

Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte	Band	Seite	Hildesheim 1989
NNU	58	281—290	Verlag August Lax

Verfeinerte Regional- und Standortchronologien durch Clusteranalysen

Von

Hanns-Hubert Leuschner und Thomas Riemer

Mit 5 Abbildungen

Zusammenfassung:

Nach einem allgemeinen Teil zum Verständnis der Möglichkeiten und Grenzen dendrochronologischer Datierungen wird ein statistisches Verfahren aufgezeigt, mit dessen Hilfe sich Jahrringbreitenkurven entsprechend ihrer regionalen und standörtlichen Herkunft gruppieren („clustern“) lassen. Dadurch ergeben sich zum einen Hinweise auf die Herkunft von bauhistorischen und archäologischen Hölzern, zum anderen kann unter günstigen Voraussetzungen das Alter bislang undatierbarer Hölzer mit Hilfe der Cluster-Mittelkurven und Chronologien dendrochronologisch bestimmt werden.

In seinem lesenswerten Buch „*Tree-Ring Dating and Archaeology*“ faßt der irische Dendrochronologe BAILLIE (1982) auf drei Seiten knapp zusammen, was ein Archäologe über Dendrochronologie wissen sollte. Die einleitenden Sätze zu diesem Teil möchten wir hier nicht vorenthalten:

„Surprisingly this is not a long section. The plain fact of the matter is that dendrochronology is only ever difficult to the dendrochronologist. To the archaeologist, who supplies samples for dating there are only three possible outcomes. Either he gets dates or he does not (the third possibility is that the dates are wrong). Let us therefore divide the problem into two“.

Wir werden es also im folgenden mit dem Problem zu tun haben, warum es datierbare und undatierbare Proben gibt und wie man letzteren durch verfeinerte Analysemethoden u. U. doch noch beikommen kann. Die meisten Archäologen kennen eine der üblichen Abbildungen, mit denen das Prinzip der dendrochronologischen Datierung und des Überbrückungsverfahrens veranschaulicht wird (*Abb. 1*): Die Grundlage der dendrochronologischen Datierung besteht darin, daß sich gleichzeitig gewachsener Bäume in ihren Jahrring-Wuchskurven so ähnlich sind, daß sie in ihrer zeitlichen Stellung einander eindeutig zugeordnet werden können. Die klimatisch bedingten Ringbreitenschwankungen sind nun — vergleichbar einem Fingerabdruck — charakteristisch für die Zeit, in der der Baum gewachsen ist. Mit Hilfe des sogenann-

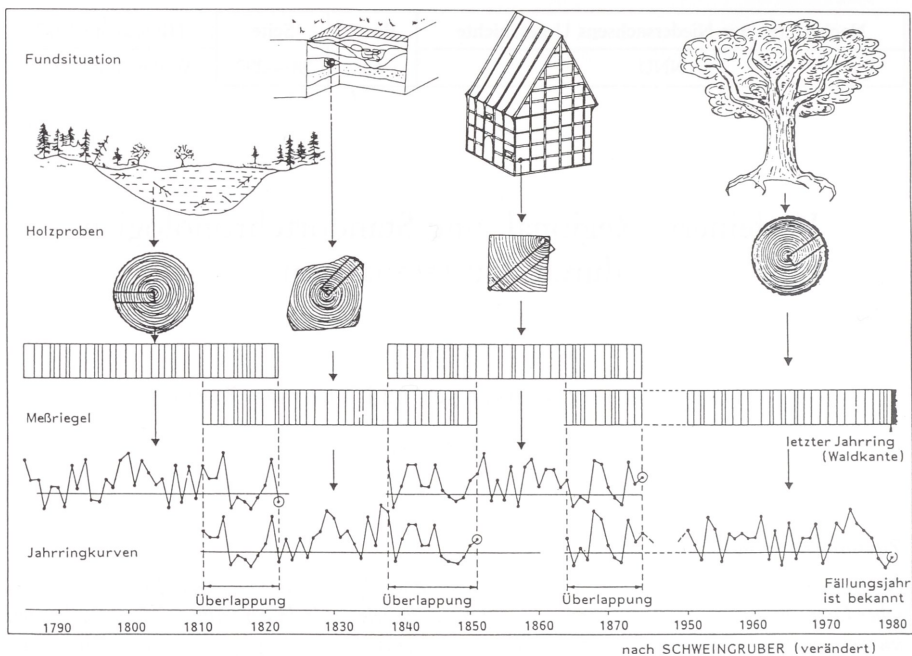


Abb. 1

Schematische Darstellung des Überbrückungsverfahrens als Basis der dendrochronologischen Datierung (nach SCHWEINGRUBER 1983, verändert).

ten Überbrückungsverfahrens werden sehr lange Jahrringserien aufgebaut, indem man die Ringfolgen rezenter Bäume mit bekanntem Fälljahr sukzessiv durch immer älteres Material in die Vergangenheit verlängert. Diese langen künstlichen Jahrringfolgen oder Chronologien dienen dann als Grundlage für die Datierung von Proben mit unbekanntem Alter. Durch die Untersuchung tausender Holzproben aus Fachwerkbauten, archäologischen Funden, Kiesgruben und Mooren sind inzwischen für Nord- und Süddeutschland Eichenchronologien aufgebaut worden, die bis in das Mesolithikum reichen (LEUSCHNER & DELORME 1986; BECKER & SCHMIDT 1988).

Nun ist die in *Abb. 1* gezeigte Ähnlichkeit der Kurven untereinander natürlich idealisiert schön. Die Wirklichkeit ist u. U. ganz anders, wie *Abb. 2* zeigt: Wir sehen die Jahrringkurven von zwei rezenten Bäumen mit bekanntem Fälljahr von benachbarten, in bezug auf ihren Bodentyp sehr unterschiedlichen Standorten. Baum A wuchs auf einem feuchten, lehmigen Boden, Baum B dagegen auf einer geringmächtigen Jurakalk-Verwitterungsschicht über Sandstein. Zwischen beiden Kurven ist keine Ähnlichkeit zu erkennen, eine Datierung wäre unmöglich. Wenn man dagegen statt Baum B die Kurve eines Baumes C nehme, der 100 km entfernt auf einem ähnlichen Standort wie A gewachsen ist, könnte man annehmen, daß beide Bäume aus dem gleichen Bestand sind. Offensichtlich beeinflussen hier also Standortunterschiede das

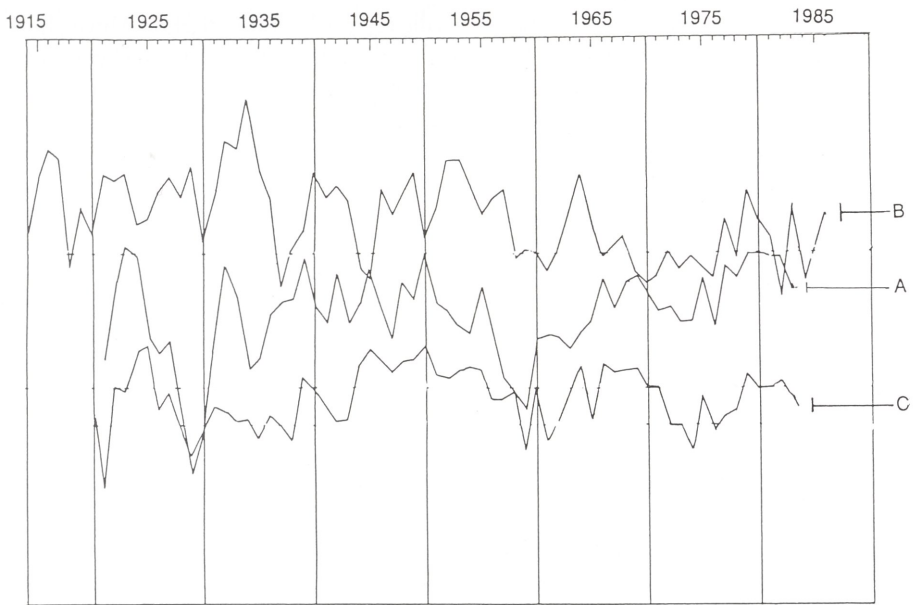


Abb. 2

Vergleich synchroner Wuchskurven von Eichen dreier norddeutscher Standorte (A: Helmstedt, B: Knesebeck, C: Diensthopp).

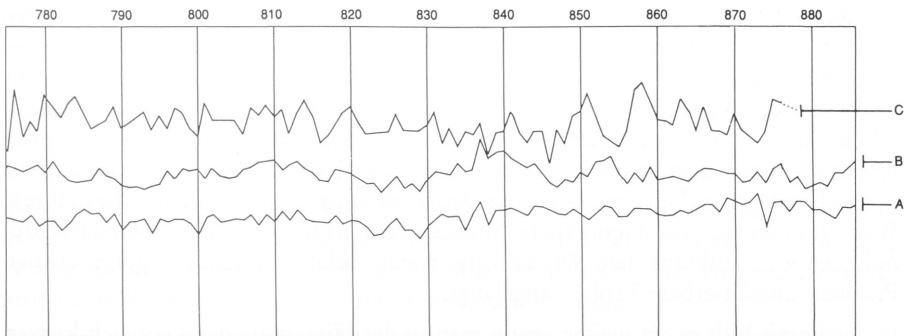


Abb. 3

Standardkurven Westdeutschland (A), Norddeutsche Torfeichenchronologie (B) und Einzelkurve einer Torfeiche (C) im Zeitraum 780—880 AD.

Dickenwachstum der Bäume viel stärker als die regionalen klimatischen Abweichungen. Diese Problematik finden wir besonders in Norddeutschland, wo in enger räumlicher Verzahnung Trocken- und Feuchtstandorte nebeneinander vorliegen.

Wie wird nun die Dendrochronologie mit solchen Wachstumsunterschieden fertig? Im ersten Ansatz gar nicht, ein gegen Ende der 50er Jahre begonnener Versuch, in Norddeutschland Chronologien aufzubauen, wurde zunächst aufgegeben (WEITLAND 1960). Erst später zeigte sich mit den Arbeiten von ECKSTEIN (1969) in Hamburg und DELORME (1972) in Göttingen, daß auch hier erfolgreich die Dendrochronologie als Standard-Datierungsverfahren eingesetzt werden kann.

Die Wurzel für diesen Erfolg liegt darin, daß der Dendrochronologe in der Regel nicht mit den Einzelkurven als Vergleichsbasis arbeitet, sondern die datierten Kurven mittelt und zu durchschnittlichen Wuchskurven, z. B. für einen Fundort oder eine Region, zusammenfaßt. Unter Mittelkurvenbildung verstehen wir also die Berechnung der durchschnittlichen Ringbreite der einzelnen Wuchsjahre für ein bestimmtes Probenkollektiv. Man geht dabei hierarchisch folgendermaßen vor:

Zunächst werden Einzelkurven eines Standortes oder eines Fundkomplexes, die i. d. R. untereinander sehr ähnlich sind, zu lokalen Standort- bzw. Fundort-Mittelkurven gemittelt. Die nächste Vereinigung erfolgt auf regionaler Ebene, wir erhalten Regionalchronologien, denen dann noch weiter gefaßte Gebiets- und sog. „Standard“-Chronologien folgen. Das Mitteln hat hauptsächlich den Effekt, daß die individuellen und kleinstandörtlichen Unterschiede eliminiert werden. Dadurch sind sich Mittelkurven aus verschiedenen Regionen ähnlicher als die jeweiligen Einzelkurven.

Mit zunehmender hierarchischer Mittelung der Ringfolgen konzentriert sich die Information auf den allen Proben gemeinsamen charakteristischen überregionalen Einfluß. Die Standardchronologien ermöglichen also die Datierung von Funden unterschiedlicher Standorte.

Mit dieser Konzentration geht allerdings auch ein Verlust an Information einher, den man an der zunehmenden „Verflachung“ der Chronologien erkennt. Als Beispiel zeigt *Abb. 3* die westdeutsche Eichenchronologie des Trierer Labors (HOLLSTEIN 1980) für den Zeitraum 780–880 n. Chr. im Vergleich mit der Göttinger norddeutschen Chronologie. In Anbetracht der beträchtlichen regionalen Distanz zwischen beiden Chronologien ist die Übereinstimmung der Kurven ausgesprochen gut. Nur — und hier liegt das Dilemma — für die Datierung einer einzelnen Probe, die in ihrem Wachstum sensitiv auf standörtliche Einflüsse reagiert hat, sind solche Standardchronologien u. U. unbrauchbar. Wir sind also wieder bei dem eingangs angesprochenen Problem „undatierbare Probe“ angelangt.

In der Praxis hilft es oft weiter, wenn man in der Hierarchie der Vergleichskurven wieder tiefer geht und regionale oder sogar lokale Chronologien zur Datierung heranzieht. Sie repräsentieren nämlich u. U. bestimmte, in eben dieser Region weit verbreitete Standortbedingungen und sind somit für diese charakteristisch. Um ein Beispiel zu nennen: ein Grabungsholz aus Osnabrück, das von einer trockenen Sanddüne stammt, läßt sich eher mit einer Chronologie aus dem Lüneburger Gebiet als mit der

benachbarten Kurve für das westliche Weserbergland datieren. Nur: Solche Vergleiche sind unsystematisch, der Erfolg Glücksache.

Die ideale Lösung besteht theoretisch darin, überregional Proben ähnlicher Standorte zusammenzufassen, um die Vorzüge der Standardchronologien mit denen der lokalen (Standort-)Kurven zu vereinen. Dazu müssen jedoch zunächst auf regionaler Ebene die Proben nach ihren Standorten unterschieden werden. Dies ist bei rezenten Hölzern kein Problem, hier kennen wir ja die genaue Herkunft. Anders ist es bei Bauhölzern oder bei Grabungsfunden, wo u. U. sogar ein Import des Holzes in Betracht kommt. Hier bieten sogenannte „Clusteranalysen“ einen geeigneten methodischen Ansatz. Clusteranalysen sind statistische Verfahren, die aus einem Kollektiv diejenigen Proben erkennen und ausweisen, die untereinander in bezug auf bestimmte Merkmale besonders ähnlich sind. Die Methode wird hauptsächlich in den Sozialwissenschaften und in der systematischen Biologie angewandt. Um sie auf unsere Fragestellung zu übertragen, mußten zunächst statistische Methoden zur Berechnung eines Parameters entwickelt und getestet werden, der die Ähnlichkeit zwischen den Jahrringkurven in Form eines Abstandsmaßes beschreibt¹.

Diese Abstandswerte gehen dann in Form einer Dreiecksmatrix in die eigentlichen Clusteranalysen ein. *Abb. 4* zeigt beispielhaft eine solche Dreiecksmatrix und als Resultat die graphische Darstellung der Clusteranalyse. Als Proben für dieses Beispiel haben wir rezente Eichen aus einem Bestand im Moorgebiet nördlich Meppen (Emsland) gewählt, der ausgeprägte kleinstandörtliche Unterschiede ausweist (*Abb. 4a*): Die Eichen wachsen hier auf einem trockenen Hochmoorsockel (Nr. 9–11), im feuchten Niedermoor (Nr. 1–6) sowie im Übergangsbereich (Nr. 7 u. 8).

Die Zahlen in der Dreiecksmatrix geben als Abstandsmaß die Ähnlichkeit zwischen den Jahrringfolgen der Bäume an. Sie ist um so größer, je kleiner die Zahl ist. Die Ergebnisse der Clusteranalyse lassen sich in der graphischen Darstellung gut erfassen: Das EDV-Programm sortiert die Proben (= Elemente) von der Reihenfolge her so, daß sie gemäß ihrer Ähnlichkeit benachbart angeordnet sind. Als Maß für diese Ähnlichkeit zwischen Elementen oder Elementgruppen (= Clustern) dienen die in der x-Achse aufgetragenen Werte: Sie ist umso größer, je länger die zwischen den Elementen bzw. Clustern gezogenen XXX-Balken sind.

Die Abgrenzung zwischen Clustern nimmt das Programm nicht automatisch vor, sie erfolgt sinnvollerweise an den Stellen, wo die Einschnitte markant sind. Bei unserem Beispiel liegt der tiefste Einschnitt zwischen den Probegruppen 1–8 und 9–11, also zwischen dem Feucht- und dem Trockenstandort. Der zweitstärkste Einschnitt trennt die Bäume des Übergangsbereichs von denen des Feuchtstandorts. Probe Nr. 11 zeigt zu allen anderen Bäumen nur geringe Ähnlichkeit, hier enthielt die Holzprobe eine Verwachsung und somit Störung der Ringfolge.

Bei kleineren Probenkollektiven ist demnach die Clusteranalyse ein geeignetes statistisches Werkzeug zur Trennung von Standort-Untergruppen. Aber auch Tests mit

¹ Ausführliche Darstellungen von LEUSCHNER/RIEMER zur dendrochronologischen Anwendung und zu den statistischen Grundlagen der Clusteranalysen von Jahrringfolgen sind in Vorbereitung.

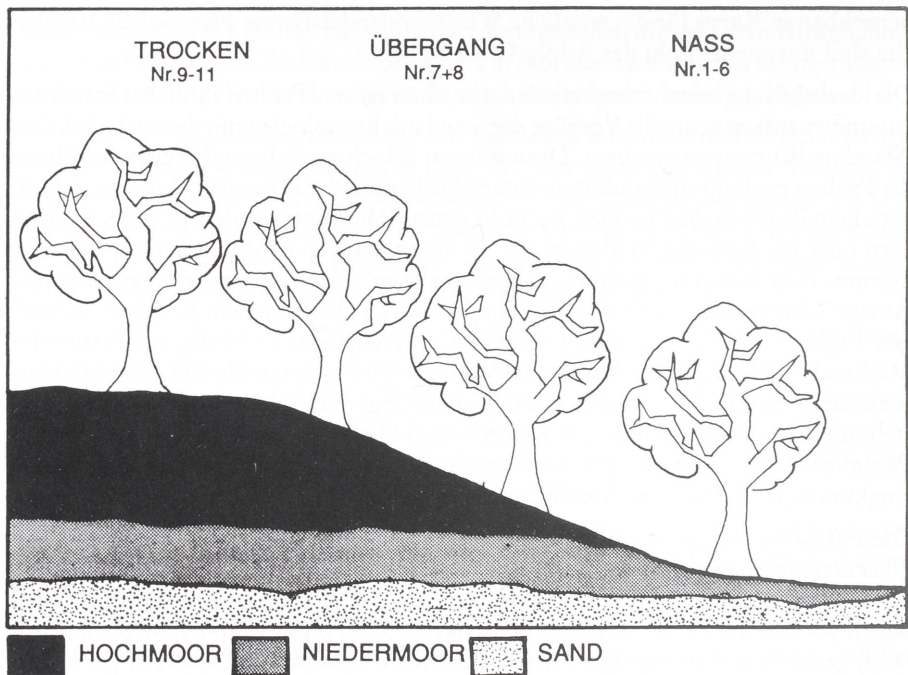


Abb. 4

Ergebnisse der Clusteranalyse an Jahrringfolgen von 11 rezenten Eichen des Standorts „Meppen“.

A: Profilschnitt mit den unterschiedlich feuchten Teilstandorten.

über 50 Jahrringfolgen verschiedener Baumarten und unterschiedlicher Herkunft bestätigten die generelle Eignung der Methode (s. LEUSCHNER im Druck). Als Hauptcluster wurden hier zunächst die Baumarten (Eiche und Buche), danach die großräumige geographische Herkunft (Weserbergland und Norddeutsches Tiefland) und zuletzt die regionale Herkunft des Materials innerhalb dieser Großräume ausgewiesen.

Besonders bemerkenswert ist, daß die Jahrringfolgen der Eichen vom trockenen Teil des Standorts „Meppen“ (s. Abb. 4) auch bei der gemeinsamen Analyse mit diesem Material geographisch weit entfernter Standorte als deutlich abgesetzter, eigener Cluster erscheinen.

Wir können daher mit gutem Gewissen zwei Beispiele für erfolgreiches Clustern mit archäologischem Material vorstellen: Das erste Beispiel sind norddeutsche Grabungshölzer aus dem Zeitraum 950–1200 n. Chr., von denen etwa die Hälfte aus Braunschweig (DENDRO. GUTACHTEN BRAUNSCHWEIG) stammt. Es kristallisieren sich für den Zeitraum zwischen 950–1200 n. Chr. vier größere Cluster heraus, wobei sich die Braunschweiger Grabungshölzer im wesentlichen auf zwei Gruppen verteilen. Die Mittelkurven aus den Proben in diesen beiden Clustern zeigen untereinander

01										
03	29									
04	28	21								
05	25	23	27							
06	25	23	26	25						
07	27	29	30	27	25					
08	29	29	27	34	32	27				
09	30	28	27	29	31	33	33			
10	29	35	27	32	33	31	35	22		
11	38	29	38	35	35	34	37	31	29	
	01	03	04	05	06	07	08	09	10	11
	PROBE NR.									

Abb. 4

Ergebnisse der Clusteranalyse an Jahrringfolgen von 11 rezenten Eichen des Standorts „Meppen“.

B: Dreiecksmatrix mit den Abstandsmaßen als Ausdruck der Ähnlichkeit zwischen den Jahrringfolgen.

kaum Ähnlichkeit. Die standörtliche Herkunft der „Braunschweig-Gruppen“ ist leicht durch einen Vergleich mit externen Chronologien zu ermitteln: Clusterkurve 1 paßt ausgezeichnet zur Wienhausener Chronologie, die im Hamburger Labor aus den Jahrringfolgen von Bauhölzern und Truhen aus Heideklöstern gebildet wurde. Die zweite Clusterkurve ist dagegen der Standardchronologie des Leine-Weser-Berglandes von DELORME besonders ähnlich. Hier stammen die Hölzer wohl von bindigeren Böden des Harzvorlandes.

Als zweites Beispiel zeigt *Abb. 5* eine Mittelkurve aus sechs Jahrringserien von Gründungspfählen eines Wehrturms der Celler Stadtbefestigung (DENDRO. GUTACHTEN CELLE). Die Kurve hat nur 63 Ringe. Derartig ringarme Folgen kann man nur dann datieren, wenn sie der Chronologie außerordentlich ähnlich sind. Die Datierung gelang erst mit einer Clusterkurve, die vorwiegend Grabungshölzer aus Buxtehude enthält (DENDRO. GUTACHTEN BUXTEHUDE). Mit der Standardkurve für das Norddeutsche Tiefland wäre sie nicht möglich gewesen.

Nun ist die Bildung von Cluster-Mittelkurven sicherlich noch keine abgeschlossene, ausgereifte methodische Erweiterung der Dendrochronologie. Dazu sind zunächst

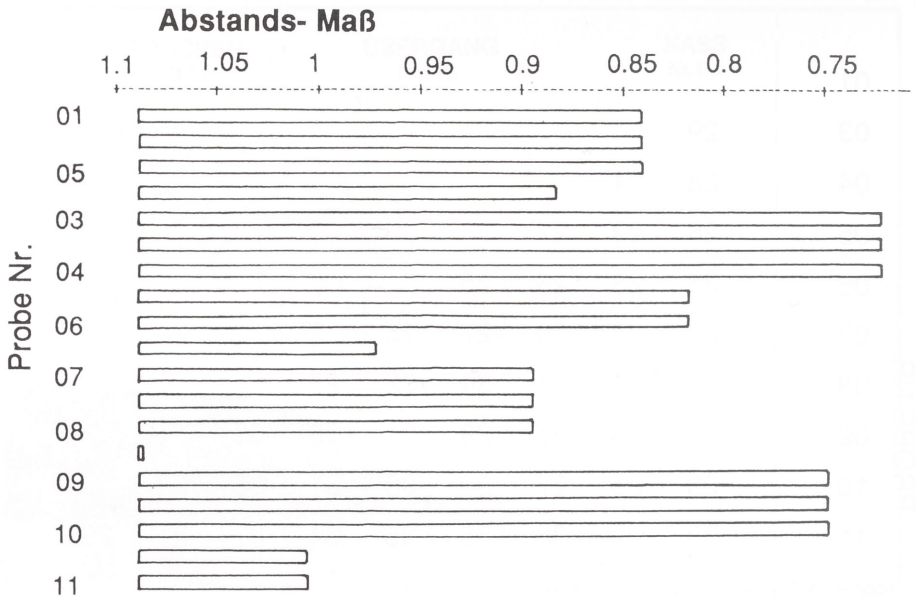


Abb. 4
 Ergebnisse der Clusteranalyse an Jahrringfolgen von 11 rezenten Eichen
 des Standorts „Meppen“.
 C: Graphische Darstellung der Ergebnisse der Clusteranalyse.

die auftretenden Schwierigkeiten zu groß: Zum ersten konkurrieren ja Standortunterschiede und Klimaunterschiede um den Einfluß auf das Wachstum der Bäume. Bei Material aus einem größeren geographischen Einzugsbereich kann man beide Einflüsse nicht voneinander unterscheiden. Zum zweiten ergeben sich Probleme bei der zeitlichen Fortschreibung der Cluster. Für die Analyse müssen zwischen allen Elementen eines Kollektivs Abstandsmaße vorhanden sein. Jahrringserien, die sich zeitlich nicht überlappen, können nur über dritte als Mittler in Beziehung gesetzt werden. Modelle und Programme für diese Distanzapproximation (für die der verschämte Name „Lückfüll“ gewählt wurde) sind zwar schon entwickelt, müssen jedoch noch gründlich getestet werden.

Es ist daher momentan zwar möglich, für gewählte „Zeitfenster“ Clusterkurven zu bilden und auch erfolgreich zur Datierung zu verwenden, die Bildung langer standortspezifischer Chronologien steht aber noch am Anfang. Um dieses Ziel zu erreichen, sind wir zum Glück jedoch nicht nur auf die reinen Ähnlichkeitsbeziehungen der geclusterten Jahrringfolgen angewiesen. Wie bei unserem Braunschweiger Beispiel können z. B. externe Chronologien zum Test herangezogen werden. Weitere externe Informationen sind z. B. durch die durchschnittliche Ringbreite der Proben und durch ihre Sensitivität (= mittlere Ausschlagsstärke der relativen Ringbreitenänderung) gegeben, die ökologische Informationen beinhalten.

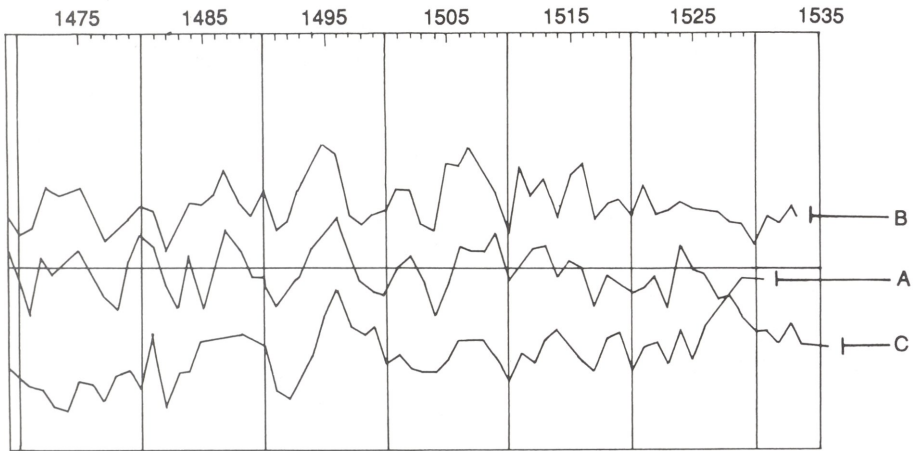


Abb. 5

Datierung einer ringarmen Mittelkurve A (Wehrturm Celle, fünf Hölzer) mit Hilfe einer Mittelkurve B aus geclusterten norddeutschen Eichen-Jahrringfolgen.
Zum Vergleich: Göttinger Standard-Chronologie des norddeutschen Tieflands C.

Nicht zuletzt wäre auch eine fruchtbare Zusammenarbeit mit Historikern und Archäologen wünschenswert, um so z. B. durch Angaben über Besitzverhältnisse die wahrscheinliche Herkunft von Bauhölzern zu ermitteln.

Voraussetzung für den erfolgreichen Aufbau eines flächendeckenden Netzes von Standort- oder auch nur von Regionalchronologien ist allerdings in erster Linie, daß genügend Probenmaterial vorliegt. Dies wird nicht der Fall sein, solange der Archäologe die Dendrochronologie lediglich als Datierungsinstrument ansieht und nur einzelne, für ihn besonders bedeutungsvolle Proben zur Datierung einreicht. Gerade das Hoch- und Frühmittelalter ist durch Funde noch viel schwächer belegt als der spätmittelalterlich-neuzeitliche Zeitabschnitt, für den viele Proben aus Fachwerkbautachten vorliegen. Für den Zeitraum vor 900 AD wiederum steigt die Belegung durch subfossiles Holz aus Kiesgruben und Mooren.

Es wäre jedoch bedauerlich, wenn die Archäologie nicht den „*Informationsträger Baum*“ (LEUSCHNER 1988) als jahrgenaue Chronisten seiner Zeit, der Auskunft zur Klimageschichte, zur Waldnutzung und zu ökologischen Bedingungen geben kann, nutzen würde und diesen Zweig der Dendrochronologie den Geowissenschaften und der Klimaforschung überließe. Der hier aufgezeigte methodische Ansatz ist ein weiterer Schritt zu einer solchen umfassenden Analyse von Holzfunden. Denn erst wenn wir die Herkunft des Materials kennen, können wir es detailliert auswerten und die in den Jahrringbreiten gespeicherte Zeitreihe voll nutzen.

LITERATUR:

- BAILLIE, M. G. L., 1982: *Tree-Ring Dating and Archaeology*. Crom Helm, London and Canberra, 274 S.
- BECKER, B. & B. SCHMIDT, 1988: *Verlängerung des Eichenjahrringkalenders für das nördliche Mitteleuropa bis 7200 v. Chr.* In Vorbereitung.
- DELORME, A., 1972: *Dendrochronologische Untersuchungen an Eichen des südlichen Weser- und Leineberglandes*. Dissertation Göttingen, 136 S.
- DENDROCHRONOLOGISCHE GUTACHTEN für das Niedersächsische Landesverwaltungsamt — Institut für Denkmalpflege, Außenstelle für den Reg. Bez. Braunschweig, 1984—1988.
- DENDROCHRONOLOGISCHES GUTACHTEN für die Stadt Buxtehude, Grabungshölzer Moortorplatz, 1987/1988.
- DENDROCHRONOLOGISCHES GUTACHTEN für die Stadt Celle, 1988
- ECKSTEIN, D., 1969: *Entwicklung und Anwendung der Dendrochronologie zur Altersbestimmung der Siedlung Haithabu*. Dissertation Hamburg, 113 S.
- HOLLSTEIN, E., 1980: *Mitteleuropäische Eichenchronologie. Trierer Dendrochronologische Forschungen zur Archäologie und Kunstgeschichte*. Mainz a. Rh., Trierer Grabungen und Forschungen 11, 273 S.
- LEUSCHNER, H.-H., 1988: *Jahrring und Holz als Informationsträger*. Archäologische Informationen 11, 8—15.
- LEUSCHNER, H.-H. & A. DELORME, 1986: *Verlängerung der Göttinger absoluten Eichenchronologie bis 6255 v. Chr.* Archäologisches Korrespondenzblatt 16, 481—484.
- LEUSCHNER, H.-H. & T. RIEMER, 1989: *Standörtliche Differenzierung von Jahrringfolgen mit Hilfe von Clusteranalysen*. In Vorbereitung.
- LEUSCHNER, H.-H. & T. RIEMER, 1989: *Verfeinerte Regional- und Standortchronologien durch Clusteranalysen*, in S. SCHÜTTE (Hrsg.): *Stadtarchäologie — Bauforschung und Nachbarwissenschaften — eine Bilanz (Arbeitstitel)*, Stuttgart.
- WEITLAND, J., 1960: *Jahrringchronologische Untersuchungen an Laubbaumarten Norddeutschlands*. Mittlg. der BFA f. Forst- u. Holzwirtschaft. Reinbeck, 48.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Hanns-Hubert Leuschner
Institut für Palynologie und Quartärwissenschaften
der Universität Göttingen
Wilhelm-Weber-Str. 2
3400 Göttingen

Thomas Riemer
Institut für forstliche Biometrie der Universität Göttingen
Büsgenweg 5
3400 Göttingen