

Nachhaltigkeit und dauerhafte Archivierung dendrochronologischer Datierungen

Nachhaltigkeit und Dendrochronologie

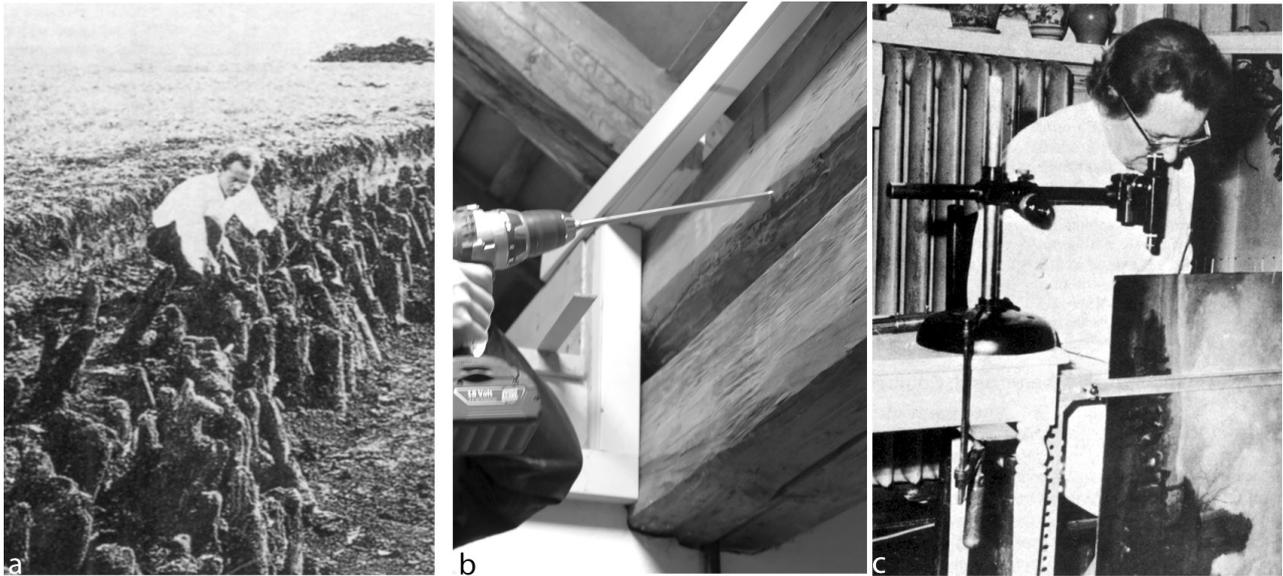
Der Begriff „Nachhaltigkeit“ hat Konjunktur. Seine positive Bedeutungszuweisung hat zur Folge, dass alles und jedes mit dem Adjektiv „nachhaltig“ ausgeschmückt und inhaltlich aufgewertet wird. Dies wäre zunächst eher ein Grund, den Begriff möglichst zurückhaltend zu verwenden. Wenn dennoch die Begriffe „Nachhaltigkeit“ und „Dendrochronologie“ bzw. „dendrochronologische Datierungen“ aufeinander bezogen werden, so hat dies zwei Gründe:

Der Begriff des „Nachhaltens“ wurde von dem sächsischen Oberberghauptmann Hans Carl von Carlowitz in seinem 1713 in Leipzig erschienenen Buch „*Sylvicultura oeconomica*“ erstmalig verwendet und beschreibt den pfleglichen Umgang mit der Ressource Wald, um diesen vor Übernutzung zu schützen und zukünftigen Generationen eine dauerhafte Holznutzung zu ermöglichen.¹ Von Carlowitz' Aufgabe bestand unter anderem darin, die Holzzufuhr zu den sächsischen Bergbaugebieten dauerhaft zu sichern und die Flößerei zu organisieren. Die Dendrochronologie untersucht Jahrringmuster und damit Zeitreihen von Bäumen, die in historischen Wäldern wuchsen und damit eine wichtige Sachquelle zur Rekonstruktion historischer Waldzustände und Holztransportphänomene sind.

Ein weiterer Aspekt des Begriffs „Nachhaltigkeit“, nämlich der der Pflege mit einer Orientierung auf eine zukünftige Nutzung, trifft in besonderem Maße auf dendrochronologische Datierungen zu. Mit „Nachhaltigkeit“ soll hier vor allem die Nachvollziehbarkeit und dauerhafte Überprüfbarkeit dendrochronologischer Untersuchungen und Datierungen bezeichnet werden. Die heutige Effizienz der Dendrochronologie in der Denkmalpflege und Bauforschung beruht auf der sorgfältigen Arbeit der Generation von Dendrochronologen, die die Masterchronologien in den 1960er und 1970er Jahren aufgebaut haben. Jede heute datierte Jahrringkurve kann wiederum Bestandteil einer erweiterten Masterchronologie oder einer differenzierenden Regionalchronologie werden, die die Grundlage für die heute deutlich verbesserte Datierungsausbeute bilden. Auf der anderen Seite ist immer zu bedenken, dass jede dendrochronologische Datierung eine Wahrscheinlichkeitsaussage ist, denn eine 100%ige Übereinstimmung

zwischen einer Chronologie und der zu datierenden Jahrringkurve gibt es nicht. Selbst bei statistisch hohen Werten ist eine Fehldatierung unter 1000 Datierungen wahrscheinlich. Eine Fehldatierung kann sich daher auch noch Jahre später in einer Chronologie verstecken, insbesondere in den Zeitabschnitten, für die wenig Vergleichsmaterial vorliegt. Daher ist es sinnvoll, dass die Messungen an der Probe jederzeit wiederholt werden können, um auch Routinefehler durch Überprüfung nachbessern zu können. Damit werden die Archivierung der Proben und die analoge und digitale Sicherung der Messungen zu zentralen Themen einer nachhaltig arbeitenden Dendrochronologie.²

Die Überprüfung der Jahrringbreitenmessung kann nur an der Probe selbst oder an einem photographisch hoch aufgelösten Abbild erfolgen. Der Quellencharakter der dendrochronologisch gewonnenen Probe ist in der denkmalpflegerischen Praxis nicht in vollem Umfang erkannt, und die Notwendigkeit der dauerhaften Archivierung wird bei dendrochronologischen Untersuchungen in der Regel juristisch nicht eindeutig definiert. So bleibt die Probe unabhängig von der Finanzierung der Untersuchung ohne entsprechende Abtrittserklärung im Eigentum des Objektbesitzers und kann jederzeit von ihm zurückgefordert werden. Das defizitäre Bewusstsein für den Quellencharakter der Proben zeigt sich unter anderem darin, dass es keine allgemein in der Denkmalpflege oder Bauforschung anerkannte Verfahrensweise für die Dokumentation der Probenentnahme vor Ort gibt und auch keine Archivordnung existiert, wie mit den Proben dauerhaft umgegangen werden soll. Auch die Empfehlungen der Landesdenkmalpfleger zum Umgang mit dendrochronologischen Datierungen fokussieren mehr auf die Qualität der Gutachten als auf eine systematische Lösung des Archivierungsproblems der Proben.³ Häufig wurden diese nicht aufbewahrt, weil man das Gutachten mit der Datierung als ausreichendes Dokument angesehen hat. Den Gutachten sind meist nicht einmal die Jahrringkurven und die Messwerte beigelegt, so dass die Überprüfung einer Datierung anhand eines Gutachtens nicht möglich ist. Wenn an dieser Stelle über die Nachhaltigkeit dendrochronologischer Datierungen nachgedacht wird, muss daher die gesamte Prozesskette von der Entnahme der Proben,



1 Arbeitsgebiete der Dendrochronologie. a) Archäologische Grabung Wasserburg Buchau im Federseemoor 1921. b) Bohrkernentnahme im Berner Münster. c) Gemäldeuntersuchung durch Walter Liese um 1979.

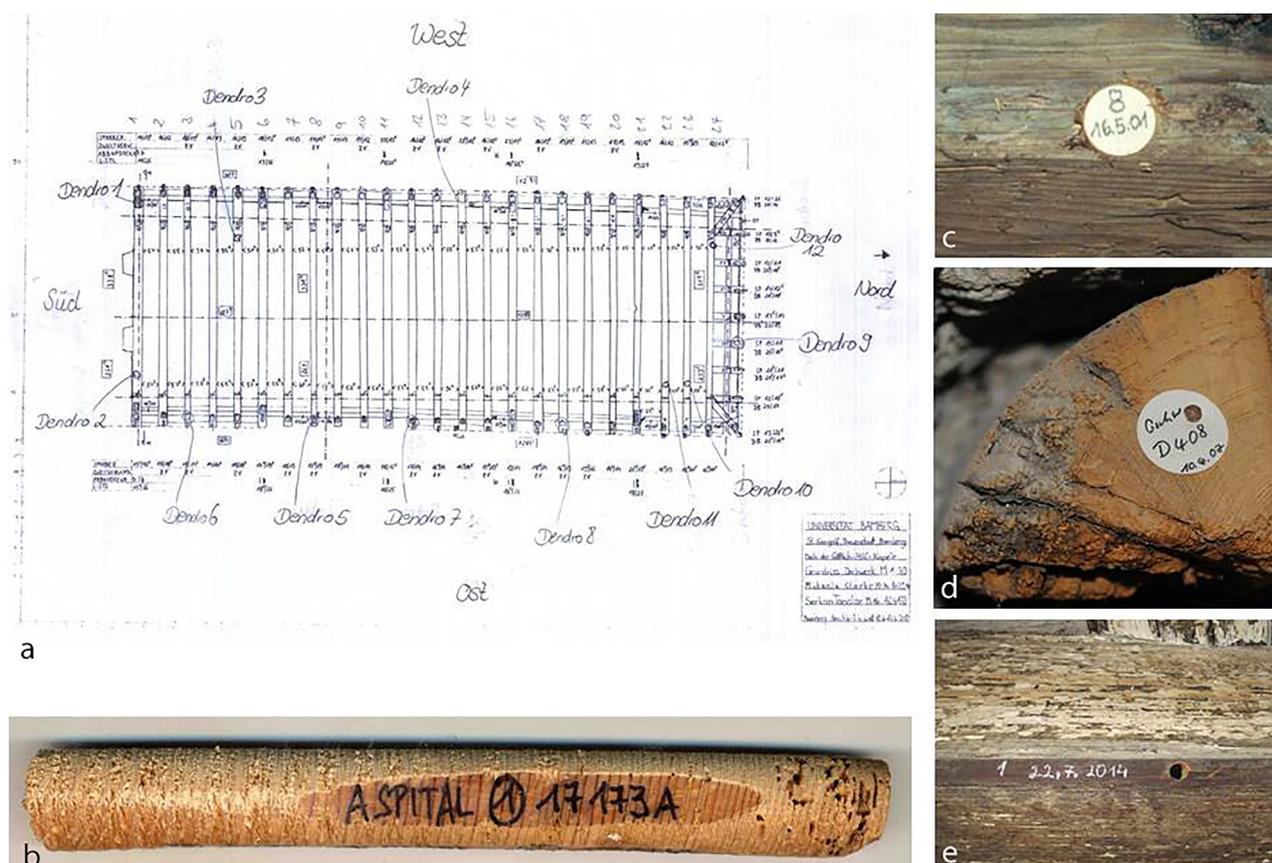
der Dokumentation bei der Probenentnahme und der Auswertung bis zur digitalen bzw. analogen Archivierung der Messwerte, Gutachten und der Holzproben bewertet werden.

Arbeitsgebiete der Dendrochronologie in den Kulturwissenschaften

In den letzten Jahrzehnten ist eine Spezialisierung der dendrochronologisch arbeitenden Labore in einem von drei Tätigkeitsfeldern zu beobachten. So existieren zum einen die mit archäologischem Material arbeitenden Labore, zum zweiten gibt es die Labore, die mit Proben aus Gebäuden aus dem Arbeitsfeld der Denkmalpflege und Bauforschung befasst sind, und zum dritten ist die kleine Gruppe von sehr spezialisierten Dendrochronologen zu nennen, die Holzaltersbestimmungen an beweglichem Kulturgut wie Möbeln, vor allem aber an Tafelbildern und Musikinstrumenten ausführen (Abb. 1). Diese Differenzierung war in den ersten Jahrzehnten der Dendrochronologie mit weitgehend universitär angebotenen Laboren zunächst nicht üblich. Erst mit der Einrichtung von dendrochronologischen Laboren in den archäologischen Landesämtern einerseits und der Privatisierung von Laboren andererseits, die für die Denkmalpflege und Bauforschung tätig sind, wurde die Arbeitsteilung seit den 1980er Jahren deutlich.⁴

Die Bedingungen der Probengewinnung und der Archivierung sind in jedem dieser drei Bereiche sehr

verschieden, und die Forderung nach einer Archivierung des Probenmaterials ist daher nicht in gleicher Weise umsetzbar. So sind Proben aus archäologischen Bodenfunden meist wassergesättigt und werden in der Regel im nicht getrockneten Zustand eingemessen. Mögliche Archivierungstechniken reichen von der Lagerung in wassergefüllten Bassins bis zum Einschweißen unter Luftentzug oder Einfrieren. Noch aufwändiger ist der Austausch des holzgebundenen Wassers durch Zucker oder Polyethylenglykol (PEG), der meist nur bei besonders ausgesuchten Präsentationsobjekten angewendet wird. Bei Holzaltersbestimmungen in der Denkmalpflege und Bauforschung werden in der Regel Bohrkern aus den Bauhölzern entnommen, die in Bezug auf die Lagerfähigkeit weitgehend unproblematisch sind. Zerstörungssarme Methoden mit der direkten Abnahme der Jahresringe am Objekt ohne Probenentnahme werden aufgrund der höheren Kosten nur selten eingesetzt. Die zerstörungssarme Aufnahme der Jahrringbreiten ist bei der Untersuchung von Tafelbildern, Musikinstrumenten oder Möbeln durch das Glätten oder Säubern des Hirnholzes dagegen üblich. Die Jahrringbreiten werden direkt mit der Lupe eingemessen und die Werte in ein Protokoll übernommen. Im Sinne einer nachhaltigen Dendrochronologie ist es günstiger, wenn auch die präparierten Flächen eingescannt oder fotografiert werden, so dass die Jahrringbreiten später rekonstruiert werden können. Zerstörungsfreie Methoden, wie die Erstellung von Schnittbildern mit skaliertem Vermessung der Jahrringbreiten durch Röntgen-Compu-



- 2 a) Erfassung der Probenentnahmestellen vor Ort. b) Beschriftung auf dem Bohrkern, hier mit im Labor ergänzter Schlüsselnummer. c) Bohrstellenummer und Entnahmedatum auf Bohrstopfen. d) Beschriftung auf Plakette. e) Beschriftung auf Balken.

tertomographen (CT) oder bei wassergesättigtem Holz durch Magnetresonanztomographie (MRT) sind aufgrund der Kosten jedoch nur wenigen Fragestellungen vorbehalten. Das Abbild des Holzquerschnittes ist hier als Bilddatei digital verfügbar und bildet eine ideale Grundlage auch für spätere Überprüfungen. Daher sollte unabhängig von der Frage, ob eine Probe dauerhaft archiviert werden kann, zumindest ein analoges oder digitales Bild des Holzquerschnittes erzeugt werden, das eine Rekonstruktion der Jahrringbreitenmessung auch zu einem späteren Zeitpunkt ermöglicht.

Aspekte der Nachhaltigkeit bei der Probenentnahme in Objekten

Für eine dendrochronologisch nachhaltige Probenentnahme ist in erster Linie zu fordern, dass auch zu einem späteren Zeitpunkt die beprobten Bauteile eindeutig im Objekt identifiziert und die entnommenen Proben den jeweiligen Bauteilen zugeordnet werden können. Dies erfordert eine möglichst dauerhafte Beschriftung sowohl der Bauteile als auch der Proben,

die direkt auf dem Holzkörper erfolgen sollte (Abb. 2). Dadurch können Fehler durch Verwechslung von angehefteten Papieren oder nicht eindeutig der Probe zugeordneten Beschriftungen auf Schutzverpackungen vermieden werden. Für die Kartierung vor Ort hat sich aufgrund der besseren Übersichtlichkeit eine tabellarische Erfassung bewährt. Diese enthält eine möglichst eindeutige Beschreibung des Bauholzes unter Angabe des Gebäudeteils, des jeweiligen Geschosses, der Gespärreebene, der Raumnummer, der Himmelsrichtung und weiterer räumlicher Beschreibungen (Abb. 3). Eine Erfassung der Entnahmestellen in einem Grundrissplan oder Schnitt ist ein weiterer wesentlicher Kartierungsschritt. Häufig werden dendrochronologische Untersuchungen noch vor der Planerstellung in einem Gebäude durchgeführt, so dass die ausführende Person selbst ein Orientierungssystem oder einfache Grundrisszeichnungen anlegen muss. Darüber hinaus ist es empfehlenswert, jede Entnahmestelle digital zu fotografieren. Aufgrund der auf dem Bauteil angebrachten Beschriftung mit der laufenden Nummer der Entnahme ist durch die Photographie ein späteres Auffinden der Beprobungsstelle leichter

Bohr-Protokoll (bitte mit Bleistift ausfüllen)
Protokoll-Kopf außer schattierten Feldern vollständig ausfüllen:
 „a“ und „b“-Proben kennzeichnen / „B“ für gebeilt, „SA“ für gesägt, „SP“ für gespalten; bei Höhe und Breite auf ganze Zentimeter runden

Dateiname	BAGANG GK	Bundesland	BY	Flurnummer	
Blatt Nr.	1	Landkreis	BA	geogr. Länge	10,9021
Datum	31.07.12	PLZ/Ort	96050	geogr. Breite	49,8979
Bearbeiter	Trösch, Keck, Burk	Straße, Hausnr.	St. Georgstr.	Höhenlage Ort	242 NN
sonstiges		Hausname	Göthel-Hilf-Kapelle		

Lfd.Nr.	Bearb.-Spuren	B	H	WK	Entnahmestelle / Kommentar	Schl.Nr.	Holzart	WK	Mark	Jahring-Anzahlen				Datierung	Fälljahr
										Ges.	Splint	Kern	letz.K.		
1	B	18	28	X	1DG / Gesp 1/W / 0'Sts	41119	Pin	-	M-N	29	-	-	-	1751	(1753/154)
2	B	16	18	X	1DG / Gesp 1/0 / 'Druck'	41120	Pin	WK-W	M-N	92	-	-	-	1752	1752/153
3	B	27	21	X	1DG / Gesp 5 / DB	41121	Pin	WK-W	M-N	103	-	-	-	1753	1753/154
4	B	20	13	X	1DG / Gesp 11 / Sp / W	41122	PIAB	WK-W	M-N	57	-	-	-	1750	1750/151
ZW	B	17	15	X	1DG / Gesp 8 / 0 / Sp	41123	PIAB	WK-W	M-N	44	-	-	-	1341	1341/42
ZW	B	18	14	X	1DG / Gesp 3 / 0 / Sp	41124	PIAB	-	M-N	31	-	-	-	1337	(1341/42)
ZW	B	17	13	X	1DG / Gesp 12 / 0 / Sp	41125	PIAB	WK-W	M	47	-	-	-	1340	1340/41
ZW	B	16	13	X	1DG / Gesp 18 / 0 / Sp	41126	PIAB	-	M-N	38	-	-	-	1339	(1340/41)
9	B	16	13	X	1DG / IN-Walnu / 3 Sp v.O.	41127	PIAB	?W	M-N	82	-	-	-	1814	1814/15
10	B	24	20	X	1DG / IN-hb.c.m / 2DB v.O.	41128	Pin	WK-W	M-N	42	-	-	-	n.d.	-
11	B	25	19	X	1DG / IN-Walnu / 3DB v.O.	41129	Pin	WK-W	M-N	52	-	-	-	n.d.	-
12	B	24	20	X	1DG / IN-Walnu / 1DB v.W.	41130	Pin	WK-W	M	61	-	-	-	n.d.	-

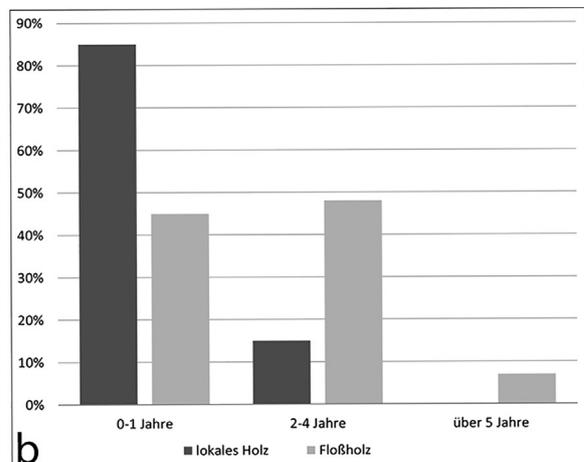
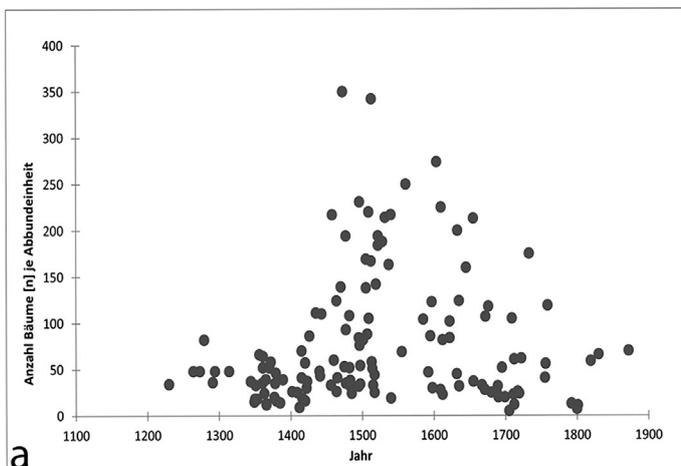
Dateiname: BAGANG GK

Schlüsselnummern von 41119 bis 41130

vor Ort ausgefüllt ←

→ im Labor ergänzt

3 Anlage des Bohrprotokolls mit Bleistift. Der linke Abschnitt wird vor Ort erfasst, der rechte im Labor ergänzt.



- 4 a) Die Anzahl der in einer Abbundeinheit verbauten Bäume. Grundlage: 137 mitteldeutsche Kirchendachwerke.
 b) Streuung der Waldkanten innerhalb einer Abbundeinheit, unterschieden nach Abbundeinheiten mit und ohne Floßholz.

möglich. Durch die Photographie kann im Labor die Waldkanteneinschätzung überprüft werden, weil diese im Bestand am Bauteil häufig eindeutiger festzustellen ist als nachträglich im Labor. Die Frage der Waldkanteneinschätzung ist für die Bestimmung des Fälljahres und damit der Ableitung des Abbundjahres von größter Bedeutung. Hier treten nach der Erfahrung immer wieder Fehler auf, weil die Einschätzung der Waldkante vor Ort nicht immer einwandfrei ist und diese nicht photographisch dokumentiert wurde.

Holzauswahl und Holzart

Die Frage, welche Hölzer für eine Beprobung ausgewählt werden, wird vor allem durch das Interesse der Bauforschung und Denkmalpflege an absoluten Datierungen einer Bauphase geleitet. In der Regel geht es um die möglichst genaue Feststellung der Fälljahre. Ob die Interpretation der Bauphasen aus den Fälljahren nach der einfachen Gleichsetzung „Fälljahr entspricht Abbundjahr“ gültig ist, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Je mehr Bäume zeitgleich in einem Abbund

abgezimmert wurden, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Bäume über mehrere Jahre eingeschlagen wurden (Abb. 4). Wird die Untersuchung einer solchen Konstruktionseinheit aus mehreren hundert Bäumen auf nur eine oder zwei Proben mit Waldkanten beschränkt, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass nicht alle Schlagjahre erfasst wurden. Daher sollte sich die Anzahl der Proben für die Datierung einer konstruktiven Einheit an der Anzahl der verbauten Stämme orientieren, die sich aufgrund des seriellen Charakters der Gespärre sowie der Quer- und Längsbünde recht leicht überschlagen lässt. Bei großen Abbundeinheiten ist die Streuung der Waldkanten dabei eher die Regel als die Ausnahme und beträgt im Mittel 3–5 Jahre, in extremen Fällen sogar bis zu 12 Jahre. Um in solchen Fällen verschiedene, nur wenige Jahre auseinander liegende Bauphasen sicher anhand der Waldkanten trennen zu können, ist eine erhöhte Probenanzahl notwendig, die etwa 3–5% der verbauten Stämme entsprechen sollte. Die Erfassung der Bauhölzer erfolgt am schnellsten über eine standardisierte Abbundzeichenkartierung, in der auch weitere Beobachtungen, wie das Vorliegen von Floßbinderelikten oder Auffälligkeiten in der Oberflächenbearbeitung verzeichnet werden (Abb. 5).

Beispiel:

Abbundzeichen, ihre Höhe, ZV	
B / SP / SA, F	Dimension

ZV=Zweitverwendungs-Hinweise
B=Gebeilt, SP=Gespalten, SA=Gesägt
F=Floßkeil,-Töch


Gesp. AbbS	SP	LiSts	Dru.Ri	KaBa	Kehlba	KaBa	LiSts	SP	Zerballen
12	ZW Floß	—	—	—	X oben	—	—	ZW ?	?
Δ	?	—	—	—	—	—	—	?	?
11	B	B	B	B	X § oben	§	§	§	?
Δ	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	ZW Floß	—	—	—	X oben	—	—	ZW ?	X
Δ	?	—	—	—	—	—	—	—	—
9	?	—	—	—	^ oben	—	—	?	√ (Rest verdeckt durch Kabeleisarat)
Δ	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	ZW Floß	—	—	—	√ oben	—	—	ZW ?	?
Δ	?	—	—	—	—	—	—	—	—
7	?	—	—	—	^ oben	—	—	ZW Floß	√ (Rest verdeckt durch Kabeleisarat)
Δ	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	B	B	B	B	^ B oben	§	§	§	B
Δ	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	ZW Floß	—	—	—	^ oben	—	—	ZW Floß	?
Δ	?	—	—	—	—	—	—	—	—
4	?	—	—	—	oben	—	—	?	
Δ	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	ZW Floß	—	—	—	oben	—	—	ZW Floß	
Δ	?	—	—	—	—	—	—	—	—
2	?	—	—	—	oben	—	—	ZW Floß	
Δ	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	nicht einsehbar	nicht einsehbar	A	4	A oben	4	nicht einsehbar	nicht einsehbar	?
Δ	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Kreis	Bamberg, BY	Straße / Objekt	St. Gangolf, Götlich-Hilf-Kapelle
Stadt	Bamberg	Blatt-Nr.	-1-

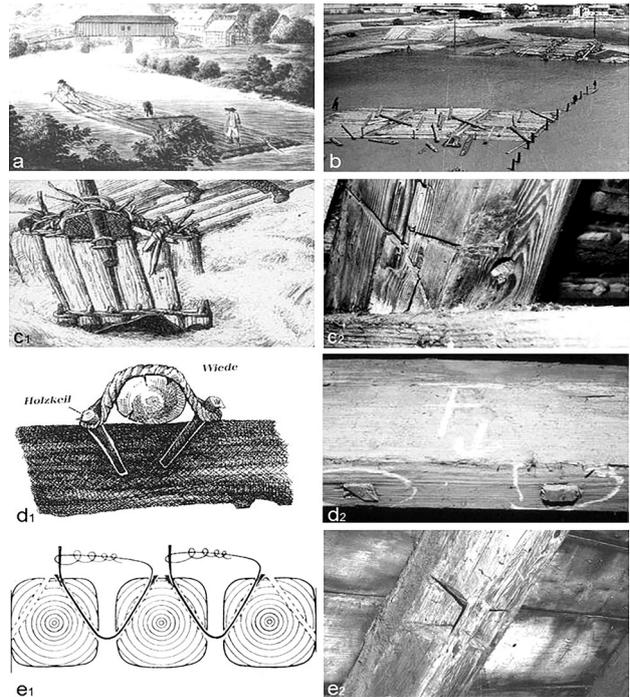
5 Beispiel für eine Abbundzeichenkartierung. Jede Zelle entspricht einem Bauteil. Kartierung von Zweitverwendungen (ZW), Floßholz und Abbundseiten. Die Tabelle ist eingenordet.

Über die Abbundzeichenkartierung wird festgestellt, welche Hölzer zeitgleich abgebunden wurden. Damit ist nachgewiesen, dass die für eine dendrochronologische Datierung ausgewählten Bauhölzer auch die übrigen Hölzer dieser Abbundeinheit datieren. Die Probenauswahl innerhalb einer Abbundeinheit sollte sich nicht nur an dem Vorhandensein einer Waldkante orientieren, sondern aus verschiedenen, möglichst langen Bauteilen entnommen werden, die nicht nur einer bestimmten Bauteilgruppe angehören. Letztlich sollte mit der Auswahl der zu beprobenden Hölzer die Holzsortierung des Zimmermanns nachvollzogen werden: Auf diese Weise erfasst man mit höherer Wahrscheinlichkeit verschiedene Fälljahre.

Die Bedeutung der Holzart

Die Datierbarkeit eines Holzes hängt wesentlich von den vorhandenen Chronologien ab. Für die Hauptbaumholzarten Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche und Eiche liegen ausreichend differenzierte Chronologien vor. Für andere Holzarten wie die ringporige Ulme und Esche, die holzatomisch der Eiche vergleichbar sind, sind Chronologien dagegen nur für wenige Regionen und dann meist nur in kurzen Teilstücken belegt. Die Verwendung dieser Holzarten ist häufig ein Indiz für eine Holz Mangelsituation. Diese kann sowohl auf eine sozial bedingte geringere Kaufkraft, aber auch auf eine allgemein problematische Holzversorgung hinweisen, die nicht durch Kapitalverfügbarkeit ausgeglichen werden konnte. Auch die Verwendung der zerstreutporigen Hölzer Buche, Pappel oder Weide, die aufgrund ihrer natürlichen Dauerhaftigkeit als Bauhölzer in der Regel nicht verwendet wurden, kann eine Bauholz Mangelsituation anzeigen. Die überwiegende Verwendung von Pappelholz innerhalb einer Konstruktion, zum Beispiel bei Gebäuden auf der schwäbischen Alb, ist dagegen das Ergebnis des gezielten Anbaus einer schnellwüchsigen Holzart, um Holz mangel entgegen zu wirken.

Zu den wichtigsten Kartierungen vor Ort zählt die Erfassung der Floßbinderelikte an den Bauhölzern. Auf die unterschiedlichen Floßbindetechniken ist schon mehrfach hingewiesen worden, sie sollen hier nur kurz erwähnt werden (Abb. 6). Die Flößerei vor allem in der frühen Neuzeit ist auf allen großen Flüssen (Rhein, Donau, Elbe, Weser, Ems) einschließlich ihrer Zuflüsse nachgewiesen. Die Erfassung der Floßbinderelikte vor Ort wird und wurde bei dendrochronologischen Beprobungen häufig nicht systematisch durchgeführt.



6 a) Floß auf der Saale.
 b) Floßzusammenbau auf der Brandenburger Ache in Kramsach/Tirol.
 c1/c2) Einkeilfloß und Floßbefund am Sparrenfuß der Dominikanerkirche in Erfurt von 1360.
 d1/d2) Zweikeilbindung und Floßbefund aus dem Merseburger Dom von 1230.
 e1/e2) Unverkeilte Wiedenbindung auf der Saale und Floßbefund. Halle, Moritzkirche 1503/04/05 (d).

Das Wissen darüber ist gleichwohl wichtig, wenn lokal gewachsenes Holz von gefloßtem Holz aus anderen Holzeinschlaggebieten unterschieden werden soll. Dies ist für den kleinräumigen Aufbau von Regionalchronologien ebenso von Bedeutung wie für eine spätere dendroklimatologische Analyse, weil in beiden Fällen die Zuordnung eines Baumes zu einem definierten Wuchsgebiet eine wichtige Voraussetzung ist.

Die Verwendung der Holzarten Fichte und Tanne entlang des Rheins, der Weser oder der Elbe außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes ist unabhängig vom direkten Nachweis von Floßbinderelikten ein Hinweis auf den Holztransport. Häufig kommt es in den waldfernen Gebieten und vor allem in den Städten zu einer Vermischung von lokal gewachsenem mit durch die Flößerei importiertem Holz. So wurden zum Beispiel in Bamberg beschlagene Eichenbalken im städtischen Bauhof bevorratet, um bei Zerstörung von Brücken oder Wehranlagen eine schnelle Ausbesserung zu ermöglichen. Hier könnte die Beschränkung auf die Holzart Eiche bei einer dendrochronologischen Beprobung eine zu frühe Ableitung des Baualters nach

sich ziehen. Dies gilt allerdings nur für bestimmte Gebäude oder Gebäudegattungen. Im bürgerlichen Hausbau in Bamberg ist es meist umgekehrt. Wenn hier geflößtes Nadelholz zeitgleich mit Eichen abgebunden wurde, datieren die Eichen in der Regel 2–3 Jahre nach den Fälljahren der geflößten Nadelhölzer.⁵ Diese Verhältnisse sind von Stadt zu Stadt verschieden. Die prozentualen Anteile der Bauholzarten sind über die Jahrhunderte für eine Stadt meist nicht konstant, sondern zeigen ausgeprägte Veränderungen. Noch sind die Ursachen im Detail nicht erforscht, aber es scheinen dafür vor allem sich ändernde waldbauliche oder besitzrechtliche Bedingungen verantwortlich zu sein, die durch äußere klimatische Bedingungen überlagert und verstärkt werden. Wenn auch solche, das Mensch-Umwelt-Verhältnis tangierende Fragestellungen mit einer dendrochronologischen Datierung beantwortet werden sollen, ist es empfehlenswert, alle verbauten Holzarten zu beproben und sich nicht auf nur eine Holzart zu beschränken. Sollte der Beprobungsumfang jedoch so beschränkt sein, dass nur eine Holzart untersucht werden kann, ist dies im Entnahmeprotokoll mit dem Verweis auf andere Holzarten zu dokumentieren.

Datierung von Halbfertigprodukten oder Hölzern ohne konstruktive Einbindung

Bei Halbfertigprodukten wie Bodendielen, Deckenbrettern oder Bohlen für Bohlenstuben weichen die Waldkantendatierungen häufig von der Datierung des Konstruktionsholzes ab. Etwa ab dem 14. Jh. ist die Herstellung von Brettern aus Nadelholz durch mechanische Sägegatter belegt. Dies gilt für den gesamten Süd- und Mitteldeutschen Raum mit einer überwiegenden Nutzung von flößbarem Nadelholz. Die Brettware wurde als Oblast auf den Flößen gehandelt und zum Teil zu eigenen Brettflößen zusammengestellt. In den Gebieten der norddeutschen Tiefebene bis zu den Küsten wurden Bretter und Dielen entweder aus lokal gewachsenen Eichen- oder Kiefernholzern hergestellt, oder sie wurden über den Holzhandel aus dem Baltikum oder Skandinavien oder über den Rhein, die Weser oder Elbe importiert. Derartige Transportphänomene werden durch die meist 1–3 Jahre vor den Fälljahren der zeitgleich abgebundenen Konstruktionshölzer datierenden Waldkanten der Halbfertigprodukte angezeigt.

Eine Differenz der Fälljahre durch Holz Trocknung, die im historischen Holzbau für Konstruktionshölzer

bis zur Industrialisierung nicht üblich war, ist bei Halbfertigprodukten nicht auszuschließen. Dies ist durch den Befund vor Ort nachweisbar. Wenn zum Beispiel die waagrecht übereinander in Nuten eingelegten Bohlen einer Bohlenstube keine Spaltmaße von mehreren Zentimetern zu den Konstruktionshölzern aufweisen und die Bohlen nur beim Aufrichten des Gerüsts eingebracht worden sein können, ist von einer dem Abbund vorausgehenden Holz Trocknung der Bohlen auszugehen. Eine genaue Befundbeobachtung und Dokumentation dieser Phänomene hilft, die spätere Datierung der Hölzer richtig zu bewerten und weitergehende Schlüsse aus der Differenz zum Beispiel der Waldkantendatierungen zu ziehen.⁶

Wie entscheidend die zweifelsfreie Zuordnung eines Bauholzes zu einer konstruktiven Einheit bei einer dendrochronologischen Untersuchung ist, zeigt sich immer dann, wenn diese Zuordnung nicht vorhanden ist. Dies trifft vor allem bei Untersuchungen an sekundär eingezogenen Zwischenwänden oder verputzten Fachwerken zu. Hier ist die Gefahr, Holz in Zweitverwendung oder weniger qualitativvolles Bauholz zu beproben, deutlich erhöht. Dies entspricht der langjährigen dendrochronologischen Erfahrung, dass sehr viel weniger Proben aus Hölzern von nachträglich eingestellten Wänden datierbar sind als von in Gerüsten eingebundenen Konstruktionshölzern. Hier sind Beobachtungen zur stratigraphischen Einbindung der Hölzer von besonderer Bedeutung. So können gleichartige Farb- oder Mörtelanläufe an verschiedenen Bauhölzern denselben Aussagewert besitzen wie ein durch Abbundzeichen belegter konstruktiver Zusammenhang. Die Vermittlung einer solchen Beobachtung ist bei der dendrochronologischen Datierung durchaus hilfreich. So kann zum Beispiel die Mittelkurvenbildung, die aufgrund der guten Übereinstimmung der Jahrringserien untereinander ein zeitgleiches Einbringen der Hölzer nahelegt, durch den stratigraphischen Befund bestätigt werden.⁷ Eine entsprechende Dokumentation bei der Probenentnahme ist hier eine wichtige Voraussetzung für die Bewertung der Untersuchung. Allerdings darf kein Zirkelschluss entstehen. Die dendrochronologische Hypothese ergibt sich zunächst nur aus der Beurteilung der Ähnlichkeit der Jahrringserien untereinander. Die Stratigraphie bestätigt lediglich die Annahme. Sollten beide Methoden zu unterschiedlichen Einschätzungen kommen, müssen beide Methoden unabhängig voneinander überprüft werden.

Aspekte der Nachhaltigkeit bei der dendrochronologischen Auswertung

Für die dendrochronologische Auswertung im Labor gilt derselbe Grundsatz wie bei der Arbeit vor Ort. Die einzelnen Arbeitsschritte müssen auch zu einem späteren Zeitpunkt nachvollziehbar sein. Hier wird im Folgenden die Vorgehensweise des dendrochronologischen Labors der Universität Bamberg beschrieben. Dies bedeutet nicht, dass dies die einzig mögliche Vorgehensweise ist und soll hier nur als Illustration zu den Überlegungen für einen nachhaltigen Umgang mit dendrochronologischen Untersuchungen dienen. Eine wesentliche Grundlage dafür ist das tabellarische Bohrprotokoll, dessen erste Hälfte vor Ort mit Bleistift ausgefüllt wurde. Der Probenentnehmer schickt das Originalprotokoll mit den Proben in das Labor zur Auswertung. Dadurch werden Übertragungsfehler und überflüssige Bearbeitungszeiten vermieden. Auf demselben Papier werden im Labor alle datierungstechnischen Ergebnisse hinzugefügt (Abb. 3). Das Protokoll bleibt als Hauptinformation im Labor und wird dort mit den Proben archiviert. Für das schriftliche Gutachten erfolgt eine Übertragung der Informationen in digitaler Form. Das Gutachten selbst sollte einem standardisierten Aufbau entsprechen, der im Wesentlichen den „Mindestanforderungen für dendrochronologische Untersuchungen in der historischen Bauforschung“ der Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik Deutschland von 2008 entspricht und hier nur in Stichpunkten wiederholt wird:⁸

- Konkordanz zwischen Objektnummer und Labornummer der einzelnen Proben
- Holzart
- Angabe zur Waldkante bzw. Kern-Splint-Grenze
- Gesamtanzahl der Jahrringe, erster bis letzter gemessener Jahrring
- Fällzeitpunkt bzw. Fällzeitraum
- Angaben zu den ermittelten statistischen Werten (angewandte Methode, Gleichläufigkeit, T-Werte etc.)
- Angaben zu den verwendeten Vergleichskurven
- Angaben zur verwendeten Splintstatistik
- Ausdruck der gemessenen Jahrringkurven (Einzelkurven und Mittelkurven) und der Messwerte
- Scan der Proben
- Nachweis der Sicherung der digitalen Messwerte

Die letzten zwei Punkte, Scan der Proben und Nachweis der Sicherung der digitalen Messwerte und Protokolle, wurde in den Mindestanforderungen von 2008 noch nicht aufgeführt. Die Speicherung von hochauflösenden Scans war damals sowohl wegen des geringen Speichervermögens bei vergleichsweise hohem Preis



7 Probenscan mit 1200 dpi Auflösung. Dauerhafte Beschriftung der Probennummern. Bohrkerne (8 mm) auf Holzträger aufgeleimt.

für dendrochronologische Routineuntersuchungen nicht realisierbar. Heute sind externe Speicherplätze anmietbar oder redundante Speicherplatten im RAID-Verbund im Terabyte-Bereich günstig zu beschaffen. Allgemein verbindliche Standards über das Dateiformat oder die Auflösung der digitalen Aufnahmen gibt es nicht. Im dendrochronologischen Labor der Universität Bamberg werden alle eingehenden Proben seit 2008 systematisch mit 1200 dpi und engringige Proben mit 2400 dpi im präparierten Zustand eingescannt (Abb. 7). Dies reicht für die digitale Rekonstruktion von Jahrringbreiten zwischen 0,01 und 0,02 mm aus. Nur bei sehr wenigen extrem engringigen Proben mit Jahrringbreiten unter 0,01 mm ist diese Auflösung zu gering. Die zwischen 1993 und 2008 archivierten Proben sind dagegen bisher nicht digital erfasst.

Zu den wesentlichen Aspekten der Nachhaltigkeit zählt der schnelle Zugriff auf ältere Proben, das Bohrprotokoll und die Gutachten. Nach verschiedenen Varianten der analogen Ablagetechnik hat sich in unserem Labor folgende Vorgehensweise als besonders praktikabel herausgestellt: Die Proben und die Gutachten bzw. Bohrprotokolle werden in unmittelbarer Nähe zueinander aufbewahrt. Es werden ca. 30–40 Objekte in einem A4-Standardordner in der Reihenfolge der Objektbearbeitung abgelegt (Abb. 8). Außer dem Bohrprotokoll und dem Ausdruck des fertiggestellten Gutachtens werden sämtliche handschriftlichen Notizen, die den Weg bis zur Datierung dokumentieren und ebenso Notizen zum Auftraggeber, zu den beteiligten Denkmalpflege-Institutionen oder sonstigen Bemerkungen



8 Archivierung von Gutachten und Proben. Probenkarton und Ordner weisen dieselben laufenden Nummern auf.

archiviert. Dies sind oft wertvolle Hinweise, wenn nach Jahren Rückfragen zu einem Objekt auftreten oder alte Proben in einem Objekt bei einer Nachuntersuchung aufgefunden werden müssen. Die Schlüsselnummern, die für die digitale Datenbank vergeben werden, bezeichnen in aufsteigender Folge jeden Bohrkern. Jede Nummer steht dabei für ein Bauteil, mehrere Proben desselben Bauteils erhalten dieselbe Nummer, werden aber in A, B, C etc. unterschieden. Diese Schlüsselnummer wird mit lichtechten Pigmentstiften auf der Probe aufgebracht (Abb. 2b). Mehrfachmessungen derselben Probe werden digital archiviert und in aufsteigender Reihenfolge durch die letzte Ziffer der Schlüsselnummer kenntlich gemacht. Jeder Ordner erhält in aufsteigender Folge eine Nummer. Alle Proben, die den Objekten eines Ordners zugeordnet sind, werden in einem geschlossenen Standardkarton aufbewahrt, der mit derselben laufenden Nummer wie der Aktenordner versehen ist. Bei den leider sehr häufigen Umzügen des Labors innerhalb der Universität

Bamberg hat sich diese Archivierungsstruktur sehr bewährt. Proben und Ordner lassen sich zuverlässig einander zuordnen und transportieren. Der Nachteil dieses Standardverfahrens ist, dass nur Bohrkern oder ausgesägte Räden von Balkenabschnitten archiviert werden können. Dies ist vor allem auf die begrenzte Lagerkapazität unseres Labors zurückzuführen, denn die Lagerung von Balkenabschnitten ist ungleich platzintensiver. Von diesem Grundsatz wird dann abgewichen, wenn eine besondere Bedeutung der Probe in Bezug auf holzbiologische, datierungstechnische oder kulturgeschichtliche Merkmale vorliegt.

Nachhaltigkeit, Kontinuität und Überprüfung von Altuntersuchungen

Ein größeres Problem stellt die Übernahme von dendrochronologischen Daten aus Laboren da, die ihre Tätigkeit am Markt einstellen. Unter den Laboren gibt es keinen einheitlichen Standard in Bezug auf das Dateiformat und die Organisation der Metadaten. Die Entwicklung der rechnergestützten Auswertung begann in den 1980er Jahren mit unterschiedlichsten Betriebssystemen und Speicherformaten. In den 1990er Jahren setzte sich MS-DOS als Betriebssystem auf Arbeitsplatzrechnern durch. Während in den Anfangsjahren verschiedene, zum Teil von den Nutzern selbst programmierte Auswerteprogramme eingesetzt wurden, sind heute nur wenige Programme üblich, die in der Regel alle gängigen Formate einlesen können. Die Jahrringmessungen werden als ASCII-Dateien in verschiedenen, vom jeweiligen Programm abhängenden Formaten gespeichert, die aber auch von Textverarbeitungsprogrammen gelesen werden können. Vor dem Einsatz von statistischen Auswerteprogrammen wurden dendrochronologische Datierungen durch optischen Vergleich von Jahrringserie zur Standardchronologie datiert (Abb. 9). Auf dieser Methode basieren die Nord- und Süddeutsche Eichenchronologie sowie die Süddeutsche Tannenchronologie. Sowohl die Standardchronologie als auch die zu datierende Jahrringserie wurden auf transparentem Logarithmuspapier aufgetragen und über dem Leuchttisch Jahr für Jahr miteinander verglichen. Die Messwerte wurden händisch in Tabellen eingetragen. Die Qualität dieser Arbeiten ist außerordentlich hoch, weil nur eine einwandfreie Bewertung der optischen Synchronlage zu einer Datierung führte. Heute, unter der Verwendung vor allem statistischer Parameter, ist die Wahrscheinlichkeit von Fehldatierungen sicherlich größer. Dies liegt an der Form der Ähnlichkeitsberechnung, denn

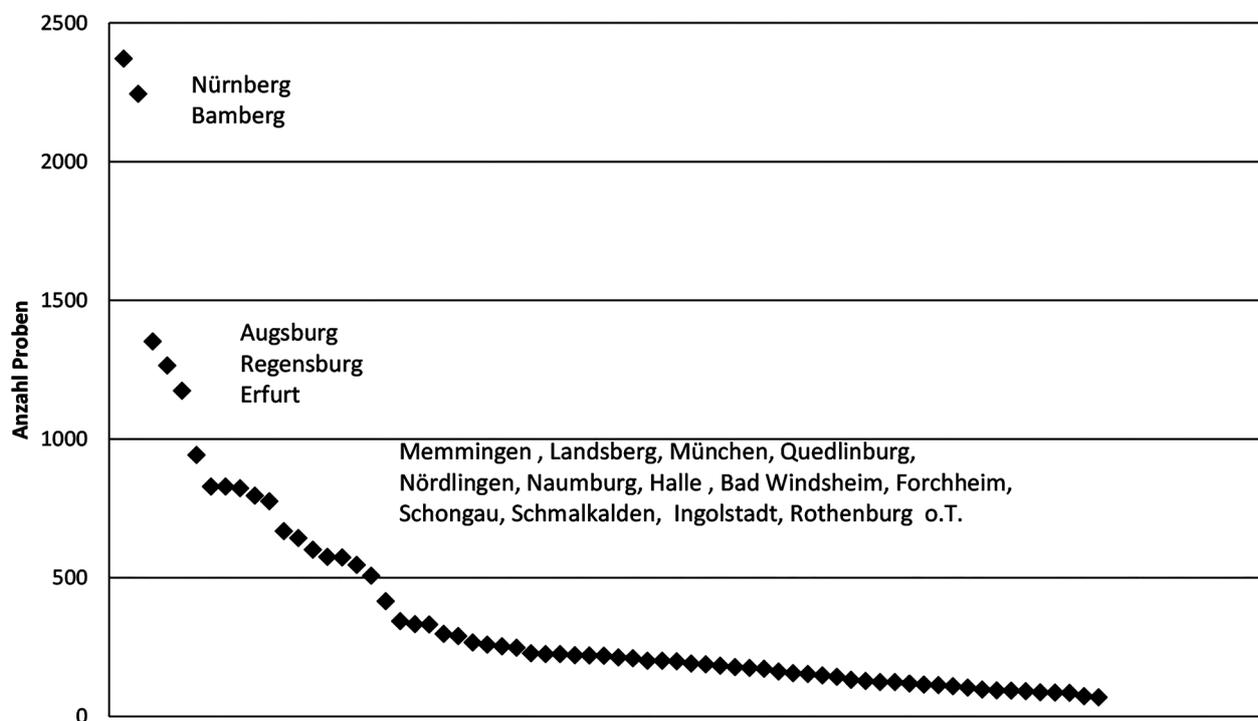
den Objektblättern dokumentiert werden. Fehler treten meist bei Einzeldatierungen mit einer gerade ausreichenden Jahrringanzahl von 40–50 Jahresringen auf. Fehldatierungen mit drei oder vier parallel aus einer konstruktiven Einheit entnommenen Proben sind aufgrund der gegenseitigen Absicherung fast ausgeschlossen und äußerst selten. Ein weiteres Argument spricht für eine nachhaltige Archivierung der Messungen und Proben: Die Gebäude, die in den 1980er Jahren nach denkmalpflegerischen Grundsätzen saniert wurden, kommen mittlerweile in die zweite Sanierungsrunde. So manche Dokumentation der Erstuntersuchung ist verloren gegangen, und bei bestimmten Objekten sind bis zu vier verschiedene dendrochronologische Labore tätig geworden. Das Zusammentragen und Überprüfen dieser Altmessungen ist äußerst mühsam und wird nicht von allen ehemals Beteiligten im gleichen Maße goutiert. Eine Nachbearbeitung ist aber nur dann möglich, wenn neben den Gutachten auch die Messwerte und Proben aufbewahrt wurden. Häufig sind die Proben schneller neu eingemessen, als dass die Altmessungen gesucht, konvertiert und auf ihre Richtigkeit überprüft werden können. Umso wichtiger sind daher die Bemühungen, eine dauerhafte Archivierung der Proben, Messungen und Gutachten umzuset-

zen. Aufgrund der Bedeutung dendrochronologischer Datierungen in der denkmalpflegerischen Praxis sind Empfehlungen für eine dauerhafte Archivierung der Proben zwar wünschenswert, es muss aber die Feststellung erlaubt sein, dass sie von den privaten Laboren bei den heutigen Marktpreisen nicht umgesetzt werden können.

Über die Datierung hinaus: Räumliche und zeitliche Visualisierungen dendrochronologischer Ergebnisse

Aus den Jahrringserien können über die Datierung hinausgehende Informationen gewonnen werden. Am bekanntesten ist sicherlich die Rekonstruktion historischer Klimadaten wie Niederschlag und Temperatur. Die Diskussion dazu wird sehr breit geführt und dominiert die Wahrnehmung der Dendrochronologie als wissenschaftliche Disziplin. Nicht minder bedeutend ist die Dendroökologie, die die Jahrringserien generell im Hinblick auf die Ablesbarkeit von äußeren Einflüssen analysiert. Dies sind nicht nur klimatische, sondern auch waldbauliche, standortabhängige, anthropo-

Anzahl der Proben je Stadt
Stand 2014

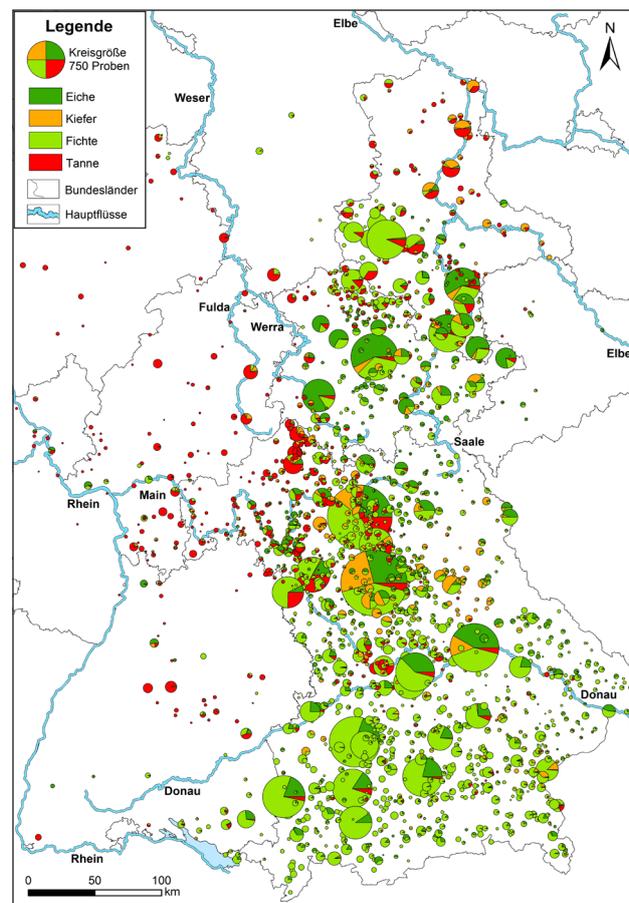


10 Anzahl der Proben je Stadt. 50% der Proben wurden in nur 18 Städten gewonnen.

gene oder andere Faktoren, die sich durch signifikante Abweichungen in der Zellstruktur des Jahrringes nachvollziehen lassen. Die Untersuchungen werden vor allem an rezenten Bäumen auf bekannten Standorten durchgeführt, so dass die einflussnehmenden Parameter deutlich abgegrenzt und das Reaktionsmuster auf die Zellbildung vergleichsweise eindeutig abgeleitet werden kann.⁹

Bevor allerdings historische Proben sowohl für dendroökologische als auch dendroklimatische Fragestellungen ausgewertet werden, ist die Analyse des Datenbestandes von Interesse. Zunächst ist zu bedenken, dass dendrochronologische Untersuchungen zu über 90% in städtischen Gebäuden durchgeführt werden. Ländliche Gebäude sind dagegen stark unterrepräsentiert. Die Graphik Abb. 10 zeigt die Anzahl der in verschiedenen Städten entnommenen Proben. Es sind nur Städte aufgelistet, in denen mindestens 50 Proben entnommen wurden. Die Asymmetrie der Probenverteilung wird noch deutlicher, wenn man bedenkt, dass über 50% aller Proben aus nur 18 Städten stammen. Die Dendrochronologie im aufgehenden Bestand ist damit vor allem ein Phänomen der städtischen Holzbeschaffung und Holznutzung. Für jede Stadt stellt sich die Frage, ob das Bauholz aus lokalen Wäldern entnommen oder aus weiter entfernten Gebieten gefloßt wurde. In bestimmten Regionen wie dem Thüringer Becken, einigen Städten am Main oder an der Donau bzw. ihren Zuflüssen dominiert der Floßholztransport. In anderen Städten, vor allem in Mittelfranken, wird das Bauholz überwiegend in lokalen Wäldern eingeschlagen. Damit unterscheiden sich die Bauholzkontingente und die Bauholzartenzusammensetzung der einzelnen Städte grundlegend und sind, worauf bei den Fallbeispielen noch eingegangen wird, typisch für die Bauholzbeschaffungssituation der jeweiligen Stadt. Die Probenentnahmestrategie im Objekt ist an den Fragestellungen der Bauforschung und Baugeschichte mit einem optimalen Datierungsergebnis orientiert. Eine auf dendroökologische oder dendroklimatologische Fragestellung optimierte Entnahme findet dagegen nicht statt. Diese grundlegende Feststellung ist wichtig, denn die historische Bauholzartenverwendung richtet sich nach dem Verwendungszweck im Gebäude. Für die Fundamentierung wurden andere Holzarten eingesetzt als im aufgehenden Haus- und Dachgerüst. Auch zwischen den außenliegenden Fachwerkwänden und der Binnenstruktur sowie im Dachwerk wurden die Holzarten nach ihren holztechnologischen Eigenschaften und nach ihrer Verfügbarkeit selektiert. Eine optimale Verwendung der Holzarten entsprechend ihren bauphysikalischen Eigenschaften war bis in das 19. Jh. sogar von größerer Bedeutung als heute, denn

man konnte das Bauholz nicht durch chemische Stoffe vor dem tierischen und pflanzlichen Befall schützen. Hinzu kommt eine weitere Selektion durch den erhaltenen Bestand. In der Regel werden Gebäude der sozial führenden Gesellschaftsschichten untersucht und erfolgreicher datiert, weil diese meist besser erhalten sind und dort die höherwertigen Holzqualitäten verbaut wurden. Zugleich werden die Proben bei sachgerechter Entnahme nur aus Bauteilen ohne direkt sichtbare Wuchsschäden entnommen. In der Summe ist festzustellen, dass die Proben der oberirdisch arbeitenden Dendrochronologie nicht nach einer stochastischen sondern nach einer durch mehrere Kriterien gefilterten Strategie entnommen werden. Daher können die auf diese Weise gewonnenen Daten nur beschränkt auf dendroökologische Fragestellungen angewendet werden. So ist es zum Beispiel nicht ohne weiteres möglich, die tatsächliche Waldholzartenzusammensetzung aus dem Datenmaterial zu rekonstruieren, wohl aber charakteristische Veränderungen der Bauholznutzung durch den Menschen festzustellen.



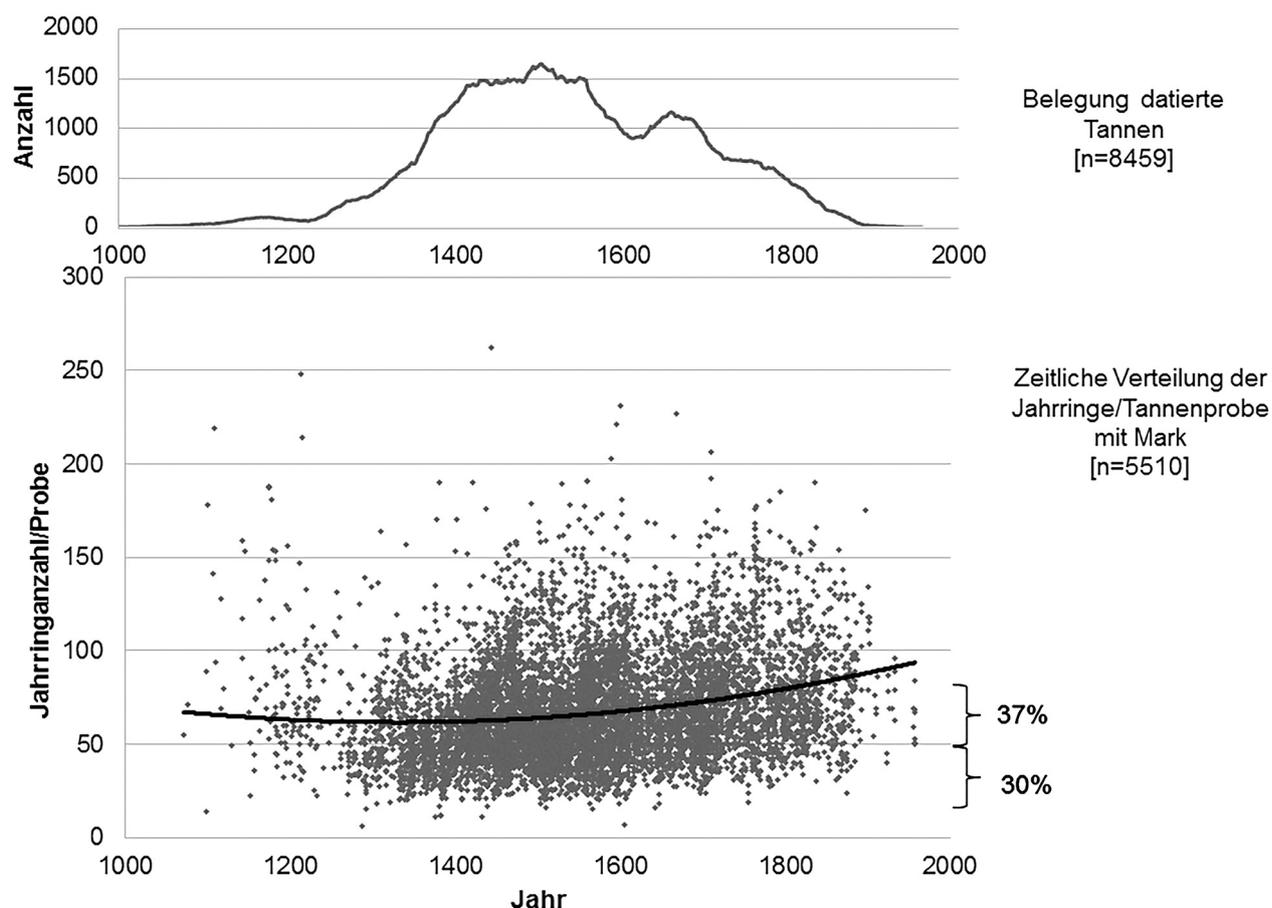
11 Holzartenverteilung nach Städten gruppiert.

Die Abb. 11 zeigt die Bauholzartenverteilung der dendrochronologisch entnommenen Proben in dem von unserem Labor bearbeiteten Gebiet. Jeder Kreis entspricht einer Stadt oder größeren Gemeinde und zeigt prozentual die verwendeten Holzarten. Es lassen sich folgende Regionen unterscheiden: Das Gebiet südlich der Donau ist fast ausschließlich durch die Verwendung von Fichtenholz charakterisiert. Tanne tritt nur im niedrigen zweistelligen Anteil hinzu, Kiefer und Eiche sind fast nicht präsent. Nördlich der Donau ändert sich dieses Bild. In Regensburg werden Tannen und Fichten, aber auch Kiefern und in geringerem Umfang Eichenhölzer genutzt. Eine ähnliche Zusammensetzung zeigen auch die östlich gelegenen mittel- und oberfränkischen Städte einschließlich Bamberg. Im westlichen Unterfranken tritt verstärkt die Eichenholznutzung hinzu. Lediglich in den Haßbergen und in der Rhön dominiert die Eiche das Bauholzsortiment. Im südlichen Thüringen und dem Thüringer Becken bis nach Halle ist dagegen die Tanne mit bis zu 70% die meist verwendete Holzart. In den Städten der nörd-

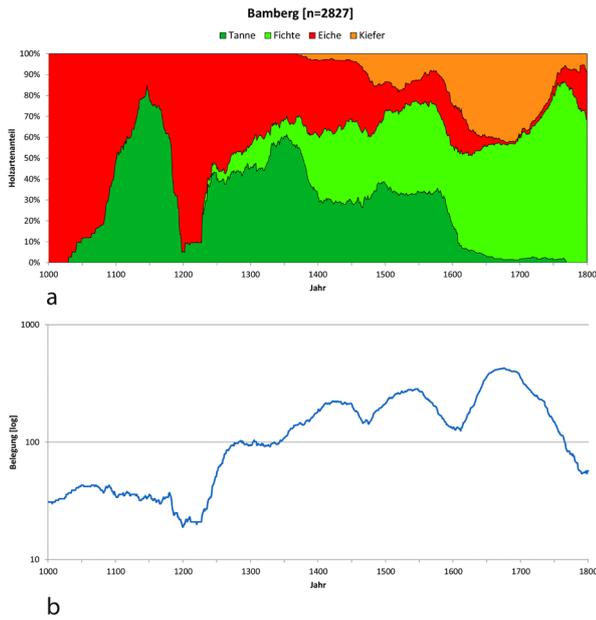
lichen und südlichen Harzabdachung dominiert die Fichte bei gleichzeitig wenigen Eichen im einstelligen Prozentbereich.

Die Fichte ist mit einem Anteil von 56% der 53.000 ausgewerteten Proben die meist genutzte Holzart. Tanne folgt mit 20%, und Kiefer und Eiche sind mit 10% bzw. 14% vertreten. Der Datierungserfolg hängt stark von der Holzart ab. Tannenhölzer lassen sich zu 85%, Fichten und Eichen zu 77–78% und Kiefern nur zu 65% datieren. Für einen hohen Datierungsquotienten sind vor allem die Belegung und eine möglichst kleinräumige Differenzierung der Regionalchronologien notwendig. Aufgrund der geringen Verwendung von Kiefern und Eichen im südlichen Bayern sind dort die Datierungsergebnisse für diese Holzarten entsprechend weniger erfolgreich. In Regionen mit einer starken Kiefernholznutzung sind die Chronologien besser belegt und die Datierungsquote steigt analog an.

Die Graphik Abb. 12 zeigt die Belegung mit Tannenholzproben über die Zeit. Die zeitliche Entwicklung der Holzartenverteilung ist von großer Bedeutung,



12 Belegung der Tannenproben (oben) und Hiebalter für Tannenbauholz (unten). 30% der eingeschlagenen Tannen weisen weniger als 50 Jahresringe, weitere 37% zwischen 50 und 75 Jahresringe auf.



13 a) Bamberg, Holzartenverteilung in Prozent.
b) Belegung der datierten Jahrringserien.

weil der prozentuale Anteil einer Bauholzart über die Jahrhunderte nicht konstant ist, sondern gravierenden Veränderungen unterliegt. Dies zeigt exemplarisch die Belegungskurve für alle datierten Tannen von der Voralpenregion bis zum Thüringer Becken. Entsprechend des überkommenen Baubestandes steigt die Belegungskurve kontinuierlich bis um 1400 an. Zwischen 1400 und 1600 stellt sich ein nahezu konstantes Niveau der Tannennutzung ein, die ab 1600 abfällt. Im Gegenzug nimmt die Fichtennutzung zu, die in Abb. 12 aber nicht dargestellt ist. Die untere Graphik stellt die zeitliche Verteilung der Anzahl der Jahresringe pro Probe mit Mark (= relatives Kambiumalter) vor. Es ist bemerkenswert, dass die Hiebreife der Tannenbauhölzer nicht nur variiert, sondern dass 67% aller Proben weniger als 75 Jahresringe aufweisen und 30% aller Tannenbauhölzer nach weniger als etwa 50 Wuchsjahren hiebreife Bauholzdimensionen erreichten. In der zweiten Hälfte des 14. Jhs. ist die durchschnittliche Hiebreife der Tannenbäume mit ca. 60 Jahresringen am geringsten und steigt dann kontinuierlich bis zum 20. Jh. auf etwa 80 Jahresringe an.

Das Bauholzverteilungsdiagramm von Bamberg (Abb. 13) zeigt das prozentuale Verhältnis der Bauholzarten Eiche, Kiefer, Tanne und Fichte im Zeitraum zwischen 1000 und 1800 an. Bamberg liegt vor der Einmündung der Regnitz in den Main. In den lokalen Wäldern um Bamberg waren Buchen-Eichenwälder

vorherrschend. Eichen sind um 1000 die dominierende Bauholzart und im archäologischen Befund nachgewiesen. Nach dem Stadtbrand von 1185 wurden die Dachwerke der Gangolfskirche und des Heinrichsdoms mit geflößtem Tannenholz erneuert, das vermutlich aus den bischöflichen Wäldern im Frankenvald um Nordhalben stammt. Tannenholz ist bis um 1400 mit 40–50% die häufigste Bauholzart, Fichte ist dagegen nur im einstelligen Prozentbereich vertreten. Um 1400 kommt es zu einem ersten Einbruch des Tannenholzanteils auf 30%, und nach 1600 sinkt dieser auf weniger als 10% ab. Dem Rückgang der Tanne steht eine Zunahme der Fichte gegenüber. Dieser charakteristische Wechsel ist wohl durch viele Faktoren verursacht: Zum einen können erste Tannenbestände schon um 1400 übernutzt worden sein. Bei fehlender Übershirmung während der ersten Wuchsjahre gerät die Schattenbaumart Tanne gegenüber der lichtresistenteren Fichte in einen ökologischen Nachteil, so dass sich die Fichte besser durchsetzen kann. Die klimatischen Bedingungen während der „Kleinen Eiszeit“ im späten 16. und 17. Jh. trugen sicherlich dazu bei, dass sich die frostresistentere Fichte gegenüber der Tanne weiter durchsetzen konnte. Kiefern sind als Bauholz in Bamberg erst ab der Mitte des 15. Jhs. verwendet worden. An Kiefern aus Bamberg wurden bisher keine Floßbinderelikte nachgewiesen, so dass die Vermutung naheliegt, dass sie in lokalen Wäldern eingeschlagen wurden. Bemerkenswert ist, dass vor 1400 trotz des sehr gut untersuchten Hausbestands in Bamberg keine Kiefern erfasst worden sind. Nach 1400 ist die Nutzung von Kiefern als Bauholz auf Gärtnerhäuser, Kirchendachwerke und wenige Wohnhäuser von Patriziern beschränkt, die vermutlich auf Bauholz aus lokalen Wäldern zurückgreifen konnten. In den Dachwerken der Bürgerhäuser überwiegt dagegen geflößtes Tannen- bzw. Fichtenholz. Eichenholz wurde nur vereinzelt, zum Beispiel für Hängestiele in Sprengwerken, Ständer im Fachwerk oder für Glockenstühle bis in das späte 18. Jh. eingesetzt. Nach 1600 wurden die Eichenständer im Holzgerüstbau durch Nadelhölzer ersetzt, so dass der Eichenanteil auf etwa 10% abnimmt. Diese Bauholzartenverteilung ist für Bamberg charakteristisch und durch die spezifische Holzbeschaffungs- und Nutzungsstruktur der Stadt bestimmt. Aus der Analyse der Holzarten lassen sich daher nicht nur forstliche und handelsgeschichtliche, sondern auch sozialtopographische Aussagen ableiten, die bei der Festlegung von Denkmaleigenschaften hilfreich sein können.

Nicht nur die Jahrringbreite: Intraannuelle Phänomene zur Optimierung dendrochronologischer Datierungen als zukünftige Forschungsfelder

Ein letzter Aspekt soll die Bedeutung einer systematischen Archivierung der Holzproben möglichst in Verbindung mit einem an Forschungsfragen orientierten dendrochronologischen Labor verdeutlichen. Die Basis der Holzaltersdatierung ist die Jahrringbreite. In der holzanatomischen und holzbiologischen Forschung sind viele weitere Parameter bekannt, die zum Teil sehr viel besser einzelne klimatische Phänomene widerspiegeln als die Jahrringbreite. Dazu zählen zum Beispiel die Spätholzdichte der Nadelhölzer oder der Durchmesser bzw. die Flächen der Spätholzgefäße bei Eichen. Diese Parameter können wie die Jahresringe einer Vegetationsperiode zugeordnet und damit Zeitreihen gebildet werden, die die dendrochronologische Datierung einer Holzprobe optimieren oder differenzierte ökologische und klimatische Analysen ermöglichen. Damit diese Zeitreihen effektiv aufgebaut werden können, ist der einfache Zugriff auf die Holzbohrkerne oder Balkenabschnitte erforderlich.

Zusammenfassung

Unter einer nachhaltig arbeitenden Dendrochronologie wurde hier vor allem die Nachvollziehbarkeit einer dendrochronologischen Untersuchung und eine dauerhafte Archivierung der Untersuchungsergebnisse und Proben verstanden. Die Nachvollziehbarkeit beginnt mit der Kartierung der Proben und einer dauerhaften Beschriftung der Entnahmestelle vor Ort unter Einbeziehung der photographischen Dokumentation der Waldkanten. Alle Schritte sollten so angelegt sein, dass sie zu einem späteren Zeitpunkt überprüft werden können. Daher ist es sinnvoll, die dendrochronologischen Erfassungsprotokolle mit Bleistift archivgerecht zu führen und diese bei den Proben zu belassen. Sowohl die Entnahmestelle als auch die Probe sollte dauerhaft gekennzeichnet werden. Das dendrochronologische Gutachten sollte die von der Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik Deutschland 2008 formulierten „Mindestanforderungen für dendrochronologische Untersuchungen in der historischen Bauforschung“ erfüllen.¹⁰ Zusätzlich dazu ist neben der physischen Archivierung der Proben auch eine digitale, hoch aufgelöste Speicherung der Probenscans wünschenswert, insbesondere dann, wenn die Eigentumsrechte an der Probe nicht so geklärt sind, dass

eine dauerhafte Archivierung möglich ist. Die Proben bzw. die Jahrringstruktur und weitere intraannuelle Informationen erlauben weitreichende Einblicke in die historische Waldbewirtschaftung, den Holztransport und auch kleinräumig angelegte klimatologische Fragestellungen und Forschungen, die ohne den Bohrkern oder die Probe als physisch-historische Quelle nicht möglich wären.

- 1 Harald Thomasius – Bernd Bendix, *Sylvicultura Oeconomica* von H. C. von Carlowitz. Transkription in das Deutsch der Gegenwart (Remagen-Oberwinter 2013) 73.
- 2 Erste grundsätzliche Überlegungen für eine systematische Dokumentationspraxis wurden vom Verfasser 2005 beschrieben (s. EISSING 2005). Zu nennen ist vor allem auch Joachim Gomolka, der einen sehr lesenswerten Aufsatz zur Dokumentation der Probenentnahme verfasst hat (GOMOLKA 1992).
- 3 Das 2008 von der Vereinigung der Landesdenkmalpfleger herausgegebene Arbeitsblatt 28 zu den „Mindestanforderungen für dendrochronologische Untersuchungen in der historischen Bauforschung“ ist online abrufbar unter <<http://www.vdl-denkmalpflege.de/veroeffentlichungen.html>> s.v. Arbeitsblätter Historische Bauforschung (05.03.2018).
- 4 Ein kurzer Überblick zur Dendrochronologie wurde vom Verfasser auf der Koldewey-Tagung in Erfurt 2014 gegeben (s. EISSING 2015). Auf die Entwicklung der Dendrochronologie bis etwa 1969 geht Hans Hermann Rump, Bruno Huber (1899–1969). Botaniker und Dendrochronologe, Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt 32 (Stuttgart 2011) ein.
- 5 EISSING 2007, 32.
- 6 EISSING 2014, 239.
- 7 So konnte zum Beispiel die Mittelkurvenbildung von Gerüsthölzern aus dem Südturm des Niedermünsters in Regensburg durch den stratigraphischen Befund bestätigt werden, dass sie zeitgleich in ein Mörtelbett eingebracht wurden (unpubliziertes dendrochronologisches Gutachten vom 22.02.2006).
- 8 Ebenda S. 2. Zum Arbeitsblatt Nr. 28 insgesamt s. Anm. 3.
- 9 An dieser Stelle soll vor allem auf das Übersichtswerk von Fritz Schweingruber, *Dendroökologische Holzanatomie* (Bern 2001) verwiesen werden. Dort findet man zu den unterschiedlichsten Themen weiterführende Literatur.
- 10 Siehe Anm. 3.

Anschrift:

Dr.-Ing. Thomas Eißing
 Otto-Friedrich-Universität Bamberg
 Institut für Archäologische Wissenschaften, Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte
 Am Zwinger 4–6, 96047 Bamberg
 thomas.eissing@uni-bamberg.de

Bildnachweis:

Abb. 1a: Martin Kuckenburger, Siedlungen der Vorgeschichte in Deutschland, 300.000 bis 15 v. Chr. ²(Köln 1994) Abb. 63

Abb. 1b. 2. 8. 9: Verfasser

Abb. 1c: Axel Delorme, Die dendrochronologischen Methoden, Allgemeine Forstzeitschrift 49, 1979, Abb. S. 1346

Abb. 3. 5. 7: Studentische Übung, Universität Bamberg 2012

Abb. 4a: Thomas Eißing, Kirchendächer in Thüringen und dem südlichen Sachsen-Anhalt. Dendrochronologie – Flößerei – Konstruktion. Arbeitsheft des Thüringischen Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologie Neue Folge 32 (Altenburg 2009) Abb. 59

Abb. 4b: EISSING 2015, 97 Abb. 1

Abb. 6: Thomas Eißing, Holzversorgung, Holzverbrauch, Holzherkunft am Beispiel Mitteldeutschlands, in: Andreas Dix – Winfried Schenk (Hrsg.), Konsum und Kulturlandschaft, Siedlungsforschung. Archäologie – Geschichte – Geographie 28 (Bonn 2010) 96 Abb. 5

Abb. 10–13: Thomas Eißing, Aussagen zur Nutzung der Wälder in Mitteleuropa für die Holzgewinnung, Flößerei und Jagd im Mittelalter und in der Frühen Neuzeit auf der Basis dendrochronologischer Datierungen, Siedlungsforschung. Archäologie – Geschichte – Geographie 32, 2015, 244 Abb. 3. 245 Abb. 4. 246 Abb. 5. 256 Abb. 12