Zeitschrift: Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte = Annuaire de la Société Suisse de Préhistoire et d'Archéologie = Annuario della Società Svizzera di Preistoria e d'Archeologia

Herausgeber: Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte

Band: 82 (1999)

Artikel: Jahrringdichte-Kurven in der Ur- und Frühgeschichte? : Neubewertung einer bekannten Methode

Autor: Maradi, Tünde

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-117598

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte 82, 1999, 237–244.

Tünde Maradi

Jahrringdichte-Kurven in der Ur- und Frühgeschichte?

Neubewertung einer bekannten Methode

Untersuchungen zur Siedlungsgeschichte und zur Wirtschaftsarchäologie zeigen, welche wichtige Rolle das Klima in der Urgeschichte gespielt hat.[1] Um seinen Einfluss auf die prähistorischen Gesellschaften zu prüfen, benötigen wir möglichst genaue Datierungen. Für die Archäologie besonders interessant sind nämlich die kurzfristigen Klimaschwankungen; sie wiederum können unter Umständen mit den Siedlungsphasen bzw. -lücken von Seeufersiedlungen korreliert werden, die anhand der Schlagphasen der Bauhölzer exakt datiert sind.

Die Dendroklimatologie bietet neben vielen anderen Methoden die Möglichkeit, das Klima im Holozän zu rekonstruieren. Sie ist – wie die besser bekannte Dendrochronologie – eine Methode der Jahrringforschung. Im vorliegenden Artikel soll die Jahrringdichtemessung (Densitometrie) neu bewertet werden, ein Teilgebiet der Dendroklimatologie, eine Methode, die seit den Untersuchungen durch Renner und Bircher in Botanik und Archäologie bekannt ist.[2]

Die Analysen Renners und Birchers erbrachten mehrere Jahrringdichte-Kurven fossiler Bäume der letzten 10000 Jahre.[3] Sie sind nicht dendrochronologisch, sondern nur mittels C14-Methode datiert und somit «schwimmende» Kurven (Abb. 1). Deshalb lassen sich die klimatischen Aussagen der Jahrringdichte-Kurven noch nicht direkt mit den Erkenntnissen der Archäologie zu den Besiedlungsaktivitäten an den Seeufern verknüpfen. Wenn aber eine jahrgenaue Datierung der Kurven gelänge, wäre die Densitometrie vielleicht eine für die Archäologie interessante Methode. Es geht also darum, die Jahrringdichte-Kurven, die seit Renners Publikation oft zitiert worden sind, darzulegen und zu überprüfen. Am Schluss sollen Jahrringdichte-Kurven mit klimatischen Angaben aus historischer Zeit[4] konfrontiert werden, um festzustellen, ob Dichtekurven tatsächlich klimatische Aussagen erlauben und wie weit diese Resultate auf prähistorische Verhältnisse übertragbar sind.

Jahrringdichte-Kurven bei Renner

Untersuchungen an rezenten Bäumen aus dem Bereich der alpinen oder polaren Waldgrenze zeigen, dass die Dichte des Spätholzes von den Temperaturverhältnissen im Hoch- und Spätsommer abhängt.[5] Die Messung der Spätholzdichte (maximale Dichte) liefert also eine klimatische Aussage. Die Jahrringdichte-Kurven[6] dokumentieren die Entwicklung der Spätsommer-Temperaturen während eines bestimmten Zeitraumes.

Renner verwendet verschiedene Arten von Kurven maximaler Dichte: Die annuellen Kurven liefern Hinweise über die jährlichen Veränderungen und zeigen deshalb kurzfristige Schwankungen. Weil diese Darstellungsart nicht immer erkennen lässt, ob die Werte während einer bestimmten Periode insgesamt über oder unter dem Durchschnitt liegen, sind die annuellen Kurven für die weitere Diskussion ohne Bedeutung. In Zukunft muss der Versuch im Zentrum stehen, die annuellen Dichtekurven mit den Belegungsphasen der Seeufersiedlungen zu korrelieren, denn deren Belegungsphasen sind oft auch jahrgenau datiert.

Renner glättete mathematisch die Jahreswerte der annuellen Kurven für eine andere Darstellungsart (Abb. 1). Schwankungen mit Wellenlängen unter acht bis elf Jahren wurden herausgefiltert; kurzfristige und jährliche Werteschwankungen sowie standortspezifische Extreme kommen auf diese Art nicht mehr zum Ausdruck.[7] Damit werden hauptsächlich die langphasigen Dichteschwankungen innerhalb der Jahrringchronologien deutlich sichtbar. Langandauernde Perioden unterdurchschnittlicher maximaler Dichte lassen sich als kühle Zeitabschnitte deuten, Perioden überdurchschnittlicher Dichte dagegen als warme Phasen – immer ausschliesslich bezogen auf die Sommermonate Juli bis September.[8] Zu diesen Dichtekurven (Abb. 1) sei lediglich angemerkt, dass es sich um die Mittelkurven (MK) von jeweils mindestens drei verschiedenen Baumkurven handelt und dass die Belegung (Anzahl Bäume) je nach Zeitabschnitte sehr verschieden ist (einfach bis zu vierzigfach belegt; Abb. 1, erste Zeile unter der Dichtekurve).[9]

In einem ersten Schritt sind nun die Angaben zur Datierung der Dichtekurven zu überprüfen. Das Resultat

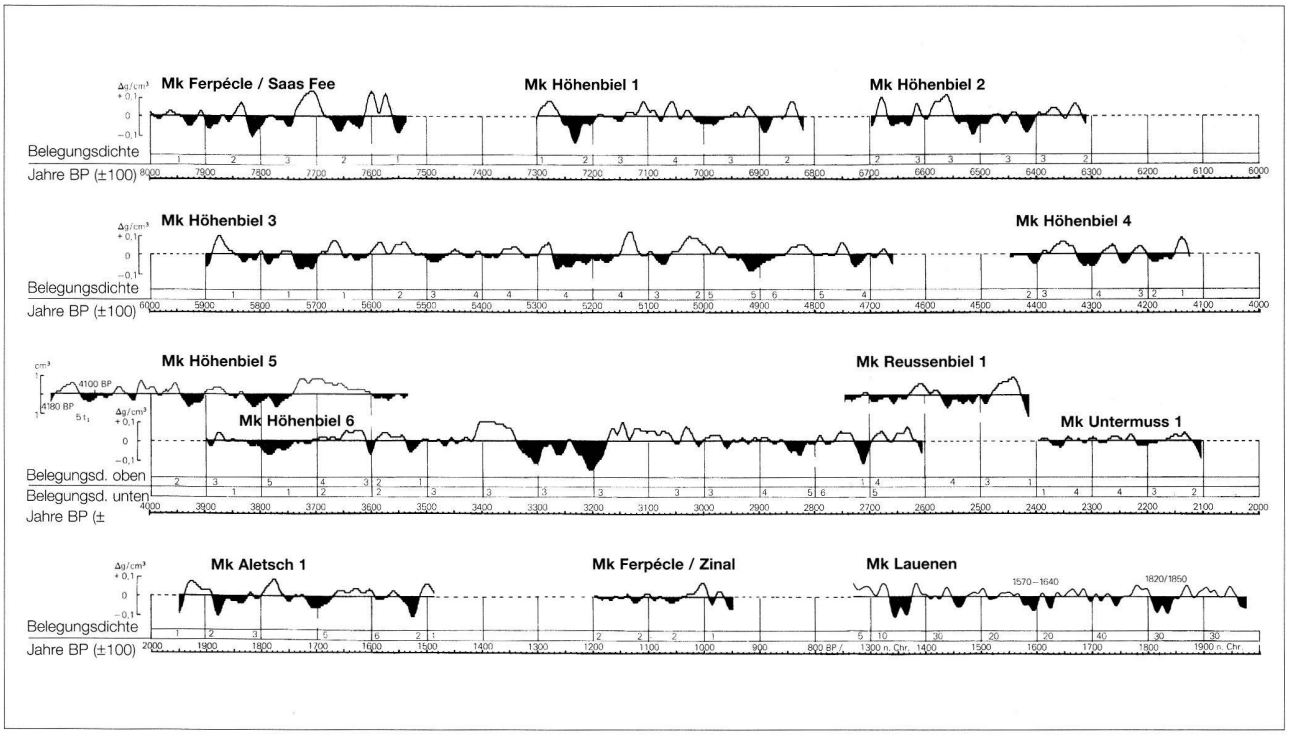

Abb. 1. Schwankungen der maximalen Dichten von Nadelbäumen im Zeitraum von 8000 BP bis heute. Langandauernde Perioden unterdurchschnittlicher maximaler Dichte entsprechen kühlen Zeitabschnitten, Perioden überdurchschnittlicher Dichte warmen Zeitabschnitten. Die erste Zeile unter den Kurven zeigt die Belegungsdichte (Anzahl Bäume) der Mittelkurven (MK). Nach Renner 1982, 167, Abb. 26.

wird zeigen, welche Jahrringdichte-Kurven Renners für eine absolute Datierung verwendbar sind.

Über die zeitliche Einordnung der Jahrringdichte-Kurven mit C14-Datierungen schreibt Renner: «Zu Beginn der Untersuchungen war nicht bekannt, aus welchen Zeitabschnitten die gesammelten Hölzer stammten. C14-Datierungen, die grösstenteils am Physikalischen Institut der Universität Bern durchgeführt wurden, ermöglichten die Altersbestimmung zahlreicher Proben. Um möglichst genaue Daten zu erhalten, durften nur 10–20 Jahrringe eines Baumes datiert werden. Dabei wurde jeweils sorgfältig vermerkt, aus welchem Bereich des Stammquerschnittes die entnommenen Proben stammten. Diese C14-Datierungen haben die Synchronisation wesentlich erleichtert. Bäume, die ähnliche Radiokarbonalter aufwiesen, wurden zuerst miteinander verglichen.»[10]

«Der Beginn der einzelnen Chronologien wurde aufgrund der C14-datierten Holzproben festgelegt. Da meist mehrere Baumstämme pro Mittelkurve datiert sind, wurden die C14-Alter auf den Nullpunkt der Chronologie zurückgerechnet und unter sich gemittelt.»[11]

Renner hat es leider versäumt, in seiner Publikation die Positionen der Proben mit den 10–20 Jahrringen zu vermerken. Für die Überprüfbarkeit oder Weiterverarbeitung der Untersuchungsergebnisse ist es von entscheidender Bedeutung, dass solche Angaben auch in Publikationen erwähnt werden. Nun können die Positionen der Proben nur noch rekonstruiert werden.

Die Mittelkurve Höhenbiel 3 und ihre Zusammensetzung

Das einzige einigermassen gut dokumentierte Beispiel ist die Kurve maximaler Dichte von fünf fossilen Lärchen aus dem Moor Höhenbiel im Urserental (Abb. 3,1). Renner hat die Einzelkurven der fünf Bäume optisch korreliert (Abb. 3,2).[12] Der abgebildete Ausschnitt bildet einen Teil der Mittelkurve (MK) Höhenbiel 3 (Abb. 3,3).[13] Sie datiert in den Zeitraum von etwa 5400 bis 5100±100 BP. Die Datierung der Einzelkurven aus dem Moor Höhenbiel mit den Angaben von Labornummer, Alter BP, Baumnummer, Innen- oder Aussendatierung des Holzes (i/a), Anzahl der Jahrringe sowie Holzart hat Renner zusammenfassend dargestellt (Abb. 2).[14] Leider stimmen die Bezeichnungen der Baumnummern in der Tabelle (Abb. 2) nicht mit den Baumnummern der Dichtekurven (Abb. 3,1) überein.

Die einzelnen Bäume der Dichtekurven aus dem Moor Höhenbiel (Abb. 3,1) müssen nun anhand der angegebenen Anzahl Jahrringe und der C14-Daten mit den einzelnen Bäumen der Abbildung 2 identifiziert werden. Zu der abgebildeten Länge der einzelnen Hölzer (Abb. 3,1) sind zusätzliche Jahrringe zu zählen, deren Anzahl jeweils in der gleichen Abbildung mit «+ Jahren» angegeben ist. Anschliessend werden die BP-Daten der Einzelkurven kalibriert und durch wiggle-matching[15] absolut

datiert, womit die Mittelkurve Höhenbiel 3 absolut eingepasst ist. Die Identifizierung erfolgt immer von Abbildung 3,1 nach Abbildung 2:

- Identifizierung von HB1a: Angegeben sind ca. 483 Jahrringe. BP innen muss ca. 5600 BP, aussen ca. 5100 BP sein. Die einzige Möglichkeit nach Ausschlussverfahren ist auf Abbildung 2, HB3 (500 Jahrringe), mit folgender Datierung: 5100±90 BP (aussen).
- Identifizierung von HB2a: Angegeben sind ca. 200 Jahrringe. BP innen muss ca. 5467 BP, aussen ca. 5265 BP sein. Die einzige Möglichkeit nach Ausschlussverfahren ist auf Abbildung 2, HB8 (200 Jahrringe), mit folgender Datierung: 5320±90 BP (aussen).
- Identifizierung von HB3a: Angegeben sind 180 Jahrringe. BP innen muss ca. 5220 BP, aussen ca. 5040 BP sein. Diese Kurve ist nicht identifizierbar, da es keine Übereinstimmungen gibt. HB3a (Abb. 3,1) könnte aber HB46 (Abb. 2) entsprechen, falls durch ein Tippfehler 270 statt 170 Jahre angegeben sind. Das würde folgende Datierung ergeben: 5220±90 BP (innen).
- Identifizierung von HB4a: Angegeben sind 255 Jahrringe. BP innen muss ca. 5360 BP, aussen ca. 5105 BP sein. In Frage kommen folgende zwei Möglichkeiten: Erstens HB15 mit 270 Jahrringen und Aussendatierung 5070±90 BP. Zweitens HB46 mit 270 Jahrringen und Innendatierung 5220±90 BP. Da die Datierung von HB15 näher bei derjenigen von HB4a liegt, ist HB4a wohl mit HB15 zu identifizieren.
- Identifizierung von HB5a: Angegeben sind 361 Jahr-

Labornr.	Alter BP	Baumnr.	i/a	Anzahl Jahrringe	Holzart	Baumnummer Abb.3
B-3'506	7'300 ± 90	HB59	i	490	Lärche	
B-3'821	7'060 ± 30	HB10	i	210	Lärche	
LJ-5'409	7'000 ± 100	HB58	i	300	Arve	
B-3'527	6'690 ± 70	HB47	i	350	Lärche	
B-3'525	5'820 ± 60	HB16	i	400	Lärche	
LJ-5'406	5'320 ± 90	HB8	a	200	Lärche	HB 2a
LJ-5'408	5'220 ± 90	HB46	i	270	Arve	HB 3a
B-3'188	5'100 ± 90	HB3	a	500	Lärche	HB 1a
LJ-5'338	5'070 ± 90	HB15	a	270	Lärche	HB 4a
B-3'524	4'760 ± 60	HB19	i	280	Lärche	
B-3'526	4'630 ± 60	HB25	a	310	Lärche	
UZ-407	4'460 ± 65	HB33	i	280	Lärche	
UZ-406	4'350 ± 80	HB30	i	250	Fichte	
UZ-409	4'245 ± 70	HB34	a	200	Fichte	
B-3'501	4'170 ± 70	HBS1	i	310	Lärche	
B-3'512	4'090 ± 60	HBS3	i	480	Lärche	
B-3'503	4'080 ± 70	HB54	i	360	Fichte	
B-3'822	4'060 ± 30	HB64	i	270	Fichte	
LJ-5'340	3'980 ± 60	HB9	i	180	Fichte	
B-3'505	3'850 ± 70	HB57	i	450	Arve	
LJ-5'341	3'620 ± 70	Hö10	i	170	Lärche	
B-3'186	3'390 ± 50	HB1	a	520	Lärche	
RZ-212	3'160 ± 80	HB6	i	250	Lärche	
B-3'187	3'090 ± 80	HB2	a	480	Lärche	
B-3'528	3'070 ± 70	HB52	i	220	Lärche	
RZ-217	3'050 ± 70	HB7	i	200	Arve	
B-3'189	2'730 ± 100	HB4	a	450	Arve	
Untermuss (Moos), 1'470 m.ü.M., Koordinaten 686700/164200						
B-3'495	3'510 ± 50	UM16	i	130	Fichte	
B-3'493	3'140 ± 40	UM5	i	170	Fichte	
B-3'530	2'950 ± 30	UM37	i	180	Fichte	
B-3'492	2'940 ± 60	UM4	i	220	Fichte	
B-3'497	2'790 ± 50	UM58	i	160	Fichte	
B-3'494	2'480 ± 70	UM8	i	150	Fichte	
B-3'498	2'280 ± 60	UM59	i	170	Fichte	
B-3'499	2'220 ± 60	UM60	i	130	Fichte	
B-3'496	1'800 ± 60	UM35	i	260	Fichte	
B-3'500	1'720 ± 60	UM61	i	170	Fichte	
Reussenbiel, 1'430 m.ü.M., Koordinaten 687200/164700						
LJ-5'410	3'810 ± 80	Reu4	i	130	Fichte	
B-3'532	3'500 ± 70	Reu12	i	220	Fichte	
UZ-408	3'115 ± 60	Reu6	i	150	Fichte	
B-3'507	2'750 ± 70	Reu1	i	240	Fichte	
B-3'508	2'710 ± 60	Reu3	i	330	Fichte	

Abb. 2. Die C14-Daten von fossilen Hölzern aus dem Urserental mit Labornummer, Alter BP, Baumnummer, Datierung des Holzes (innen/aussen), Anzahl Jahrringe, Holzart und Baumnummern der Abb. 3. Nach Renner 1982, 182 (Anhang).

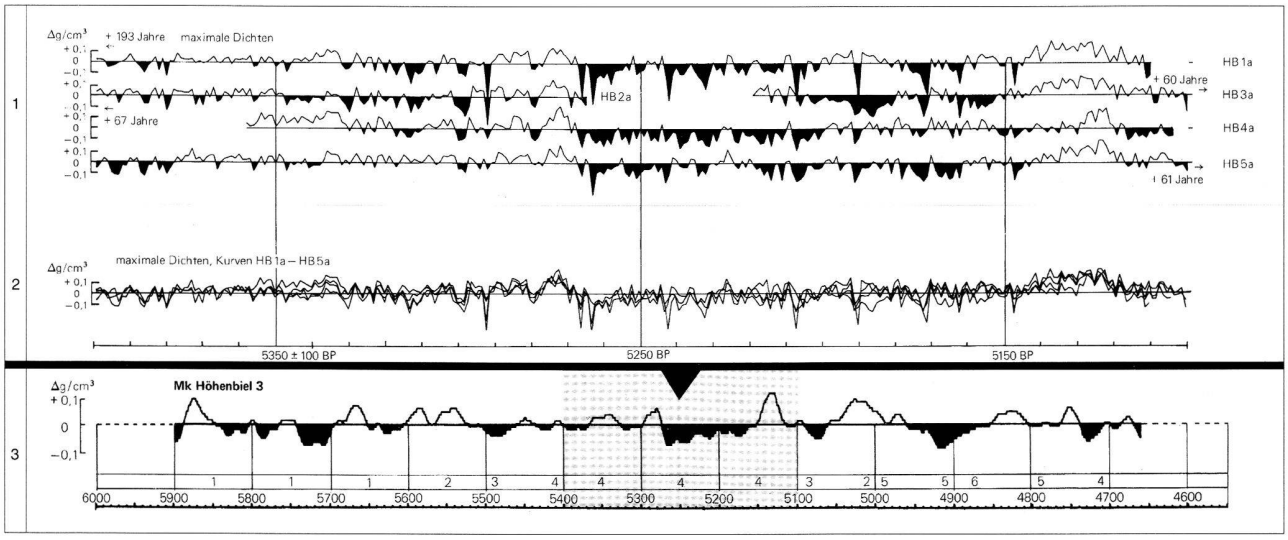

Abb. 3. Vergleich der fünf fossilen Einzelholzdichtekurven aus dem Moor Höhenbiel mit der Mittelkurve Höhenbiel 3. Der schwarze Pfeil und der graue Raster bezeichnen den Bereich der Einzelholzdichtekurven (3,1; 3,2) auf der Mittelkurve (3,3). 1 Maximale Dichtekurven von fünf fossilen Lärchen aus dem Moor Höhenbiel.; 2 Kurve maximaler Dichte von fünf fossilen Lärchen aus dem Moor Höhenbiel übereinander gezeichnet. Die gute Übereinstimmung der Kurven soll somit verdeutlicht werden; 3 Mittelkurve Höhenbiel 3 (s. Abb. 1), optisch korreliert mit den Einzelkurven Abb. 3,1. Nach Renner 1982, 136, Abb. 18 (1.2); nach Renner 1982, 167, Abb. 26 (3).

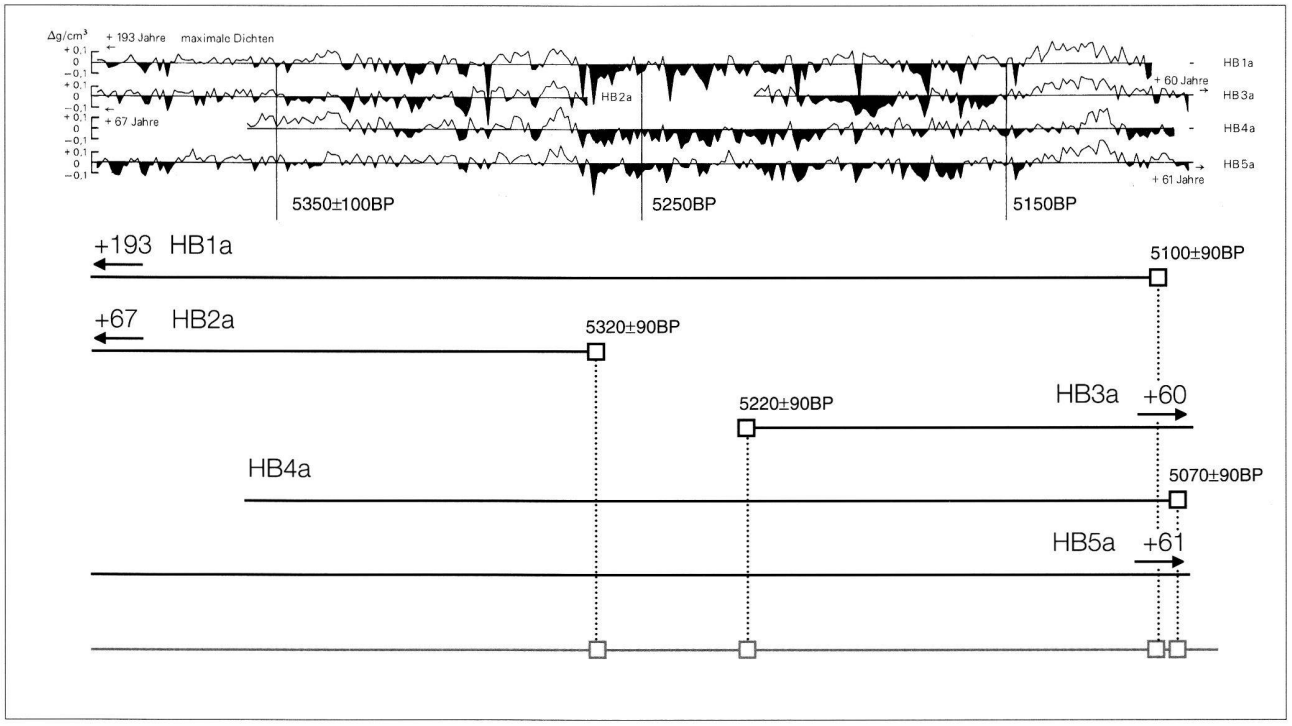

Abb. 4. Relative Abfolge der Einzelholzdichtekurven der Abb. 3,1 aus dem Moor Höhenbiel. Die kleinen Quadrate geben jeweils die Datierung des Holzes (innen/aussen) an (Daten siehe Abb. 2). Die vier Positionen auf der untersten Linie (heller Raster) sind mit den Abständen zueinander anschliessend auf die x-Achse der Abb. 5 eingetragen.

ringe, BP innen muss ca. 5400 BP, aussen ca. 5039 BP sein. Diese Einzelkurve ist nicht identifizierbar.

Bei allen anderen C14-datierten Hölzern (Abb. 2) existieren leider keine Einzelkurvendarstellungen. Aufgrund ihres C14-Datums müssen aber folgende Hölzer wahrscheinlich zur MK Höhenbiel 3 (Abb. 3,1) gerechnet werden:

- HB16: BP 5820±60 innen, 400 Jahrringe;
- HB19: BP 4760±60 innen, 280 Jahrringe;
- HB25: BP 4630±60 aussen, 310 Jahrringe.

Somit sind insgesamt sieben Bäume identifiziert, die wahrscheinlich zur MK Höhenbiel 3 gehören. Renner hat deren Belegungsdichte auf der ersten Zeile unter der Dichtekurve angegeben (Abb. 1); sie besteht aus mindestens sechs Bäumen. Die Belegung durch «unsere» sieben Einzelkurven soll nun auf einem Deckungsbild dargestellt werden (Abb. 4). Die Jahrringanzahl der einzelnen Bäume sowie Renners Vorschlag zur Korrelation der Einzelkurven (Abb. 3,1) erlauben es, die Kurven auf dem Deckungsbild zu positionieren. Die Jahrringreihe HB5a ist dabei hypothetisch ebenfalls eingepasst.

Wenn wir unser Deckungsbild mit der bei Renner angegebenen Belegungsdichte vergleichen, fallen Schwierigkeiten und Differenzen auf: Die Reihe HB16 gehört an den Anfang der Mittelkurve, wie die Anzahl Jahrringe, die Belegungsdichte und die Gesamtlänge von MK Höhenbiel 3 zeigen. Die Korrelation mit der Restkurve ist aber unsicher, da HB16 das einzige belegte Holz in diesem Bereich ist. Ausserdem ist die Jahrringreihe HB16 nicht als Einzelkurve dargestellt. Bei 5000 BP besteht auf unserem Deckungsbild eine Lücke, obwohl Renner hier eine Belegung von 2 bzw. 5 Hölzern angibt. Im Bereich zwischen 4950 BP und 4750 BP muss Renner aufgrund der Belegungsdichte von 5 oder 6 Bäumen mehrere Hölzer korreliert haben, deren einzelne Jahrringreihen und C14-Datierungen nicht angegeben sind. Ebenso muss er zwischen 5500 BP und 5300 BP ein weiteres, sonst unerwähntes Holz mit ca. 120 Jahrringen korreliert haben. Für uns ist also nur der Kurvenbereich von etwa 5400 BP bis etwa 5050 BP beurteilbar, da die Zeit vorher und nachher ungenügend belegt ist (Abb. 4).

Eine Kontrolle der anderen Mittelkurven Renners ist leider nicht möglich, da die Einzelholzdarstellungen in der Art wie Abbildung 3,1 fehlen. Eine Überprüfung der MK Höhenbiel 3 ist schon fast unmöglich, obwohl sie in der Publikation relativ gut (!) dokumentiert ist. Dass auch bei anderen Kurven mögliche Fehlkorrelationen vorliegen, belegt die MK Untermuss (Abb. 1). In der MK Untermuss treten im älteren Teil kalibrierte Daten des 4. Jtsd. v. Chr. und im jüngeren Kurventeil kalibrierte Daten des 2. Jtsd. v. Chr. auf (Abb. 2). Dies ergibt eine C14-Datierungsspanne von über 1000 Jahren bei einer Kurvenlänge von ca. 300 Jahren! Hier liegt wahrscheinlich eine falsche dendrochronologische Korrelation vor.

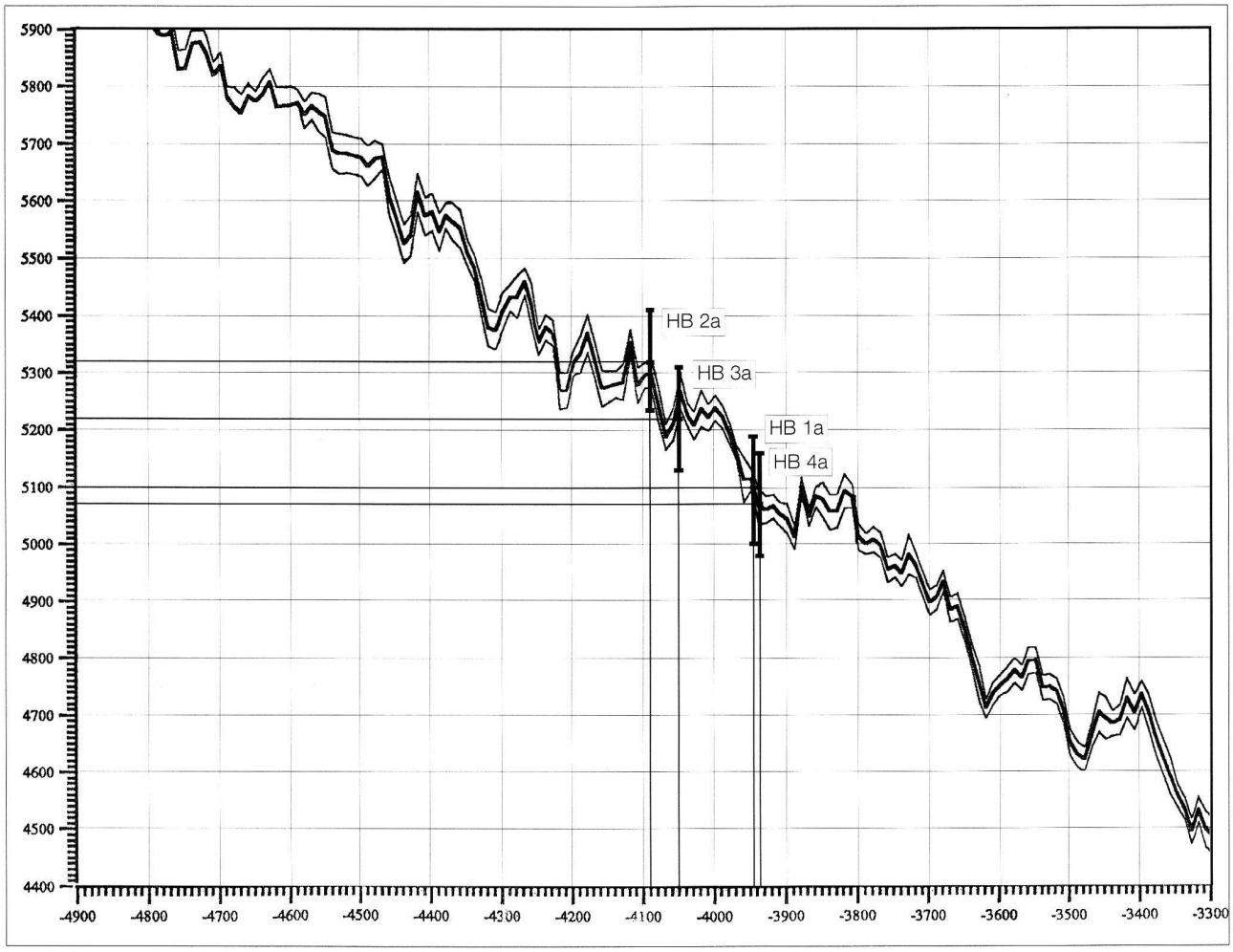

Abb. 5. Wiggle-matching des Datenpakets aus Abbildung 4 auf der Kalibrationskurve (y-Achse: Jahre BP; x-Achse: Kalenderjahre). Die vertikalen schwarzen Balken auf der Kalibrationskurve geben die Kalibrationsspanne der C14-Daten aus den Einzelholzdichtekurven HB2a, HB3a, HB1a und HB4a an. Wichtig ist, dass der Abstand der Daten innerhalb des Datenpakets nicht verändert und zur Datierung der ganze Datenblock verschoben wird. Die Datierungsgenauigkeit durch wiggle-matching beträgt lediglich etwa ±100 Jahre. Kalibrationskurve nach Stuiver/Becker 1993, von E. Gross-Klee zur Verfügung gestellt.

Absolute Datierung der Mittelkurve Höhenbiel 3

Die Einpassung der einzelnen Hölzer auf dem Deckungsbild (Abb. 4) liefert die Grundlage für die Kalibrierung der C14-Datierungen der Hölzer mittels wiggle-matching[16] (Abb. 5). Ziel ist es, die «schwimmende» MK Höhenbiel 3 absolut zu datieren.

Auf den durch die einzelnen Bäume belegten Abschnitten wird die Lage der C14-Proben eingetragen (Abb. 4: Quadrate mit hellem Raster), je nach dem, ob nach Renner die Probeentnahme innen oder aussen erfolgt ist (Abb. 2). Die Anzahl der Jahrringe der einzelnen Bäume ist bekannt. Deshalb wissen wir auch, wie viele Kalenderjahre die kalibrierten C14-Daten auseinander liegen sollten. Zum Beispiel ist dank der Korrelation der Einzelkurven (Abb. 3,1) klar, dass das C14-Datum des Baumes HB2a aussen gemessen wurde und kalibriert etwa 45 Kalenderjahre älter sein müsste als das innen gemessene C14-Datum des Baumes HB3a. Das heisst, wir kennen die jeweilige Position der C14-Daten auf der MK Höhenbiel 3.

Nun werden die unkalibrierten C14-Daten der MK Höhenbiel 3 als Datenpaket auf die Kalibrationskurve übertragen (Abb. 5). Ihre Lage innerhalb der MK Höhenbiel 3 in Kalenderjahren wird dabei natürlich beibehalten. Auf der Kalibrationskurve wird von Auge die optimale Position gesucht, das heisst, möglichst viele C14-Daten sollen auf der Kalibrationskurve liegen:

Optimal ist ein Beginn der MK Höhenbiel 3 bei etwa 4400–4370 v. Chr. Höchst- bzw. Mindestwert für den Beginn sind 4430 bzw. 4350 v. Chr. Die Datierungsgenauigkeit der MK Höhenbiel 3 beträgt 70 Jahre, sie ist also immer noch «schwimmend». Eine jahrgenaue Datierung durch wiggle-matching ist nicht möglich.

Der jüngere Datenblock der MK Höhenbiel 3 nach 5000 BP ist allerdings problematisch, da es nicht mög-

lich ist, die relative Abfolge der C14-Daten der Hölzer HB19 und HB25 zu ermitteln, die Werte somit beim wiggle-matching nicht auf der Kalibrationskurve liegen. HB19 und HB25 sind auch jene beiden Hölzer, deren Korrelation mit der MK Höhenbiel 3 für uns nicht überprüfbar ist. Möglicherweise sind diese Schwierigkeiten letztlich auf eine Klimakrise im 37. Jh. v. Chr. zurückzuführen. Aus den Jahrzehnten vor 3620 v. Chr. liegen vom Bielersee und vom Zürichsee ebenfalls fast keine Dendrodaten vor, vermutlich aufgrund einer Kaltphase mit hohem Wasserstand in den Jahren um 3650 v. Chr.[17] Auf ihrer jetzigen Position müssen die beiden Daten der Hölzer HB19 und Hb25 als Fehldatierungen betrachtet werden. Vermutlich ist der jüngere Teil der MK Höhenbiel 3 am falschen Ort eingepasst. Der von Renner postulierte Mittelkurvenaufbau nach ca. 5000 BP bzw. 3800 v. Chr. muss deshalb nicht beibehalten werden. Eine neuer Versuch zur Datierung der C14-Daten der Hölzer HB19 und HB25 ist ohne zusätzliche Angaben nicht möglich, da die Kalibrationskurve in diesem Bereich stark schwankt. Zudem ist der zeitliche Abstand zwischen HB19 und HB25 nicht bekannt; die beiden Daten können unabhängig voneinander verschoben werden.

Vergleich von Dichtekurven mit klimatischen Angaben

Ein Vergleich der MK Höhenbiel 3 mit Schlagdaten der Seeufersiedlungen ist leider praktisch nicht möglich, da der ältere Teil der Kurve nicht im Bereich dendrodatierter Ufersiedlungen liegt (Abb. 6,5.6). Ausserdem bieten C14-Datierungen von Siedlungen des späten 5. Jtsd. Probleme, da die Kalibrationskurve in diesem Bereich stark schwankt.

Aufschlussreich kann der Vergleich von MK Höhenbiel 3 mit den Schwankungen der Sonnenaktivität sein (Abb. 6), die sich ihrerseits in den Schwankungen des atmosphärischen C14-Gehaltes abbilden (Abb. 6,2).[18] Es ergeben sich tatsächlich gewisse Übereinstimmungen in den beiden Kurvenverläufen, so etwa bei den Minima um 4310, 4250–4180, 4030, 3900 und 3690–3580 v. Chr. Auch die Maxima entsprechen sich in ihrer Tendenz – allerdings mit einer gewissen Verzögerung der höheren Dichtewerte.

Anhand von zwei neuzeitlichen Beispielen überprüfen wir nun noch die Übertragbarkeit der Densitometrie auf die Klimaentwicklung.[19] Die MK Lauenen ist absolut datiert und umfasst den Zeitraum von ca. 1300 bis in die Gegenwart (Abb. 1.7,2).[20] Sie ist daher für den Vergleich mit historischen Angaben geeignet.

Zum ersten Beispiel: Pfister[21] hat historische Nachrichten zum Klima in der frühen Neuzeit – die sogenannte kleine Eiszeit (1565–1860) – untersucht. Diese Angaben beziehen sich nicht spezifisch auf die Spätsommer, sondern auf das ganze Jahr. Sie sind deshalb nicht unmittelbar auf die Kurven maximaler Dichte übertragbar. Die Periode zwischen 1565–1630 wies kühle und nasse Sommer auf. Die Temperaturen gingen in den Jahren 1570–1579 in allen Monaten des Jahres sehr stark zurück. Dazu kam die extrem lange Schneedauer in den Jahren 1570/71 und 1572/73. Die Holzdichtekurven (Abb. 7,2) erlauben folgende Aussagen: Im Zeitraum zwischen 1470 und 1570 liegt die Dichte mehrheitlich über dem Durchschnitt. Darauf folgt eine 70–80 Jahre dauernde Phase unterdurchschnittlicher maximaler Dichte. Das Jahr 1570 deutet auf einen Wendepunkt von einer wärmeren zu einer kühleren Klimaphase hin. Die C14-Kurve als Indikator für die Sonnenaktivität (Abb. 7,1) stimmt leider genau im Zeitraum von 1570–1640 nicht mit der Dichtekurve und den historischen Angaben überein, obwohl die Tendenzen in den übrigen Bereichen der Kurve mit den Schwankungen der Dichtekurve durchaus vergleichbar sind. Wenn die Dichtekurve und die historischen Angaben korrekt sind, würde dies den Beobachtungen von Klee-Gross/Maise widersprechen. Der Grund dafür ist freilich unklar.[22]

Zum zweiten Beispiel: Chroniken aus Klöstern mit Weinanbau oder besonders Weinchroniken eignen sich besonders gut für einen Vergleich mit den Dichtekurven, da gerade die Spätsommertemperaturen für den Weinbau wichtig sind. Schon Lamprecht[23] hat diese schriftlichen Zeugnisse mit Holzdichtewerten verglichen. Die «warmen» Spätsommer der MK Lauenen korrelieren mehrheitlich mit Jahren, die nach Lamprecht «warme» Spätsommer gehabt und hohe Dichtewerte geliefert haben (Abb. 7). Umgekehrt korrelieren auch die «kalten» Spätsommer mehrheitlich.

Fazit

Die Jahrringdichtemessung ist für die Klima- und Vegetationsgeschichte sowie für die Archäologie eine vielversprechende Methode. Es bestehen Kontrollmöglichkeiten mit historischen, archäologischen und anderen klimageschichtlichen Indikatoren (z. B. C14-Gehalt).

Leider wurden die bestehenden Jahrringdichtekurven zu einem Zeitpunkt ermittelt, als weder die Dendrochronologie noch die C14-Datierung ausreichend erprobt waren. Die Positionen der C14-Proben wurden nicht vermerkt und sind somit nicht weiterverwendbar. Die Dokumentation zu den Dichtekurven ist für nachträgliche Kontrollen oder Ergänzungen zu wenig ausführlich. Klimatologische Aussagen aufgrund der Tabellen Renners sind unzulässig, auch nicht wenn nur BP-Daten verwendet werden. Sie illustrieren aber heute die Mög-

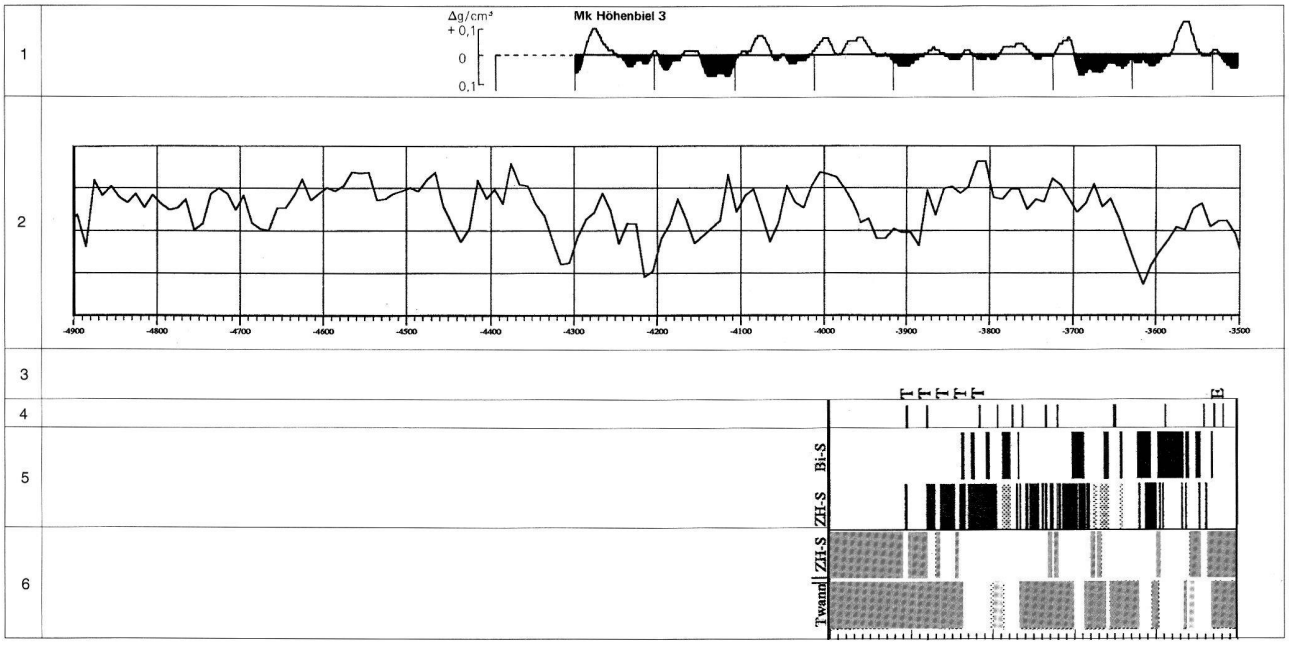

Abb. 6. Korrelation der Mittelkurve Höhenbiel 3 mit der Kurve des atmosphärischen C14-Gehalts, mit den Regressionen und Transgressionen an Zürich und Bielersee und den Indikatoren für Vulkanismus. 1 MK Höhenbiel 3; 2 C14-Gehalt. Dargestellt ist nur die Kurve der Zentralwerte, da bei den Schwankungen der C14-Konzentration nur der Kurvenverlauf und nicht die absoluten Werte entscheidend sind; 3 Seetiefstände und Schichterhaltung. T = Tiefstände, E = Erosionsphasen; 4 Vulkanausbrüche, nachgewiesen durch Schwefelsäurekonzentrationen im Grönlandeis; 5 Regressionen. ZH-S = am Zürichsee nachgewiesene Schlagphasen (heller Raster: nicht durch Waldkanten datierte oder nur durch die stratigraphische Sequenz datierte Siedlungsphasen), B-S = Bielersee; 6 Transgressionen (Seekreideschicht). Twann = in der Stratigraphie von Twann nachgewiesene Transgressionsschichten (heller Raster unsichere Zuweisung). ZH-S = am Zürichsee nachgewiesene Transgressionsphasen. Nach Renner 1982, 167, Abb. 26 (1); von E. Gross-Klee zur Verfügung gestellt (2); nach Gross-Klee/Maise 1997, 89, Abb. 1, Kolonne 5 (3); nach Gross-Klee/Maise 1997, 89, Abb. 1, Kolonne 4 (4); nach Gross-Klee/Maise 1997, 89, Abb. 1, Kolonne 3 (5); nach Gross-Klee/Maise 1997, 89, Abb. 1, Kolonne 1 (6).

lichkeiten, die die Densitometrie birgt. Renners Arbeit könnte so Anlass für Untersuchungen mit neueren Methoden bieten.

Es ist zu hoffen, dass die Dichtekurven mit umfangreicherem Probenmaterial, ausführlicher dendrochronologischer Dokumentation sowie gezielten C14-Datenserien neu aufgebaut werden. Die C14-Proben sollten aus kurzen Jahrringblöcken (5–10 Jahre), die in die Mittelkurven eingebaut sind, entnommen und mit Hochpräzissionsmessungen datiert werden.[24] Das Ziel muss eine möglichst genaue Datierung der Dichtekurven sein, was eine intensive interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Dendroklimatologie und Archäologie voraussetzt.

Tünde Maradi
Institut für Ur- und Frühgeschichte und Archäologie
der römischen Provinzen
Bernastrasse 15A
3005 Bern

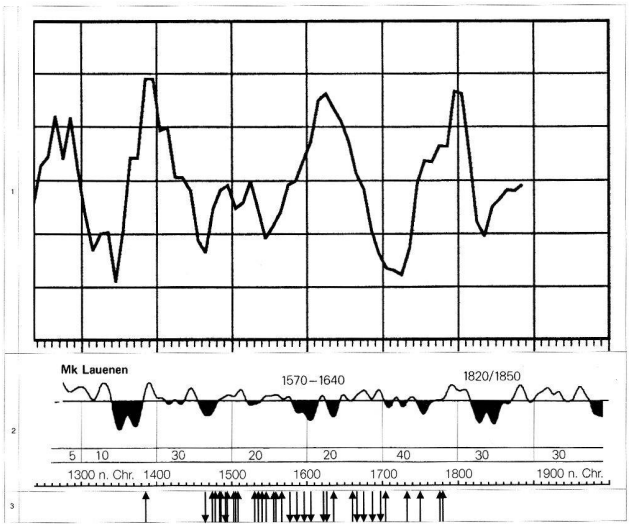

Abb. 7. Korrelation der absolut datierten Mittelkurve von Lauenen (s. Abb. 1) mit den Schwankungen der C14-Konzentration als Indikator für die Sonnenaktivität und mit Angaben zu Witterungsverhältnissen aus Chroniken. 1 Schwankungen der C14-Konzentration als Indikator für die Sonnenaktivität; 2 Mittelkurve Lauenen mit Belegungsdichte (Anzahl Bäume) sowie Zeitskala; 3 Pfeil gegen oben = heisser oder dürrer Spätsommer oder gute Weinqualität. Pfeil gegen unten = kalter oder feuchter Spätsommer, saurer Wein. Von E. Gross-Klee zur Verfügung gestellt (1); nach Lamprecht 1978 (3); nach Renner 1982, 167, Abb. 26 (2).

Anmerkungen

Ich danke Eduard Gross-Klee, Adriano Boschetti und Esther Verena Schmid für ihre Unterstützung. Der vorliegende Artikel ist die Zusammenfassung meiner am Institut für Ur- und Frühgeschichte und Archäologie der römischen Provinzen der Universität Bern abgegebenen Seminararbeit.

1 Schibler et al. 1997, 329–367.
2 Renner 1982; Bircher 1982; Haas/Richoz et al. 1998; Winiger 1984; Jacomet/Magny et al. 1995.
3 Renner 1982.
4 Zuletzt Pfister/Luterbacher et al. 1999.
5 Renner 1982, 141.
6 Zur Herleitung der Kurven: Lenz/Schaer et al. 1976, Schweingruber/Bräker et al. 1979 und Schweingruber/Ruoff 1979.
7 Renner 1982, 153.
8 Schweingruber/Bräker et al. 1979; Bircher 1982.
9 Renner, 1982, 151.
10 Renner 1982, 132.
11 Renner 1982, 156.
12 Renner 1982, 137, Fig.18.
13 Renner 1982, 166, Fig.26.
14 Renner 1982, Anhang, zweite Seite.
15 Zur Methode des wiggle-matching im nächsten Kapitel.
16 Wiggle-matching ist eine Methode der Auswertung von C14-Daten. Ausführlichere Angaben zum Thema sind zu finden bei Weninger 1997; Kurzform s. in diesem Jahrbuch S. 62, Anm. 28.
17 Maise 1997, 339.
18 Auf den Zusammenhang zwischen atmosphärischem C14-Gehalt bzw. Sonnenaktivität und Klima haben schon Gross-Klee/Maise 1997 eingehend hingewiesen.
19 Pfister 1980, Lamprecht 1978, Maise 1997; 1998.
20 Ein Vergleich der MK Lauenen mit den Schwankungen des atmosphärischen C14-Gehaltes ergibt leider fast keine Übereinstimmung. Dies im Gegensatz zum oben erwähnten Vergleich der MK Höhenbiel 3 mit den Schwankungen des atmosphärischen C14-Gehaltes (Abb. 6). Es ist unklar, worauf dies zurückzuführen ist.
21 Pfister 1980, 187f.
22 Gross-Klee/Maise 1997, Abb. 1. Auf dieses Problem hat Ch. Maise später hingewiesen (Schibler/Hüster-Plogmann et al. 1997, 335–342). Nach Maise ergeben sich Probleme im Bereich der C14-Maxima nach 4000, nach 3660 und nach 3530 v.Chr. Wahrscheinlich weil exakte Korrelationen nur in Phasen ohne ausserordentliche Schwankungen möglich sind. Für die Zeit von 1570–1640 (Kleine Eiszeit) ist vermutlich aus dem gleichen Grund keine Korrelation möglich.
23 Lamprecht 1978.
24 Stuiver 1993.

Bibliographie

Bircher, W. (1982) Zur Gletscher- und Klimageschichte des Saastales. Glazialmorphologische und dendroklimatologische Untersuchungen. Physische Geogr. 9. Zürich.

Gross-Klee, E./Maise, Ch. (1997) Sonne, Vulkane und Seeufersiedlungen. JbSGUF 80, 85–94.

Haas, J. N./Richoz, I/Tinner, W. et al. (1998) Synchronous Holocene climatic oscillations recorded on the Swiss Plateau and at timberline in the Alps. The Holocene 8, 301–309.

Jacomet, S./Magny, M./Burga, C.A. (1995) Klima und Seespiegelschwankungen im Verlauf des Neolithikums und ihre Auswirkungen auf die Besiedlung der Seeufer. In: SPM I, Neolithikum, 53–58. Basel.

Lamprecht, A. (1978) Die Beziehung zwischen Holzdichtewerten von Fichten aus subalpinen Lagen des Tirols und Witterungsdaten aus Chroniken im Zeitraum von 1370–1800 AD. Ungedr. Diplomarbeit am Geogr. Inst. der Univ. Zürich. Zürich.

Lenz, O./Schaer, E./Schweingruber, F.H. (1976) Methodische Probleme bei der radiographisch-densitometrischen Bestimmung der Dichte und der Jahrringbreiten von Holz. Holzforschung 30, 114–123.

Maise, Ch. (1997) Der klimageschichtliche Hintergrund. In: Schibler/Hüster-Plogmann et al. 1997, 335–342.

Maise, Ch. (1998) Archäoklimatologie – Vom Einfluss nacheiszeitlicher Klimavariabilität in der Ur- und Frühgeschichte. JbSGUF 81, 197–235.

Pfister, Ch. (1980) Klimaschwankungen und Witterungsverhältnisse im schweizerischen Mittelland und Alpenvorland zur Zeit des «Little Ice Age». Die Aussage der historischen Quellen. In: H. Oeschger/B. Messerli/M. Svilar (Hrsg) Das Klima. Analysen und Modelle, Geschichte und Zukunft, 175–190. Berlin/Heidelberg/New York.

Pfister, Ch./Luterbacher, J./Brändli, D. (1999) Wetternachhersage: 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen (1496–1995). Bern.

Renner, F.B. (1982) Beiträge zur Gletschergeschichte des Gotthardgebietes und dendroklimatologische Analysen an fossilen Hölzern. Physische Geogr. 8. Zürich.

Schibler, J./Hüster-Plogmann, H./Jacomet, S. et al. (1997) Ökonomie und Ökologie neolithischer und bronzezeitlicher Ufersiedlungen am Zürichsee. Ergebnisse der Ausgrabungen Mozartstrasse, Kanalisationssanierung Seefeld, AKAD/Pressehaus und Mythenschloss in Zürich. Monographien der Kantonsarchäologie Zürich 20A. Zürich/Elgg.

Schweingruber, F.H./Bräker, O.U./Schaer, E. (1979) Dendroclimatic studies on conifers from central Europe and Great Britain. Boreas 8, 427–452.

Schweingruber, F.H./Ruoff, U. (1979) Stand und Anwendung der Dendrochronologie in der Schweiz. ZAK 36, 69–90.

Stuiver, M. (1993) A note on single-year calibration of the radiocarbon time scale, AD 1510–1954. Radiocarbon 35, 67–72.

Stuiver, M./Becker, B. (1993) High-precision decadal calibration of the radiocarbon scale AD 1950–6000 BC. Radiocarbon 35, 35–65.

Weninger, B. (1997) Studien zur dendrochronologischen Kalibration von archäologischen C14-Daten. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 43. Bonn.

Winiger, J. (1984) Nachtrag zum Pfahlbauproblem. HA 57/60, 83–92.