergang Pfyn-Horgen, Dendrochronologie, ^{14}C -Datierung, Neudatierung, Eichung hochpräziser Radiokarbonaten, Heterokonnektion. – Site palafittique, période charnière entre les cultures de Pfyn et de Horgen, dendrochronologie, datation par radiocarbone, nouvelle datation, étalonnage de dates au radiocarbone de haute précision, hétéroconnection. – Sito perilacustre, transizione dalla cultura di Pfyn alla cultura di Horgen, dendrocronologia, datazione al radiocarbonio, nuova datazione, calibrazione di date radiometriche ad alta precisione, eteroconnessione. – Lakeside settlement, transition between the Pfyn and Horgen Cultures, dendrochronology, radiocarbon dating, new dating, calibrating high-precision radiocarbon dates, heteroconnection.

Zusammenfassung

Bisher galt die Seeufersiedlung Arbon-Bleiche 3 als absolut jahrgenau datiert (3384–3370 v.Chr.). Neue radiometrische und dendrochronologische Untersuchungen belegen, dass diese so präzise Datierung aus methodischen Gründen nicht haltbar ist. Deshalb sollten zukünftig keine Kurven von Arbon-Bleiche 3 als Grundla-

ge dendrochronologischer Datierungen von Einzelhölzern oder Referenzkurven herangezogen werden. Ebenso darf man Proben nicht zur Eichung hochpräziser Radiokarbonatierungen verwenden. Die relativchronologische Datierung des Pfahlbaudorfs ins 35.–34. Jh. v.Chr. bleibt jedoch unbestritten.

Résumé

Jusqu'il y a peu, le palafitte d'Arbon-Bleiche 3 était considéré comme daté à l'année près de manière absolue (3384–3370 av. J.-C.). De nouvelles analyses radiométriques et dendrochronologiques démontrent cependant qu'une datation aussi précise ne saurait être retenue, pour des motifs méthodologiques. À l'avenir, il faudra donc éviter de se fonder sur les courbes de ce site pour

la datation dendrochronologique de bois isolés. De même, on s'abstiendra d'en utiliser des échantillons pour calibrer les résultats d'analyses au radiocarbone de haute précision. L'insertion chronologique relative du site lacustre aux 35^e–34^e s. av. J.-C. conserve cependant toute sa validité.

Riassunto

Il sito perilacustre di Arbon-Bleiche 3 era stato finora considerato come un insediamento datato esattamente in termini di cronologia assoluta (3384–3370 a.C.). Nuove analisi radiometriche e dendrocronologiche attestano adesso che una datazione talmente precisa non è attendibile da un punto di vista metodologico. Per questo motivo futuri lavori non dovrebbero prendere in conside-

razione le curve del sito come base per le datazioni dendrocronologiche di legni singoli o come curve di riferimento. Va inoltre evitato l'utilizzo di campioni per la taratura di analisi radiocarboniche ad alta precisione. La datazione dell'insediamento palafitticolo nel 35–34^{esimo} secolo a.C. in cronologia relativa non viene tuttavia messa in discussione.

Summary

Up to now, the lakeside settlement of Arbon-Bleiche 3 has been considered precisely dated (3384–3370 BC). New radiometric and dendrochronological examinations have, however, shown that this precise dating is no longer tenable for methodological reasons. Therefore, the curves from the site should no longer be used

as a basis upon which to dendrochronologically date individual timbers or reference curves. Nor should any of its samples be used to calibrate high-precision radiocarbon analyses. The relative-chronological date of the pile-dwelling village to the 35th–34th centuries remains uncontested.

* Publiert mit Unterstützung des Brüllmann-Fonds.

Einleitung

In den Jahren 1993 bis 1995 wurde die spätneolithische Siedlung Arbon-Bleiche 3 durch das Amt für Archäologie des Kantons Thurgau (AATG) ausgegraben (Jacomet et al. 2004, 30). Aus den aufgefundenen Pfahlstellungen von mindestens 27 Hausgrundrissen wurden 3 129 Bauhölzer geborgen (Leuzinger 2000, 87), von denen alle Pfähle von Tannen, Fichten und Eichen für die dendrochronologische Altersbestimmung ausgewählt wurden (Leuzinger 2000, 57). Die zeitliche Abfolge der Bauphasen in der Siedlung wurde in der Folge auf Grund dendrochronologischer Analysen jahrgenau in den Zeitabschnitt von 3384 bis 3370 v.Chr. datiert (Leuzinger 2000, 51–86).

Archäologische Ausgangslage

Während der Grabung (1993–1995) wurde erkannt, dass es sich bei der Seeufersiedlung Arbon-Bleiche 3 um eine einphasige Dorfanlage handeln muss. Die geringe Pfahldichte pro Quadratmeter ($1.3/m^2$) erlaubte es, die Hausstandorte während der Feldarbeiten mehr oder weniger genau zu lokalisieren (Leuzinger 2000, 88). Die von den steinzeitlichen Bauleuten getroffene Holz Auswahl für die tragenden Teile der Gebäudekonstruktionen – es wurden dafür vorwiegend Pfähle aus Weissanne (*Abies alba*) und Esche (*Fraxinus excelsior*) sowie sehr selten Eiche (*Quercus* sp.) und Fichte (*Picea abies*) verwendet – erleichterte die Zuordnung zu einzelnen Hausstandorten (Abb. 1). Technische Details wie charakteristische Doppelstellungen von Eschen- und Weisstannenzapfen im Bereich der Hauswände waren weitere hilfreiche Hinweise, um Hausgrundrisse zu rekonstruieren. Beobachtungen wie die Verteilung der Lehmlinsen oder die über grosse Flächen stratigrafisch klare Abfolge einer Kultur- und Brandschuttschicht stützten die Aussage, dass es sich bei Arbon-Bleiche 3 um eine einphasige Dorfanlage handelt, die maximal während etwa 20 Jahren Bestand hatte.¹ Somit datieren die hier freigelegten Funde und Befunde in einen zeitlich eng begrenzten «geschlossenen Komplex». Die interdisziplinäre Auswertung der Siedlungsreste erlaubte eine chronotypologische Datierung der prähistorischen Hinterlassenschaften in den Übergang zwischen Pfyn- und Horgener Kultur bzw. ins 35.–34. Jh. v.Chr. (de Capitani et al. 2002; Jacomet et al. 2004; Stöckli 2009a, 116–124). Die damals vorgelegten absoluten dendrochronologischen Daten für die zeitliche Abfolge der Gebäudekonstruktionen von 3384–3370 v.Chr. erschienen dem Auswertungsteam deshalb plausibel (Sormaz 2004). Die nachfolgend vorgestellten neuen Resultate der Dendrochronologie und ^{14}C -Analyse belegen allerdings, dass diese absolute, jahrgenaue Datierung nicht mehr haltbar ist. Die relativchronologische Zuweisung der Siedlung in die Zeit um 3400 v.Chr. bleibt jedoch nach wie vor gültig.

Dendrochronologische Ausgangslage

Die Bauhölzer von Arbon-Bleiche 3 wurden zwischen 1996 und 1997 vom Dendrolabor der Stadt Zürich untersucht und datiert (Sormaz 1996; 2004, 106–109). Zweifel an der Sicherheit der vorgeschlagenen jahrgenaue Datierungen entstanden im Sommer 2013, als das AATG von der School of History, Archaeology and Religion an der Cardiff University um die Zusendung von Proben mehrerer dendrochronologisch datierter Eichenhölzer mit mehr als 50 Jahrringen aus Arbon-Bleiche 3 gebeten wurde. Die im AATG archivierte Hölzer sollten im Rahmen des Projekts TOTL «The Times of their Lives – ERC Advanced Investigator Grant 2012–2017» für eine Versuchsserie zur Eichung hochpräziser ^{14}C -Daten genutzt werden.²

Bei der Suche nach geeigneten Proben, die den geforderten Kriterien entsprachen – Eichenhölzer mit mehr als 50 Jahrringen, gute Vergleichbarkeit mit den Referenz-Chronologien, d.h. hohe Gleichförmigkeit, gut übereinstimmende Weiserjahre, T-Werte nach Baillie/Pilcher (1973) >5 –, wurde festgestellt, dass die Datierungen der Eichenhölzer aus Arbon-Bleiche 3 nicht haltbar waren. Tatsächlich liessen sich weder die Jahrringsequenzen einzelner Hölzer datieren, noch konnten die einzelnen Jahrringfolgen zu einer Mittelkurve verbunden werden.³ Alle Eichenhölzer aus der Grabung Arbon-Bleiche 3 müssen daher heute aus dendrochronologischer Sicht als undatiert angesehen werden, ebenso wie die aus 48 Einzelsequenzen⁴ synchronisierte Eichen-Mittelkurve MK1931, die 2004 als jahrgenau datiert präsentiert wurde (Sormaz 2004, 107.111).

Im Gegensatz zu den relativ wenigen Eichenhölzern (71 Stück) wurden viele Tannenhölzer (548 Stück), zumeist Pfähle, dendrochronologisch analysiert (Sormaz 2004, 105, Abb. 66). Für 494 von ihnen wurde ein absolutes Endjahr angegeben. Die Einzelkurven verband man zur 229 Jahre langen, den Zeitraum von 3598 bis 3370 v.Chr. umfassenden Tannen-Mittelkurve MK1930. Die jahrgenau angegebene Bauabfolge der Häuser in Arbon-Bleiche 3 basiert ausschliesslich auf den Waldkantendatierungen von 448 Tannenzapfen, von denen annähernd 54% weniger als 40 Jahrringe aufwiesen.⁵ Weil 1996/97 fast keine Tannen-Chronologien aus dem 4. Jtsd. v.Chr. zur Verfügung standen,⁶ erfolgte damals die Datierung der Tannen-Mittelkurve MK1930 auf Grund einer Korrelation mit vorhandenen Eichen-Chronologien (Sormaz 2004, 107–109) und einer Absicherung durch ^{14}C -Datierungen, in diesem Fall durch *wiggle-matches* von je zwei Proben von zwei Tannenzapfen (Sormaz 2004, 109, Abb. 77a).

Nachdem sich die Datierung der Eichen-Mittelkurve aus Arbon-Bleiche 3 nicht bestätigen liess, blieben Zweifel, ob die jahrgenaue Datierung der Tannenzapfen zuverlässig ist. Datierte Tannen-Chronologien aus dem 35./34. Jh. v.Chr. sind weiterhin selten.⁷ Die Datierung mittels Heterokorrelation mit zeitlich gesicherten Eichen-Referenzen aus anderen Fundorten ist sowohl statistisch als auch im optischen Kurvenvergleich nicht zufriedenstellend,⁸ weil mehrere Endjahre möglich erscheinen (Beispiele in Abb. 2). Deshalb wurden erneute ^{14}C -Messungen im Labor für Ionenstrahlphysik der ETH Zürich in Auftrag gegeben.

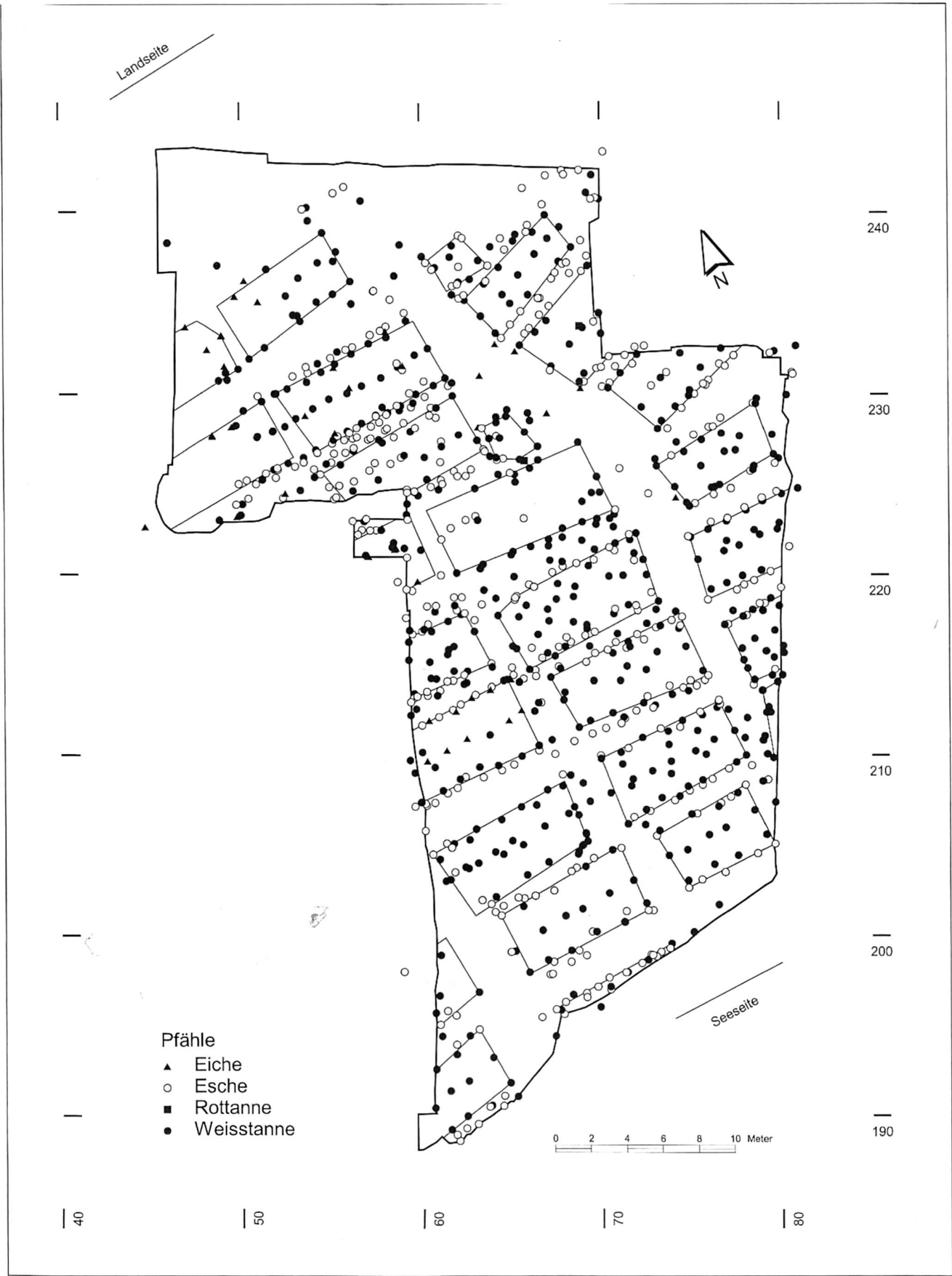
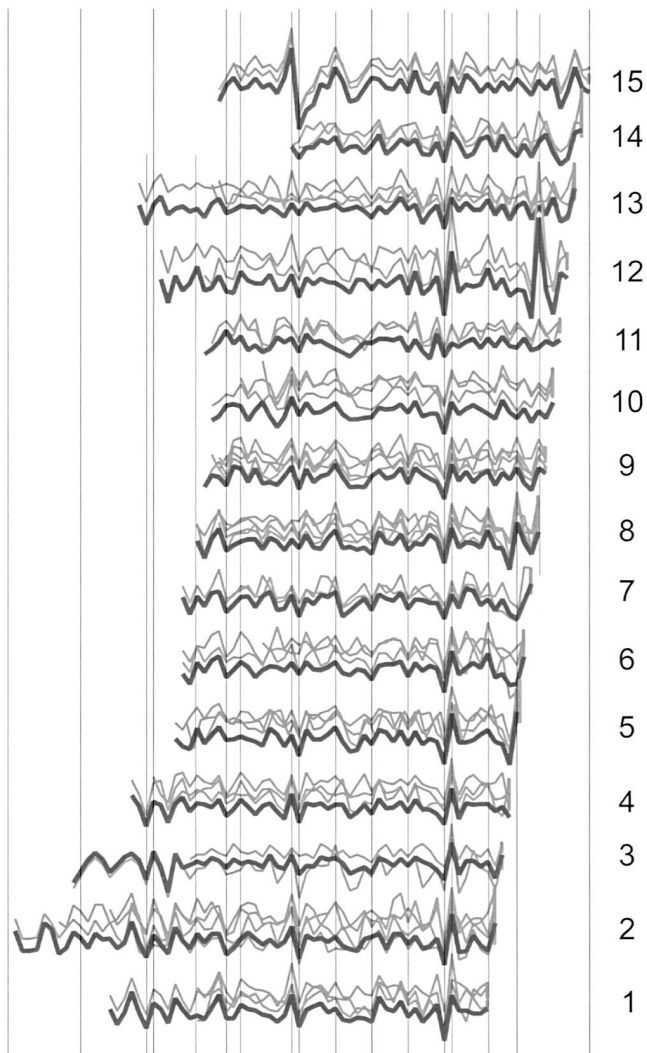


Abb. 1. Arbon TG-Bleiche 3. Pfahlplan (ausgewählte Holzarten) und Hausstandorte.

Referenzchronologien-Eichen	Endjahr	Überlappung	GL %	WJ %	t-TH	t-TB
MK Projekt Oberschwaben, Labor LAD Hemmenhofen 1996	-3777	228 Jahre	58,3	63,1	2,6	2,7
MK NO-Schweiz, R. Kontic, Labor Dendron 1992	-3777	228 Jahre	55,9		2,3	2,5
Referenz Bodensee, Labor LAD Hemmenhofen 1991	-3777	228 Jahre	64,6	70,5	3,4	3,3
Mittelung Süddeutschland - Schweiz, Dendrolabor Zürich 2002	-3664	228 Jahre	59,6	66,7	3,1	2,8
Standard (Rhein/Main/Donau), Becker, Hohenheim 1995	-3664	228 Jahre	56,3	61,2	2,8	2,9
MK Projekt Oberschwaben, Labor LAD Hemmenhofen 1996	-3664	221 Jahre	63,5	70,8	5,2	3,4
Mittelung Süddeutschland - Schweiz, Dendrolabor Zürich 2002	-3370	228 Jahre	60,7	66,7	3,9	3,0
Standard (Rhein/Main/Donau), Becker, Hohenheim 1995	-3370	228 Jahre	61,1	66,2	4,2	2,8
MK 60012 Bielersee, J.Francuz, AD Bern 2010	-3370	118 Jahre	59,7	70,6	2,7	2,5

Abkürzungen:
 GL: Gleichläufigkeit in %, WJ: Prozent der gemeinsamen, nach dem Intervalltrend ermittelten Weiserjahre, t-TH: t-Test nach Transformierung der rohen Wertserien (Hollstein 1980), t-TB: t-Test nach Transformierung der rohen Wertserien (Baillie/Pilcher 1973).

Abb. 2. Ergebnisse der Korrelationsberechnung zwischen der Tannenmittelkurve MK1930 aus Arbon TG-Bleiche 3 und Eichenreferenzen (Auswahl).



Da für die Tannenhölzer der Hausbefunde 1996/97 mehrere gleiche Fälljahre erkannt wurden, liess sich die Bauabfolge der Gebäude in der Siedlung Arbon-Bleiche 3 nachvollziehen. Die damals ermittelten Baumassnahmen während 15 Jahren können nach einer erneuten Kontrolle bestätigt werden (Abb. 3). Für die Überprüfung wurden Jahrringkurven von Tannenpfählen mit Waldkante, die eine Länge von mehr als 40 Jahren und die gleichen angenommenen Fälljahre aufweisen, zu Dendrogruppen verbunden. Die statistisch und optisch gut vergleichbaren Kurven der Gruppen wurden zu einer 80 Jahre langen temporären Mittelkurve EndjMK900 zusammengefasst.⁹ Die absolute, jahrgenaue Datierung dieser mit 42 Einzelsequenzen belegten Kurve ist heute allerdings weder mit den derzeit bekannten neolithischen Tannen-Referenzen noch durch eine Korrelationsrechnung mit den jungsteinzeitlichen Eichen-Chronologien (Heterokonnektion) möglich.

Versuch zur Verifizierung der 1996/97 vorgelegten absoluten Datierungen

Für erneute ¹⁴C-Datierungen wurden sechs Tannenhölzer und drei Eichenhölzer (Abb. 4) ausgewählt. Es war die Absicht, mit wenigen Proben von mehreren Hölzern ein

Abb. 3. Arbon TG-Bleiche 3. Gefilterte Darstellung der Einzelsequenzen von Tannenhölzern mit gleichen Endjahren (Waldkanten) und daraus synchronisierte Kurven der Dendrogruppen. Zahlen 1-15: Bauabfolge innerhalb von 15 Jahren.

Arbon Bleiche 3, Analysen 2014/2015

Jahrringkurven der ausgewählten Hölzer

analysierte Ringe □ Tranche 1, ■ Tranche 2, | Tranche 3

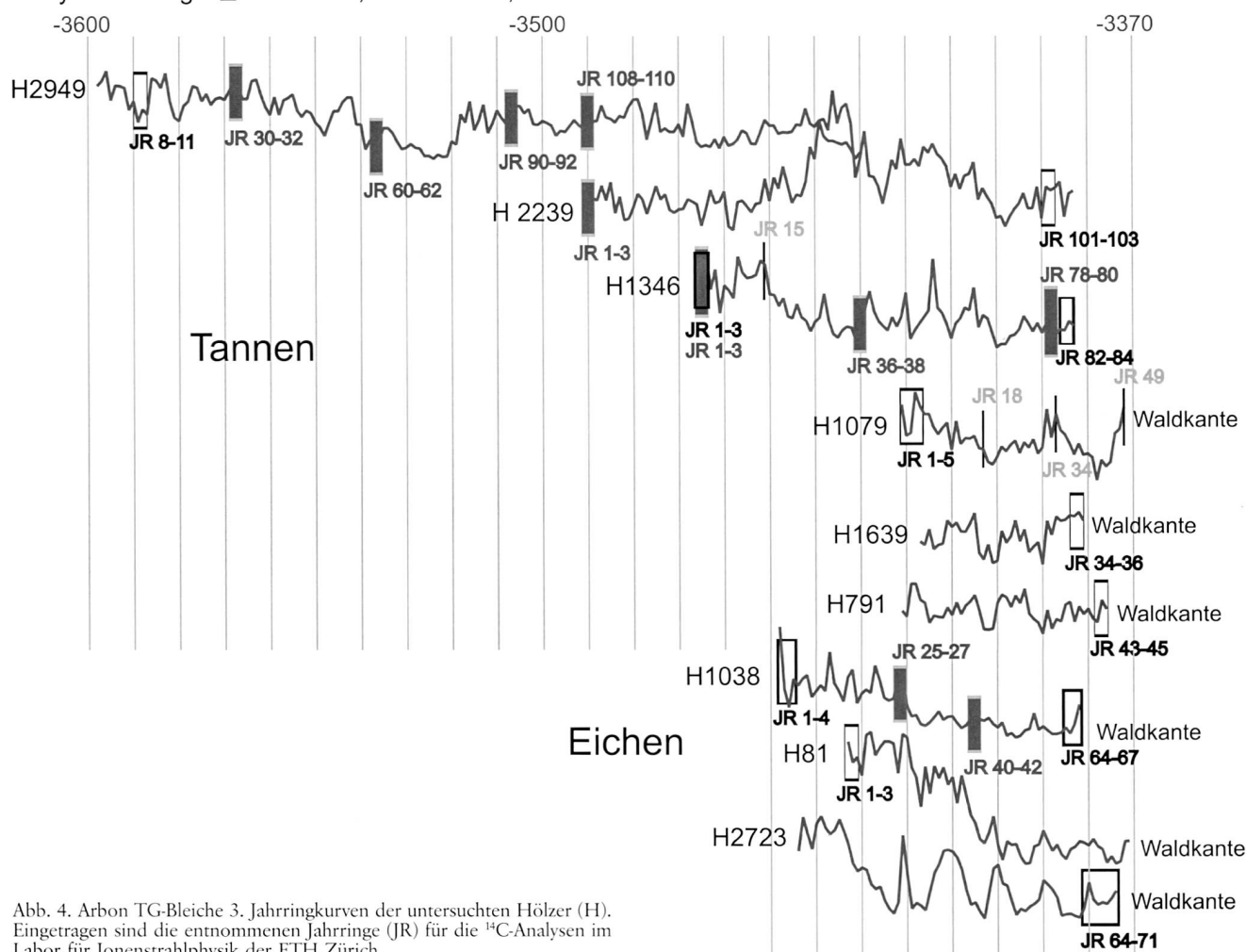


Abb. 4. Arbon TG-Bleiche 3. Jahrringkurven der untersuchten Hölzer (H). Eingetragen sind die entnommenen Jahrringe (JR) für die ^{14}C -Analysen im Labor für Ionenstrahlphysik der ETH Zürich.

wiggle-matching zu modellieren, um damit die jahrgenaue dendrochronologischen Datierungen bestätigen zu können. Arbeitshypothese war, dass die 1996/97 angegebenen Endjahre der Hölzer korrekt sind. Zunächst wurden sieben Abschnitte von Tannen- und vier Abschnitte von Eichenhölzern zur Untersuchung in das Labor für Ionenstrahlphysik an der ETH Zürich gegeben. Bei der Auswahl der Tannenhölzer wurde darauf geachtet, dass die Kurven von drei Brettern mit langen Jahrringfolgen eine Überlappung mit den jahrringarmen Rundhölzern gewährleisten. Durch die Waldkantendatierungen dieser Rundhölzer wurde 1996/97 die Bauabfolge der Gebäude ermittelt. Der erste Versuch (Tranche 1) erbrachte jedoch keine nennenswerte Klärung, so dass weitere Untersuchungen (Tranchen 2 und 3) erforderlich waren. Eine Liste, in der die Hölzer beschrieben und die Labornummern des Labors für Ionenstrahlphysik der ETH Zürich angegeben sind, befindet sich im Anhang. Alle Ergebnisse der Radiokarbondatierungen sowie die Modellierungen der *wiggle-matches* wurden mit dem Programm OxCal v4.2.4 (Bronk Ramsey/Lee 2013) – r:5 IntCal atmospheric curve (Reimer et al.

2013) – berechnet.¹⁰ Die vom Programm übermittelten Logfiles der Analysen sind ebenfalls dem Anhang beigelegt.

Untersuchung Tranche 1 – Ergebnisse der ^{14}C -Analysen 2014

Bei der Untersuchung der Proben aus Tranche 1 machte sich der extreme *wiggle*¹¹, der in der Zeit von ca. 3620 bis 3350 v.Chr. in der Kalibrationskurve vorhanden ist, negativ bemerkbar. In Abbildung 5 wird deutlich, dass durch dieses Phänomen in einem kurzen Zeitraum für jede Probe mehrere Datierungsmöglichkeiten bestehen (Hajdas 2008, 16). Ein Versuch, das festgestellte Problem zu lösen, ist die Methode des *wiggle-matching*.¹² Die in Abbildung 4 dargestellten Proben wurden in eine zeitliche Reihenfolge gebracht und mit ihnen anschließend ein *wiggle-matching* durchgeführt. Die vom Programm OxCal 4.2.4 errechnete Übereinstimmung war extrem schlecht (Abb. 6), der gewählte Ansatz erwies sich mithin als nicht zielführend.

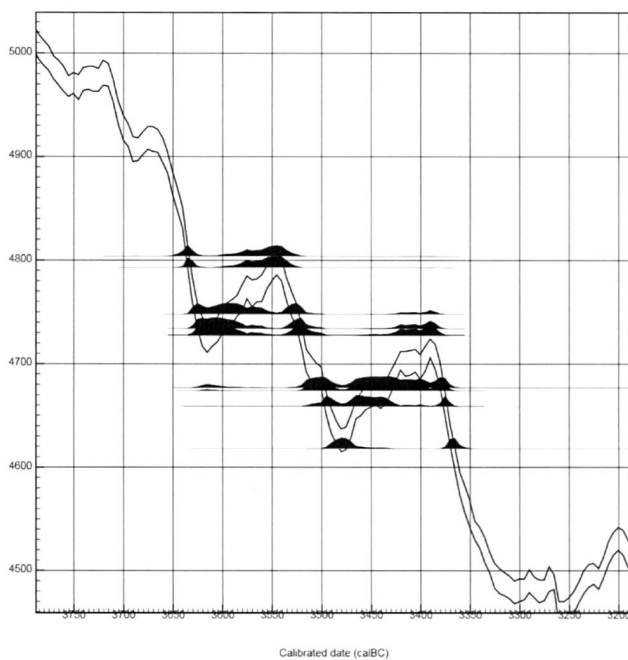


Abb. 5. Arbon TG-Bleiche 3. Ergebnisse aller ^{14}C -Datierungen aus der 1. Tranche auf die Kalibrationskurve aufgetragen. Dargestellt sind die Werte von σ_2 (95.4% Wahrscheinlichkeit). Abszisse: kalibriertes Datum (calBC), Ordinate: Radiokarbon-Bestimmung (BP).

Ein weiterer Versuch, das Problem der durch den *wiggle* verursachten Datierungsunsicherheit bei den Messungen einzelner Proben zu entschärfen, ist die Berechnung des gewichteten Medianwerts oder des arithmetischen Mittels (Stöckli 2009b) der Radiokarbonwerte des Bereichs von σ_2 (95.4% Wahrscheinlichkeit). Bei diesem Vorgehen schienen alle Daten dafür zu sprechen, dass die Endjahre der Hölzer aus Arbon-Bleiche 3 in einen älteren Zeitraum einzuordnen sind (Abb. 7). Besondere Auffälligkeiten zeigten die ^{14}C -Datierungen der Proben von H1346 und H1038. Beide waren in Tranche 1 die einzigen Hölzer mit Waldkante, von denen je zwei Jahrringfolgen, innerste und äusserste Jahrringe, verprobt worden waren (Abb. 4). Bei H1346 schienen die äusseren Jahrringe, trotz eines Abstands von 80 Jahren, älter als die inneren (Abb. 8 oben). Bei H1038 waren die Messwerte trotz eines Abstands von 60 Jahren nahezu gleich,¹³ seine äusseren Jahrringe erscheinen ebenfalls etwas jünger als die inneren (Abb. 8 unten).

Weil die ^{14}C -Datierungen aus der ersten Untersuchungsreihe nur unsichere Ergebnisse lieferten, wurden von vier Hölzern nochmals Proben genommen, auch um auszuschliessen, dass bei den Hölzern H1346 und H1038 die Proben vertauscht worden waren.

Name	Unmodelled (BC/AD)			Modelled (BC/AD)			Indices				Select	Page break	
Show all Show structure	from	to	%	from	to	%	A _{comb}	A	L	P	C		All Visible
▼	-3525	-3517	95.4									☒ 2	☐
Warning! X-Test fails at 5% - X2-Test: df=10 T=130.272(5% 18.3) Warning! Poor agreement - n=11 Acomb= 0.0% (An= 21.3%)													
56062	-3942	-3136	95.4	-3525	-3517	95.4		128.5				☒ 3	☐
56064/58549	-3516	-3367	95.4	-3525	-3517	95.4		1.2				☒ 4	☐
Warning! Poor agreement - A= 1.2% (A'c= 60.0%)													
56069	-3518	-3373	95.5	-3525	-3517	95.4		2.8				☒ 5	☐
Warning! Poor agreement - A= 2.8% (A'c= 60.0%)													
56071	-3496	-3357	95.4	-3525	-3517	95.4						☒ 6	☐
Warning! Poor agreement - A= 0.0% (A'c= 60.0%)													
56066	-3634	-3377	95.4	-3525	-3517	95.4		148.1				☒ 7	☐
56063	-3630	-3382	95.4	-3525	-3517	95.4		153.8				☒ 8	☐
56065	-3641	-3537	95.4	-3525	-3517	95.4						☒ 9	☐
Warning! Poor agreement - A= 0.0% (A'c= 60.0%)													
56070	-3513	-3373	95.4	-3525	-3517	95.4						☒ 10	☐
Warning! Poor agreement - A= 0.0% (A'c= 60.0%)													
56068	-3631	-3385	95.3	-3525	-3517	95.4		128.9				☒ 11	☐
56067	-3630	-3383	95.4	-3525	-3517	95.4		147				☒ 12	☐
56072	-3632	-3520	95.4	-3525	-3517	95.4		23				☒ 13	☐
Warning! Poor agreement - A= 23.0% (A'c= 60.0%)													

Abb. 6. Arbon TG-Bleiche 3. OxCal-Tabellenansicht der Daten für das *wiggle-matching* aller Proben aus Tranche 1 (Abfolge gemäss Arbeitshypothese). Die modellierten Daten zeigen so grosse Abweichungen, dass das Ergebnis unbrauchbar ist.

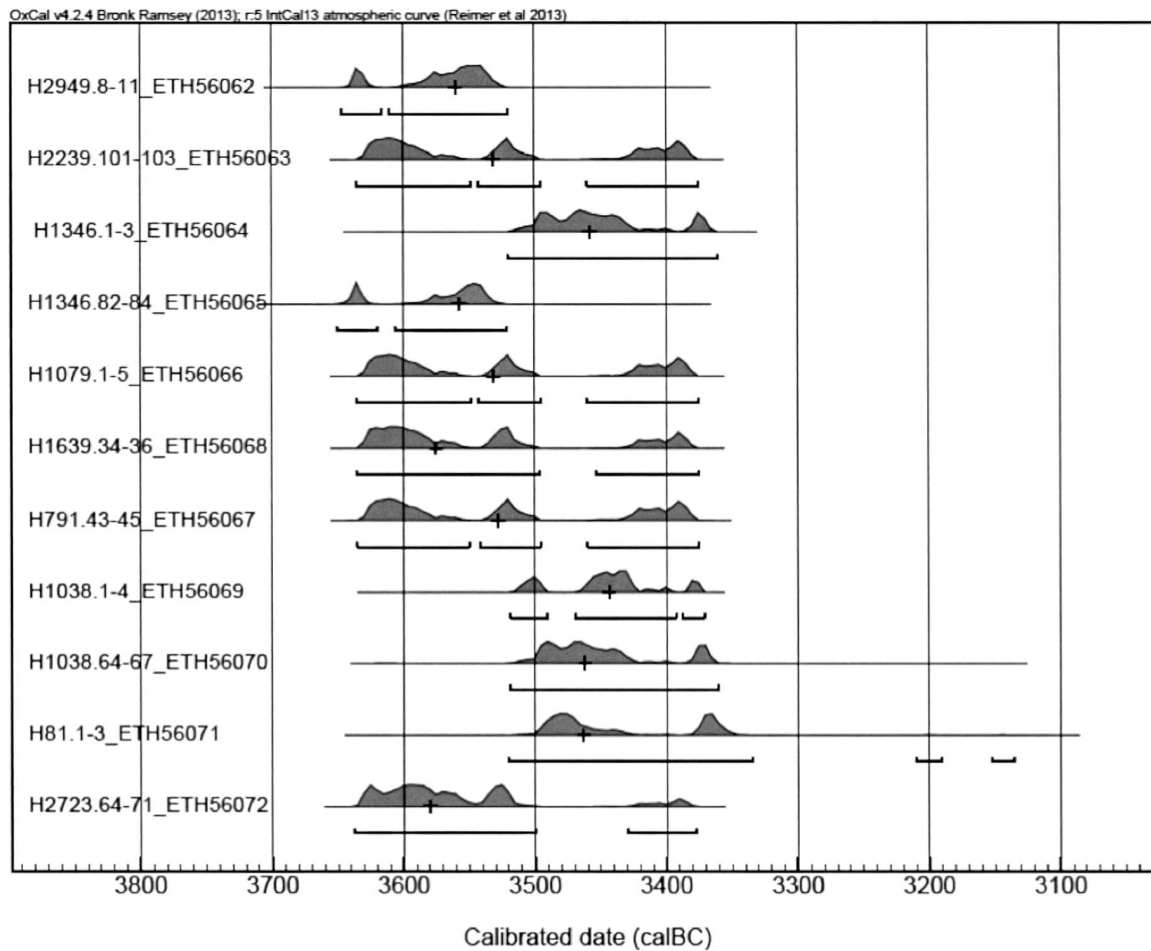


Abb. 7. Arbon TG-Bleiche 3. Datierungsbereiche der Hölzer aus Tranche 1 (95,4% Wahrscheinlichkeit). Darstellung in der zeitlichen Abfolge der Arbeitshypothese (Abb. 4). Die «+» repräsentieren den Medianwert des σ_2 -Bereichs. Alle Werte befinden sich zwischen 3580 und 3440 v.Chr.

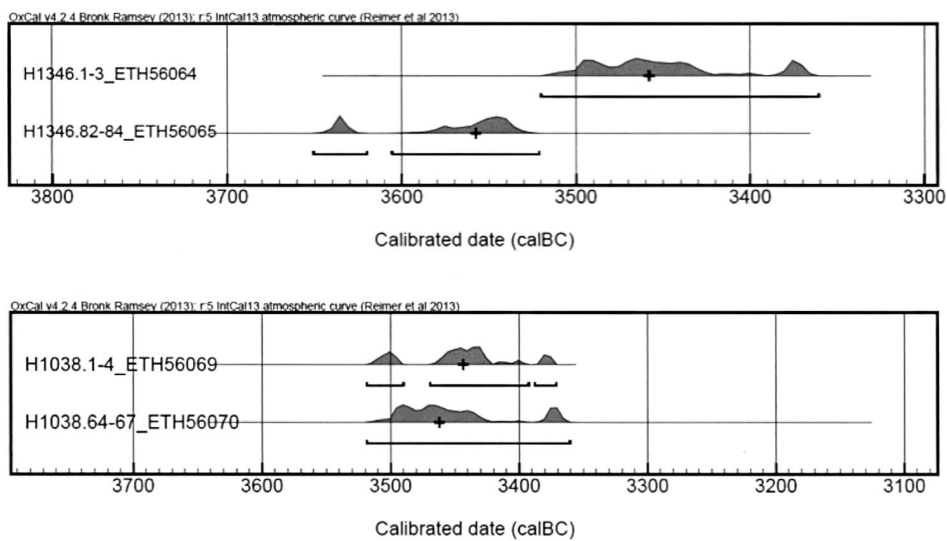


Abb. 8. Inverse Radiokarbonwerte der inneren und äusseren Jahrringe bei H1346 (Tanne, oben) und bei H1038 (Eiche, unten) aus Arbon TG-Bleiche 3. Die «+» repräsentieren den Medianwert des σ_2 -Bereichs.

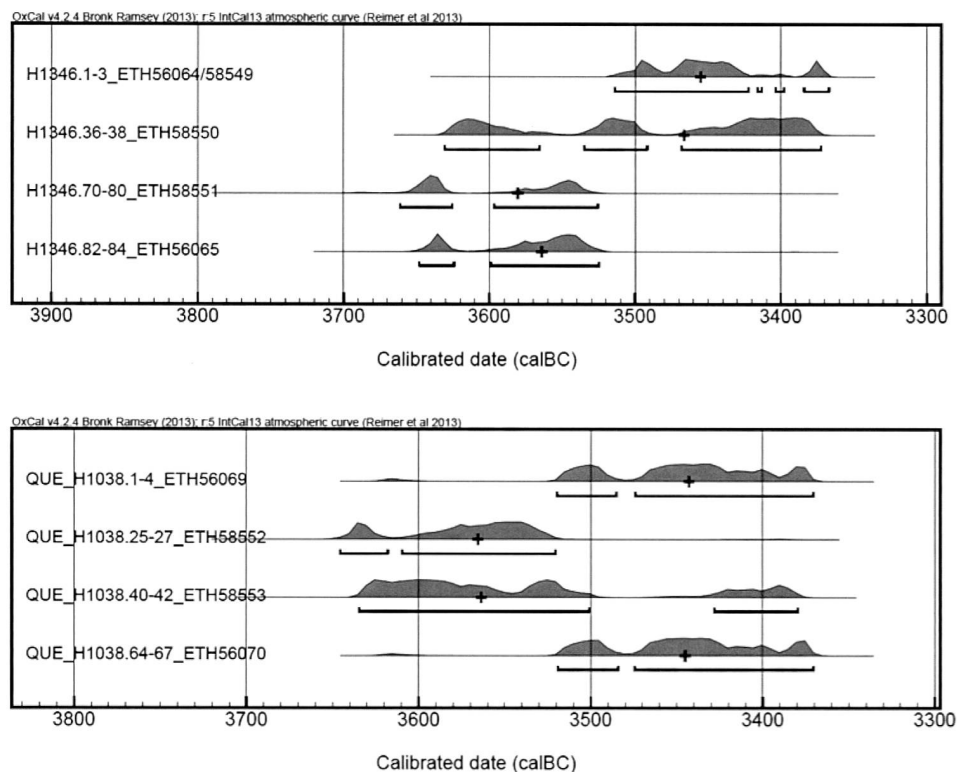


Abb. 9. Arbon TG-Bleiche 3. Oben: Erneut bestehen inverse Messwerte der inneren und äusseren Jahrringe von H1346. Unten: Die Radiokarbonwerte der Jahrringfolgen von H1038 sind wiederum unverständlich. Der Medianwert von σ_2 ist durch «+» angegeben.

Untersuchung Tranche 2 – Ergebnisse der ^{14}C -Analysen 2014

Erneut wurden bei den Tannenhölzern H2949 (4 Proben), H2239 (1 Probe), H1346 (3 Proben) und dem Eichenholz H1038 (2 Proben) je drei Jahrringe (Abb. 4) entnommen. Die Auswahl erfolgte in der Hoffnung, bei H2949 durch mehrere Proben in Abständen von 30 Jahren die Probleme, die durch den *wiggle* in der Radiokarbonkurve entstehen, zu überwinden. Mit der neuen Probe von H2239 sollte ein Anschluss an H2949 geschaffen werden. H1346 und H1038 wurden erneut beprobt, weil man vermutete, die Proben seien bei der Untersuchung der 1. Tranche 2014 vertauscht worden. Die Ergebnisse der Analysen der Hölzer H2949 und H2239 waren nunmehr zufriedenstellend, die daraus modellierten *wiggle-matches* hatten einen kontinuierlichen Ablauf mit σ_2 -Ergebnissen bei 3502–3478 v.Chr. bzw. 3416–3378 v.Chr. (Abb. 12). Bei diesen Hölzern handelt es sich um Bretter ohne Waldkante, so dass die Endjahre nicht zu erfassen waren. Die Hoffnung, durch die Datierungsergebnisse der beiden Rundhölzer mit Waldkante (Tanne H1346 und Eiche H1038) auch die Endjahre und damit die Bauzeit der Häuser in Arbon-Bleiche 3 genauer angeben zu können, erfüllte sich nicht. Die Resultate blieben so verwirrend wie zuvor. Sie hatten sich bei den Daten von H1038 sogar noch verschärft (Abb. 9), so dass mit den Messergebnissen erneut kein *wiggle-matching* möglich war. Wegen der nach wie vor nicht gelösten Datierungsprobleme wurden erneut von zwei Hölzern Proben entnommen und zur ^{14}C -Datierung gegeben (Tranche 3).

Untersuchung Tranche 3 – Ergebnisse der ^{14}C -Analysen 2015

Um zumindest von einem Tannenholz mit Waldkante eine verständliche Abfolge der Radiokarbonwerte zu erreichen, wurden nunmehr von H1079 drei weitere, einzelne Jahrringe entnommen (Abb. 4.11). H1079 ist mit 49 Jahrringen eines der Hölzer mit den meisten Jahrringen, die in Arbon-Bleiche 3 als Pfähle verbaut worden waren (Anm. 5). Die Radiokarbonmesswerte der Proben von H1079 waren in sich stimmig, so dass damit ein *wiggle-matching* erfolgen konnte. Im σ_2 -Bereich sind mehrere Zeitabschnitte für das Endjahr möglich; mit grösster Wahrscheinlichkeit (81.8% von σ_2) darf jedoch angenommen werden, dass es zwischen 3410 und 3364 v.Chr. liegt (Abb. 12). In der Hoffnung, den Ursachen der gegenläufigen Messwerte bei den Proben von H1346 auf die Spur zu kommen, wurde dem Holz ein weiterer einzelner Jahrring (JR 15) entnommen. Dessen Messung brachte keine Verbesserung zum Verständnis des Problems der unlogischen Messergebnisse (Abb. 10). Erneut lieferten die inneren Jahrringe jüngere Messergebnisse als die äusseren.

Ergebnisse

Nach 24 Bestimmungen des Radiokarbonalters an neun Hölzern aus Arbon-Bleiche 3 mussten insgesamt neun Proben von zwei Hölzern als «zur Zeit nicht verwertbar» aus der Auswertung ausgeschlossen werden. Die in kurzen Ab-

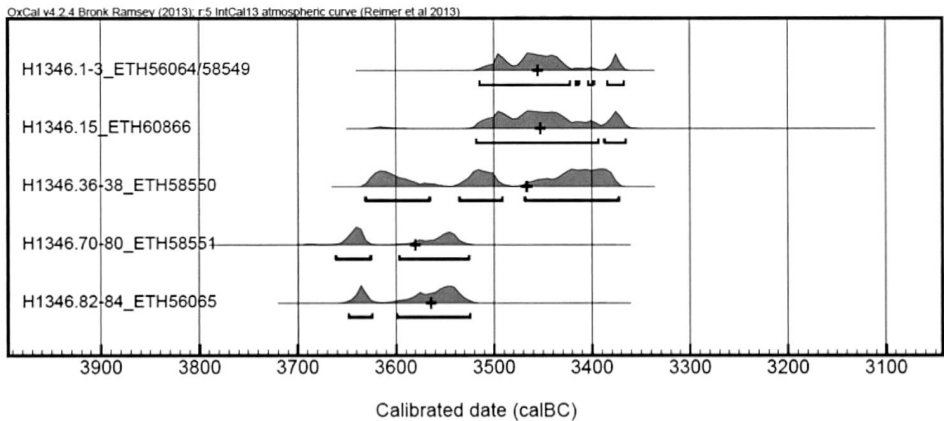


Abb. 10. Arbon TG-Bleiche 3. Auch nach der ¹⁴C-Datierung des Jahrrings 15 hat sich nichts daran geändert, dass die inneren Bereiche des 80 Jahrringe umfassenden Rundholzes H1346 um ca. 100 Jahre jünger erscheinen als die äusseren. Das Rundholz ist komplett, eine Kontamination mit jüngerem Material im Kern des Holzes, welche die Ergebnisse beeinflussen könnte, erscheint nicht einleuchtend. Der Medianwert von σ_2 ist durch «+» angegeben.

Arbon Bleiche 3, Analysen 2014/2015

Jahrringkurven der ausgewählten Hölzer
analysierte Ringe □ Tranche 1, ■ Tranche 2, | Tranche 3

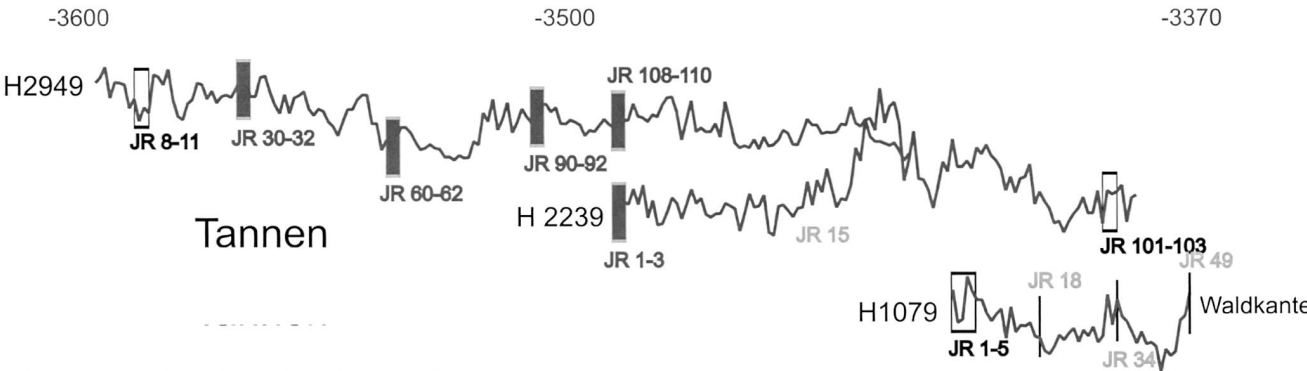


Abb. 11. Arbon TG-Bleiche 3. Jahrringkurven der Tannen H2949, H2239 und H1079, die für *wiggle-matches* ausgewählt wurden, mit eingetragenen Entnahmestellen für die ¹⁴C-Analysen.

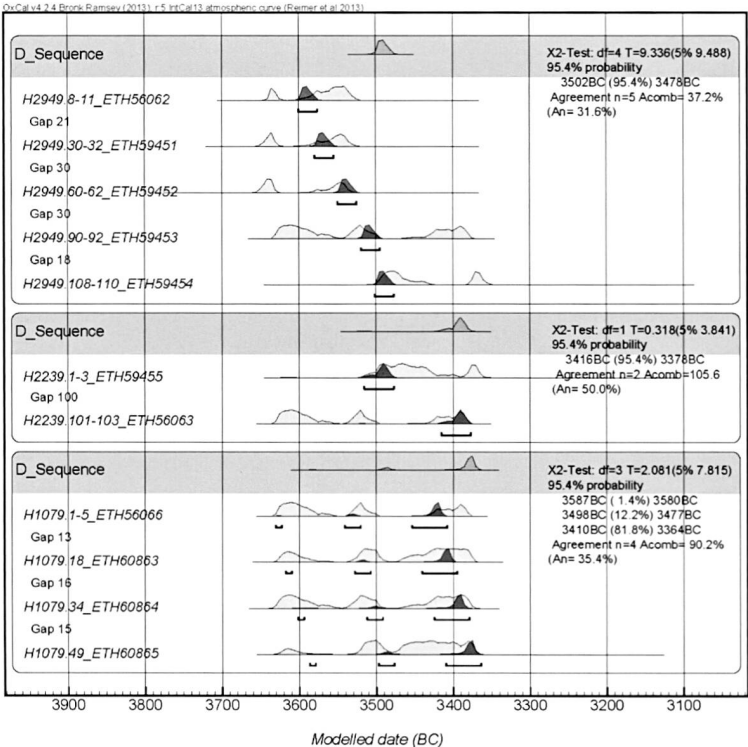


Abb. 12. Arbon TG-Bleiche 3. *Wiggle-matches* der Radiokarbondaten der Tannenhölzer H2949, H2239 und H1079.

ständen entnommenen Jahrringe der Hölzer H1346 (Tannenbrett mit 84 Jahrringen ohne Waldkante) und H1038 (runder Eichenpfahl mit 67 Jahrringen und Waldkante) erbrachten ^{14}C -Messwerte, die nicht plausibel sind. Um herauszufinden, worin die Ursache für das festgestellte Phänomen¹⁴ liegen könnte, untersuchte Monika Isler im Rahmen ihrer Bachelor-Arbeit am Labor für Ionenstrahlphysik der ETH Zürich mehrere Jahrringe der Hölzer H1346 und H1038 aus Arbon-Bleiche 3 (2016, 16–50). Indessen wurde das Ziel nicht erreicht: Nach wie vor ist unklar, ob eine Verunreinigung der Proben oder Probleme mit der Kalibrationskurve in diesem Zeitabschnitt zu den umgekehrten Datierungsergebnissen führten. Die erzielten Resultate sollen an anderer Stelle veröffentlicht werden.

Mit den verbleibenden 15 Radiokarbondatierungen wurden *wiggle-matches* aus elf Abschnitten von drei Tannenhölzern (H2949, H2239 und H1079) modelliert. Diese sowie Einzeldatierungen von je zwei Tannen (H1639 und H791) und Eichen (H81 und H2723) werden nachfolgend vorgestellt.

Ergebnisse Tannenhölzer

Die Jahrringe für die ^{14}C -Analysen waren entsprechend der oben beschriebenen Arbeitshypothese entnommen worden (Abb. 11). Die *wiggle-matches* der Radiokarbondaten der Hölzer H2949 (Brett, 169 Jahrringe, keine Waldkante), H2239 (Brett, 103 Jahrringe, keine Waldkante) und H1079 (Pfahl, 49 Jahrringe mit Mark und Waldkante) schliessen gut aneinander an.¹⁵ Das Endjahr von H1079 gehört mit 81.8% von σ_2 in die Zeit zwischen 3410 und 3364 v.Chr. (Abb. 12). Bei den Einzelergebnissen der Tannenhölzer H1639 und H791 macht sich bei der ^{14}C -Datierung der *wiggle* in der Radiokarbonkurve deutlich bemerkbar. Im Bereich von σ_2 liegen für die zwei Hölzer drei mögliche Datierungsfenster vor, die bei beiden annähernd übereinstimmen (Abb. 13). Die Proben stammen von den äussersten Jahrringen der Pfähle: H1639, Datierung 1996/97: 3381 v.Chr., 36 Jahrringe mit Mark und Waldkante; H791, Datierung 1996/97: 3376 v.Chr., 45 Jahrringe mit Mark und Waldkante. Hier sprechen die arithmetischen Mittel- und Medianwerte von σ_2 eher für ein älteres Datum, als bei den bisher angegebenen dendrochronologischen Datierungen (Abb. 14).

Ergebnisse Eichenhölzer

Die vier ^{14}C -Datierungen der Proben von H1038 sind wegen der inversen Messwerte für eine Auswertung nicht zu verwenden. Bei Pfahl H81 (Datierung 1996/97: 3433 v.Chr., 63 Jahrringe mit Mark und Waldkante) stammen die Proben für die ^{14}C -Datierung aus dem Innersten des Holzes. Von Pfahl H2723 (Datierung 1996/97: 3374 v.Chr., 71 Jahrringe mit Mark und Waldkante) wurden die äussersten Jahrringe verprobt. Anders als bei den nahe beieinander liegenden Radiokarbonwerten der Tannenrundhölzer (Abb. 13) liegen die ^{14}C -Datierungen dieser beiden Eichenpfähle zeitlich erheblich voneinander entfernt (Abb. 15). Wieder-

um erscheinen die inneren Jahrringe von H81 jünger als die äusseren von H2723, was der dendrochronologischen Datierung von 1996/97 widerspricht (Abb. 4). Die Radiokarbonwerte von H2723 weisen ebenfalls auf eine ältere Zeitstellung hin (Abb. 16).

Fazit

Dendrochronologie

Die Unsicherheit bei der jahrgenaue Datierung der Bauhölzer aus der Seeufersiedlung Arbon-Bleiche 3 mit dendrochronologischen Methoden, auf die schon Trivun Sormaz hingewiesen hat (2004, 106f.), besteht weiterhin. Eine Verifizierung der Datierung von 1996/97 und damit die Angabe, in welchem absoluten Jahr die Häuser in Arbon-Bleiche 3 jeweils gebaut wurden, ist weder mit den Kurven einzelner Tannenhölzer noch mit der Tannenmittelkurve MK1930 möglich. Die Tannenpfähle stammen überwiegend von jungen Bäumen mit weniger als 40 Jahrringen. Sie sind für dendrochronologische Altersbestimmungen nur bedingt geeignet, weil ihr Wachstum nicht die für unsere Analysen so wichtigen Klimafaktoren¹⁶ widerspiegeln kann, sondern ausschliesslich von geo- und biologischen Faktoren (lokales Wettergeschehen, Nährstoffreichtum des Bodens, Standort in einem Waldbestand usw.) abhängig ist (Billamboz 2008). Die 15-jährige Abfolge der Fälljahre von Tannen (*Abies alba*) wird allerdings durch die Dendrotypologie bestätigt.¹⁷ Somit bleiben die relativchronologische Abfolge der Gebäude und die zeitlichen Abstände zwischen den jeweiligen Bauphasen weiterhin unverändert. Die absolute, jahrgenaue Einhängung dieser Daten hingegen ist nicht mehr haltbar.

Radiokarbondatierung

Die Unsicherheit der absoluten, jahrgenaue Datierung liess sich auch mit den neuen Radiokarbonanalysen nicht endgültig beseitigen. In der Zeit von ca. 3620 bis 3380 v.Chr. besteht in der Kalibrationskurve ein extremer *wiggle*. Die ^{14}C -Datierungen einzelner Jahrringe der untersuchten Hölzer fallen in die Zeitspanne von 3700 bis 3350 v.Chr. (σ_2 , 95.4% Wahrscheinlichkeit). Ein Phänomen, das bisher nicht erklärt ist, sind die inversen Messwerte des ^{14}C -Gehalts,¹⁸ die bei zwei Hölzern (H1346 und H1038) aus Arbon-Bleiche 3 auftraten. Einzelne ^{14}C -Messwerte der äussersten Jahrringe von drei Hölzern¹⁹ mit vorhandener Waldkante weisen den Medianwerten von σ_2 zufolge auf Baumfällungen um ca. 3550 v.Chr. hin. Bei diesen Bauhölzern sind wegen der langen Zeitspanne des σ_2 -Bereichs spätere Schlagphasen jedoch nicht gänzlich auszuschliessen. Durch die Ergebnisse von *wiggle-matches* der ^{14}C -Messwerte von drei Tannenhölzern (H2949, H2239 und H1079) lässt sich die Datierung der Bauhölzer aus Arbon-Bleiche 3 in das 35./34. Jh. v.Chr. weiterhin annehmen.

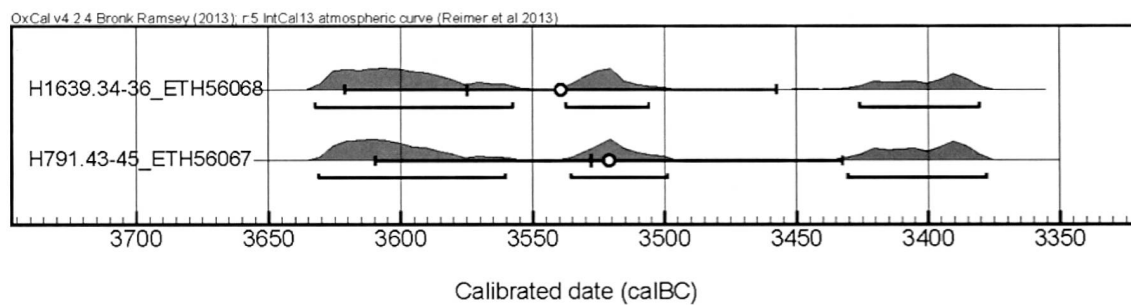


Abb. 13. Arbon TG-Bleiche 3. Ergebnisse der ^{14}C -Datierungen der Proben von H1639 und H791. In der Grafik sind auch Medianwert (+) und Mittelwert (o) von σ_2 eingetragen.

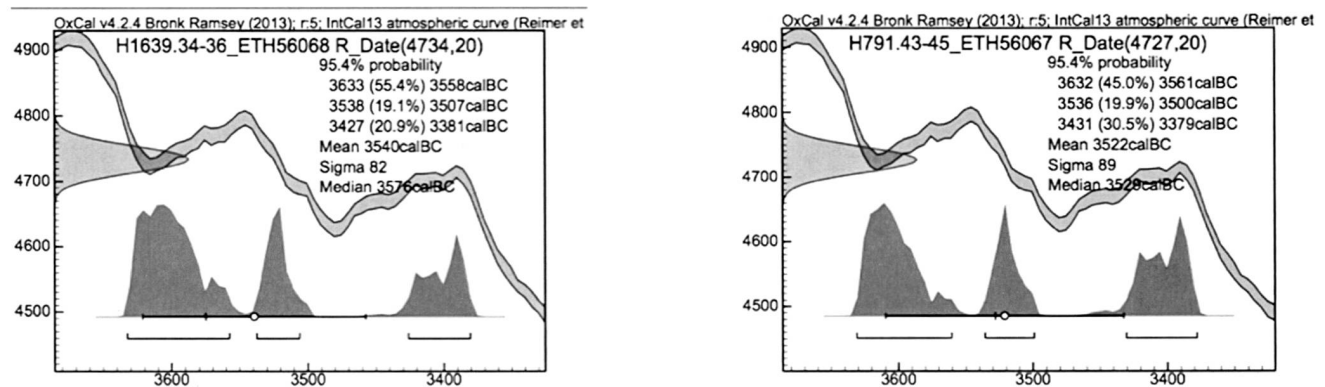


Abb. 14. Arbon TG-Bleiche 3. Einzeldarstellung der Messergebnisse der Tannenhölzer H1639 (links) und H791 (rechts). Mittel- und Medianwerte können der Beschriftung der Kurven entnommen werden. Abszisse: kalibriertes Datum (calBC); Ordinate: Radiokarbon-Bestimmung (BP).

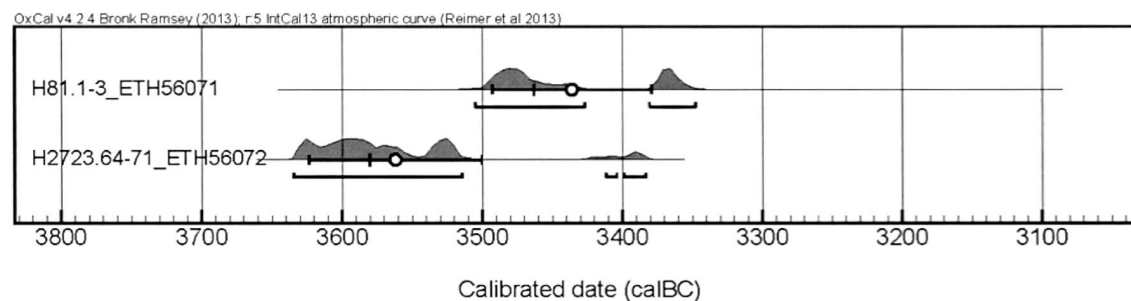


Abb. 15. Arbon TG-Bleiche 3. Radiokarbonwerte der Proben von H81 und H2723. In der Grafik sind auch Medianwert (+) und Mittelwert (o) von σ_2 eingetragen.

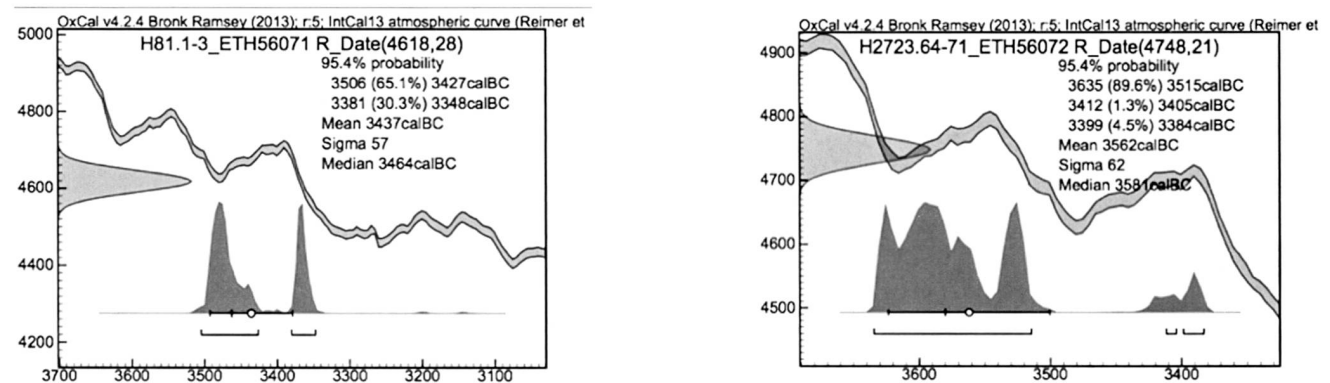


Abb. 16. Arbon TG-Bleiche 3. Einzeldarstellung der Messergebnisse der Eichenrundhölzer H81 (links) und H2723 (rechts). Mittel- und Medianwerte können der Beschriftung der Kurven entnommen werden. Abszisse: kalibriertes Datum (calBC); Ordinate: Radiokarbon-Bestimmung (BP).

Archäologie

Mehrere Kontrolldatierungen mit Hilfe der ^{14}C -Methode am Institut für Ionenstrahlphysik der ETH Zürich an klar definierten Jahrringserien von Pfählen und Brettern aus Arbon-Bleiche 3 bestätigen heute zwar die relative, kulturgeschichtliche Zeitstellung der Seeufersiedlung, die postulierte jahrgenaue absolute Datierung im Sinne dendrochronologischer Prinzipien kann mit den vorliegenden Werten derzeit jedoch nicht bestätigt werden. Deshalb sollte künftig – bis allenfalls weitere Weisstannen-Chronologien aus dem Zeitraum zwischen dem 35. und 34. Jh. v.Chr. zur Verfügung stehen – die Arboner Weisstannen-Mittelkurve MK1930 nicht als absolutchronologische Referenz für Grundlagenforschung und Datierung von Tannen verwendet werden. Aus kulturgeschichtlicher Sicht ändert sich allerdings nicht viel. Die Feststellung, dass die Siedlung Arbon-Bleiche 3 in der Zeit zwischen Pfyn- und Horgener Kultur nur kurze Zeit bestand, sowie die Erkenntnisse über die relative Abfolge der Gebäudeentstehung sind von der hier vorgelegten, dendrochronologischen und radiometrischen Neubeurteilung nicht tangiert.

Läge mit der Fundstelle Arbon-Bleiche 3 eine Trockenbodensiedlung ohne die hervorragenden Erhaltungsbedingungen der Bauhölzer im wassergesättigten Milieu vor, hätte man mit den vorhandenen Radiokarbondaten wahrscheinlich ohne zu zögern zwei Dorfphasen postuliert. Die Typochronologie würde die These scheinbar stützen: die Fragmente der Kochtöpfe würde man ins späte Pfyn datieren, die Spinnwirtel, gestielten Pfeilspitzen oder die Überreste der reich verzierten Bolerázkeramik in die frühe Horgener Kultur. Dass es sich bei Arbon-Bleiche 3 jedoch tatsächlich um eine einphasige, 15-jährige Dorfanlage mit einem zeitlich einheitlichen Inventar aus der Übergangszeit zwischen Pfyn- und Horgener Kultur handelt, bliebe unerkant (Leuzinger 2000, 13f.; 2012, 311f.). Somit kann man Dank der hier vorgestellten Datierungsproblematik auch von einem methodischen Lehrstück für die Archäologie sprechen.

Roswitha Schweichel, Urs Leuzinger und Hansjörg Brem
Amt für Archäologie des Kantons Thurgau
Schlossmühlestrasse 15
CH-8510 Frauenfeld

roswitha.schweichel@tg.ch, urs.leuzinger@tg.ch, hansjoerg.brem@tg.ch

Anhang

Liste 1: Entnahmestellen an den Tannenhölzern mit Labornummern

- H2949 DendroLabNr. ZH 649408, 3598–3430 BC, Brett, 169 Jahrringe, kein Mark, keine Waldkante. Analysierte Jahrringe (*wiggle-match*) 8–11 ETH-56062, 30–32 ETH-59451, 60–62 ETH-59452, 90–92 ETH-59453, 108–110 ETH-59454.
- H2239 DendroLabNr. ZH 648539, 3491–3383 BC, Brett, 109 Jahrringe, kein Mark, keine Waldkante. Analysierte Jahrringe (*wiggle-match*) 1–3 ETH-49455, 101–103 ETH-56063.
- H1346 DendroLabNr. ZH 648496, 3466–3383 BC, Brett, 84 Jahrringe, kein Mark, keine Waldkante. Analysierte Jahrringe (Versuch eines *wiggle-match*) 1–3 (2×) ETH-56064, ETH-58549, 15 ETH-60566, 36–38 ETH-58550, 70–80 ETH-58551, 82–84 ETH-56065.
- H1079 DendroLabNr. ZH 648512, 3421–3372 BC, Rundholz, 50 Jahrringe, Mark, Waldkante Spätholz. Analysierte Jahrringe (*wiggle-match*) 1–5 ETH-56066, 18 ETH-60863, 34 ETH-60864, 49 ETH-60865.
- H1639 DendroLabNr. ZH 649005, 3417–3381 BC, Rundholz, 36 Jahrringe, Mark, Waldkante Spätholz. Analysierte Jahrringe 34–36 ETH-56068.
- H791 DendroLabNr. ZH 648486, 3421–3376 BC, Rundholz, 46 Jahrringe, Mark, Waldkante Spätholz. Analysierte Jahrringe 43–45 ETH-56068.

Liste 2: Entnahmestellen an den Eichenhölzern mit Labornummern

- H1038 DendroLabNr. ZH 648468, 3448–3382 BC, Rundholz, 67 Jahrringe, Mark, 31 Splintringe, Waldkante Spätholz. Analysierte Jahrringe (Versuch eines *wiggle-match*) 1–4 ETH-56069, 25–27 ETH-58552, 40–42 ETH-58553, 64–67 ETH-56070.
- H81 DendroLabNr. ZH 648414, 3433–3371 BC, Rundholz, 63 Jahrringe, Mark, 19 Splintringe, Waldkante Spätholz. Analysierte Jahrringe 1–3 ETH-56071.

H2723 DendroLabNr. ZH 649077, 3444–3374 BC, Rundholz, 71 Jahrringe, Mark, 13 Splintringe, Waldkante Frühholz. Analysierte Jahrringe 64–71 ETH-56072.

Liste 3: Logfiles

Alle Daten kalibriert mit OxCal v4.2.4 (Bronk Ramsey/Lee 2013); r:5 IntCal13 atmospheric curve (Reimer et al. 2013)

Logfiles H2949 (Tanne)

Einzelsequenzen H2949: H2949.8–11_ETH-56062 R_Date (4793,20); 95.4% probability; 3641 BC (15.3%) 3626 BC; 3597 BC (80.1%) 3526 BC. – H2949.30–32_ETH-59451 R_Date (4813,26); 95.4% probability; 3652 BC (29.0%) 3626 BC; 3594 BC (66.4%) 3526 BC. – H2949.60–62_ETH-59452 R_Date (4824,26); 95.4% probability; 3656 BC (42.7%) 3627 BC; 3587 BC (52.7%) 3528 BC. – H2949.90–92_ETH-59453 R_Date (4727,26); 95.4% probability; 3634 BC (43.3%) 3556 BC; 3540 BC (20.8%) 3497 BC; 3437 BC (31.3%) 3377 BC. – H2949.108–110_ETH-59454 R_Date (4623,26); 95.4% probability; 3504 BC (68.7%) 3427 BC; 3381 BC (26.7%) 3351 BC.

wiggle-match H2949: D_Sequence; H2949.8–11_ETH-56062 Posterior; 95.4% probability; 3601 BC (95.4%) 3576 BC; Warning! Poor agreement – A=32.8%(A^c=60.0%); Poor agreement 32.8%; H2949.30–32_ETH-59451 Posterior; 95.4% probability; 3580 BC (95.4%) 3556 BC; Agreement 62.0%. – H2949.60–62_ETH-59452 Posterior; 95.4% probability; 3550 BC (95.4%) 3526 BC; Agreement 73.2%. – H2949.90–92_ETH-59453 Posterior; 95.4% probability; 3520 BC (95.4%) 3496 BC; Agreement 73.9%. – H2949.108–110_ETH-59454 Posterior; 95.4% probability; 3502 BC (95.4%) 3478 BC; Agreement 99.7%. – D_Sequence, X2-Test: df=4 T=9.336(5% 9.488); 95.4% probability; 3502 BC (95.4%) 3478 BC; Agreement n=5 Acomb=37.2%(An=31.6%); D_Sequence.

Logfiles H2239 (Tanne)

Einzelsequenzen H2239: H2239.1-3_ETH-59455 R_Date (4648,26); 95.4% probability; 3516 BC (80.6%) 3396 BC; 3386 BC (14.8%) 3362 BC. – H2239.101-103_ETH-56063 R_Date (4728,20); 95.4% probability; 3632 BC (46.5%) 3561 BC; 3536 BC (19.8%) 3500 BC; 3430 BC (29.1%) 3379 BC.

wiggle-match H2239: D_Sequence; H2239.1-3_ETH-59455 Posterior; 95.4% probability; 3516 BC (95.4%) 3478 BC; Agreement 108.5%. – H2239.101-103_ETH-56063 Posterior; 95.4% probability; 3416 BC (95.4%) 3378 BC; Agreement 99.5%. – D_Sequence; X2-Test: df=1 T=0.318(5% 3.841); 95.4% probability; 3416 BC (95.4%) 3378 BC; Agreement n=2 Acomb=105.6%(An=50.0%); D_Sequence.

Logfile H1346 (Tanne)

Einzelsequenzen H1346: H1346.1-3_ETH-56064/58549 R_Date (4659,17); 95.4% probability; 3514 BC (81.7%) 3422 BC; 3416 BC (0.6%) 3414 BC; 3404 BC (1.2%) 3398 BC; 3384 BC (11.9%) 3368 BC. – H1346.15_ETH-60866 R_Date (4659,28); 95.4% probability; 3518 BC (82.7%) 3394 BC; 3388 BC (12.7%) 3366 BC. – H1346.36-38_ETH-58550 R_Date (4710,30); 95.4% probability; 3631 BC (24.5%) 3566 BC; 3536 BC (21.1%) 3492 BC; 3468 BC (49.7%) 3373 BC. – H1346.70-80_ETH-58551 R_Date (4826,30); 95.4% probability; 3662 BC (42.1%) 3626 BC; 3597 BC (53.3%) 3526 BC. – H1346.82-84_ETH-56065 R_Date (4804,28); 95.4% probability; 3648 BC (21.7%) 3624 BC; 3600 BC (73.7%) 3525 BC.

wiggle-match H1346: wegen inverser Ergebnisse der Einzelmessungen nicht möglich.

Logfiles H1079 (Tanne)

Einzelsequenzen H1079: H1079.1-5_ETH-56066 R_Date (4728,20); 95.4% probability; 3632 BC (46.5%) 3561 BC; 3536 BC (19.8%) 3500 BC; 3430 BC (29.1%) 3379 BC. – H1079.18_ETH-60863 R_Date (4703,28); 95.4% probability; 3630 BC (17.7%) 3582 BC; 3532 BC (21.4%) 3491 BC; 3470 BC (56.3%) 3372 BC. – H1079.34_ETH-60864 R_Date (4718,28); 95.4% probability; 3632 BC (32.5%) 3560 BC; 3536 BC (20.6%) 3496 BC; 3460 BC (42.2%) 3376 BC. – H1079.49_ETH-60865 R_Date (4684,28); 95.4% probability; 3624 BC (6.0%) 3601 BC; 3525 BC (22.7%) 3482 BC; 3476 BC (66.7%) 3370 BC.

wiggle-match H1079: D_Sequence; H1079.1-5_ETH-56066 Posterior; 95.4% probability; 3631 BC (1.4%) 3624 BC; 3542 BC (12.2%) 3521 BC; 3454 BC (81.8%) 3408 BC. – Warning! Poor agreement – A=59.7%(A'c=60.0%); Poor agreement 59.7%. – H1079.18_ETH-60863 Posterior; 95.4% probability; 3618 BC (1.4%) 3610 BC; 3528 BC (12.2%) 3508 BC; 3441 BC (81.8%) 3396 BC. – Agreement 125.1%. – H1079.34_ETH-60864 Posterior; 95.4% probability; 3602 BC (1.4%) 3594 BC; 3512 BC (12.2%) 3492 BC; 3425 BC (81.8%) 3380 BC. – Agreement 122.5%. – H1079.49_ETH-60865 Posterior; 95.4% probability; 3587 BC (1.4%) 3580 BC; 3498 BC (12.2%) 3477 BC; 3410 BC (81.8%) 3364 BC. – Agreement 89.0%; D_Sequence; X2-Test: df=3

T=2.081(5% 7.815). – 95.4% probability; 3587 BC (1.4%) 3580 BC; 3498 BC (12.2%) 3477 BC; 3410 BC (81.8%) 3364 BC. – Agreement n=4 Acomb=90.2%(An=35.4%); D_Sequence.

Logfile H1639 (Tanne)

Einzelsequenzen H1639: H1639.34-36_ETH-56068 R_Date (4734,20); 95.4% probability; 3633 BC (55.4%) 3558 BC; 3538 BC (19.1%) 3506 BC; 3426 BC (20.9%) 3381 BC.

Logfile H791 (Tanne)

Einzelsequenzen H791: H791.43-45_ETH-56067 R_Date (4727,20); 95.4% probability; 3632 BC (45.0%) 3561 BC; 3536 BC (19.9%) 3500 BC; 3431 BC (30.5%) 3378 BC.

Logfile H1038 (Eiche)

Einzelsequenzen H1038: QUE_H1038.1-4_ETH-56069 R_Date (4677,20); 95.4% probability; 3520 BC (22.6%) 3486 BC; 3474 BC (72.8%) 3371 BC. – QUE_H1038.25-27_ETH-58522 R_Date (4793,30); 95.4% probability; 3646 BC (17.9%) 3618 BC; 3610 BC (77.5%) 3521 BC. – QUE_H1038.40-42_ETH-58553 R_Date (4742,30); 95.4% probability; 3635 BC (77.0%) 3502 BC; 3428 BC (18.4%) 3380 BC. – QUE_H1038.64-67_ETH-56070 R_Date (4674,20); 95.4% probability; 3520 BC (22.5%) 3484 BC; 3475 BC (72.9%) 3371 BC.

wiggle-match H1038: wegen inverser Ergebnisse der Einzelmessungen nicht möglich.

Logfiles H1038 (Eiche)

Ergebnisse 1997, Radiokarbonlabor des Physikalischen Instituts der Universität Bern

Einzelsequenzen H1038: QUE_H1038b_B-6364 R_Date (4624,35); 95.4% probability; 3517 BC (70.4%) 3396 BC; 3386 BC (25.0%) 3347 BC. – QUE_H1038a_B-6365 R_Date (4655,36); 95.4% probability; 3620 BC (1.2%) 3612 BC; 3521 BC (94.2%) 3361 BC.

Logfile H81 (Eiche)

Einzelsequenzen H81: H81.1-3_ETH-56071 R_Date (4618,28); 95.4% probability; 3506 BC (65.1%) 3427 BC; 3381 BC (30.3%) 3348 BC.

Logfile H2723 (Eiche)

Einzelsequenzen H2723: H2723.64-71_ETH-56072 R_Date (4748,21); 95.4% probability; 3635 BC (89.6%) 3515 BC; 3412 BC (1.3%) 3404 BC; 3399 BC (4.5%) 3384 BC.

Anmerkungen

1 Zurzeit geht man anhand der relativ belegten Waldkanten von einer Siedlungsdauer in Arbon-Bleiche 3 von 15 Jahren aus. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass sich im nicht ausgegrabenen Bereich des Dorfs durchaus auch noch einige ältere bzw. jüngere Gebäude befinden könnten.

2 weiterführende Informationen zu diesem Projekt unter: <http://todt.eu>.
3 Schweichel, R. (2014) Jahrringserien von Eichenholzern aus Arbon-Bleiche 3 – neue dendrochronologische Analyse und Stellungnahme zu den 2004 vorgelegten Datierungen. Unveröffentlichter Bericht, AATG Frauenfeld.

- 4 Trivun Sormaz (2004, 105) gibt die Analyse von 71 Eichenhölzern an, von denen 44 datiert wurden. Tatsächlich besteht die Mittelkurve MK1931 aus 48 Einzelsequenzen.
- 5 27 mit weniger als 20 Jahrringen, 100 mit 20–29 Jahrringen, 114 mit 30–39 Jahrringen, 115 mit 40–49 Jahrringen, 56 mit 50–59 Jahrringen, 36 mit 60–89 Jahrringen.
- 6 Die inzwischen von Kurt Nikolussi vorgelegte Tannen-Mittelkurve Nesu_TA_M2 aus Nesselwang (D), die mit einer Länge von 337 Jahren die Jahre von 3854–3518 v.Chr. umfasst, erfolgte nach dessen Angaben auf der Datengrundlage der Tannen-Mittelkurve MK1930 aus dem Dendrolabor Zürich.
- 7 z.B. die im Jahr 2010 von John Francuz gemittelten Tannen-Chronologien aus Sutz BE Latrigen VI (MK 62021, 3457–3390 v.Chr.), Sutz BE Latrigen VII (MK 62077, 3654–3578 v.Chr.) und Nidau BE (MK 62072, 3438–3406 v.Chr.).
- 8 Auf die unzureichenden Datierungsmöglichkeiten der Proben mit ausschliesslich dendrochronologischen Methoden hat Trivun Sormaz (2004, 106–107) bereits ausführlich hingewiesen; diese Situation besteht unverändert.
- 9 Die Werte der temporären Arbeitsmittelkurve EndjMK900 können im Amt für Archäologie Thurgau jederzeit angefordert werden.
- 10 zur verwendeten Kalibrationskurve Bronk Ramsey 2009a, zur Modellierung der *wiggle-matches* Bronk Ramsey et al. 2001.
- 11 Als *wiggle* wird ein Bereich der Radiokarbonkurve bezeichnet, in dem die Kurve nicht kontinuierlich gegen jüngere Zeiten abfällt, sondern zunächst wieder stark ansteigt, um dann erneut abzufallen. Dieses Phänomen kann sich selbst in einem kurzen Zeitraum mehrfach wiederholen.
- 12 «Carbon-14 wiggle-match (CWM) dating of peat deposits uses the non-linear relationship between ^{14}C age and calendar age to match the shape of a series of closely spaced peat ^{14}C dates with the ^{14}C calibration curve.» (Blaauw et al. 2004, 117). Im Falle der Datierung von Hölzern werden für ein *wiggle-matching* in kurzen Abständen einzelne, bzw. wenige Jahrringe eines Holzes entnommen, deren Abstände in Jahren voneinander klar definiert sind.
- 13 H1038 war bereits 1997 im Radiokarbonlabor des Physikalischen Instituts der Universität Bern untersucht worden. Auch damals waren innere (JR 11–35, B-6364) und äussere Jahrringe (JR 36–67, B-6365) analysiert worden (Sormaz 2004, 108, Abb. 74 und 76) und hatten das gleiche Phänomen gezeigt, was aber offenbar damals nicht weiter beachtet worden war. – s. Logfiles im Anhang.
- 14 zum Umgang mit widersprüchlichen Ergebnissen von ^{14}C -Messungen s. auch Bronk Ramsey 2009b.
- 15 Die Überlappung der Jahrringkurven (Abb. 11) belegt, dass Pfähle und Bretter gleichzeitig verbaut wurden. Eine Wiederverwendung älterer Bretter kann somit ausgeschlossen werden.
- 16 Die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) definiert Klima als die Statistik des Wetters über einen Zeitraum, der lang genug ist, um diese statistischen Eigenschaften auch bestimmen zu können. Während das Wetter den physikalischen Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort beschreibt, ist Klima erst dann richtig gekennzeichnet, wenn die Wahrscheinlichkeit für Abweichungen vom Mittelwert angegeben werden kann, also auch Extremwerte Teil der Statistik sind. Zur Beschreibung des Klimas wird in der Regel eine Zeitspanne von 30 Jahren als Bezugszeitraum herangezogen (Website Max-Planck-Institut 2016).
- 17 zur dendrotypologischen Methode Billamboz/Königer 2008.
- 18 Die inneren Jahrringe eines Holzes erscheinen jünger als die äusseren.
- 19 H1639, Tanne, Haus 5, Median von σ_2 ist 3576 v.Chr.; H791, Tanne, Haus 20, Median von σ_2 ist 3528 v.Chr.; H2723, Eiche, Haus 3, Median von σ_2 ist 3581 v.Chr.

Bibliografie

- Baillie, M.G.L./Pilcher, J.R. (1973) A simple crossdating program for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin* 33, 7–14.
- Billamboz, A. (2008) Dealing with heteroconnections and short tree-ring series at different levels of dating in the dendrochronology of the Southwest German pile-dwellings. *Dendrochronologia* 26, 145–155.
- Billamboz, A./Königer, J. (2008) Dendroarchäologische Untersuchungen zur Besiedelungs- und Landschaftsentwicklung im Neolithikum des westlichen Bodenseegebietes. In: W. Dörfler/J. Müller (Hrsg.) *Umwelt – Wirtschaft – Siedlungen im dritten vorchristlichen Jahrtausend Mitteleuropas und Südkandinaviens*. Internationale Tagung Kiel 4.–6. November 2005, 317–334. Neumünster.
- Blaauw, M./van Gels, B./Mauquoy, D. et al. (2004) Carbon-14 wiggle-match dating of peat deposits: advantages and limitations. *Journal of Quaternary Science* 19, 2, 177–181.
- Bronk Ramsey, C. (2009a) Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon* 51, 1, 337–360.
- Bronk Ramsey, C. (2009b) Dealing with outliers and offsets in radiocarbon dating. *Radiocarbon* 51, 3, 1023–1045.
- Bronk Ramsey, C./Lee, S. (2013) Recent and Planned Developments of the Program OxCal. *Radiocarbon* 55, 2–3, 720–730.
- Bronk Ramsey, C./van der Plicht, J./Weninger, B. (2001) «Wiggle matching» radiocarbon dates. *Radiocarbon* 43, 2A, 381–389.
- de Capitani, A./Deschler-Erb, S./Leuzinger, U. et al. (2002) Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon-Bleiche 3. *Funde. Archäologie im Thurgau* 11. Frauenfeld.
- Hajdas, I. (2008) The Radiocarbon dating method and its applications in Quaternary studies. *Quaternary Science Journal – Eiszeitalter und Gegenwart* 57, 2–24.
- Hollstein, E. (1980) Mitteleuropäische Eichenchronologie. *Trierer dendrochronologische Forschungen zur Archäologie und Kunstgeschichte. Trierer Grabungen und Forschungen* 11. Mainz.
- Isler, M. (2016) Zur Methodik der Radiokarbonatierung. Unveröffentlichte Bachelor-Arbeit am Archäologischen Institut der Universität Zürich. Zürich.
- Jacomet, S./Leuzinger, U./Schibler, J. (2004) Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon-Bleiche 3. *Umwelt und Wirtschaft. Archäologie im Thurgau* 12. Frauenfeld.
- Leuzinger, U. (2000) Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon-Bleiche 3. *Befunde. Archäologie im Thurgau* 9. Frauenfeld.
- Leuzinger, U. (2012) Ziegenkot – Fischbandwurm – getrüffelter Gerstenbrei. Das ausserordentliche Informationspotential der neolithischen Feuchtbodenarchäologie. In: R. Gleser/V. Becker (Hrsg.) *Mitteleuropa im 5. Jahrtausend vor Christus. Beiträge zur internationalen Konferenz in Münster 2010. Neolithikum und ältere Metallzeiten. Studien und Materialien* 1, 309–317. Berlin.
- Max Planck Institut (2016) <https://www.mpimet.mpg.de/kommunikation/fragen-zu-klima-faq/was-ist-der-unterschied-zwischen-wetter-und-klima/> (abgerufen am 20.2.2016).
- Reimer, P.J./Bard, E./Bayliss, A. et al. (2013) Int.Cal.13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55, 4, 1869–1887.
- Sormaz, T. (1996) TG / Arbon-Bleiche 3. *Dendrochronologische Untersuchungen der Weissstannen, Eichen- und Eschenproben. Inklusive Nachtrag 1997*. Unpubliziertes Manuskript, Dendrolabor Zürich. Zürich.
- Sormaz, T. (2004) Absolute Datierung durch Dendrochronologie und C14-Analysen. In: S. Jacomet/U. Leuzinger/ J. Schibler, *Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon-Bleiche 3. Archäologie im Thurgau* 12, 105–110. Frauenfeld.
- Stöckli, W.E. (2009a) Chronologie und Regionalität des jüngeren Neolithikums (4300–2400 v.Chr.) im Schweizer Mittelland, in Süddeutschland und in Ostfrankreich aufgrund der Keramik und der absoluten Datierungen, ausgehend von den Forschungen in den Feuchtbodensiedlungen der Schweiz. *Antiqua* 45. Basel.
- Stöckli, W.E. (2009b) Contradictions in the Relative Chronology: Archaeological and Radiocarbon Dating. *Proceedings of the 5th International ^{14}C and Archaeology Symposium. Radiocarbon* 51, 2, 695–710.