

Dendrochronologische Untersuchungen an
mittelalterlichen Kirchendächern im Bundesland
Salzburg

DIPLOMARBEIT

verfasst von

Johannes GELHART

eingereicht bei

Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. nat. techn. Rupert WIMMER

Institut für Holzforschung

Department für Materialwissenschaften und Prozesstechnik

Universität für Bodenkultur Wien

Wien, im Jänner 2004

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand in den Jahren 2001 bis 2004 aufgrund des Bauforschungsprojektes „Mittelalterliche Kirchendächer im Bundesland Salzburg“ von Dr. Hermann Fuchsberger.

Als ich im Winter 2000 bei Michael Grabner anfragte, ob es möglich wäre, private dendrochronologische Untersuchungen zumachen, bejahte er dies. Nach Ende dieser Auswertung fragte mich Michael, ob ich Interesse hätte an einem Bauforschungsprojekt bei den dendrochronologischen Arbeiten mitzuarbeiten. Nach kurzer Bedenkzeit sagte ich ihm, dass dies der Fall ist, da mir auch angeboten wurde, die Proben als Grundlage für eine Diplomarbeit zu verwenden.

Auf diesem Wege möchte ich mich bei Michael Grabner für die große Unterstützung bei allen Arbeiten, vor allem bei den Probennahmen, der theoretischen und praktischen Ausbildung und der geduldigen Beantwortung zahlreicher Fragen, bei Prof. Rupert Wimmer für die Unterstützung bei den theoretischen Grundlagen und der Korrektur der Diplomarbeit und bei allen MitarbeiterInnen der Gruppe Jahrringforschung, die mich bei allen Fragen mit bestem Wissen und Gewissen unterstützten, bedanken.

Für die Organisation vor Ort, der Unterstützung bei den Probennahmen und die Bereitstellung diverser Unterlagen sei Herrn Dr. Hermann Fuchsberger gedankt.

Großer Dank gilt meinen Eltern, Maria und Johann Gelhart, die mir die Möglichkeit gaben eine höhere Ausbildung zu machen und mich nach Möglichkeiten unterstützten und hoffentlich auch weiter tun.

Simone Strobl und Günter Friedrich danke ich für die gute Freundschaft, die fachliche und menschliche Unterstützung beim Studium sowie für das Querlesen der Diplomarbeit.

Allen Freunden, namentlich genannt seien Doris Strauß, Jörg Schwärzler und Christian Bergmayr, danke ich für anregende Diskussionen in allen Bereichen und für so manche gesellige Stunde.

Dem Österreichischen Staat sei für die finanzielle Unterstützung gedankt, ohne welche diese Ausbildung nur unter erheblich schwierigeren Umständen möglich gewesen wäre.

ZUSAMMENFASSUNG

Diese Arbeit behandelt die Methode wie auf relativ einfache Weise die Datierung von hölzernen Bauwerken bzw. Bauwerksteilen bewerkstelligt werden kann. Weiters wird ein Bauforschungsprojekt beschrieben, welches die Basis für die Entstehung dieser Arbeit legte. Aufgabe der Dendrochronologie im Zuge dieses Forschungsprojektes war die Datierung der vermutlich aus dem Mittelalter stammenden Kirchendachstühle. Überlegungen, wie die vorliegenden Proben weiter genutzt werden könnten, kamen zum Ergebnis, aus den Proben regionale Chronologien zu erstellen. Aufgrund der topographischen Unterschiede des Beprobungsgebietes konnten als Ergebnis drei Kurven präsentiert werden: Zwei Chronologien aus dem höher gelegenen Innergebirge aus verschiedenen Zeiten und eine aus dem flachen Teil des Bundeslandes Salzburg.

Weiters wurde eine Clusteranalyse der Objektmittelkurven durchgeführt. Im Zuge dieser Arbeit stellte sich diese Auswertungs- und Qualitätssicherungsmethode als problematisch dar. Da im vorliegenden Fall die Jahrringreihen relativ kurz sind und sehr unterschiedliche Datierungen ergeben haben, erscheint die Clusteranalyse mangels langer Überlappungszonen nicht praktikabel. Sinnvoll erscheint die Analyse wenn die zu unterziehenden Proben eine hohe Anzahl gemeinsamer Wuchsjahre aufweisen.

ABSTRACT

This thesis examines the method by which wooden buildings or wooden parts of buildings can be easily dated. Part of the project was to determine the time of erection of the roofs of different churches. Furthermore these samples were used to draw up a dendrochronological image. Due to the geographical conditions of Salzburg three different images can be found. Two of these are placed in the "Innergebirge" (Lungau, Pongau and Pinzgau as parts of the northeast Alps) and one image of the lowland of Salzburg. The results showed that the two chronologies of the Innergebirge are from different times; the older curve can be dated from the 10th to the 12th century, the younger one represents the time between 1296 and 1793.

The other part of this thesis is concerned with the method of cluster analysis and its inadequacy in dating samples of close time frames. However this analysis is of good use when the samples have a long overlapping zone.

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation und Umfang der Arbeit.....	3
2	Einleitung	4
2.1	Was versteht man unter dem Begriff Dendrochronologie?.....	4
2.2	Überlegungen zur Richtigkeit dendrochronologischer Datierungen.....	4
2.3	Dendrochronologie in der Bauforschung	6
2.3.1	Geschichte	6
2.3.2	Einsatzgebiete der Dendrochronologie in Österreich.....	7
2.4	Weitere Datierungsmöglichkeit für organische Proben	8
2.5	Das Bundesland Salzburg.....	9
2.5.1	Geographische Beschreibung.....	9
2.6	Geschichtlicher Überblick Salzburgs im Mittelalter	10
2.7	Zielsetzung	12
3	Material und Methoden	13
3.1	Die Holzarten	13
3.1.1	Allgemeines.....	13
3.1.2	Aufbau des Holzes von Nadel- und Laubhölzern:	13
3.1.3	<i>Abies alba</i> Mill. (Weißtanne)	14
3.1.4	<i>Picea abies</i> Karsten. (Europäische Fichte)	15
3.1.5	<i>Larix decidua</i> Mill. (Europäische Lärche)	16
3.1.6	<i>Quercus ssp.</i> (Eiche)	17
3.2	Werkzeuge und Hilfsmittel	19
3.2.1	Probennahme	19
3.2.2	Probenpräparation	19
3.2.3	Vermessung.....	20
3.2.4	Auswertung	20
3.3	Methoden.....	21
3.3.1	Theoretische Hintergründe zur Erstellung einer Chronologie	21
3.3.2	Probennahme	22
3.3.3	Präparation	24
3.3.4	Jahrringvermessung.....	25
3.3.5	Statistische Grundlagen.....	26
4	Ergebnisse	28
4.1	Daten zur Probennahme	28

4.2	Lokale Verbreitung der einzelnen Holzarten	28
4.3	Ergebnisse repräsentativ ausgewählter Objekte aus den einzelnen Gauen sowie der Stadt Salzburg	30
4.3.1	Badgastein St. Nikolaus Kirche (Pinzgau).....	30
4.3.2	Faistenau.....	33
4.3.3	Salzburg Lieferung:.....	35
4.3.4	Puch bei Hallein	37
4.3.5	St. Leonhard ob Tamsweg.....	39
4.3.6	St. Veit im Pongau	41
4.4	Vorgangsweise bei der dendrochronologischen Auswertung der Proben.....	45
4.5	Ergebnisse der dendrochronologischen Auswertung: 3 regionale Chronologien	45
4.5.1	Chronologie Innergebirge 1 (928 bis 1254 n. Chr.).....	45
4.5.2	Chronologie Innergebirge 2 (1269 – 1793 n. Chr.).....	47
4.5.3	Chronologie Alpenvorland (1297 – 1732 n. Chr.)	48
4.6	Auflistung der Mittelkurven.....	50
4.7	Ergebnisse der Clusteranalyse.....	53
4.7.1	Vorgehensweise bei der Clusteranalyse.....	53
4.7.2	Ergebnisse der Clusteranalyse.....	54
5	Diskussion	64
5.1	Regionalen Chronologien.....	64
5.2	Clusteranalyse	66
6	Zusammenfassung.....	67
7	Verzeichnisse	68
7.1	Literaturverzeichnis.....	68
7.2	Tabellenverzeichnis.....	71
7.3	Abbildungsverzeichnis	72

1 Motivation und Umfang der Arbeit

In Österreich wird der Dendrochronologie trotz intensiver Bemühungen während der letzten Jahre hindurch (z.B. Wimmer & Grabner 1999) immer noch geringe Beachtung geschenkt. Um die Bekanntheit in der Fachwelt bzw. auch in der Bevölkerung zu erhöhen, sollte jede Gelegenheit genutzt werden, die Dendrochronologie bei konkreten Fragestellungen anzuwenden. Erst ein hoher Bekanntheitsgrad sowie die Verfügbarkeit von Standardkurven helfen mit, langfristig gesehen gute historische Datierungen bereitzustellen. Eine Gelegenheit der konkreten Anwendung der Dendrochronologie bot das Bauforschungsprojekt „Mittelalterliche Kirchendächer in Salzburg“, unter der Leitung von Dr. Hermann Fuchsberger, das auch den Rahmen dieser Diplomarbeit bildete. Dabei wurde versucht, aus Proben von 64 vornehmlich mittelalterlichen Kirchendachstühlen regionale Mittelkurven für die Holzart Fichte zu erstellen. Die erstellten Chronologien ermöglichen weitere Datierungen aus den entsprechenden Gebieten. Die Auswahl der Proben erfolgte primär nach Waldkante, Jahrringbreite und Beprobungsmöglichkeit, um dem primären Ziel des Forschungsprojektes entsprechen zu können und eine jahrgenaue Datierung der Dachstuhlelemente zu erreichen.

Folgende Fragestellungen wurden bearbeitet:

- Auswahl repräsentativer Objekte des Projektes
- Erörterung der Ergebnisse der Probenauswertung
- Erstellung regionaler Standardkurven
- Clusteranalyse der Objektmittelkurven

Die Arbeiten wurden am Institut für Botanik (jetzt Institut für Holzforschung, Department für Materialwissenschaften und Prozesstechnik), Gruppe Jahrringforschung, an der Universität für Bodenkultur durchgeführt.

2 Einleitung

2.1 Was versteht man unter dem Begriff Dendrochronologie?

Die Dendrochronologie (griech.) im engeren Sinne ist die Methode zur Datierung historischer Holzbauteile aufgrund des letzten Jahrringes (Schweingruber 1993). Im weiteren Sinne sind nach Schweingruber (1993) auch die Dendroökologie und ihre Teilgebiete in ihr enthalten. Diese Bezeichnung setzt sich aus den altgriechischen Wortsilben dendron für Baum, chronos, die Zeit und logos für die Kunde, Lehre zusammen. Sie beruht auf der Auswertung der unterschiedlich breiten Jahresringe innerhalb eines Stammes (Bertelsmann 1995).

Die Dendrochronologie wird in dieser Arbeit eingesetzt, um die Dachstühle jahrgenau zu datieren und um die Möglichkeiten dieser Untersuchungsmethode effizienter werden zu lassen. So hat die dendrochronologische Untersuchung den großen Vorteil als einzige Methode historisches Material jahrgenau zu datieren, anderen Methoden können hingegen nur Zeitbereiche angeben. Da dies in manchen Bereichen jedoch zu ungenau ist (z. B. Bauforschung), bietet sich die Dendrochronologie im Bereich der gemäßigten Klimazone mit jähräquivalenten Zuwächsen bei Holzarten als ideale Methode an, jahrgenaue Datierungen machen zu können.

2.2 Überlegungen zur Richtigkeit dendrochronologischer Datierungen

Da die dendrochronologische Altersbestimmung den Tatbestand nutzt, dass unsere Bäume unter dem Einfluss wechselnder Wetter- und Klimaabläufe charakteristische Wachstumsmuster im Stammholz in Form verschieden breiter Jahrringe ausbilden, können diese mit Referenzkurven verglichen werden. Diese Vergleiche können sowohl optisch als auch mathematisch erfolgen. Weitere Hinweise auf eine richtige Datierung können Weiserjahre bzw. so genannte Signaturen (ausgeprägte Abweichungen im Jahrringverlauf) sein. Diese werden von den Bäumen unabhängig von den einzelnen Standorten über große geographische Entfernungen von verschiedenen Individuen gleichläufig ausgebildet. Ursachen dieser einheitlichen Merkmalsausprägung können extrem warme und niederschlagsarme Sommer sein. So haben beispielsweise fast alle Bäume in Süddeutschland

als Folge des Trockenjahres 1976 in diesem Jahr einen signifikant schmalen Ring ausgebildet. In einer Jahrringchronologie sind diese Signaturen aneinander gereiht. So kann sich bei entsprechender Anzahl von Proben, beginnend mit einem Baum mit bekanntem Fällungsjahr, in den jeweiligen Altersstufen eine mehrere Jahrhunderte lange Kurve ergeben. Die enthaltenen Signaturen besitzen über größere geographische Räume Gültigkeit (Becker 1990). Individuelle bzw. standortbedingte Ringbreiteschwankungen können durch Mittelung mehrerer Einzelkurven vermindert werden. Damit zeichnen sich die überregionalen Signaturen der Witterung stärker ab (Becker 1990).

Mit dieser gemittelten Jahrringchronologie können nun Holzproben unbekanntes Alters aus dem Gebiet der Chronologie sehr gut optisch verglichen und dadurch das Alter ermittelt werden. Diese Synchronisierung ist optisch jedoch sehr aufwendig und wird heute computerunterstützt durchgeführt.

Mit entsprechender Software lassen sich statistische Kennzahlen wie die sog. „Gleichläufigkeit“ rasch ermitteln. Dieser Kennwert gibt den prozentuellen Wert der Übereinstimmung der positiven und negativen Ringbreitenveränderungen der beiden Kurven an (Eckstein & Bauch 1969). Es ist ein Maß für die Ähnlichkeit der Intervalltendenzen (Schweingruber 1983).

Wichtigere Kenngrößen bilden jedoch die Werte der t-Tests. Diese geben die Ähnlichkeiten des absoluten Verlaufs der beiden Kurven in der synchronen Kurvenposition an und beschreiben diese damit (Baillie & Pilcher 1973). Sie sind positive Größen. Der t-Test ist sehr streng und gibt in der Regel die synchrone Lage zweier Kurven eindeutig an (Wimmer 1998). Zur sicheren Synchronisierung von undatierten Jahrringkurven mit Referenzkurven ist in jedem Fall eine Mindestanzahl von Jahrringen der zudatierenden Probe erforderlich. Je höher die Anzahl der vorhandenen Jahrringe, desto niedriger können die statistischen Werte ausfallen, um die Datierung als sicher anzusehen. Somit kann nicht gesagt werden, ab welchen t-Werten bzw. Gleichläufigkeitswerten eine Datierung gesichert ist (Schweingruber 1983).

Da die dendrochronologische Datierung auf den Zuwachstrukturen von Pflanzen, in diesem Fall von Bäumen, basiert, müssen einige Voraussetzungen erfüllt sein:

- Die Anzahl der Jahrringe sollte bei Objektdatierungen zumindest über 30 liegen, bei Einzeldatierungen mindestens über 50 liegen, da bei niedrigerer Anzahl die Irrtumswahrscheinlichkeit zu hoch wird

- Der Wuchs des beprobten Teiles sollte möglichst regelmäßig, jedoch sensitiv in Bezug auf die Witterung, sein. Es sollten vor allem keine irregulären Zuwachsverläufe durch Druck- oder Zugholz, sowie durch Schädlinge beeinflusste Zuwachsschwankungen, gegeben sein.
- Wichtig ist eine vergleichbare Referenzkurve, die sowohl aus der entsprechenden Holzart gebildet wurde und aus dem Gebiet stammt.

Bei der Datierung von Einzelproben kann es deshalb vorkommen, dass auch bei ausreichenden Ringzahlen die Synchronlage auf der Standardkurve nicht gefunden werden kann. Dies kann an regionalen Schadereignissen (Schneebruch, Hagel, Blitzschlag, u. a.) oder auch an raschen Zuwachsänderungen nach Durchforstungen liegen, welche die Wachstumsraten derart verändern, dass keine Synchronlage ermittelt werden kann.

2.3 Dendrochronologie in der Bauforschung

2.3.1 Geschichte

Erste bauliche Datierungen wurden von Andrew Ellicott Douglass (amerikanischer Astronom 1867 – 1962) bereits 1914 durchgeführt. Douglass gilt als Vater der Dendrochronologie. Um den Einfluss der elfjährigen Sonnenzyklen auf das Klima der Erde nachzuweisen, versuchte er dies zu Anfang des 20. Jahrhunderts wegen der fehlenden Wetteraufzeichnungen mit Jahrringreihen von Kiefern (*Pinus ponderosa*). Schnell stellte Douglass fest, dass besonders in Trockenjahren sehr schmale Jahrringe ausgebildet werden. Nachdem er zur Erkenntnis kam, dass auch 80 km entfernte Bäume ähnliche Jahrringmuster aufweisen, begann er mit dem Aufbau einer örtlichen Chronologie. Diese konnte er 1914 soweit fertig stellen, sodass er ab diesem Zeitpunkt im Stande war, archäologische Holzproben zu datieren (Schweingruber 1983). Mit diesen Erkenntnissen versuchte Douglass Pueblo Bonito (größte erhaltene Indianersiedlung, New Mexico (USA)(Bertelsmann 1995)) jahrgenau datieren (Zimmerman 2003). Dies gelang ihm vorerst nur insofern, dass er die einzelnen Proben zwar intern, jedoch nicht absolut synchronisieren konnte. Das fehlende Stück fand sich 1929 in einer Siedlung in Arizona (Schweingruber 1983).

Douglass wandte die Technik der „Skeleton Plots“ an. Erste erfolgreiche Arbeiten mit Skeleton Plots wurden durch Arthur Freiherr von Seckendorff - Gudent (1845 -1886) bereits 1881 dokumentiert. Seckendorff – Gudent, ein gebürtiger Schweizer, studierte Forstwesen in

Giessen. Nach Lehrtätigkeit in der Schweiz bekam er praktisch gleichzeitig Stellen als Ordinarius in Florenz und Wien angeboten. Er entschied sich für Wien und begann 1870 an der forstlichen Versuchsanstalt in Maria Brunn zu arbeiten. 1875 erhielt Seckendorff - Gudent an der neugegründeten Universität für Bodenkultur eine ordentliche Professur (Wimmer 2001).

Die Technik der „Skeleton Plots“ funktioniert derart, dass auf einem Papierstreifen für jeden schmalen Jahrring ein Strich gezeichnet wird. Je schmaler der Jahrring ist, desto länger wird der Strich aufgetragen. Besondere Merkmale werden zusätzlich vermerkt. Besonders breite Jahrringe können zum Beispiel mit einem „b“ versehen werden oder in die entgegengesetzte Richtung eingetragen werden. Wie diese speziellen Kennzeichnungen aussehen, ist dem Dendrochronologen überlassen (Grabner, Wimmer 2002).

2.3.2 Einsatzgebiete der Dendrochronologie in Österreich

Holzfunde bei Grabungen des Bundesdenkmalamtes in Kleinmariazell 1995 zeigten die Notwendigkeit der Erstellung einer regionalen Tannenkurve auf. Deshalb wurde mit dem Aufbau einer entsprechenden Kurve durch systematische Beprobung von rezentem und historischem Material begonnen. Dies ergab vorerst eine Kurve, die bis ins 14. Jahrhundert zurückreichte. Die Fundstücke aus der Grabung von Kleinmariazell waren jedoch noch älter. Erst ein Fundstück aus der alten Universität Wien konnte die Verbindung zwischen der datierten Kurve und der schwimmenden Chronologie herstellen. Damit ergab sich eine gut belegte 1021 Jahre lange Referenzkurve, welche von 977 bis 1997 reicht (Wimmer, Grabner 1998).

Liebert (1996) führte im Zuge seiner Diplomarbeit Untersuchungen an historischen Bauten in der Umgebung von Wien durch. Durch diese Arbeit wurde der Grundstein für die ostösterreichische Eichenchronologie gelegt. Eine Arbeit beschäftigt sich mit einer regionalen Tannenchronologie im Nationalpark Kalkalpen, welche durch Beprobung von rezenten Tannen und historischen Objekten (Almhütten, Klausen, Holztriftbauten) erstellt werden konnte. Eine Standardchronologie für die Holzarten Lärche und Zirbe konnte durch Probenahmen im Engadin, sowie Niedere und Hohe Tauern durchgehend bis 963 n. Chr. erstellt werden. Aufgrund der guten Belegung konnte eine Rekonstruktion der Sommertemperaturen für 800 Jahre gemacht werden. Weitere Chronologien der Holzarten Lärche und Zirbe konnten aus Proben vom Dachstein Plateau erstellt werden. Mehrere regionale Fichtenchronologien wurden in den letzten Jahren teils im Zuge des Aufbaus von

Tannenchronologien, teils separat, aufgebaut. Die ostösterreichische Fichtenchronologie ergab sich im Zuge der Arbeiten an der Tannenkurve. Durch die Arbeitsgruppe Holzbiologie und Jahrringforschung an der Universität für Bodenkultur wurden Standardkurven in verschiedenen Gebieten Österreichs (Gesäuse, Dachsteingebiet, Reichraminger Hintergebirge) aufgebaut (Wimmer, Grabner 1998).

An der Universität Wien konnten mehrere teils datierte, teils schwimmende Standardkurven erstellt werden. Eichenchronologien stammen aus den Gebieten Wien/Niederösterreich, Gars/Thunau sowie schwimmende Chronologien aus verschiedenen Auegebieten in Ober- und Niederösterreich. Andere Standardkurven sind dort aus den Holzarten Fichte, Föhre und Tanne vorhanden (Cichocki 1999).

2.4 Weitere Datierungsmöglichkeit für organische Proben

Kohlenstoff-14-Methode

Die auf radioaktivem Kohlenstoff (^{14}C) basierende Bestimmungsmethode des Alters wurde von dem amerikanischen Wissenschaftler Willard Frank Libby bereits 1947 entwickelt. Die Voraussetzung zur Datierung besteht primär darin, dass die Probe Kohlenstoff beinhalten muss und diesen zu Lebzeiten aus der umgebenden Luft entnommen hat.

Zu Lebzeiten eines Organismus bleibt der Gehalt an radioaktivem ^{14}C Kohlenstoff in Abhängigkeit zum natürlichen Gehalt der Umgebung (Luft, Erde, Meer) gleich. Da nach dem Ableben der Kohlenstoffgehalt durch diverse Stoffwechselforgänge nicht mehr erneuert wird, zerfällt der radioaktive Kohlenstoff mit konstanter Geschwindigkeit. Die relativ kurze Halbwertszeit des Kohlenstoffes beschränkt die mögliche Zeitspanne einer Datierung auf normalerweise 50 000 Jahre und in extremen Ausnahmesituationen auf 70 000 Jahre. Die Genauigkeit der Datierung vermindert sich mit zunehmendem Alter der Probe. Nachteil dieser Datierungsmethode ist die Beschränkung auf organische Substanzen.

Ein weiterer Faktor für die Genauigkeit ist die der Berechnung zugrunde gelegte Halbwertszeit. Da diese im Jahre 1962 von der ursprünglichen Zeitspanne von 5570 ± 30 auf 5.730 ± 40 Jahre neu festgelegt wurde, mussten alle früheren Ergebnisse neu berechnet werden. Die Genauigkeit hängt natürlich auch von den Konzentrationsschwankungen in der Umgebung ab. Weitere Unsicherheiten, welche eine Datierung ungenau bzw. unmöglich machen können, sind Verunreinigungen durch eindringendes Wasser, Beaufschlagung mit anderem Kohlenstoff und Kontamination durch die Probennahme oder deren Weiterbearbeitung im Labor (Adolf-Reichwein-Schule, 2003).

2.5 Das Bundesland Salzburg

2.5.1 Geographische Beschreibung

Das Bundesland Salzburg ist eines der neun Bundesländer Österreichs. Es liegt zwischen 47° und 48° nördl. Breite und zwischen 12° und 14° östl. von Greenwich (Österr. Unterstufenatlas, 1978). Die Größe beträgt 7.154,23km² (Kulturinformationssystem des BMBWK, 2003).



Abb. 1: Topographische Karte des Bundeslandes Salzburg

Salzburg liegt an der Nordabdachung der Ostalpen (Abb. 1). Es grenzt im Norden und Nordosten an Oberösterreich, im Südosten an die Steiermark, im Süden an Kärnten und Osttirol. Seit 1919 grenzt ein kurzes Stück an Italien (Südtirol). Im Westen sind Grenzen zu Nordtirol und im Nordwesten an Deutschland (Bayern), wo das Berchtesgadener Land tief nach Salzburg hineinreicht. Das Bundesland ist zu fünf Sechstel gebirgig und liegt zu beiden Seiten der Salzach und an den Oberläufen der Flüsse Saalach, Enns und Mur. Den Namen erhielt das Land aufgrund seines Salzreichtums.

Im Süden liegt ein Teil der Zentralalpenzone auf Salzburger Landesgebiet. Weitere Teile des Landes liegen in den Schiefer- und Kalkalpen, sowie in den Voralpen und im Alpenvorland.

Ein Teil der Seenlandschaft des Salzkammergutes liegt im Nordosten. Die Grenze zwischen Oberösterreich und Salzburg läuft durch Wolfgang-, Mond- und Attersee. Die Salzach entwässert 74% der Landesfläche zur Donau. Die weiteren Teile werden durch Inn, Traun, Enns und Mur entwässert. Weitere größere Gewässer sind der Wallersee und die Trumer Seen. Außerdem sind noch die Gebirgs- und Hochgebirgsseen in den vergletscherten Zentralalpen zu erwähnen. In den Kalkalpen sind weite Teile stark verkarstet. Im Zuge der Entstehung vegetationsloser Karrenfelder haben sich unterirdische Wasserläufe und in weiterer Folge große und weit verzweigte Höhlensysteme gebildet.

Die Einteilung der heutigen Verwaltungsgliederung folgt im wesentlichen den natürlichen Landschaften. Der Flachgau setzt sich aus dem Alpenvorland und dem Salzburger Anteil des Salzkammergutes zusammen. Kalkalpengebiet und Lammertal bilden den Tennengau. Die Gebiete um die mittlere Salzach und die obere Enns heißen Pongau. Der Pinzgau setzt sich aus den Regionen um die obere Salzach und das Saalachtal zusammen. Das Einzugsgebiet der obersten Mur ist der Lungau.

Das Klima im nördlichen Salzburg ist gezeichnet vom so genannten „Salzburger Schnürlregen“, welcher durch die häufigen Nord- und Nordweststaulagen bei üblichem Westwetter verursacht wird. Im Lungau jedoch ist das Klima von stark kontinentalem Einfluss geprägt („österreichisches Sibirien“). Die Fauna und Flora sind überwiegend von alpinem Charakter. Ausnahmen bilden nur der Flachgau und das Salzburger Becken, in denen die Tier- und Pflanzenwelt der Mitteleuropas entspricht (Kulturinformationssystem des BMBWK 2004).

2.6 Geschichtlicher Überblick Salzburgs im Mittelalter

Die Geschichte Salzburgs im Mittelalter beginnt mit der Ankunft des Hl. Rupert um 700 n. Chr. Ausschlaggebend dafür war die Residenz Theodberts, Sohn des bairischen Herzogs Theodo, in Salzburg, der die meisten Schenkungen an die Kirche Salzburgs machte. Theodbert residierte bis etwa 720.

Rupert erneuerte das Peterskloster, baute eine Kirche und setzte seine Nichte Erentrudis als Äbtissin des von ihm gegründeten Frauenklosters auf dem Nonnberg ein. Rupert starb am 27. März 720.

Der Name Salzpurch tauchte erstmals in der um 760 vom Hl. Bonifatius verfassten Landesbeschreibung auf. Entstanden ist er vermutlich dadurch, weil in Juvavum der gesamte Salztransport aus Reichenhall kontrolliert werden konnte. Die Bezeichnungen Pongau und

Pinzgau wurden erstmals im 8. Jahrhundert erwähnt, der Lungau im Jahr 923, der Tennengau 1874, der Name Flachgau stammt aus dem 20. Jahrhundert (Zaisberger 1998).

Auf Betreiben von König Pippin musste Herzog Odilo den aus Irland stammenden Virgil 745 als Abt und später als Bischof von Salzburg einsetzen. Unter Virgil wurde Salzburg ein Zentrum von Kunst und Kultur. Er veranlasste auch den Bau des ersten Domes. In diesen wurden 774 die Gebeine Ruperts übertragen. Nach dem Dombrand 1167 wurde das Grab Virgils (gestorben 784) gefunden. Da sich an der Fundstelle einige Wunder ereigneten, wurde Virgil 1233 durch Papst Gregor IV. heilig gesprochen. Im Laufe der Zeit wurden Rupert und Virgil noch dem ursprünglichen Petrus als Dompatrozinium hinzugefügt.

Salzburg erhielt nach der bereits von Theodo geplanten Diözesangliederung des Herzogtums der Baiern, die vom hl. Bonifatius im Auftrag des Papstes durchgeführt wurde, 739 seinen ersten Bischof. Am 20. April 798 ernannte Papst Leo III. auf Bitten Kaiser Karls des Großen Salzburg zum Erzbistum und Bischof Arno zum Erzbischof und sicherte damit dem Erzbistum über ein Jahrtausend hinweg die geistliche Vorrangstellung über die altbayerischen Diözesen Regensburg, Freising und Passau. Durch die hervorragende wirtschaftliche Fundierung gelang es den geistlichen Wirkungsbereich sehr weit nach Osten voranzutreiben.

Diverse Schenkungen befreundeter Könighäuser erweiterten das Gebiet des Erzbistums im 9. und 10. Jahrhundert immer weiter. Durch Fälschung von Urkunden, wie es zu dieser Zeit weit verbreitet war, konnte der zwischen dem 10. und 12. Jahrhundert erworbene Besitz rechtlich untermauert werden. Somit konnte der lange Weg der Bildung eines Landes begonnen werden (Zaisberger 1998).

Erzbischof Eberhard II. (1200-1246) war Parteigänger des Kaisers Friedrich II und konnte durch geschickte Politik den Besitz des Landes auf Teile Kärntens und der Steiermark

ausweiten. Er gilt als der eigentliche Begründer des Landes Salzburg (Neue Medien Interaktiv 2003)

Erste gesicherte Abbildung des Salzburger Wappens wurde um 1340 in einer Züricher Wappenrolle gefunden. Das nebenstehende Bild (Abb. 2) zeigt das Wappen von Erzbischof Leonhard von Keutschach. Seine Regentschaft dauerte von 1495 bis zu seinem Tod 1519. Er war einer der baufreudigsten Herrscher des Erzbistums. Dies war vor allem aufgrund der durch ihn erfolgten wirtschaftlichen Sanierung möglich. Der Bergbau (Gold, Silber und Salz) warfen erhebliche Gewinne ab. Er betrieb



Abb. 2: Das Wappen Leonhards von Keutschach

jedoch auch schrankenlosen Nepotismus und Antisemitismus.

Im 13. und 14. Jahrhundert konnte das Erzbistum durch diverse Käufe ganzer Graf- und Herrschaften deutlich vergrößert werden. Somit erlebte Salzburg die größte Ausdehnung im ausgehenden 14. Jahrhundert.



Abb. 3: Ansicht des Salzburger Domes nach 1628

Der Dom in Salzburg wurde in seiner 1200-jährigen Geschichte zehnmal zerstört. Im ausgehenden Mittelalter war er eine der größten Gotteshäuser Europas. Dieser wurde am 11. Dezember 1598 wieder ein Raub der Flammen. 1614 – 1628 erfolgte ein Neubau nach den Plänen Scamozzis (Abb. 3). Die letzte Zerstörung brachte der 2. Weltkrieg. Danach wurde er nach alten Plänen wieder aufgebaut (Tourismus Salzburg 2003).

1228 wurde der Pinzgau dem Erzbischof von Salzburg möglicherweise als Gegengeschäft für die Salinen in Reichenhall überlassen (Zaisberger 1998).

Zur Landesverteidigung wurde 1456 erstmals jeder zehnte Mann für die Aufstellung einer Landfahne registriert. 1478 sind die Türken ins Erzbistum Salzburg eingefallen und haben die Almen im Lungau geplündert. Aufgrund kurzfristig zusammengestellter Truppen und mit Unterstützung bayrischer Hilfstruppen konnte jedoch ein weiteres Vordringen in das Land verhindert werden. Ein weiterer verheerender Türkeneinfall wurde 1480 gestartet. Dieser brachte zwar das Erzstift in Bedrängnis, jedoch kehrten die Türken um, bevor sie den Lungau erreichten. Spätere Türkenkriege belasteten die Salzburger nur insofern, als dass sie Söldnertruppen und Kriegssteuern zuleisten hatten (Zaisberger 1998).

Der Bau der Margarethenkapelle im Friedhof von St. Peter wurde von 1485 bis 1491 n. Chr. unter Johann III. Beckenschlager begonnen und unter Friedrich V., Graf von Schaunberg fertig gestellt (Zaisberger 1998).

2.7 Zielsetzung

In dieser Arbeit wird versucht herauszufinden, ob es möglich ist mit Hilfe bereits vorhandener Chronologien Datierungen von historischen Proben aus dem Bundesland Salzburg vorzunehmen. Eine erfolgreiche Auswertung ist nur unter dem Gesichtspunkt vorhandener überregionaler Signaturen einheimischer Holzarten zu erwarten. Dies soll geprüft werden. Ein weiteres Ziel ist der Aufbau regionaler Chronologien aus dem Probenmaterial.

3 Material und Methoden

3.1 Die Holzarten

3.1.1 Allgemeines

Holz ist das aus meist verholzten Zellen zusammengesetzte, unter der Rinde liegende Gewebe von Bäumen und Sträuchern, also alles Gewebe das beim sekundären Dickenwachstum vom Kambium nach innen neu gebildet wird. In unseren Breiten ruht die Holzbildung im Winter. Dadurch, dass das Kambium im Frühjahr weite und im Herbst enge Poren bildet, entstehen im Stammquerschnitt Jahresringe (Bertelsmann 1995).

3.1.2 Aufbau des Holzes von Nadel- und Laubhölzern:

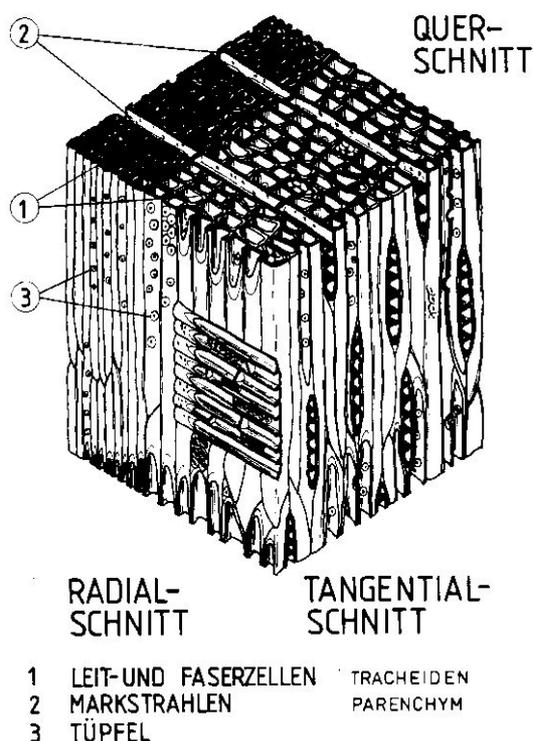


Abb. 4: Aufbau eines Nadelholzes

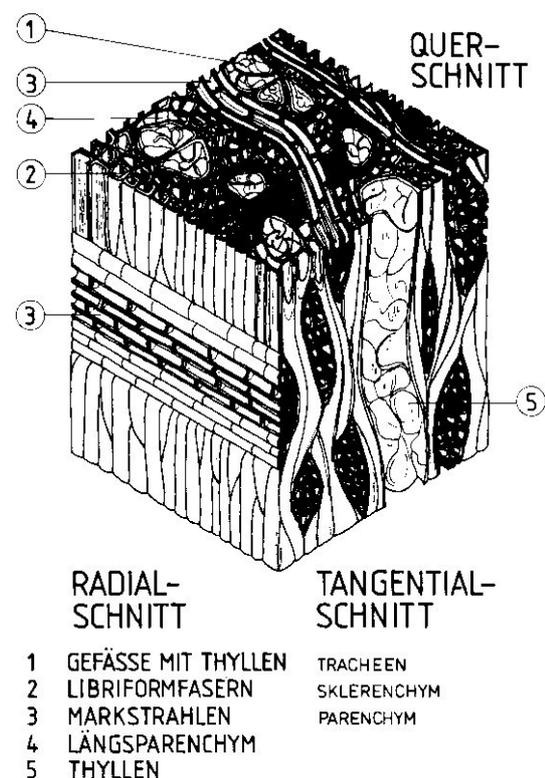


Abb. 5: Aufbau eines Laubholzes

Nadelhölzer (Gymnospermen, Abb. 4) sind entwicklungsgeschichtlich gesehen älter als die Laubhölzer (Angiospermen, Abb. 5). Dies ist auch die Erklärung, warum erstere einfacher gebaut sind (Wimmer 1998). Im Holz der Nadelbäume sind zwei verschiedene Gewebearten

gegeben. Die Tracheiden sorgen für die Wasserleitung (im Frühholz) und für die Festigung des Baumes (Spätholz). Das Parenchym ist für die Versorgung der lebenden Zellen und die Speicherung der Assimilationsprodukte zuständig. Es kann aufgeteilt werden in Längs- oder Strangparenchym und Markstrahlen (Straßburger 1998). Als wichtiges Unterscheidungsmerkmal zwischen zwei größeren Gruppen der Nadelhölzer gilt die Ausbildung von Harzkanälen (Wimmer, Grabner 1997).

Die Laubhölzer sind in der Gewebeausstattung bereits differenzierter. Die Wasserleitung wird von Tracheen durchgeführt. Dies sind tonnenförmige Zellen, deren Wände an den Grenzflächen zur nächsten Trachee teilweise oder ganz aufgelöst sind, damit dem Wassertransport möglichst wenig Widerstand geboten wird. Die Festigung des Stammes erfolgt wie bei den Nadelhölzern durch Fasern, welche sich weiters unterteilen in Libriformfasern und Fasertracheiden. Zum Speichern und Transportieren der Assimilationsprodukte sind wie bei den Nadelhölzern die Parenchymzellen vorhanden, welche jedoch wesentlich differenzierter ausgeführt sind. Allgemein kann man sie wieder in Längsparenchym und Markstrahlen einteilen, wobei jedoch unterschieden werden muss, dass diese Markstrahlen homogen als auch heterogen sein können (Wimmer 1998).

3.1.3 *Abies alba* Mill. (Weißtanne)



Abb. 6: Habitus einer *Abies alba*

Morphologie: Die Weißtanne ist ein immergrüner 30 - 50m hoher Baum mit kerzengeradem Stamm (Abb. 6). Sie kann 500 - 800 Jahre alt werden. Das Wurzelsystem ist als Pfahlwurzel ausgebildet. Der Brusthöhendurchmesser kann im Wirtschaftswald bis zu 100cm betragen (Schweingruber 1990).

Merkmale: Das Holz der Tanne ist weißgrau mit manchmal rötlichem Schimmer und zeigt keinen Unterschied zw. Kern- und Splintholz (Reifholzbaum). Weiters hat die Tanne keine Harzkanäle. Der Übergang von Früh- zum Spätholz ist allmählich bis scharf. Die Dichte der Tanne variiert zwischen 0,32 und 0,71

g/cm^3 , wobei das Hauptfeld um $0,41 \text{ g/cm}^3$ liegt (Schweingruber 1990).

Bestimmung: Hauptmerkmal sind die fehlenden Harzkanäle, was unter dem Auflichtmikroskop im Zuge der Vermessung leicht festgestellt werden kann. Weiters kann der abrupte Übergang von Früh- zum Spätholz als Erkennungsmerkmal dienen (Wimmer, Grabner 1997)

Dendrochronologische Eigenschaften:

Die Tanne weist als sehr empfindlicher und sensitiver Baum in Tieflagen viele Weiserjahre auf. Sie eignet sich gut für chronologische und klimatologische Zwecke. Da sie in prähistorischer und historischer Zeit als Baumaterial Verwendung fand, eignet sie sich auch sehr gut zur Datierung entsprechender Funde. Becker und Siebenlist erstellten 1970 eine 1100-jährige Tannenkurve für den süddeutschen Raum (Schweingruber 1990).

3.1.4 *Picea abies* Karsten. (Europäische Fichte)



Abb. 7. Habitus einer *Picea abies*

Morphologie: Die Fichte (Abb. 7) ist ein immergrüner Baum mit kegelförmiger Krone, der an optimalen Standorten bis zu 60m hoch werden kann. In gebirgigen Regionen wird er 20 – 30m hoch. An extremen Lagen können der Habitus und die Größe der Fichte stark vom Normaltyp abweichen (Schweingruber 1990). Der Baum wird im Durchschnitt 150 Jahre alt und ist der Brotbaum der österreichischen Forstwirtschaft (zu 63,4% im Wirtschaftswald vertreten) (Wimmer, Grabner 1997).

Merkmale: Die Farbe des Holzes ist weißlich bis strohgelb mit seidigem Glanz und ohne Kernausbildung (Kernreifholz). Der Übergang vom Früh- zum Spätholz verläuft allmählich.

Weiters enthält das Holz der Fichte

Harzkanäle. Die Dichte variiert zwischen 0,30 und 0,64g/cm³ mit einem Schwerpunkt bei 0,43g/cm³. (Schweingruber 1990)

Bestimmung: Die Fichte ist ein Nadelholz mit Harzkanälen. Der Übergang von Früh zum Spätholz ist eher kontinuierlich (Schweingruber 1990). Im Einzelfalle ist sie mikroskopisch schwer bis nicht unterscheidbar von der Lärche. Der Früh-/Spätholzübergang ist bei Fichte eher kontinuierlich (Schweingruber 1990).

Dendrochronologische Eigenschaften: Neben der Föhre enthält die Fichte das größte dendrochronologische Potential. Sie wird bis zu 300 Jahre alt und ihr Holz wurde vor allem in gebirgigen Regionen oft verbaut. Für dendrochronologische Untersuchungen wurde sie jedoch erst vor kürzerer Zeit entdeckt (Schweingruber 1990).

3.1.5 *Larix decidua* Mill. (Europäische Lärche)



Abb. 8: Habitus einer *Larix decidua*

Morphologie: Die Lärche (Abb. 8) ist ein sommergrüner Nadelbaum, welcher zw. 20 und 40m hoch werden kann. An Waldgrenzstandorten kann die Lärche jedoch auch Zwergwuchs ausbilden. Typisch für die Lärche ist das Herzwurzelsystem. Durch die starke Wurzelenergie geht sie tief in skelettreiche Böden (bis 4 m). Diese Eigenschaft macht sie zu einer äußerst sturmfesten Baumart (Willuweit, Küttel, Bütikofer 2003)

Der Stamm ist gerade, die Nadeln stehen in Büschel an Kurztrieben. Das Alter kann bis zu 600 Jahre betragen. *Larix decidua* ist eine Art die hauptsächlich in den europäischen Gebirgsklimata anzutreffen ist.

Merkmale: Die Lärche bildet Harzkanäle aus und ist ein Kernholzbaum, dessen Kernholz kräftig rotbraun und sehr dauerhaft ist. Der Übergang von Frühholz zum Spätholz ist eher abrupt im Gegensatz zur Fichte (eventuelles Erkennungsmerkmal bei wenig verkernten Individuen) (Wimmer, Grabner 1997).

Bestimmung: Als erstes Merkmal ist der rotbraune Kern zu erwähnen, weiters der eher abrupte Übergang von Früh- zum Spätholz. Die Lärche kann unter Umständen etwas schwierig von der Fichte zu unterscheiden sein, weil der Farbkern teilweise nur gering bis gar nicht ausgebildet wurde (Wimmer, Grabner 1997).

Dendrochronologische Eigenschaften: Dank des weiten ökologischen Spektrums eignen sich Lärchen gut für klimatologische und ökologische Untersuchungen. Aufgrund des sich alle 6 – 10 Jahre wiederholenden Lärchentriebwicklerbefalls in den Alpen ist die Lärche eher für entomologische als dendrochronologische Untersuchungen geeignet. Aufgrund der deutlich abgegrenzten Spätholzzonen, des hohen Alters und der Sensitivität ist die Lärche auch für Jahrringbreitenanalysen und radiodensitometrische Arbeiten geeignet (Schweingruber 1990).

3.1.6 *Quercus ssp.* (Eiche)



Abb. 9: Habitus einer *Quercus robur*

Morphologie: Die Eiche (Abb. 9) ist ein sommergrüner Laubbaum, der bis zu 50m hoch werden kann und in seltenen Fällen bis zu 2000 Jahre alt. Der Stamm kann bis zu drei Meter Durchmesser erreichen. Die Krone ist breit und baut sich aus dicken, horizontal abstehenden Ästen auf. Das Kernholz ist hellbraun bis gelbgrünbräunlich, dekorativ sowie sehr dauerhaft (Klasse 1-2 nach ON). Der Splint ist gelblich und nicht dauerhaft. Das Dichtespektrum der

Eiche reicht von 0,43 bis 0,93 g/cm³, wobei die meisten Werte bei 0,65 g/cm³ liegen (Schweingruber 1990).

Merkmale: Die Holzstruktur ist deutlich ringporig und das Spätholz weist eine Flammenzeichnung auf, welche nach außen hin gabelig verläuft. Die Eiche bildet Kernholz aus (Kernholzbaum). Weiters sind die Holzstrahlen sehr breit und gut sichtbar. Das Holz der verschiedenen heimischen Eichenarten (Trauben-, Stiel- und Flaumeiche) ist voneinander nicht zu unterscheiden (Wimmer, Grabner 1997).

Bestimmung: Die wichtigsten Merkmale zu Bestimmung der Eiche sind die Ringporigkeit sowie die geflamnte Zeichnung, die nach außen hin gabelig verläuft. Weiteres Merkmal sind die breiten Markstrahlen (Wimmer Grabner 1997).

Dendrochronologische Eigenschaften: Eichenholz ist das klassische Holz in der Dendrochronologie Mitteleuropas, denn die Bäume werden alt, sind weit verbreitet und die Jahrringe sind deutlich ausgebildet. Außerdem wurde das Holz oft verbaut und die Haltbarkeit ist hervorragend (Schweingruber 1990)

An der Eiche wurden die Dendrochronologie und ihre weiteren Untersuchungsgebiete sozusagen erfunden (Schweingruber 1990).

Die Eiche ist gut für die dendrochronologische Arbeit geeignet, da sie sensitiv ist und im Normalfall auch gut zu vermessen ist. Probleme bei der Vermessung können nur bei sehr engeringigen Proben auftreten. Jedoch kann bei der Eiche ausgeschlossen werden, dass fehlende Jahrringe vorhanden sind, da zu Beginn der Wachstumsperiode immer ein Frühholzporenkreis zur Wasserversorgung angelegt wird. Eine weitere Besonderheit der Eiche ist die Möglichkeit der versetzten Jahrringbildung. Sie entsteht durch unterschiedliche Wachstumsintensität auf beiden Seiten eines Holzstrahles. Dies kann über die Korrelation mehrerer Jahrringmessreihen eines Stammes jedoch überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden (Wimmer, Grabner 2002).

Praktisch jedes europäische Jahrringinstitut hat eine bis mehrere regionale zumindest 1000jährige Jahrringchronologie(n) aufgebaut (Schweingruber 1990).

3.2 Werkzeuge und Hilfsmittel

3.2.1 Probennahme

Da die Proben vor Ort im Dachstuhl (Abb. 10) genommen werden, sind diverse Geräte, verschiedene Werkzeuge und Hilfsmittel nötig. In erster Linie sind dies der Hohllochbohrer,



Abb. 10: Beprobungsstelle an einer Strebe mit Abbundzeichen

das Bohraggregat und diverse Leuchtmittel. Der Hohllochbohrer ist eine Sonderanfertigung, da nur wenige davon gebraucht werden. Der Bohrer besteht aus Werkzeugstahl, hat einen Außendurchmesser von 16mm und ist innen hohl. Der Innendurchmesser beträgt 6mm. Von insgesamt fünf vorhandenen Bohrern weisen zwei Stück eine Länge von 250mm auf und die weiteren drei je 350mm.

Als Antriebsgerät für die beschriebenen Bohrer werden eine akkumulatorbetriebene Bohrmaschine der Firma HILTI® verwendet sowie eine wechselstrombetriebene herkömmliche Bohrmaschine. Diese sind mit Dreibackenbohrfutter ausgestattet, da die zu übertragenden Kräfte aufgrund der teilweise zu erwartenden Bohrtiefe und des Bohrdurchmessers erheblich sind. Außer den Bohrern sind zur Probennahme eine Pinzette, Dübelstangen, und ein Hammer sehr nützlich.

3.2.2 Probenpräparation

Der Bohrkernträger ist eine Holzleiste, die einen Querschnitt von ca. 10x12mm hat und an einer Breitseite mit einer kreissägeblattgedicken Nut (~ 3mm) versehen ist.

Zum Schleifen der Proben dient eine Ständerbohrmaschine, an der ein Schleifteller mit Klettverschlussystem angebracht wird. Der Schleifkörper entspricht einem Korundschleifpapier mit den Körnungen 120, 240 und 400, welche nacheinander verwendet werden.

3.2.3 Vermessung

Tsap[®] (Time Series Analysis and Presentation): Tsap[®] ist ein Software Programm, das speziell zur Analyse von Jahrringreihen von Frank Rinn entwickelt wurde. Weiters eignet es sich nach der Datierung der Jahrringreihen zur Erstellung von Mittelkurven, sowie zum optischen Vergleichen am Bildschirm. Der Messtisch Lintab[®] bietet das nötige Werkzeug, um auch Jahrringe mit wenigen Zellreihen richtig messen zu können.

Die weitere Hardware ist durch einen Intel 80386[®] Personal Computer gegeben. Dieser Rechner dient zur Aufzeichnung der Daten, die vom Messtisch übertragen werden. Eine Abbildung wird im Kapitel Methoden – Vermessung gezeigt.

3.2.4 Auswertung

Tsap[®] (Time Series Analysis and Presentation) von Rinn (1996) bietet auch die Möglichkeit, Jahrringkurven statistisch zu datieren und optisch zu kontrollieren. Eine weitere Möglichkeit der optischen Datierung und Kontrolle bietet die Überprüfung von gedruckten Jahrringkurven auf dem Leuchttisch. Diese wurde im Zuge dieser Arbeit nicht verwendet und wird daher nicht weiter behandelt.

3.3 Methoden

3.3.1 Theoretische Hintergründe zur Erstellung einer Chronologie

Der Aufbau einer Jahrringchronologie geschieht per Aneinanderreihung von Jahrringkurven (Abb. 11). Begonnen wird mit rezenten Proben. Bei diesen ist der Zeitpunkt der Schlägerung bekannt. Wichtig ist dabei, dass sich die Einzelkurven an den Verbindungsstellen mindestens 30 Jahre überlappen und dass die Signaturen statistisch und optisch zueinander passen. Eine gute Belegung der Chronologie hilft das Rauschen zu vermindern. Als Rauschen wird der Einfluss individueller Eigenheiten bezeichnet (Grabner, Wimmer 2002). Sinnvoll ist das Erstellen einer artenreinen Kurve, da die einzelnen Arten natürlicherweise anders bzw. verschiedenen stark auf Umwelteinflüsse reagieren.

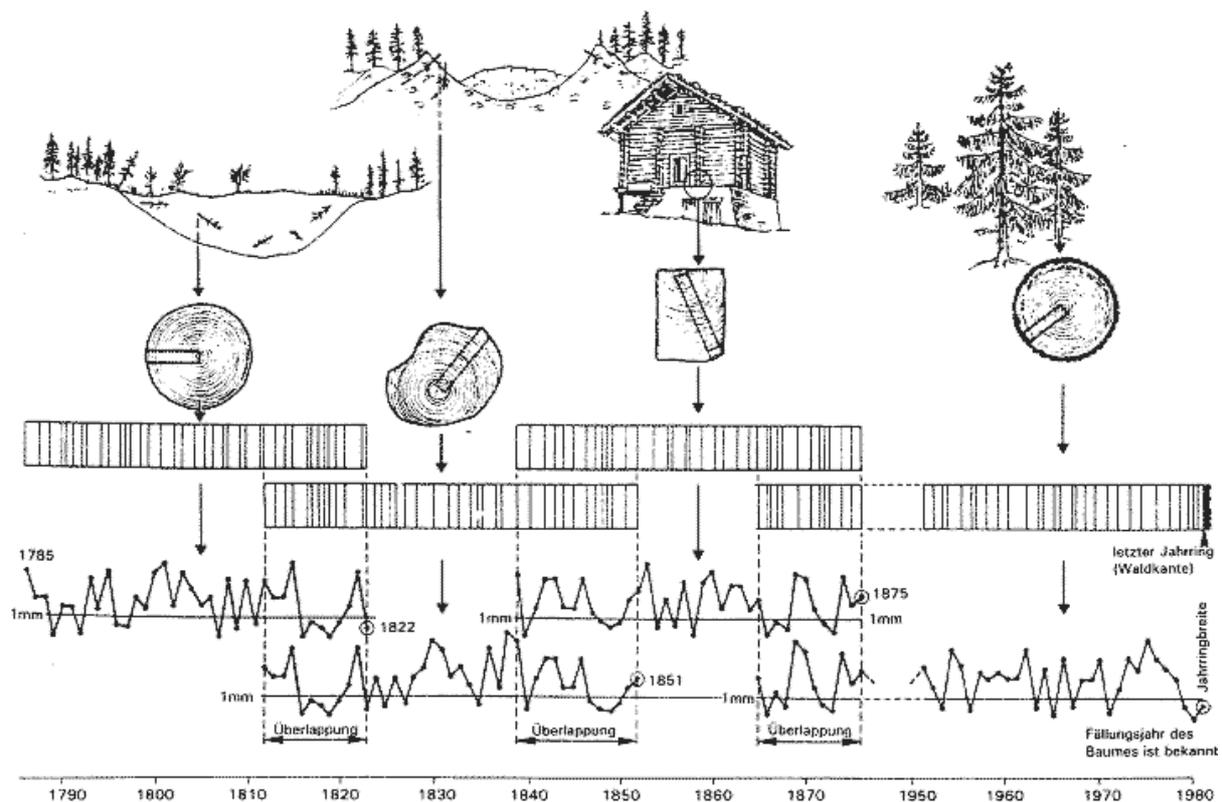


Abb. 11: Darstellung des Aufbaus einer Chronologie (nach F.H. Schweingruber 1983)

3.3.2 Probennahme

3.3.2.1 Bohrkerne

Die Proben werden an Ort und Stelle den Bauteilen entnommen. Dies geschieht unter Verwendung eines Hohllochbohrers und einer, mit Akkumulatoren betriebenen, Bohrmaschine. Beim Aussuchen der Bohrstellen wird in erster Linie auf entsprechende Jahrringbreiten und auf eine vorhandene Waldkante geachtet, da nur bei vorhandenem letzten Jahrring eine jahrgenaue Datierung des Bauwerkes möglich ist. Da das Ziel ein möglichst vollständiger Bohrkern mit der höchstmöglichen Anzahl an Jahrringen ist, wird radial gebohrt um das Mark zutreffen.

Nach Ende des Bohrvorganges und der Bergung des Bohrkernes, wird dieser an Ort und Stelle auf die vorbereiteten Trägerleisten geklebt. Diese Vorgangsweise bringt die Vorteile, dass die genommenen Proben nicht zu späterer Zeit aufgeleimt werden müssen und eventuelle Bruchstücke werden mit höherer Wahrscheinlichkeit richtig aufgeleimt. Das Bohrloch wird nach der Bergung des Bohrkernes mit einem Buchendübel von ca. 10cm Länge verschlossen und mit einer objektbezogenen fortlaufenden Nummer versehen. Diese Vorgehensweise ermöglicht eine eventuell nötig werdende neuerliche Zuordnung der Bohrstelle.

3.3.2.2 Querschnitte

In manchen Fällen konnte anstelle eines Bohrkernes auch ein gesamter Querschnitt genommen werden. Dieser wurde je nach örtlicher Gegebenheit per Hand oder maschinell abgetrennt, beschriftet und später präpariert. Diese Vorgangsweise findet jedoch mehrheitlich bei rezenten Proben an gefällten Bäumen statt.

3.3.2.3 Probencodierung

Den Proben wurde nach der Entnahme ein Code zugewiesen, der vorerst die dreistellige Abkürzung des Objektnamens und die laufende Nummer enthielt. Bei der Vermessung wurde die Codierung um die Holzart (z.B. AA für *Abies alba*) und eine Kleinbuchstabenreihung, um mehrere Proben eines Bauteiles beschriften zu können, erweitert. Eine komplette Codierung sieht schlussendlich so aus:

BgnPA01a

Bgn ... Bad Gastein Nikolauskirche

PA ... Picea Abies (Fichte)

01 ... fortlaufende Numerierung der Proben aus dem Objekt

a ... erste Messreihe dieses Bauteiles (meist nur a bei historischem Material)

Die Vorteile dieser Codierung gegenüber einer rein numerischen Codierung ergeben sich daraus, dass Objektort und Holzart relativ leicht aus den Abkürzungen abgeleitet werden können.

3.3.3 Präparation

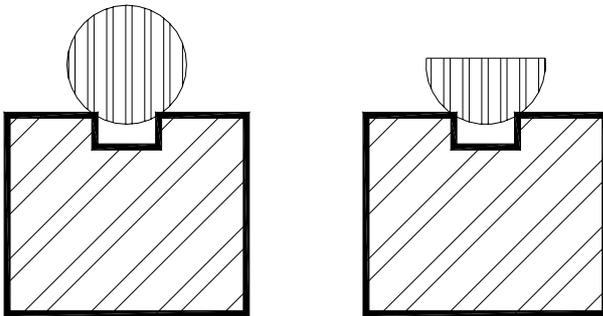


Abb. 12: Bohrkern auf Trägerholz links nach dem Aufkleben und rechts nach dem Schleifen

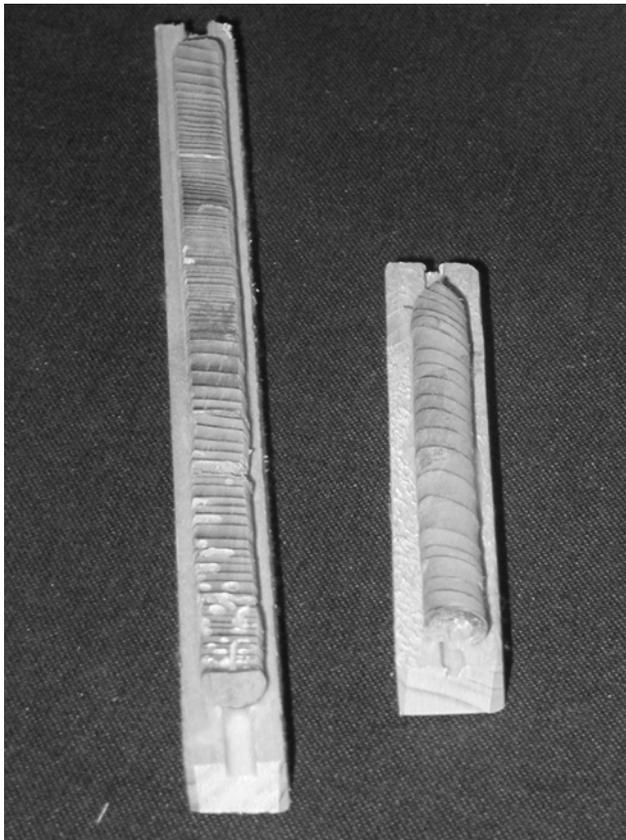


Abb. 13: Foto eines geschliffenen (links) und eines unbehandelten Bohrkernes (rechts)

Die Aufbereitung der Proben unterscheidet sich je nach Probenart.

Da Bohrkern aufgrund ihrer Abmessung und Größe nur sehr schwer handhabbar sind und je nach Probenqualität unter Umständen in mehrere Teile zerbrechen können, werden sie an Ort und Stelle auf Trägerleisten aufgeklebt. Dadurch erhält man eine handhabbare Probe wie sie in Abb. 12 schematisch dargestellt ist. Diese kann gut weiterbearbeitet werden.

Von Stamm- oder Balkenquerschnitten werden ca. 20 - 25mm dicke Scheiben abgetrennt, aus welchen dann schleifbare Streifen von ca. quadratischem Querschnitt geschnitten werden.

Bevor die Proben vermessen werden können, muss die Oberfläche jeder einzelnen Probe normal zur Faser genügend fein geschliffen werden (Abb. 13), damit bei stärkster Vergrößerung des Auflichtmikroskopes keine Schleifspuren mehr gesehen werden können und bei geringsten Zuwächsen noch eine Unterscheidung der einzelnen Jahrringgrenzen möglich ist. Dies gelingt im Normalfall mit Körnung 400.

3.3.4 Jahrringvermessung



Abb. 14: zeigt den Messtisch und die nötige Hardware

Die Vermessung der präparierten Bohrkerne erfolgt mit Unterstützung der elektronischen Datenverarbeitung. Diese bestand zurzeit der Vermessung und Auswertung aus einem Intel[®] 80386 Rechner und dem Programm Tsap[®] (Rinn 1996). Weitere Unterstützung bietet ein Messtisch der Marke Lintab[®], welcher die Jahrringbreiten auf hundertstel Millimeter genau misst. Als optische Unterstützung dient ein Auflichtmikroskop, auf welchem eine Videokamera montiert ist. Von dieser wird das Bild des Bohrkernes auf einen Fernsehbildschirm übertragen, auf welchem ein Fadenkreuz angebracht ist, um bei der Vermessung einen Fixpunkt zu haben (Abb. 14). Diese zuletzt beschriebene Apparatur dient zur komfortableren Vermessung, hat aber den Nachteil, dass bei sehr geringen Jahrringbreiten die Auflösung von Videokamera und Fernsehgerät nicht reichen. Aus diesem Grund sollte direkt über das Mikroskop vermessen werden. Die Vorteile der Vermessung mit dem Mikroskop sind die Dreidimensionalität der Probe und die farbtreue Abbildung. Die Vermessung wird beim kernnächsten ganz erkennbaren Jahrring begonnen (im Idealfall vom

Mark aus) und geht bis zur Waldkante bzw. bis letzten vollvorhandenen Jahrring. Beim Vermessen soll darauf geachtet werden, dass parallel zu den Markstrahlen gemessen wird. Das Ergebnis einer Vermessung wird in einer Datei gespeichert. In dieser können zusätzlich zum Probencode je nach Probenart (rezent oder historisch) weitere Zusatzinformationen gespeichert werden. Diese sind zum Beispiel Holzart, das Vorhandensein von Kern und, Waldkante, (Unterscheidung von Frühholz oder Spätholz). Bei rezenten Proben können die Baumnummer, der Brusthöhendurchmesser, Standort usw. oder Bauteilart und Gebäudenummer bei historischen Proben angegeben werden. Durch den Vermessungsvorgang wird die Länge automatisch eingetragen. Das Datierungsergebnis wird nach der Auswertung durch das Programm, bzw. nach einem eventuellen optischen Vergleich am Bildschirm und/oder Leuchttisch, händisch in die Header-Maske des Programms eingetragen.

3.3.5 Statistische Grundlagen

der EDV unterstützten Auswertung und Datierung von historischem Probenmaterial:

Gleichläufigkeit

Diese ist ein Vergleichsmaß und sagt aus wie viele Jahre der überlappenden Zone zweier Proben die gleiche Tendenz aufweisen (Schweingruber 1990). Daraus ergibt sich auch der Nachteil, dass im Extremfall bei einem Jahr Überlappung und gleichem Trend sich eine Gleichläufigkeit von 100% ergeben würde. Um dies zu vermeiden, wurde eine Signifikanzberechnung der Gleichläufigkeit (GL) eingeführt. Die Signifikanz unterliegt bei $GL \leq 50 + 3,090 \frac{50}{\sqrt{a}}$ [%] einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,1%, wobei a der Anzahl der überlappenden Jahre entspricht.

Kreuzkorrelation und t-Werte

Die Kreuzkorrelation beschreibt den Zusammenhang von zwei Datensätzen, die miteinander verglichen werden sollen. Die Werte der Korrelation liegen im Bereich von -1 bis +1, wobei ein Wert nahe der unteren bzw. oberen Grenze auf eine hohe Korrelation hinweist und ein Wert um 0 auf keinen Zusammenhang deutet.

Um über die Kreuzkorrelation eine signifikante Aussage machen zu können, werden die t-Werte berechnet. Die Ableitung des t-Wertes erfolgte aus der so genannten Student-Verteilung, welche eine spezielle t-Verteilung darstellt. Die t-Verteilung beschreibt die

Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten von Mittelwerten und eignet sich daher zum Testen von Hypothesen, die Mittelwerte betreffen (Sterba 1994).

$$\text{t-Werte: } t = \frac{cc * \sqrt{a-2}}{(1-cc^2)} [1]; \quad \text{Kreuzkorrelation: } cc = \frac{\sum xy - a\bar{x}\bar{y}}{(\sum x^2 - a\bar{x}^2)(\sum y^2 - a\bar{y}^2)}$$

cc ... Kreuzkorrelation

a ... Überlappungsbereich, Anzahl

x, y ... Werte der Kurve, die verglichen werden

Die speziellen t-Werte, die im Softwarepaket TSAP[®] verwendet werden, sind auf die Eigenheiten der Dendrochronologie abgestimmt und wurden nach den Entwicklern benannt. Bei Baillie und Pilcher (tvbp) wird vor der eigentlichen Berechnung zuerst eine Glättung über 5 Jahre durchgeführt, weiters eine Indexierung und Logarithmierung. Dies ergibt eine Homogenisierung und Glättung der Kurve, in welcher Alterstrend und kurzfristige Wachstumsschwankungen herausgefiltert sind. Dadurch erreicht man ein aussagekräftigeres Ergebnis. Hollstein führte eine Wuchswertberechnung ein, welche den Messwert eines Jahres mit dem des folgenden über eine logarithmische Funktion vergleicht. Danach werden diese Werte durch logarithmische Differenzen ersetzt und mit diesen über die Kreuzkorrelation (cc) der t-Wert nach Hollstein (tvh) berechnet (Grabner, Wimmer 2002).

t-Wert nach Baillie und Pilcher (tvbp):

- Glättung über 5 Jahre
- Indexierung
- Logarithmierung
- Berechnung der Korrelationskoeffizienten
- Berechnung des t-Wertes

t-Wert nach Hollstein (tvh)

- Wuchswertberechnung
- Ersetzen der Werte durch logarithmische Differenzen
- Berechnung der Korrelationskoeffizienten
- Berechnung des t-Wertes

(Grabner, Wimmer 2002))

Im Zuge der Auswertung wurde primär auf die t-Werte und die Gleichläufigkeit geachtet. Das Ergebnis wurde anschließend mit der Baugeschichte verglichen und interpretiert.

4 Ergebnisse

4.1 Daten zur Probennahme

Im Zuge des Forschungsprojektes „Mittelalterliche Kirchendächer in Salzburg“ wurden nach den Gesichtspunkten, dass der Bau im Mittelalter entstanden ist, 65 Kirchen beprobt. Die Beprobung fand in drei Durchgängen im Jahr 2001 statt. Die Proben von 64 Kirchen wurden weiterbearbeitet. Mangels verwertbarer Proben musste ein Objekt ausgeschieden werden. Aus diesen Kirchendachstühlen wurden 921 Proben genommen. Dies entspricht einer durchschnittlichen Anzahl von 14 Proben pro Objekt. 610 Proben konnten datiert werden. Dies kommt einem Anteil von 66,2% gleich. Aus den verwendbaren Daten wurden 71 verschiedene Mittelkurven erstellt. Von diesen konnten 65 (91,5%) datiert werden.

4.2 Lokale Verbreitung der einzelnen Holzarten

Die, im Zuge der Beprobungen am häufigsten angetroffenen Holzarten, sind Tanne, Fichte und Lärche. Die lokale Verteilung der Holzarten über die Gaue ist im Diagramm 1 dargestellt. *Quercus ssp.* und *Pinus cembra* wurden nur in Ausnahmefällen beprobt, da sie selten angetroffen wurden. Diese sind unter dem Punkt „andere“ Holzarten zusammengefasst.

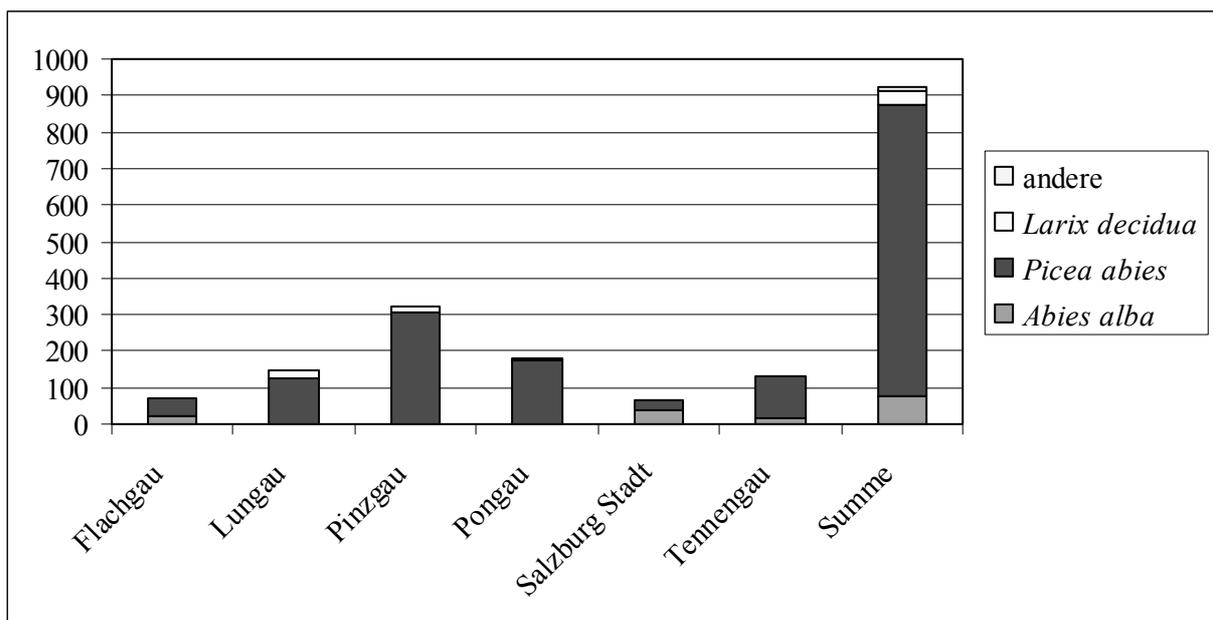


Abb. 15: Verteilung der Holzarten

Beachtenswert ist, dass die Tanne im Innergebirge (Lungau, Pinzgau sowie Pongau) nicht vorgefunden wurde. In diesen Gebieten wurde vor allem Fichte verarbeitet. Im Flachgau, der Stadt Salzburg und im Tennengau ist zwar mehr Tannenholz in Dachstuhlkonstruktionen verwendet worden, jedoch ist trotzdem ein überwiegender Teil mit Fichte konstruiert worden (Abb. 15).

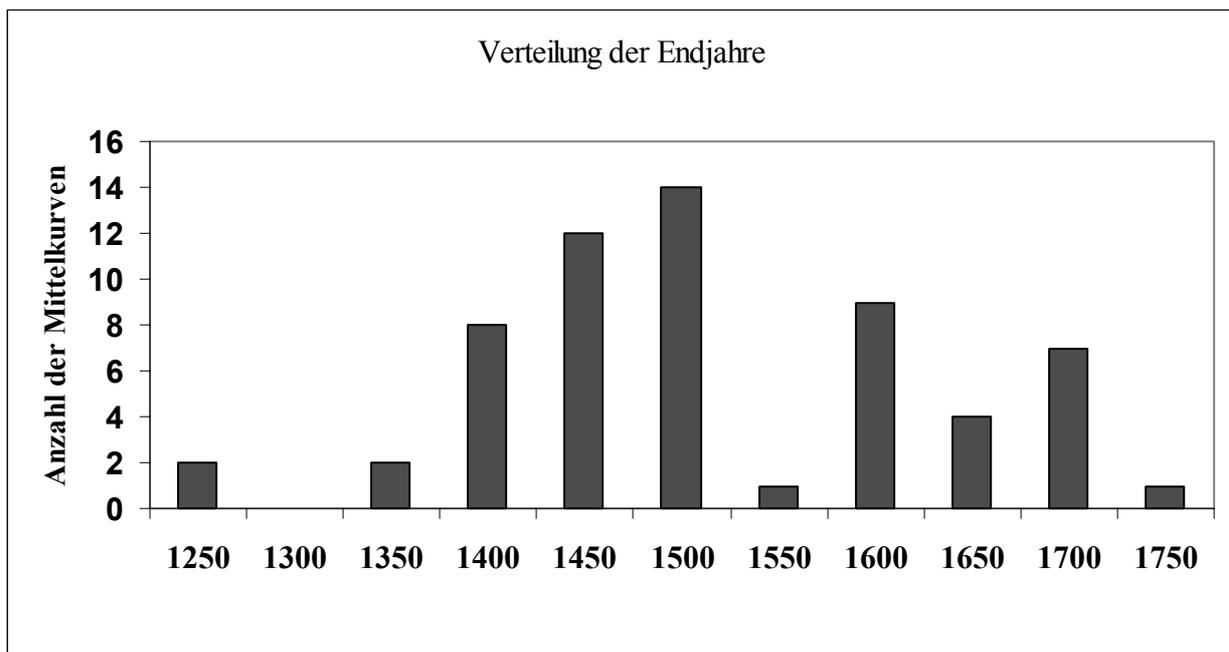


Abb. 16: Verteilung der Datierung der Objektmittelkurven

Die Datierungen ergaben, dass, wie erwartet durch das Auswahlverfahren und dem gesetzten Schwerpunkt des Projektes, ein großer Teil der Kirchendachstühle im Mittelalter erbaut wurde. Jedoch ist auch ein nicht unerheblicher Anteil erst ein bis zwei Jahrhunderte nach Ende des Mittelalters (Krönung Karl des Großen 800 – Entdeckung von Amerika durch Kolumbus 1492) erbaut worden (Abb. 16).

4.3 Ergebnisse repräsentativ ausgewählter Objekte aus den einzelnen Gauen sowie der Stadt Salzburg

4.3.1 Badgastein St. Nikolaus Kirche (Pinzgau)



Abb. 17: Außenansicht der Nikolauskirche in Badgastein

Badgastein ist wie das ganze Gasteinertal weltbekannt durch seine Thermalbäder und den häufigen Besuch von Monarchen wie Kaiser Wilhelm II., Erzherzog Johann u. a. (Lafenthaler 2003).

Es liegt am Ende des Gasteinertales. Der Ort war ursprünglich ein Kirchweiler an den steil abfallenden Talschlußhängen und ist jetzt neuzeitlich überschichtet. Der Edelmetallbergbau ist der älteste Wirtschaftszweig der Region. Dieser hatte seine Blütezeit von 1460 bis 1560. Der Heilbadbetrieb ist erstmals Mitte des 14. Jahrhunderts erwähnt. Die Pfarrkirche, geweiht den Hll. Primus und Felician, als älteste Kirche des

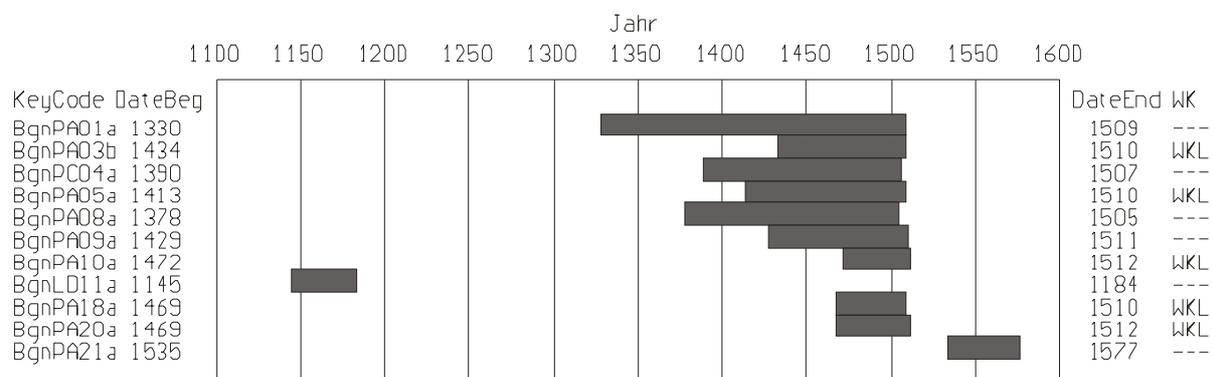
Ortes wurde erstmals 1333 urkundlich erwähnt. Sie ist im neugotischen Stil nach Norden gerichtet erbaut. Weiters wurde sie mit einem Turm auf der Südseite der Kirche versehen und östlichen Stützmauern, welche aufgrund der Hanglage nötig sind.

Die Nikolauskirche (Abb. 17) liegt am nördlichen Ortsrand an der Strasse nach Bad Bruck. Eine erste urkundliche Erwähnung fand sie 1412. Der gotische Bau mit Nordturm wurde um 1400 errichtet. Die Kirche ist vom Friedhof umgeben. Zahlreiche Fresken berichten vom Leben und Sterben Jesu Christi sowie vom Hl. Nikolaus (Dehio Salzburg, 1986).

Nummer	Code	Holzart	Waldkante	Bau- element	nicht vermessene Jahresringe	Anzahl der Jahresringe	Anobiidenbefall	Datierung	tvbp	tvh	Gleichläufigkeit	Bemerkungen
1	Bgn	PA	-	Stuhlsäule	-	180	-	1509	6,8	8,4	69	SwsPa
2	Bgn	PA	✓	Strebe	-	46	-	keine Datierung				
3	Bgn	PA	✓	Stuhlsäule	-	77	-	1510	4,9	5,6	70	SwsPa
4	Bgn	PC	-	Stuhlsäule	-	118	-	1507	3,9	4,4	62	SwsPa
5	Bgn	PA	✓	Strebe	-	98	-	1510				intern
6	Bgn	PA	✓	Sparren	-	45	-	keine Datierung				
7a	Bgn	PC	-	Stuhlsäule	-	46	-	keine Datierung				
7b	Bgn	PC	-	Stuhlsäule	-	40		keine Datierung				
8	Bgn	PA	-	Stuhlsäule	-	128	-	1505	5,9	6,1	70	SwsPa
9	Bgn	PA	-	Schwelle	-	83	-	1511	5,3	5,8	68	SwsPa
10	Bgn	PA	✓	Schwelle	-	41	-	1512				intern
11	Bgn	LD	-	Bundtram	-	40	-	1184	4,3	5,3	63	SwsPa
12	Bgn	LD	-	Bundtram	-	56	-	keine Datierung				
13	Bgn	PA	-	Strebe	-	63	-	keine Datierung				
14	Bgn	PA	✓?	Strebe	-	33	-	keine Datierung				
15	Bgn	PA	-	Sparren	-	52	-	keine Datierung				
16	Bgn	PA	-	Stuhlsäule	-	43	-	keine Datierung				
17	Bgn	PA	✓	Sparren	1	59	-	keine Datierung				
18	Bgn	PA	✓	Stuhlsäule	-	43	-	1510				intern
19	Bgn	PA	✓	Strebe	-	53	-	keine Datierung				
20	Bgn	PA	✓	Bundtram	-	44	-	1512	3,7	4,6	75	SwsPa
21	Bgn	PA	-	Bundtram	9	43	-	1577	4,7	5,6	68	SDAa
22	Bgn	PA	✓	Schwelle	-	54	-	keine Datierung				

Tab. 1: zeigt die Probeneigenschaften der Nikolauskirche in Badgastein

Nikolauskirche Badgastein Filialkirche



Tab. 2: Zeigt die datierten Bohrkerne in Relation zueinander sowohl in Länge als auch Endjahr

Im Dachstuhl der Kirche zu St. Nikolaus in Badgastein wurden 22 Proben genommen (Abb. 18). Davon entfallen 17 auf die Holzart Fichte zwei auf Zirbe und die restlichen drei sind aus Lärche (Tab. 1). Insgesamt konnten 11 Proben datiert werden (Tab. 2). Dies entspricht einem Anteil von 50% und ist etwas unter dem Durchschnitt erfolgreicher Datierungen. Die durchschnittliche Jahrringanzahl aller Proben beträgt 70 Jahre. Die Standardabweichung ergibt 42 Jahre.

Die Datierungen weisen auf eine einzige Bauphase des Dachstuhles hin, da die datierten Proben sowohl aus Langhaus wie auch aus dem Chor stammen. Sie lassen auf eine Bauzeit nach 1512 schließen. Die Probe Nr. 11 lässt auf eine Wiederverwendung des Bauteiles aus einem Vorgängerdachstuhl oder einem anderen Bauwerk schließen. Auf einen nachträglichen Einbau könnte die Datierung der Probe 21 schließen lassen (datiert auf 1577 plus neun nicht vermessene Jahrringe ergibt 1586). Dagegen spricht jedoch, dass die Probe einem Bundtram entnommen wurde, weil dieser im statischen System eine tragende Rolle spielt. Praktisch möglich wäre eine Auswechslung des Bundtrams nur unter Berücksichtigung des gesamten statischen Systems.

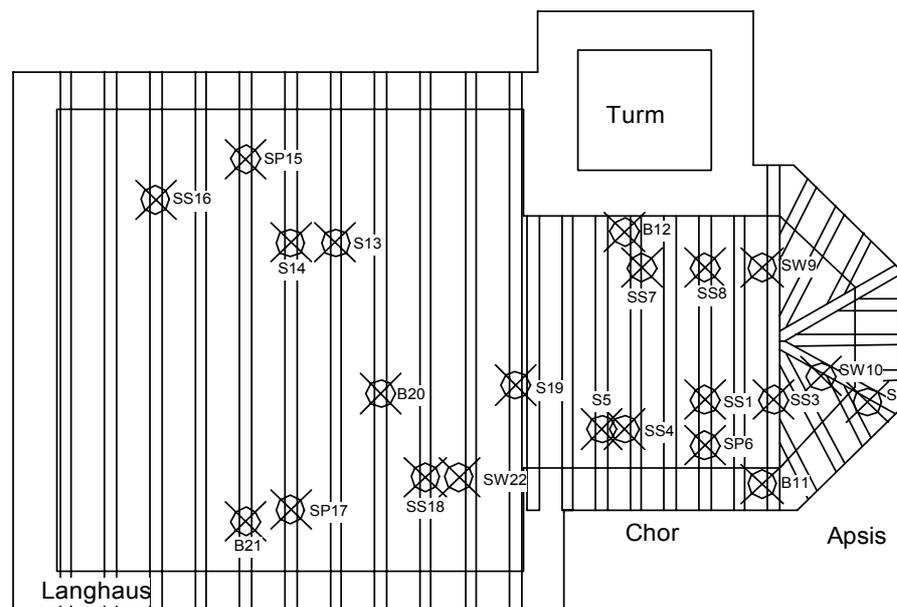


Abb. 18: Bohrkernentnahmedokumentation Filialkirche St. Nikolaus

4.3.2 Faistenau



Die Gemeinde liegt in den Kalkvoralpen östlich von Salzburg im südlichen Flachgau. Der Ortskern liegt auf einer hügeligen Anhöhe. Er wurde 1182 n. Chr. erstmals urkundlich erwähnt. Die Pfarrkirche ist dem Hl. Jakobus, den Älteren, geweiht und im Westen des Kirchweilers platziert. Der im Westen angeordnete Turm überragt aufgrund des abfallenden Hügels dominant die Ortschaft (Abb. 19). Die spätgotische Saalkirche wurde im Laufe der Geschichte mit einem barocken Chor und einer ebensolchen Erhöhung des Turmes ausgestattet. Der Friedhof wurde mit einer Mauer umgeben (Dehio Salzburg, 1986).

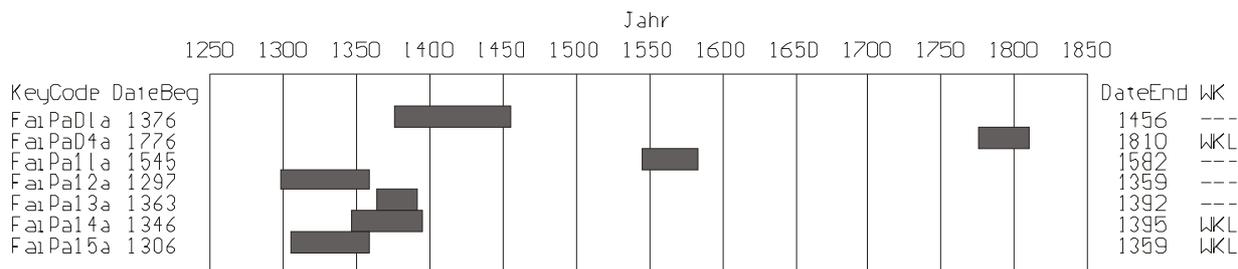
Abb. 19: Kirchturm der Pfarrkirche Faistenau

Nummer	Code	Holzart	Waldkante	Bau- element	nicht vermessene Jahresringe	Anzahl der Jahresringe	Anobidenbefall	Datierung	tvbp	tvh	Gleichläufigkeit	Bemerkungen
1	Fai	PA	-	Bundtram	17	81	✓	1456	3,9	3,8	68	SDAa
2	Fai	PA	✓?	Strebe	-	36	✓	keine Datierung				
3	Fai	PA	✓	Strebe	-	37	✓	keine Datierung				
4	Fai	PA	✓	Strebe	-	35	✓	1810	5,7	4,7	79	NPKalkPa
5	Fai	PA	✓	Strebe	-	38	✓	keine Datierung				
6	Fai	PA	-	Strebe	-	36	✓	keine Datierung				
7	Fai	PA	✓	Strebe	-	35	✓	keine Datierung				
8	Fai	PA	-	Sparren	-	38	✓	keine Datierung				
9	Fai	PA	✓?	Strebe	-	38	✓	keine Datierung				
10	Fai	PA	-	Strebe	13	38	✓	keine Datierung				
11	Fai	PA	-	k. A.	-	38	✓	1582	4,4	5,3	71	OstÖPa
12	Fai	PA	-	Stuhlsäule	-	63	✓	1359	5,0	5,2	68	OstÖAa
13	Fai	PA	-	Strebe	-	30	✓	1392	5,4	4,4	64	OstÖAa
14	Fai	PA	✓	Bundtram	2	50	✓	1395				V1
15	Fai	PA	-	Stuhlsäule	-	54	✓	1359	5,2	4,2	67	OstÖAa

Tab 3: Details der Proben der Pfarrkirche Faistenau

Faistenau

Pfarrkirche



Tab. 4: Balkengraphik der Bohrkernentnahmen aus der Pfarrkirche Faistenau

Die Probennahme gestaltete sich schwierig. Das verwendete Holz war einerseits sehr breitringig und wies tierischen Schädlingsbefall auf. Die durchschnittliche Jahrringanzahl beträgt 43 Jahre mit einer Standardabweichung von 14 Jahren (Tab. 3). Diese Werte weisen ebenfalls auf nicht optimale Probenqualität hin, da die durchschnittliche Probenlänge kurz ist und die Standardabweichung hoch.

Von den 15 Proben konnten sieben datiert werden (Abb. 20). Die statistischen Werte sind nicht überragend, jedoch hoch genug, um sie als sicher gelten zu lassen. Als Ausreißer sind die Bohrkern 4 und 11 zu nennen, deren t-Werte und Gleichläufigkeit zwar gut sind, aber durch die geringe Jahrringanzahl relativiert werden. Als problematisch können auch die verschiedenen Referenzkurven angesehen werden, da sie nur zum Teil artentreu sind und auch aus verschiedenen Regionen stammen (Tab. 4).

Die Datierung des in zwei Bauabschnitte einzuteilenden Dachstuhles kann daher nicht eindeutig erfolgen.

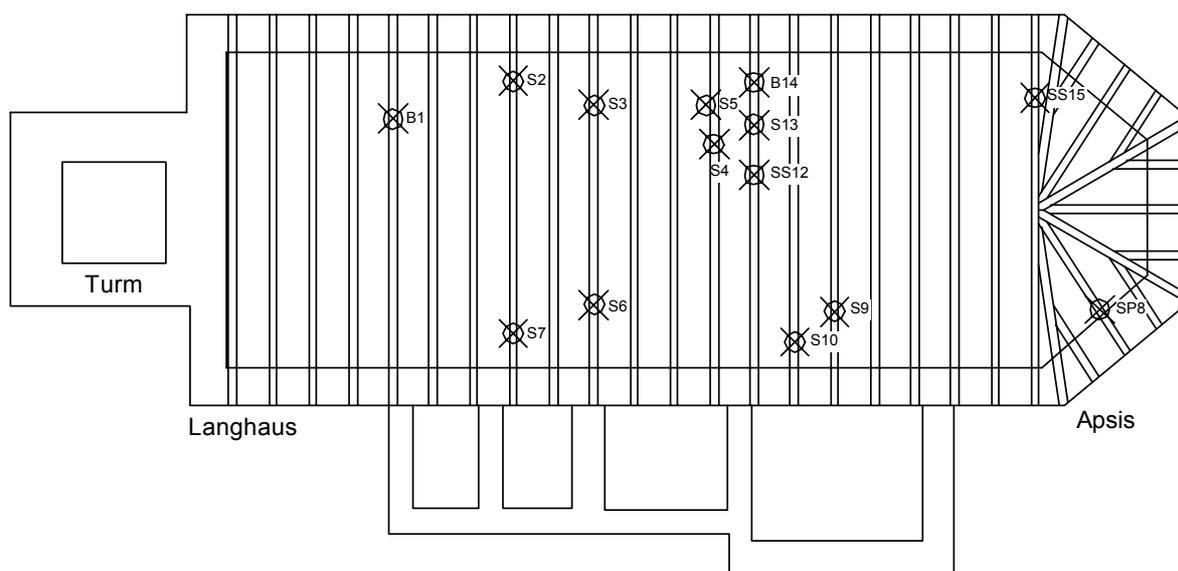


Abb. 20: Bohrkernentnahmedokumentation der Pfarrkirche Faistenau

4.3.3 Salzburg Lieferung:



Abb. 21: Pfarrkirche Liefering bei Salzburg

Schon im 8. Jahrhundert, also bereits zur Zeit des Hl. Rupert, stand am Südrand des Lieferinger Dorfkernes eine Kirche. Erste urkundliche Erwähnung war 790 n. Chr. Zu welchem Zeitpunkt der gotische, im Kern romanische Saalbau erbaut wurde, ist jedoch ungewiss. Geweiht wurde die jetzige Lieferinger Kirche 1516. Sie ist den Schutzheiligen der Fischer, den Aposteln Petrus und Paulus, geweiht. Die Lieferinger Pfarrkirche erhebt sich inmitten des auf einem Hügel liegenden Friedhofes (Abb. 21).

Die Portalvorhalle wurde 1691 dazugebaut. Im selben Jahr wurde der Turm erhöht und umgebaut. Er wurde mit hohen rundbogigen Schallfenstern ausgestattet und erhielt eine Haube mit Laterne. Der Innenraum ist netzrippengewölbt. In den ersten zwei Jochen

der Nordwand sind romanische Fenster und freigelegte Fresken aus dem 13. Jahrhundert zu finden.

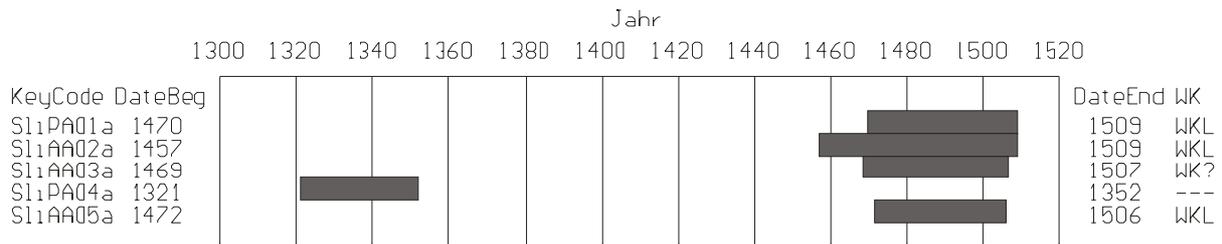
Acht, an der Nordwand des Langhauses angebrachte, Tafelbilder entstanden 1465 durch den Meister von Liefering. Sie stammen vom ursprünglichen spätgotischen Hochaltar (Dehio Salzburg 1986, Neue Medien Interaktiv 2003).

Nummer	Code	Holzart	Waldkante	Bauelement	nicht vermessene Jahresringe	Anzahl der Jahresringe	Anobiidenbefall	Datierung	tvbp	tvh	Gleichläufigkeit	Bemerkungen
1	Sli	PA		Stuhlsäule	-	40	-	1509	3,3	3,7	75	NPKalkPa
2	Sli	AA		Stuhlsäule	-	53	-	1509	4,2	4,1	74	SbgOö
3	Sli	AA		Stuhlsäule	2	39	-	1507	3,0	3,1	75	NPKalk
4	Sli	PA		Sparren	3	32	✓	1352	4,4	5,4	75	OstÖAa
5	Sli	AA		k. A.	1	35		1506	4,8	4,3	71	NPKalkPa

Tab. 5: Auflistung der Eigenschaften aller Bohrkerne der Pfarrkirche Liefering

Salzburg Lieferung

Pfarrkirche



Tab. 6: Aufstellung der Proben aus der Pfarrkirche Lieferung

Die Bohrkernentnahme gestaltete sich auch in diesem Dachstuhl schwierig. Ähnlich wie in Faistenau bestanden die Schwierigkeiten hauptsächlich darin, dass die Bauteile sehr breite Jahrringe aufweisen und die Dimensionen als gering zu bezeichnen sind. Die Beschichtung der Bauteile mit Kalk erschwerte ebenfalls die Probennahme.

Im Dachstuhl wurden fünf Proben genommen (Abb. 22). Alle konnten, zwar mit sehr geringen statistischen Werten, datiert werden (Tab. 5). Daher kann als Bauzeit das Jahr 1510 angenommen werden. Dies sollte jedoch unter Berücksichtigung der statistischen Werte unter bestimmtem Vorbehalt geschehen. Trotzdem kann man von der Richtigkeit ausgehen, da vier Proben in einem Intervall von drei Jahren liegen (Tab. 6).

Anobiidenbefall konnte nur an einer Probe festgestellt werden. Allerdings lässt das auf zumindest teilweisen Befall schließen, da im Auswahlverfahren der Beprobungsstellen unbefallene Bauteile bevorzugt werden.

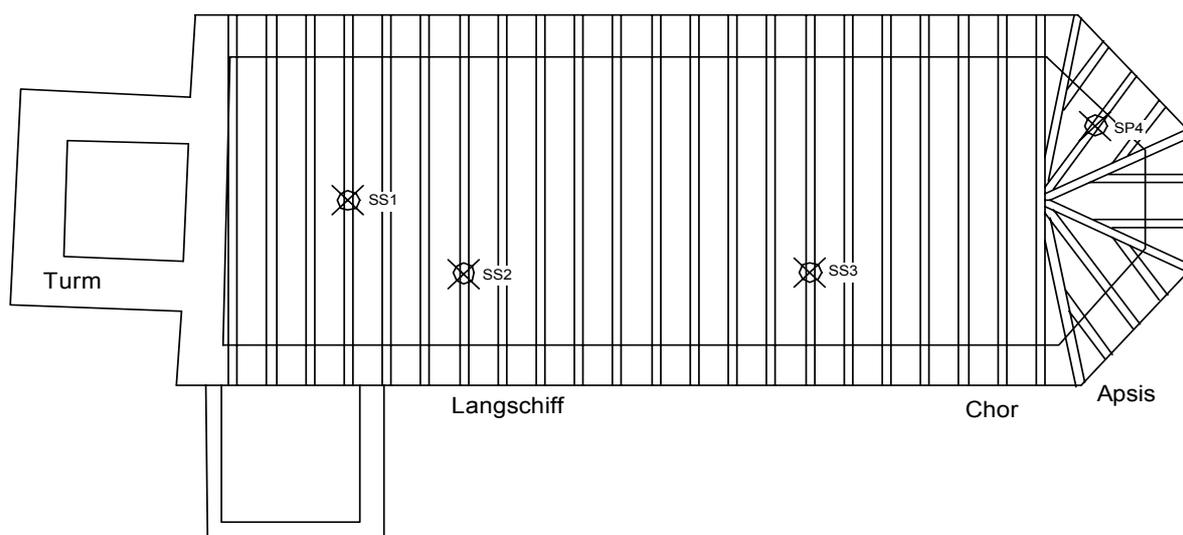


Abb. 22: Bohrkernentnahmedokumentation

4.3.4 Puch bei Hallein



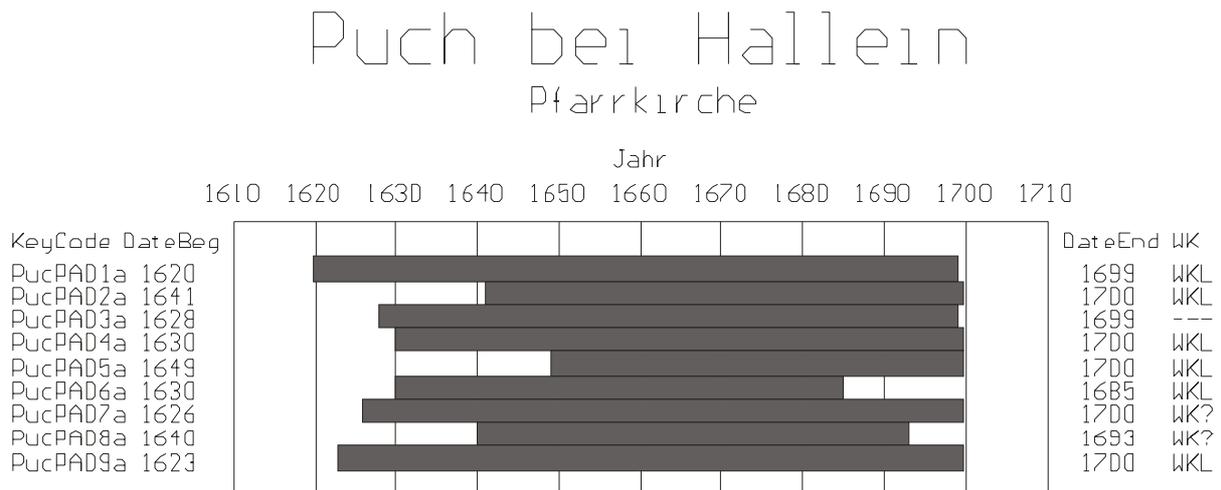
Abb. 23: Pfarrkirche Puch bei Hallein

Puch ist eine Gemeinde im Salzbachtal, nördlich von Hallein gelegen, welche eine erste urkundliche Erwähnung 930 n. Chr. erfuhr. Sie hat den Charakter einer straßendorfartigen Siedlung mit giebelständiger Verbauung, welche beiderseits der Bundesstrasse liegt. Der ältere Baubestand setzt sich vorwiegend aus Bauernhöfen nach dem Stil der Tennengauer Einhöfe zusammen.

Die Pfarrkirche liegt, umgeben vom Ortsfriedhof, an der nördlichen Ortseinfahrt und wurde dem Patrozinum Maria Geburt geweiht. Der Grundbau entspricht dem spätgotischen Stil. Die Seitenschiffe wurden bereits in barockem Stil errichtet. Der Außenbau ist schlicht ausgeführt und mit einer polygonalen Apsis ausgestattet. Der Turm ist dreigeschossig in ebenfalls spätgotischem Stil errichtet (Abb. 23). Der Turmhelm ist über die abgeschrägten Ecken heruntergezogen (Dehio Salzburg, 1986).

Nummer	Code	Holzart	Waldkante	Bauelement	nicht vermessene Jahresringe	Anzahl der Jahresringe	Anobiidenbefall	Datierung	tvbp	tvh	Gleichläufigkeit	Referenzen
1	Puc	PA	✓	Stuhlsäule	-	80	✓	1699	5,8	6,7	77	OstÖAa
2	Puc	PA	✓	Stuhlsäule	-	60	✓	1700	3,9	4,1	69	OstÖAa
3	Puc	PA	-	Bundtram	-	72	✓	1699	6,1	8,7	76	SbgOöPa
4	Puc	PA	✓	Bundtram	-	71	✓	1700	4,6	4,0	68	SbgOöPa
5	Puc	PA	✓	Stuhlsäule	-	52	✓	1700	4,6	4,0	74	SbgOöPa
6	Puc	PA	✓	Bundtram	17	56	✓	1685	5,1	6,6	75	SbgOöPa
7	Puc	PA	✓	Stuhlsäule	-	75	✓	1700	5,6	6,0	71	SDAa
8	Puc	PA	-	Bundtram	7	54	✓	1693				intern
9	Puc	PA	✓	Bundtram	-	78	✓	1700	4,0	4,7	68	SbgOöPa

Tab. 7: Proben aus dem Dachstuhl der Pfarrkirche Puch bei Hallein



Tab. 8: Datierung und Anzahl der Jahre

Die Probennahme gestaltete sich problemlos. In der der Pfarrkirche Puch bei Hallein wurden neun Proben genommen (Abb. 24). Die Proben sind teilweise sehr gut statistisch belegt und daher sicher datiert (Tab. 7). Sie passen intern gut zusammen, was darauf hinweist, dass sie aus demselben engeren Gebiet stammen. Da die Endjahre bis auf zwei Ausnahmen mit einem Jahr Differenz ausgewertet wurden (Tab. 8), kann angenommen werden, dass der Dachstuhl in den Jahren von 1701 bis 1703 aufgestellt wurde.

Der Dachstuhl besteht aus Fichte und wurde in einer einzigen Bauphase errichtet. Die durchschnittliche Jahrringanzahl beträgt 66 und die Standardabweichung 11 Jahre.

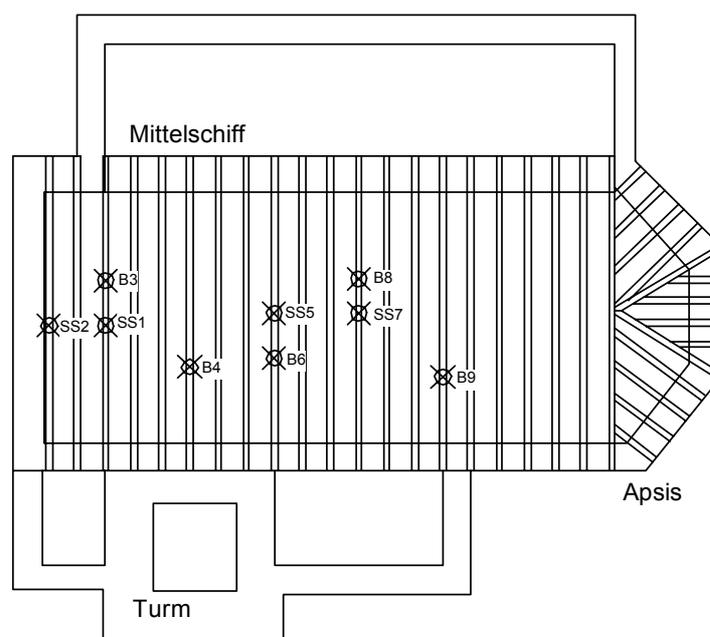


Abb. 24: Bohrkernentnahmestellen im Dachstuhl der Pfarrkirche Puch

4.3.5 St. Leonhard ob Tamsweg



Abb. 25: Wallfahrtskirche St. Leonhard ob Tamsweg

Die Wallfahrtskirche St. Leonhard ob Tamsweg zählte neben Mariazell und St. Wolfgang im Spätmittelalter zu den meistbesuchten Wallfahrtsorten auf dem heutigen österreichischem Staatsgebiet. Als der Sage nach 1421 dreimal das aus der Pfarrkirche Tamsweg verschwundene Leonhardbild auf dem Schwarzenberg gefunden wurde, ist nach einer einsetzenden Wallfahrt und umfangreichen Spenden der Salzburger Baumeister Peter Harperger beauftragt worden, eine Kirche zu bauen. Am 20. September 1433 wurde diese vom Bischof Johann Ebser von Chiemsee geweiht.

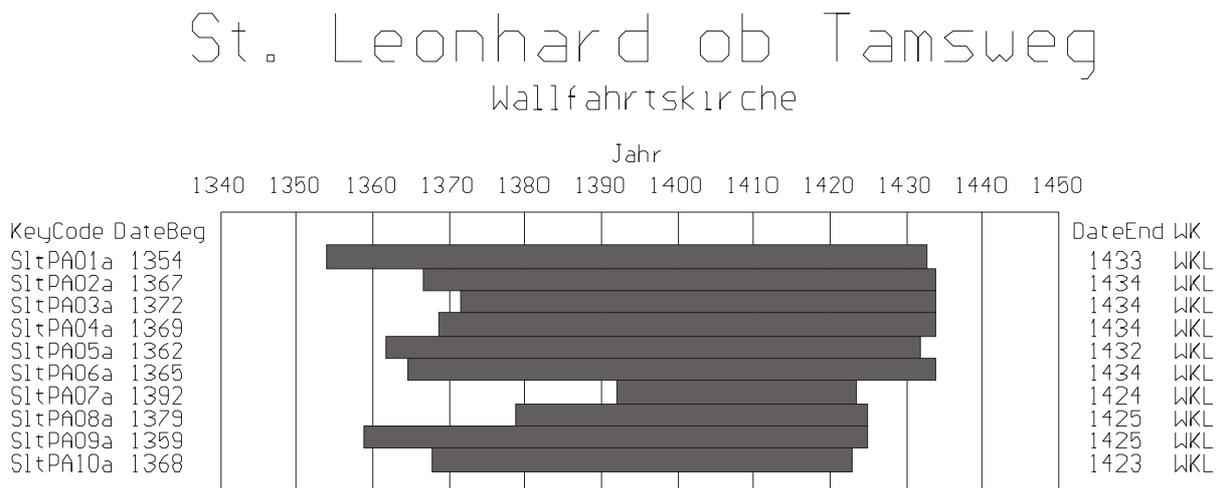
Als im Juli 1478 erste Türkenvorstöße den Lungau erreichten, wurde die Leonhardskirche mit einer Befestigungsanlage versehen.

Der Außenbau zeigt eine einschiffige spätgotische Kirche mit gleich breiten und hohen Chor, welcher mit Strebepfeilern ausgestattet ist. Das Dach ist in Form eines Satteldaches ausgeführt und mit Holzschindel eingedeckt (Abb. 25). Durch diverse Anbauten entsteht der Eindruck eines basilikalen Baues. Das Innere der Kirche besteht aus einem einschiffigen mit vier Jochen ausgestattetes Langhaus (Dehio Salzburg 1986).

Nr.	Code	Holzart	Waldkante	Bauelement	nicht vermessene Jahränge	Anzahl der Jahresringe	Anobienbefall	Datierung	tvbp	tvh	Gleichläufigkeit	Referenz
St. Leonhard ob Tamsweg					Beprobung am 9. Juli 2001							
1	Slf	PA	✓	Stuhlsäule	-	80	-	1433				mi3
2	Slf	PA	✓	Stuhlsäule	-	68	-	1434				mi3
3	Slf	PA	✓	Stuhlsäule	-	63	-	1434				mi3
4	Slf	PA	✓	Sparren	-	66	-	1434				mi3

5	Sl	PA	✓	Stuhlsäule	-	71	-	1432	3,9	5,2	69	IGPaChro
6	Sl	PA	✓	Stuhlsäule	-	70	-	1434	4,2	5,4	65	IGPaChro
7	Sl	PA	✓	Stuhlsäule	-	33	-	1424				mi3
8	Sl	PA	✓	Stuhlsäule	-	47	-	1425	4,0	6,2	64	IGPaChro
9	Sl	PA	✓	Stuhlsäule	-	67	✓	1425	4,8	5,1	62	IGPaChro
10	Sl	PA	✓	Strebe	-	58	-	1423				intern

Tab. 9: enthält die Proben der Wallfahrtskirche St. Leonhard ob Tamsweg



Tab. 10: Proben der Wallfahrtskirche St. Leonhard ob Tamsweg mit der Länge und dem Endjahr

Die Probennahme verlief ohne Probleme. Alle der zehn entnommenen Proben (Abb. 26) konnten mit Mittelkurven weiterer Objekte datiert werden und korrelieren auch untereinander. Die mittlere Anzahl der Jahrringe beträgt 62 Jahre, die Standardabweichung 13 Jahre (Tab. 9). Die Auswertung würde auf zwei Bauphasen schließen lassen, da jedoch die Konstruktion dem widerspricht, ist von einer Bauphase auszugehen (Tab. 10). Die zeitliche Differenz der Schlägerung kann damit begründet werden, dass das Holz von verschiedenen Besitzern stammt, welche das Holz zu unterschiedlichen Zeitpunkten des Baues anlieferten. Als Konstruktionsjahr kann aufgrund des letzten Zuwachsjahres 1435 angenommen werden.

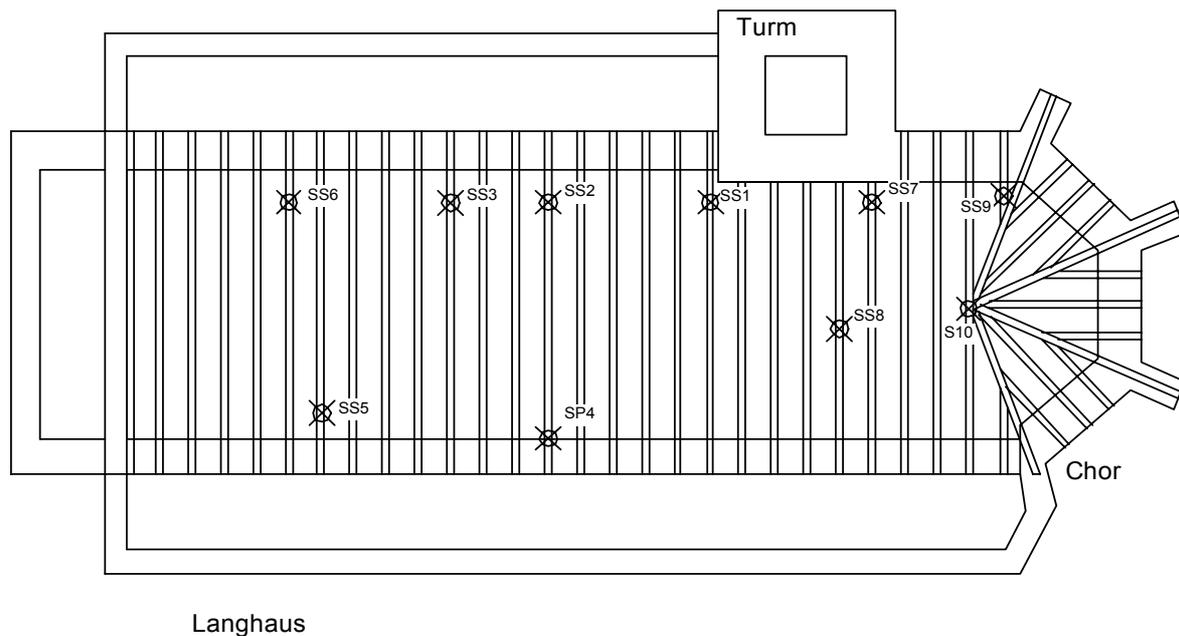


Abb. 26: Bohrkernentnahmedokumentation der Wallfahrtskirche St. Leonhard ob Tamsweg

4.3.6 St. Veit im Pongau



Abb. 27: Marktplatz von St. Veit im Pongau mit Blickrichtung Pfarrkirche

Der Markt St. Veit liegt im Bezirk St. Johann im Pongau. Die Siedlung ist haufendorffartig mit einem planmäßigen Rechteckplatz in der Ortsmitte angelegt. Er steigt gegen Westen leicht an. St. Veit wurde erstmal im 10. Jahrhundert urkundlich erwähnt. Seit 1290 besitzt es das Marktrecht. Brände in den Jahren 1733 und 1855 und diverse Um- und Neubauten haben den Charakter des Ortes verändert. Den Ortskern bilden der Marktplatz und die beidseitig angeordneten giebelständigen zweigeschossigen Häusern aus dem 18. Jahrhundert bzw. deren Nachfolgebauten. Den Abschluss des Marktplatzes gegen Westen hin bilden das Kriegerdenkmal und die Pfarrkirche (Abb. 27). Die Pfarrkirche ist dem Hl. Vitus geweiht. Weiters umgeben sie der Friedhof und eine

dazugehörige Mauer. Die Pfarre wurde 1074 erstmals urkundlich erwähnt. Nach dem Kirchenbrand von 1334 erfolgten ein Umbau und eine Erweiterung des bestehenden Bauwerkes sowie der Bau des Westturmes. Die Seitenschiffe wurden nach 1387 gebaut. Der Westturm wurde 1730 erhöht.

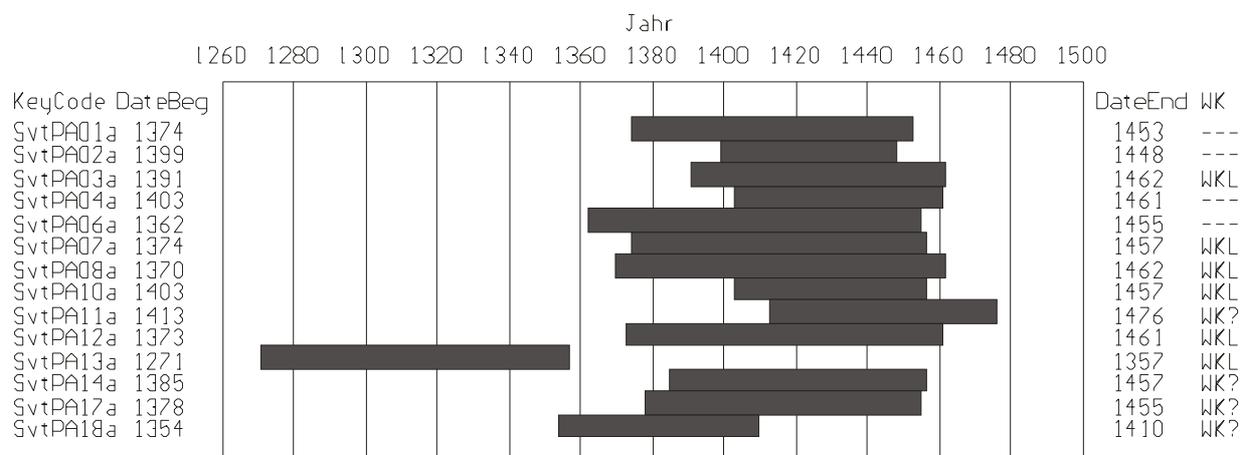
Die Kirche ist als gotischer, vierschiffiger basilikaler Bau über einen Rechteckgrundriss angelegt. Der Chor hat die Breite des Mittelschiffes und ist dreiseitig abgeschlossen. Die Dachformen sind als Pultdächer über den Seitenschiffen und als Satteldach über dem Mittelschiff ausgebildet (Dehio Salzburg, 1986).

Nr.	Code	Holzart	Waldkante	Bauelement	nicht vermessene Jahrringe	Anzahl der Jahressringe	Anobiidenbefall	Datierung	tvbp	tvh	Gleichläufigkeit	Referenz
1	Svt	PA	-	Stuhlsäule	-	80	-	1453	3,5	5,2	66	Tannears
2	Svt	PA	-	Stuhlsäule	-	50	-	1448	4,4	4,8	68	Sws
3	Svt	PA	✓	Strebe	-	72	-	1441				intern
4	Svt	PA	-	Strebe	-	59	-	1441				intern
5	Svt	PA	✓?	Stuhlsäule	1	99	-	keine Datierung				
6	Svt	PA	-	Strebe	-	94	-	keine Datierung				
7	Svt	PA	✓	Sparren	-	84	-	1457				intern
8	Svt	PA	✓	Bundtram	-	93	-	1407				intern
9	Svt	PA	✓?	Bundtram	11	75	-	keine Datierung				
10a	Svt	PA	✓	Bundtram	-	55	-	1457				intern
10b	Svt	PA	✓	Bundtram	-	79	-	keine Datierung				
11	Svt	PA	✓?	Strebe	-	64	-	1457				intern
12	Svt	PA	✓	Stuhlsäule	1	89	-	1461	3,3	3,9	66	OstÖPA
13	Svt	PA	✓	Sparren	1	87	-	1357	4,3	4,0	63	OstÖPA
14	Svt	PA	✓?	Strebe	1	73	-	1457	4,5	4,4	65	OstÖPA
15	Svt	PA	✓?	Strebe	15	72	-	1436	2,8	4,8	64	SwsPa
16	Svt	PA	✓	Stuhlsäule	-	69	-	keine Datierung				
17	Svt	PA	✓?	Bundtram	-	78	-	1455				intern
18	Svt	PA	✓?	Bundtram	1	57	-	1410	4,7	4,7	64	OstÖPA

Tab. 11: Proben des Dachstuhles der Pfarrkirche St. Veit im Pongau

St. Veit im Pongau

Pfarrkirche



Tab. 12: Balkengrafik der Proben aus der Pfarrkirche zum Hl. Vitus mit den Anfangs- und Endjahren der Proben sowie deren Länge

Die Beprobung verlief routinemäßig. Es wurden 18 Bohrkernentnommen (Abb. 28). Diese konnten der Holzart Fichte zugeordnet werden. Daraus lässt sich schließen, dass der Dachstuhl aus Fichtenholz besteht. Die mittlere Jahrringanzahl beträgt 75 und die Standardabweichung 14 Jahre (Tab. 11).

Die dendrochronologische Auswertung zeigt ein uneinheitliches Bild (Tab. 12). Aufgrund der Kirchengeschichte wäre anzunehmen, dass der Dachstuhl in den Jahren nach dem Brand von 1334 errichtet worden wäre. Die Datierungen zeigen jedoch auf die Zeit ab 1463. Die Probe Nr. 13, aus einem Sparren stammend, bildet im Gesamtensemble mit dem Endjahr 1357 auf der früheren Seite eine Ausnahme. Dies kann ein Hinweis auf eine Wiederverwendung sein. Dagegen bildet Probe Nr. 11 mit 1476 einen Ausreißer, der dadurch erklärt werden könnte, dass diese Strebe nachträglich eingebaut wurde.

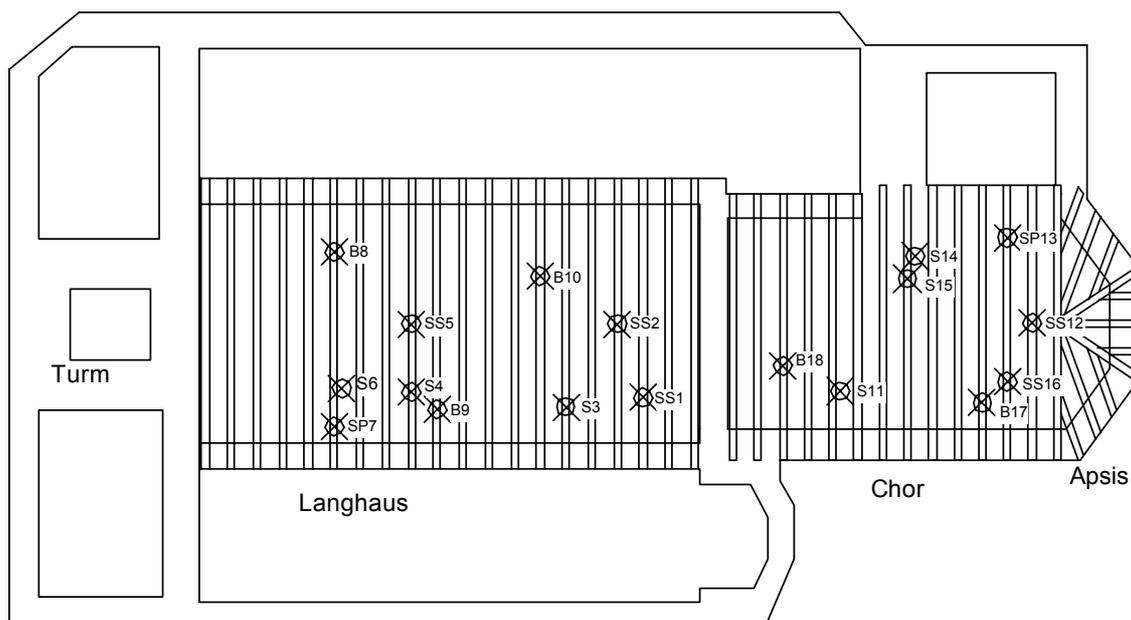


Abb. 28: Bohrkernentnahmestellen der Pfarrkirche St. Veit im Pongau

4.4 Vorgangsweise bei der dendrochronologischen Auswertung der Proben

Die vermessenen Objektkurven werden vorerst objektintern verglichen, relativ datiert und zu einer Mittelkurve zusammengefasst. Diese Mittelkurve wird dann zeitlich eingeordnet. Anschließend erfolgt die Feststellung der Endjahre der Einzelkurven. Im Fall, dass eine zeitliche Zuordnung der Mittelkurve nicht möglich ist, werden die Einzelkurven datiert und über diese dann die Mittelkurve. Ebenso werden auch die Proben der Mittelkurven und alle in den Objektmittelkurven nicht enthaltenen Proben mit den vorhandenen Referenzen verglichen. Nachdem alle Proben, je nach anfänglichen Erfolg, mit den vorhandenen Referenzkurven zwei- bis mehrmals verglichen worden sind, werden die bisher undatierten Mittelkurven und Einzelproben mit den bereits datierten Proben des Projektes zu datieren versucht.

Als weiterer Schritt werden dann alle vorhandenen Mittelkurven miteinander verglichen. Die Einzelkurven zusammenpassender Mittelkurven werden vorerst zu regionalen Mittelkurven zusammengerechnet und mit diesen wird anschließend versucht, wiederum die Endjahre noch undatierter Einzelkurven festzustellen. Danach sind alle ökonomisch sinnvollen Möglichkeiten der zeitlichen Auswertung von Jahrringkurven erschöpft. Die Proben werden zu Chronologien zusammengefasst.

Die Indexierung hat den Vorteil, dass Alterstrend und individuelle Wuchseigenschaften weniger stark zur Geltung kommen. Dadurch ergibt sich eine bessere statistische Auswertung. Die Chronologie wird bereits mit den indexierten Einzelkurven erstellt. Als Index dient der Wuchswert. Die Einzelwerte beziehen sich nach der Indexierung relativ auf die 100 1/100mm-Marke.

4.5 Ergebnisse der dendrochronologischen Auswertung: 3 regionale Chronologien

4.5.1 Chronologie Innergebirge 1 (928 bis 1254 n. Chr.)

Die Chronologie Innergebirge 1 (Abb. 29) wurde aus 15 Proben der Holzarten Fichte und Lärche entwickelt (Abb. 30). Sie beinhaltet die Signaturen der höheren Lagen der nördlichen Alpen. Die Proben stammen dementsprechend von einzelnen Objekten aus dem Lungau und Pinzgau. Aufgrund der Praktikabilität ist anzunehmen, dass die Bauteile der Dachstühle aus

den umliegenden bzw. höher liegenden Wäldern stammen. Problematisch sind die ersten 150 Jahre, da diese eine sehr geringe Belegung (nur bis zu drei Proben) aufweisen. Insgesamt ist diese Chronologie mit maximal zwölf Proben belegt. Da das Rauschen mit der Anzahl der Proben abnimmt, sollte in Zukunft versucht werden, diese Chronologie mit mehr Proben zu belegen.

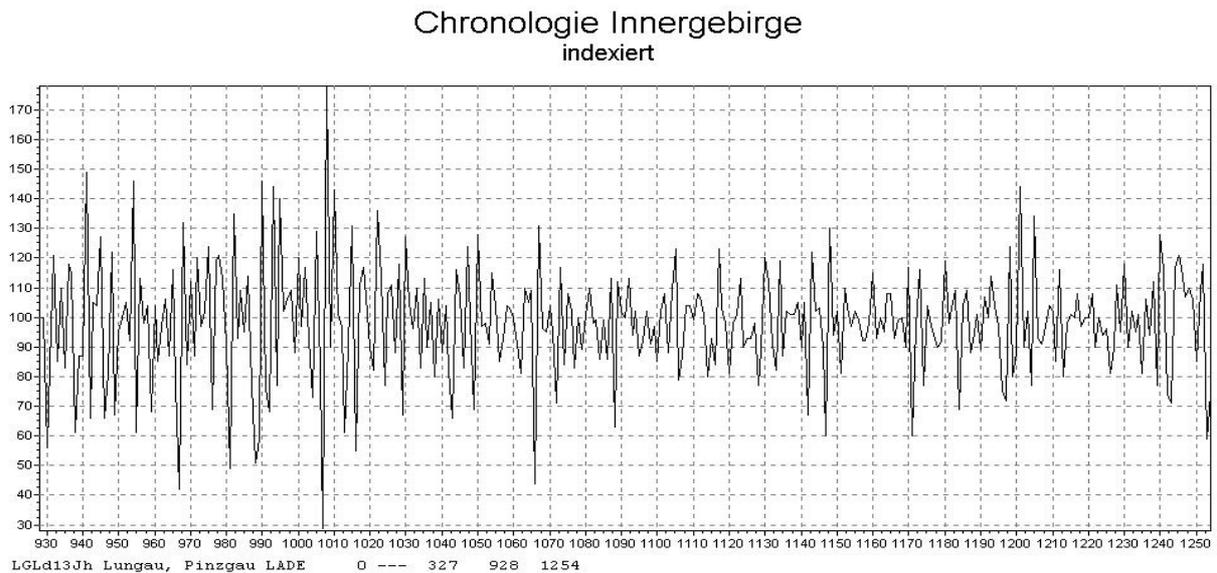


Abb. 29: Verlauf der indexierten Chronologie Innergebirge 1 aus dem 10.-13 Jhdt.

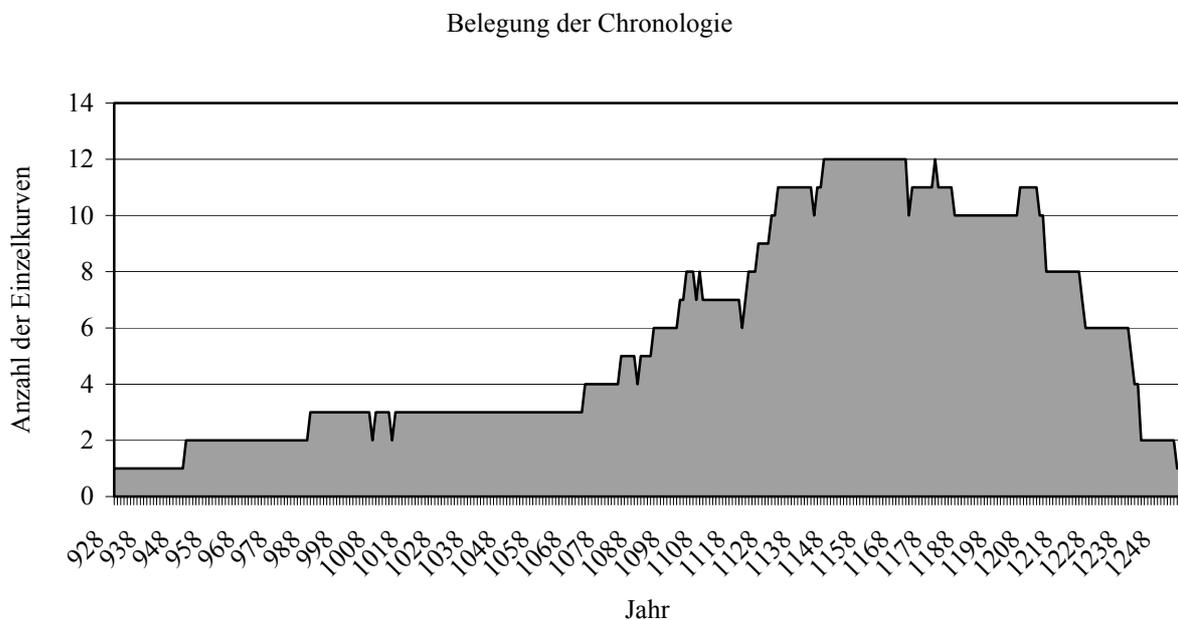


Abb. 30: Anzahl der Proben der einzelnen Jahre der Chronologie

4.5.2 Chronologie Innergebirge 2 (1269 – 1793 n. Chr.)

Die zweite Chronologie aus dem Innergebirge ist aus jüngerem Material als die erste. Sie reicht von 1269 bis 1793 (Abb. 31). Wie aus der Vorgabe des Projektes zu erwarten war, ist die dichteste Belegung der Chronologie in der Mitte des 15. Jahrhunderts zu finden. Ein zweiter Bereich höherer Anzahl von Proben ist in der Mitte des 17. Jahrhunderts. Dieser ist in etwa halb so stark belegt als der ersterwähnte Abschnitt. Problematische Zeitabschnitte sind im 13. Jahrhundert und 18. Jahrhundert auszumachen. Das war aufgrund der Anlage des Projektes zu erwarten. Fraglich zeigen sich einige Jahrzehnte in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts. Dieser Einbruch lässt darauf schließen, dass es im ausgehenden 16. und beginnenden 17. Jahrhundert wenig sakrale Bautätigkeiten gegeben hat (Abb. 32).

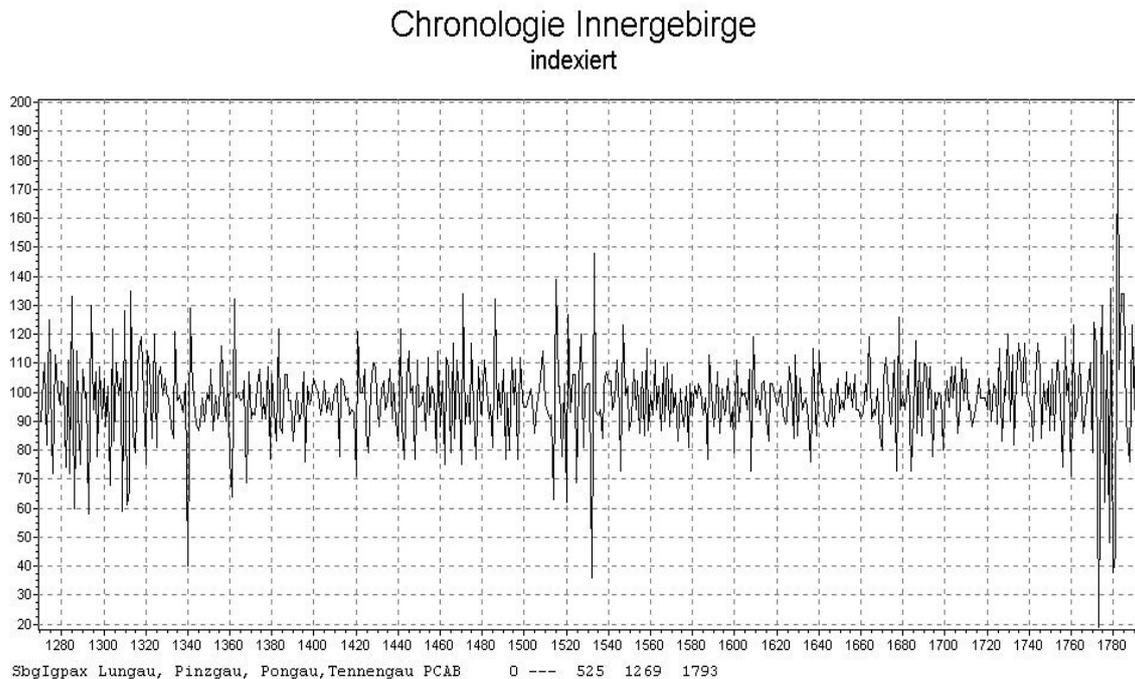


Abb. 31: indexierte Chronologie Innergebirge 2 (1269 bis 1793)

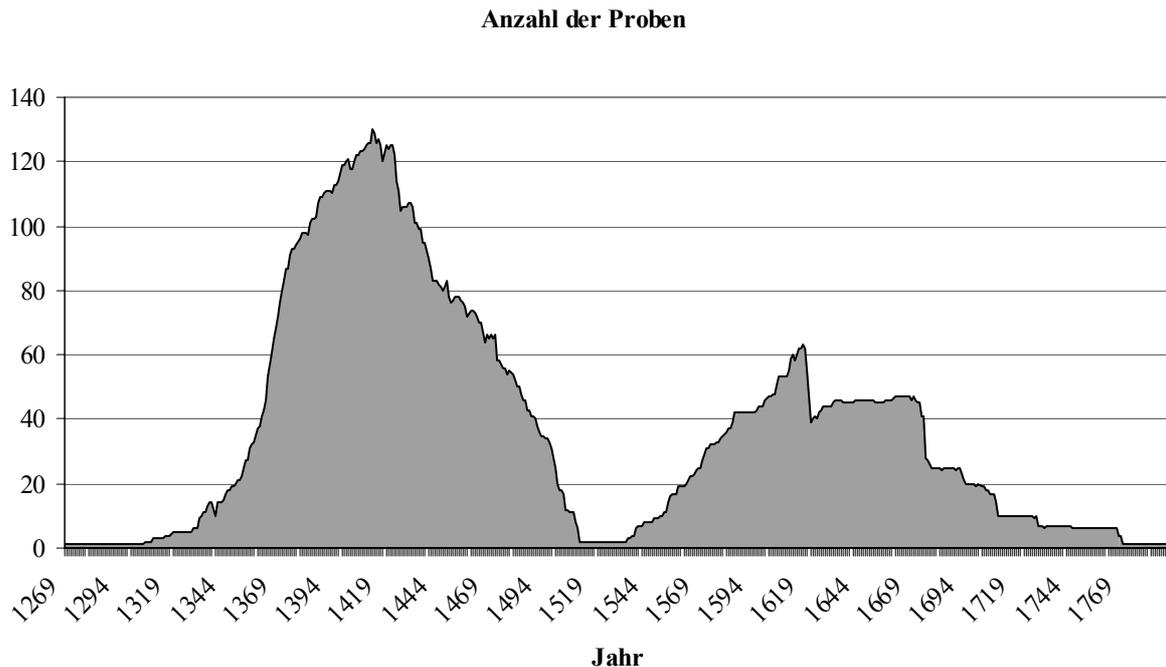


Abb. 32: Belegung der Chronologie Innergebirge 2

4.5.3 Chronologie Alpenvorland (1297 – 1732 n. Chr.)

Die dritte Chronologie enthält primär Proben aus Objekten aus dem Flachgau, dem Tennengau und der Stadt Salzburg. Sie reicht von 1297 bis 1732 (Abb. 33). Ähnlich wie die Chronologie 2 aus dem Innergebirge, zeigt sich auch hier der Einbruch in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts. Jedoch hält dieser bis zum Beginn des 17. Jahrhunderts. Erst dann steigt die Belegung wieder bis auf etwas über 40 Proben an. Die höchste Belegung ist kurz nach der Mitte des 15. Jahrhunderts mit 65 Proben gegeben. Auch hier ist die sakrale Bautätigkeit von ca. 1530 bis um 1650 stark eingeschränkt (Abb. 34).

Mit weiteren Probennahmen im Gebiet des nördlichen Alpenvorlandes und der Voralpen sollte diese Schwachstelle besser belegt werden, womit dann eine gut belegte Chronologie gegeben wäre.

Chronologie Alpenvorland indexiert

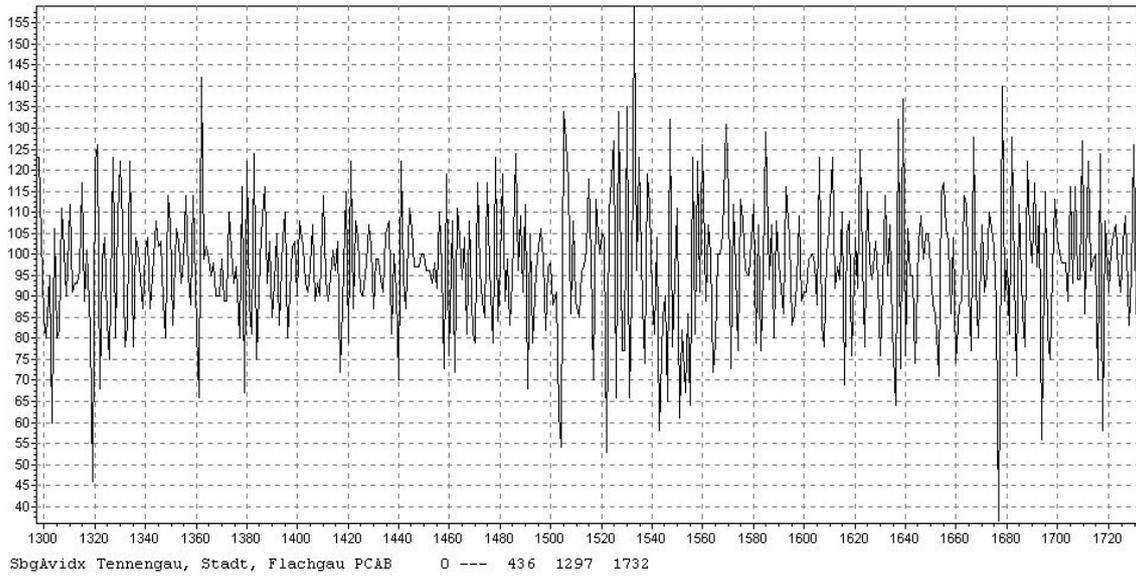


Abb. 33: indexierte Chronologie Alpenvorland (1297 – 1732 n. Chr.)

Anzahl der Proben

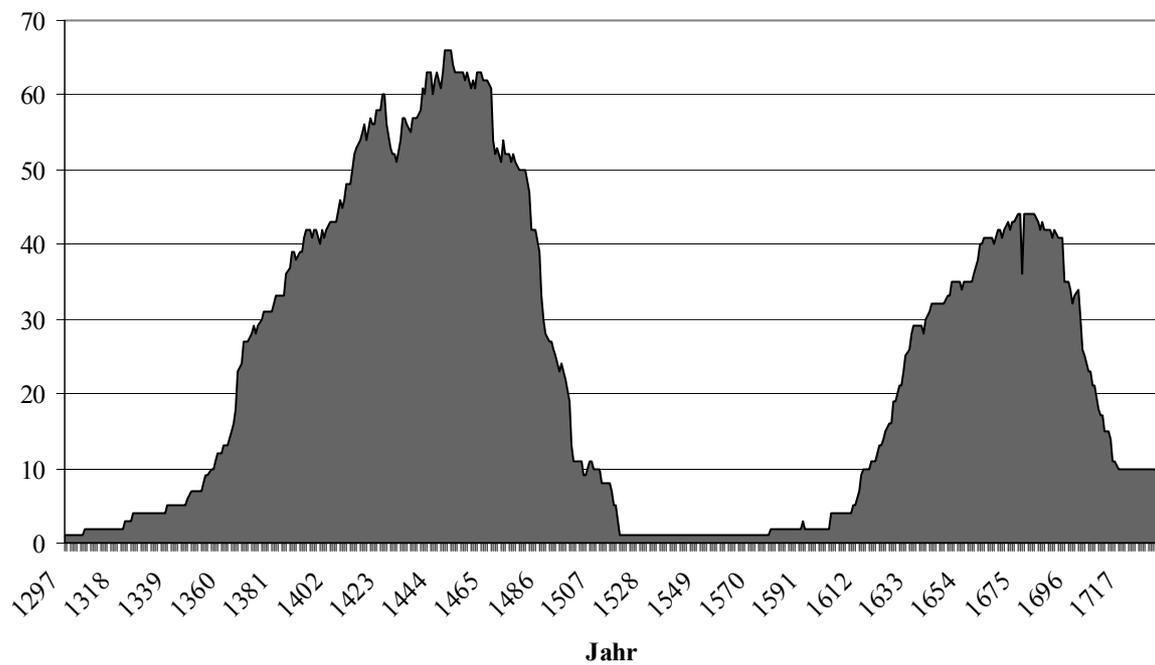


Abb. 34: Belegung der Chronologie Alpenvorland

4.6 Auflistung der Mittelkurven

Code	Länge	Beginn	Ende	tvbp	tvh	glk	Referenzchronologie
Fg01	86	1406	1491	4,2	5,0	67	OstÖPa
Fg02	88	1338	1425	8,1	9,1	66	Tannears
Fg03	60	1456	1515	5,0	4,2	69	SDAa
Fg04	86	1381	1466	8,5	9,0	75	SDAa
Fg05	101	---	---	---	---	---	nicht datiert
Fg06	70	---	---	---	---	---	nicht datiert
Fg07	---	---	---	---	---	---	keine Mittelkurve
Fg08	93	1450	1542	3,9	4,3	69	SDAa
Lg01	81	1354	1434	---	---	---	intern
Lg02	81	1354	1434	---	---	---	intern
Lg03	148	---	---	---	---	---	nicht datiert
Lg04	193	---	---	---	---	---	nicht datiert
Lg05	128	1365	1492	5,0	4,0	62	intern
Lg06	181	1613	1793	---	---	---	intern
Lg07	327	928	1254	8,9	9,2	68	GesLd
Lg08	164	1606	1769	4,1	5,0	69	intern
Lg09	---	---	---	---	---	---	keine Mittelkurve
Lg10	---	---	---	---	---	---	keine Mittelkurve
Lg11	116	1564	1679	4,9	6,9	68	SwsPa
Lg12	84	1565	1648	5,5	6,7	70	SwsLd
Lg13	130	1292	1421	5,0	5,0	67	intern
Lg14	74	1548	1621	4,2	4,7	66	SDAa
Lg15	133	1597	1729	---	---	---	intern
Lg16	131	1122	1252	---	---	---	intern
Pi01	125	1317	1441	---	---	---	intern
Pi02	74	1353	1426	2,8	4,7	69	SwsPa
Pi03	161	1344	1504	5,1	5,6	69	SwsPa
Pi04	148	1354	1501	---	---	---	intern
Pi05	126	1254	1379	6,3	7,4	68	SwsPa
Pi06	148	1335	1482	7,3	7,5	73	SwsPa
Pi07	88	1425	1512	5,5	4,8	62	BAa
Pi08	78	1363	1440	---	---	---	intern
Pi09	92	1351	1442	---	---	---	intern
Pi10	113	1598	1710	5,4	7,6	74	SwsPa
Pi11	102	1435	1536	4,8	4,2	69	SDAa
Pi12	122	1415	1536	---	---	---	intern
Pi13	120	1381	1500	6,6	7,4	70	intern
Pi14	87	1536	1622	---	---	---	intern
Pi15	165	1307	1471	5,0	4,6	61	SDAa

Pi16	111	---	---	---	---	---	nicht datiert
Pi17	55	---	---	---	---	---	nicht datiert
Pi18	183	1330	1512	6,1	6,8	68	SwsPa
Pi19	59	1439	1497	4,5	3,9	70	SbgOö
Pi20	95	1601	1704	5,0	6,8	74	SbgOö
Pi21	76	1441	1516	5,7	6,0	72	SDAa
Pi22	122	1610	1731	6,6	8,1	73	OstÖPa
Pi23	237	1269	1505	5,7	7,0	68	SwsPa
Pi24	---	---	---	---	---	---	keine Mittelkurve
Po01	123	1354	1476	6,1	6,2	66	OstÖPa
Po02	141	1333	1473	5,7	5,5	73	SDAa
Po03	97	1371	1467	4,5	4,6	67	SDAa
Po04	171	1307	1477	7,6	7,9	69	Tannears
Po05	268	1307	1574	8,0	7,3	67	Tannears
Po06	174	1448	1621	4,6	4,4	66	SDAa
Po07	171	1564	1716	7,7	7,6	62	GesLd
Po08	60	1570	1629	6,1	5,3	72	OstÖAa
Po09	64	1465	1528	5,1	6,8	77	SwsPa
Po10	72	1541	1612	3,4	5,0	67	OstÖPa
Po11	72	1541	1612	3,7	5,4	74	OstÖPa
Po12	135	1341	1475	---	---	---	intern
Po13	135	1365	1499	5,8	7,3	70	SwsPa
Po14	79	1415	1493	5,4	5,6	77	SDAa
Po15	81	1413	1493	4,4	5,9	70	OstöPa
Po16	157	1345	1501	5,9	7,3	66	SwsPa
St01	101	1390	1490	6,1	7,0	67	SDAa
St02	87	1539	1625	6,8	7,4	72	Tannears
St03	201	1311	1511	5,6	6,5	60	Tannears
St04	78	1411	1488	4,5	4,1	79	SDAa
St05	133	1324	1456	4,6	3,7	66	SDAa
St06	53	1457	1509	3,4	4,8	64	SDAa
Tg01	---	---	---	---	---	---	keine Mittelkurve
Tg02	124	1578	1692	---	---	---	intern
Tg03	119	1348	1466	---	---	---	intern
Tg04	---	---	---	---	---	---	keine Mittelkurve
Tg05	133	1577	1709	3,4	3,4	72	SbgOö
Tg06	140	1503	1642	6,9	5,6	72	SbgOö
Tg07	---	---	---	---	---	---	keine Mittelkurve
Tg08	121	1612	1732	4,6	5,0	62	Tannears
Tg09	81	1620	1700	6,6	8,0	73	SbgOö
Tg10	57	1390	1446	4,2	4,1	82	SbgOö
Tg11	54	1346	1399	7,6	6,3	71	SDAa

Tab. 13: Auflistung der entwickelten Objektmittelkurven

Diese Tabelle führt alle Objekte und die aus den Proben entwickelten Kurven an. Aus dem Material mancher Objekte konnten mehrere Mittelkurven berechnet werden, da mehrere Bauabschnitte oder wieder verwendetes Baumaterial verwendet wurde. Weiters enthält sie die Längen, Anfangs- und Endjahre der einzelnen Mittelkurven. Die t-Werte nach Baillie und Pilcher (tvpb) und Hollstein (tvh) sind ebenso angegeben wie die Gleichläufigkeit (glk) und die Referenzkurve. Alle intern datierten Kurven werden ohne Werte angegeben, da diese hier nur bedingt relevant sind. Als intern werden alle Referenzen bezeichnet, die bereits sicher datiert sind und aus dem Projekt stammen.

Erklärung der Abkürzungen

Lg	Lungau, 11 Kirchen, 16 Mittelkurven
Pi	Pinzgau, 19 Kirchen, 23 Kurven
Po	Pongau, 11 Kirchen, 16 Kurven
Tg	Tennengau, 12 Kirchen, 8 Kurven
St	Stadt Salzburg, 5 Kirchen, 6 Kurven
Fg	Flachgau, 8 Kirchen, 4 Mittelkurven
SbgOö	Salzburg – Oberösterreichische Fichtenchronologie
BAa	Bayerische Tannenchronologie
SDAa	Süddeutsche Tannenchronologie
OstÖAa	Ostösterreichische Tannenchronologie
OstÖPa	Ostösterreichische Fichtenchronologie
Tannears	weiterentwickelte Ostösterreichische Tannenchronologie
SwsPa	Schwarzenseer Fichtenchronologie
SwsLd	Schwarzenseer Lärchenchronologie
GesLd	Lärchenchronologie Gesäuse

4.7 Ergebnisse der Clusteranalyse

Die Clusteranalyse dient dazu, die unterschiedlichen Ausprägungen eines Merkmals so zu gruppieren, dass die Unterschiede der Merkmale innerhalb eines Clusters möglichst gering sind. Um das erreichen zu können ist ein Kriterium einzuführen, das die Ähnlichkeit beschreibt, um die Distanz zwischen den einzelnen Fällen berechnen zu können. Dieses Kriterium kann durch verschiedenste Weise definiert werden, was zur Folge hat, dass die Ergebnisse einzelner Clusteranalysen nicht miteinander vergleichbar sind (Schlapbach 1999)

4.7.1 Vorgehensweise bei der Clusteranalyse

Da bei dieser Clusteranalyse immer nur der Teil einer Mittelkurve verglichen werden kann, der bei allen Mittelkurven vorhanden ist, mussten die nach dem Endjahr sortierten Mittelkurven in sechs Abschnitte geteilt werden. In jedem Abschnitt sind acht bis zwölf Fälle enthalten. Die ältesten Kurven konnten nicht bearbeitet werden, da einerseits keine bis nur eine sehr geringe Überlappung gegeben ist. Andererseits wird die Gesamtanzahl der Jahre unverhältnismäßig vermindert. Dies würde zu einem nichts aussagenden Ergebnis führen.

Bei der Unterteilung wurde speziell darauf geachtet, dass eine größtmögliche Anzahl an überlappenden Jahren gegeben ist. Darum ist auch die Anzahl der Fälle pro Bearbeitungsbereich entsprechend gering und unterschiedlich.

Als weiteren Schritt wurden unter Berücksichtigung der geringen Überlappungszone immer zwei benachbarte Abschnitte zusammen der Analyse unterzogen. Die konnte aber nur bei den ersten vier Abschnitten durchgeführt werden, da sich bei den weiteren (fünf und sechs) keine Überlappungszone ergab und damit keine hierarchische Clusteranalyse durchgeführt werden konnte.

Als Berechnungsgrundlage wurde die Quadrierte Euklidische Distanz verwendet, die sich wie folgt berechnet:

$$D^2 = \sum_{i=1}^v (X_i - Y_i)^2$$

D^2 = quadrierte euklidische Distanz

v = Anzahl der berücksichtigten Variablen

X, Y = betrachtete Fälle

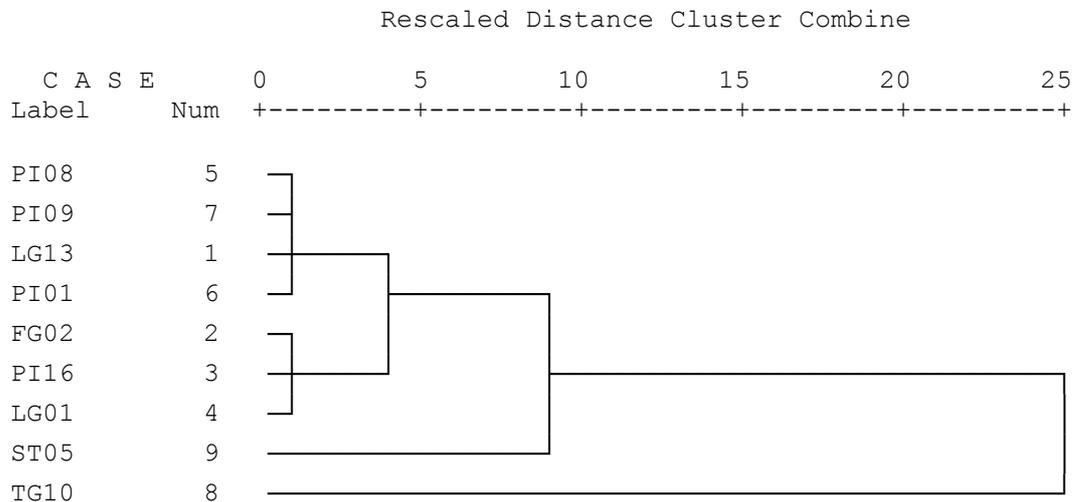
Die Clusteranalyse wurde mit dem Statistikprogramm SPSS[®] erstellt.

4.7.2 Ergebnisse der Clusteranalyse

Abschnitt 1

* * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S * * * *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



Cluster-Zugehörigkeit

Fall	4 Cluster
LG13	1
FG02	2
PI16	2
LG01	2
PI08	1
PI01	1
PI09	1
TG10	3
ST05	4

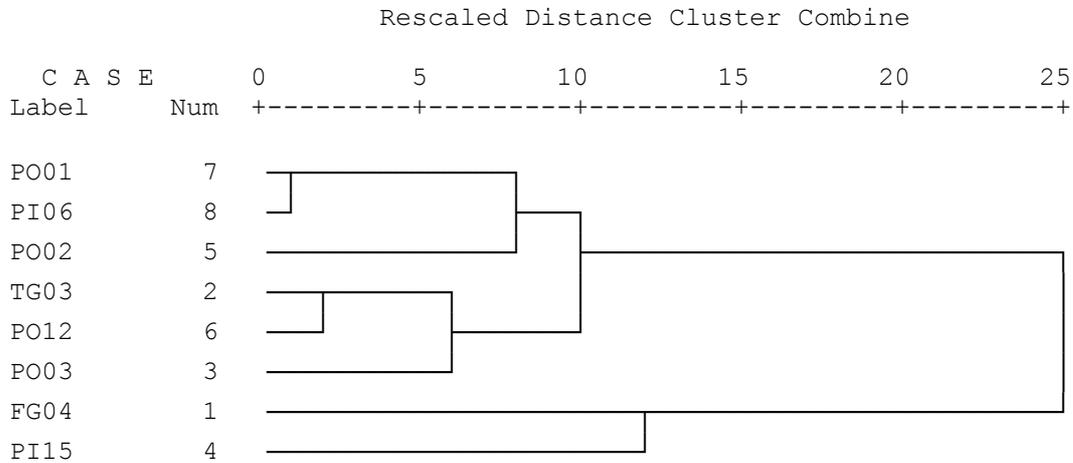
Im ersten Clusterbereich wird eine Zeitspanne von 32 Jahren verglichen. Wie im Dendrogramm sehr gut erkennbar ist, sind bei einer Aufteilung in 4 Cluster im ersten vier Mittelkurven aus dem Lungau und Pinzgau. Überraschung bietet der Cluster 2: zu zwei Fällen aus dem Innergebirge passt ein Objekt aus dem Flachgau.

Die Fälle aus der Stadt und dem Tennengau bilden je einen weiteren Cluster, wobei der ST05 eher noch zu den anderen Fällen passt als TG10. Als möglicher Lösungsansatz für FG02 und ST05 wäre die Einbeziehung der Flößbarkeit der Salzach, womit dann angenommen werden kann, dass das Bauholz aus dem Gebirge stammt. Cluster 1 und Cluster 2 passen weiters besser zusammen als die zwei einzelnen Fälle. Dies spricht auch für die oben angeführte Theorie.

Abschnitt 2

* * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S * * * * *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



Cluster-Zugehörigkeit

Fall	4 Cluster
FG04	1
TG03	2
PO03	2
PI15	3
PO02	4
PO12	2
PO01	4
PI06	4

Der Abschnitt 2 beinhaltet acht Fälle und reicht über eine Zeitspanne von 86 Jahren. Hier gestaltet sich die Clusterfindung nicht so einfach wie im Abschnitt 1. Die Zuteilungen sind erst nach mehreren Rechnungsdurchgängen fixiert. Die Aufteilung der Fälle in die vier Cluster zeigt, dass in zwei Cluster je drei Fälle zu finden sind. Die anderen zwei Fälle entsprechen je einem Cluster.

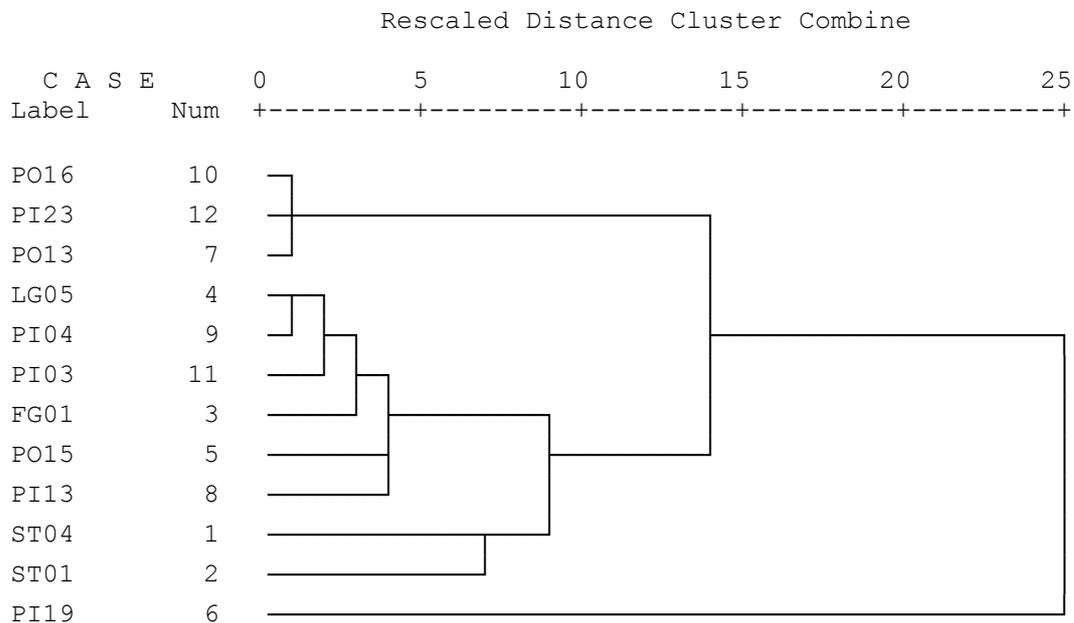
Bemerkenswert ist die Aufteilung in zwei Cluster. In diesem Fall würden sechs Fälle in einem und die restlichen zwei im zweiten Cluster zu finden sein.

Lokal betrachtet passen die Proben im Cluster 2 (Tennengau und Pongau) zusammen. Ebenso alle Fälle im Cluster 4 (Pongau und Pinzgau).

Abschnitt 3

* * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S * * * *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



Cluster-Zugehörigkeit

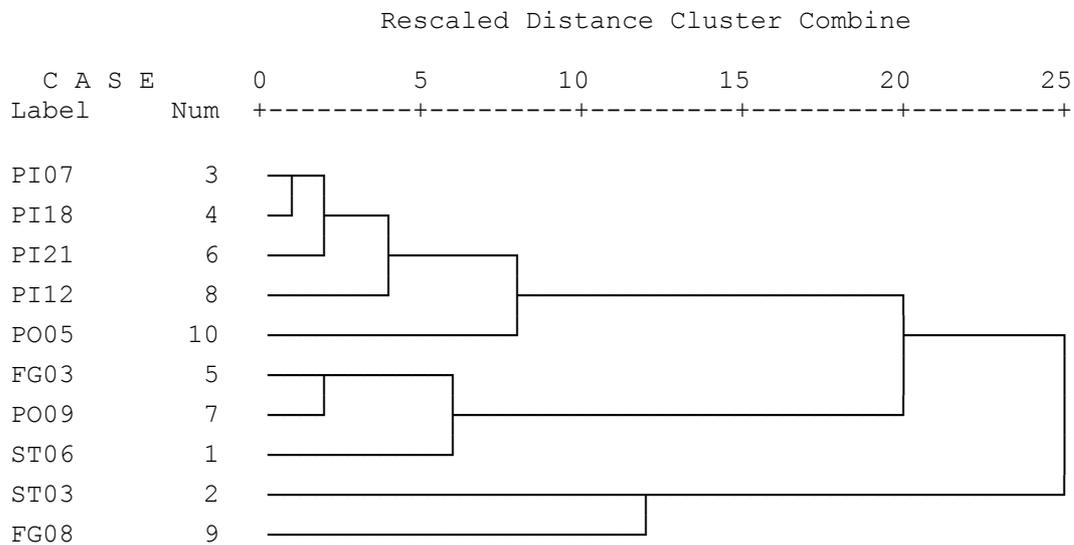
Fall	4 Cluster
ST04	1
ST01	1
FG01	2
LG05	2
PO15	2
PI19	3
PO13	4
PI13	2
PI04	2
PO16	4
PI03	2
PI23	4

In diesem Abschnitt befinden sich zwölf Fälle. Die überlappende Zone beträgt 50 Jahre. Der Cluster vier geht eindeutig aus dem Dendrogramm hervor. Diese Fälle aus dem Pongau bzw. Pinzgau passen erwartungsgemäß auch dendrochronologisch zusammen. Die meisten Fälle (50% des Abschnitts) finden sich im Cluster zwei. Jedoch ist dieser nicht so eng verbunden wie Cluster 4. PI19 bildet allein Cluster drei. Dies heißt nur soviel, als dass die Mittelkurve von Objekt PI19 nicht mit den anderen zusammenpasst. Zwei Fälle aus der Stadt Salzburg bilden Cluster 1. Dieser passt jedoch besser mit Cluster 2 zusammen, wie im Dendrogramm gut ersichtlich ist.

Abschnitt 4

* * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S * * * *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



Cluster-Zugehörigkeit

Fall	4 Cluster
ST06	1
ST03	2
PI07	3
PI18	3
FG03	1
PI21	3
PO09	1
PI12	3
FG08	4
PO05	3

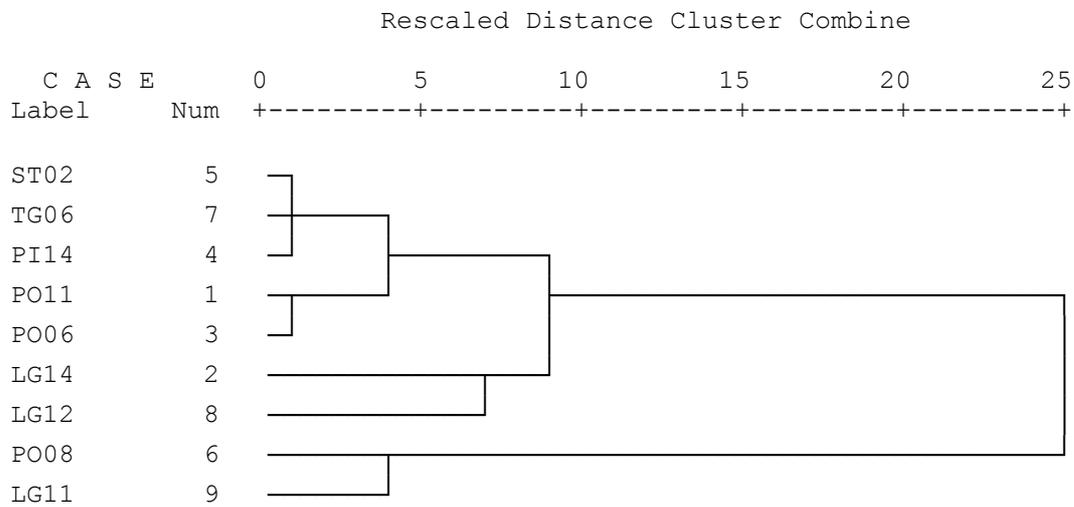
Im Abschnitt 4 befinden sich zehn Mittelkurven, welche eine gemeinsame Überlappungszone von 45 Jahren aufweisen. Die Clusterbildung ist in diesem Fall aufwendiger. Nach mehreren Rechendurchgängen konnten fünf Fälle auf einen Cluster (3) zusammengeführt werden. ST03 und FG08 bilden je einen eigenen Cluster. Die weiteren drei Fälle wurden nach mehreren Rechendurchgängen auf Cluster eins zusammengeführt.

Das Dendrogramm zeigt sehr deutlich die Unterschiede der einzelnen Fälle zueinander. Mit Ausnahme der Fälle PI07 und PI18 benötigen alle weiteren mehrere Rechendurchgänge, um sie entsprechend zuordnen zu können.

Abschnitt 5

* * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S * * * *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



Cluster-Zugehörigkeit

Fall	4 Cluster
PO11	1
LG14	2
PO06	1
PI14	1
ST02	1
PO08	3
TG06	1
LG12	4
LG11	3

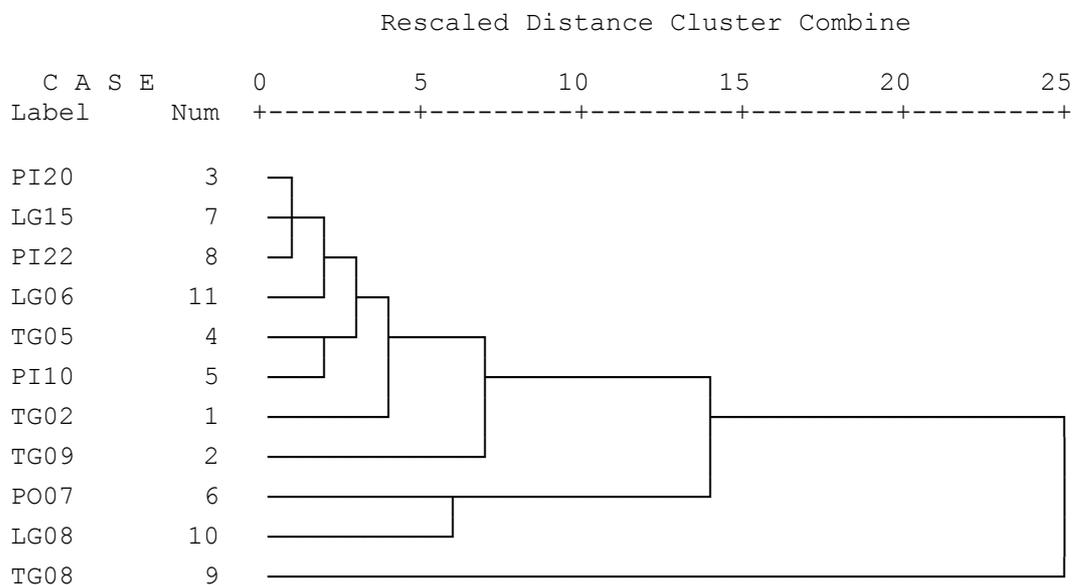
Abschnitt fünf umfasst eine Zeitspanne von 43 Jahren. Fünf der neun Fälle wurden in einen Cluster zusammengefasst. Die weiteren vier Fälle verteilen sich auf die anderen drei Cluster. Cluster 2 und 4 beinhaltet je einen Fall. Im Cluster 3 sind die Fälle PO08 und LG11 zusammengefasst. Die Clusterzuteilung konnte bereits nach neun Rechendurchgängen abgeschlossen werden.

Das Dendrogramm zeigt sehr deutlich, dass ST02, TG06 und PI14 gut zusammenpassen. Auch PO11 und PO06 konnten bereits nach einer Berechnung zusammengefasst werden. Die angeführten fünf Fälle sind zum Cluster 1 zusammengefasst. Die weiteren Fälle waren wesentlich differenter und konnten erst nach mehreren Rechendurchgängen den jeweiligen Clustern zugeordnet werden.

Abschnitt 6

* * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S * * * * *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



Cluster-Zugehörigkeit

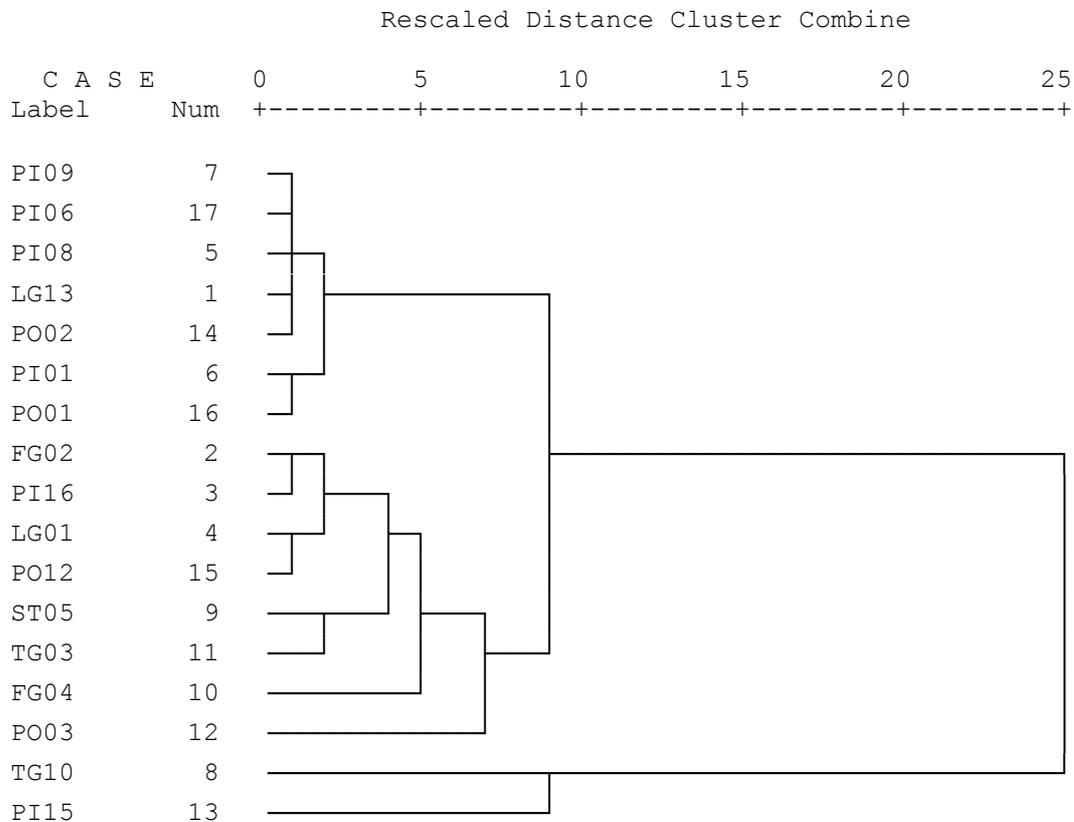
Fall	4 Cluster
TG02	1
TG09	2
PI20	1
TG05	1
PI10	1
PO07	3
LG15	1
PI22	1
TG08	4
LG08	3
LG06	1

Der Abschnitt 6 enthält elf Mittelkurven. Der Zeitraum der Clusterung geht über 73 Jahre. Wiederum ähnlich wie in Abschnitt fünf wird ein Großteil der Proben (sieben Fälle) in einem Cluster zusammengefasst. Diese Fälle stammen aus Lungau, Pinzgau und Tennengau. Ebenso wie im vorhergehenden Abschnitt teilen sich vier Fälle die weiteren drei Clustergruppen. Die Zuordnung in die vier Cluster konnte nach bereits sieben Rechendurchgängen ermittelt werden.

Bei der Zuteilung in zwei Cluster würde Tg08 einem separaten Cluster zugewiesen werden.

Abschnitt 1 und 2

* * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S * * * *
Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



Cluster-Zugehörigkeit

Fall	4 Cluster
LG13	1
FG02	2
PI16	2
LG01	2
PI08	1
PI01	1
PI09	1
TG10	3
ST05	2
FG04	2
TG03	2
PO03	2
PI15	4
PO02	1
PO12	2
PO01	1
PI06	1

Bei der gemeinsamen hierarchischen Clusterung der ersten beiden Abschnitte ergaben sich zwei Cluster mit sieben bzw. acht Fällen. Die zwei weiteren Fälle bilden je einen Cluster. Die Überlappung beträgt 32 Jahre.

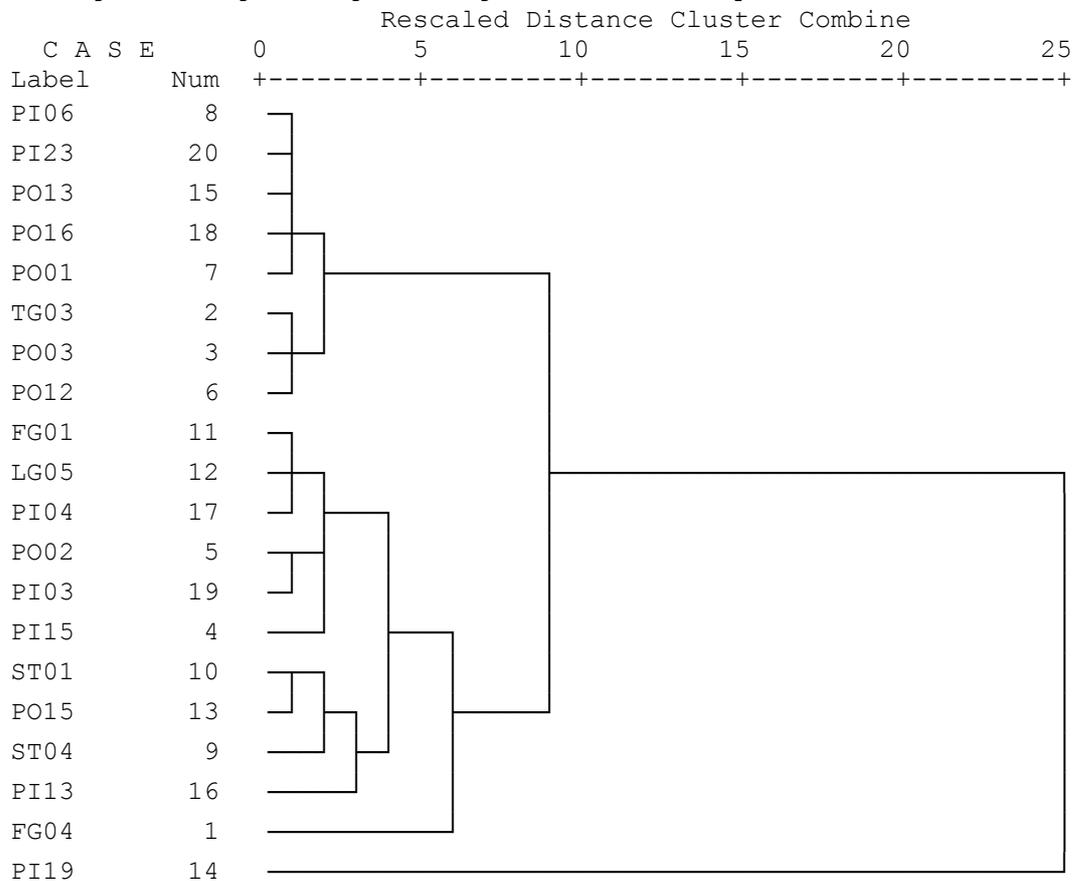
Aufgrund der kurzen Überlappung ergibt sich eine problematische Zuteilung in die Cluster. Die Grenze einer sinnvollen Datierung ist in der Dendrochronologie mit 30 Jahren angegeben (Schweingruber 1983).

Bei einer längeren gemeinsamen Zeitspanne würden zumindest teilweise andere Zuordnungen entstehen.

Abschnitt 2 und 3

* * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S * * * *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



Cluster-Zugehörigkeit

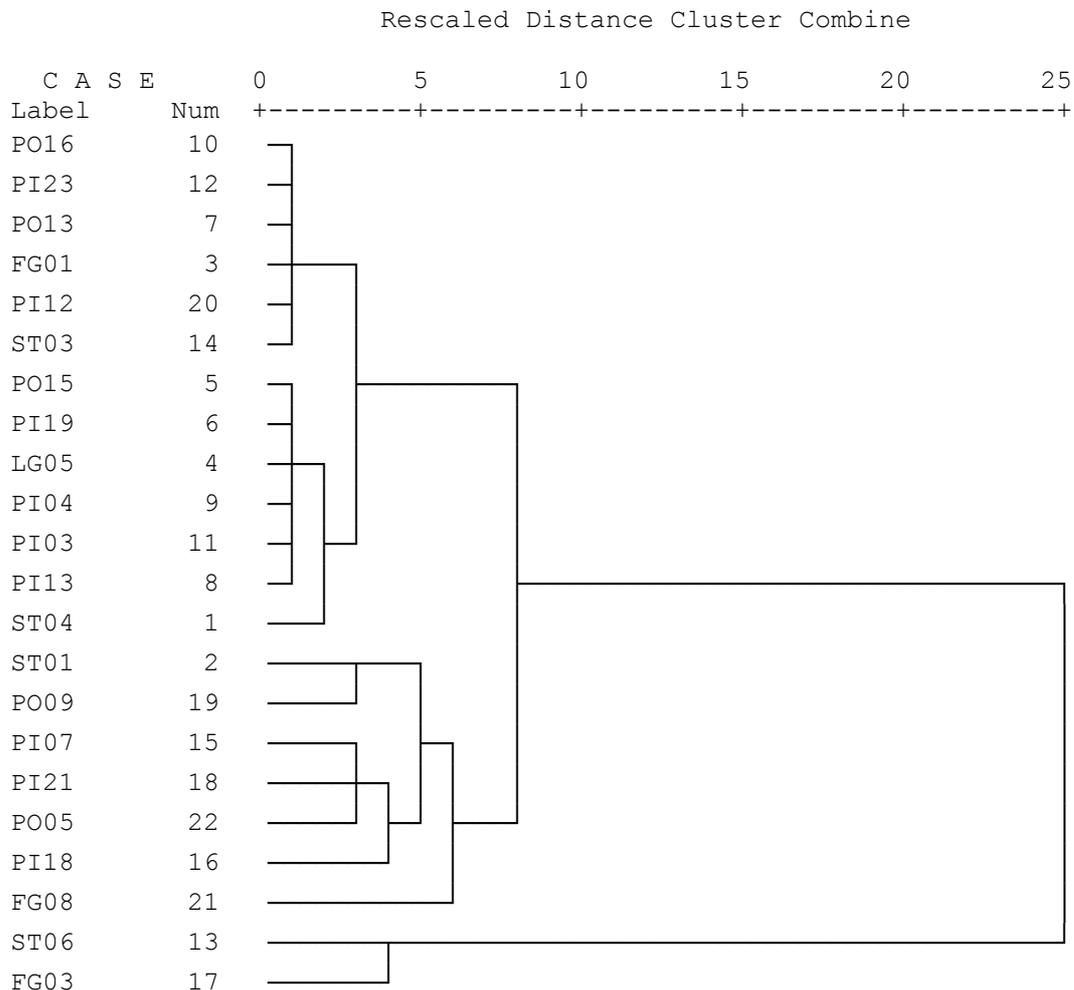
Fall	4 Cluster
FG04	1
TG03	2
PO03	2
PI15	3
PO02	3
PO12	2
PO01	2
PI06	2
ST04	3
ST01	3
FG01	3
LG05	3
PO15	3
PI19	4
PO13	2
PI13	3
PI04	3
PO16	2
PI03	3
PI23	2

Diese Clusterung der Fälle zweier Abschnitte zeigt eventuell unterschiedliche Ergebnisse, welche darauf beruhen, dass ein kleinerer Abschnitt überlappend ist. Somit können weniger Jahre in die Berechnung einfließen und es werden zumindest teilweise andere Ergebnisse zu erwarten sein als im Vergleich weniger Proben mit längerer Überlappungszone.

Hier ist ein relativ kurzer Abschnitt von 28 Jahren miteinander rechnerisch verglichen worden. Zehn Proben wurden Cluster 3 zugeordnet. Dies entspricht 50% der Clustergröße. Im Cluster zwei sind acht Fälle zu finden. Und die weiteren zwei Proben sind in Cluster 4 und 1 zu finden.

Abschnitt 3 und 4

***** H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S * * * * *
 Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

**Cluster-Zugehörigkeit**

Fall	4 Cluster
ST04	1
ST01	2
FG01	1
LG05	1
PO15	1
PI19	1
PO13	1
PI13	1
PI04	1
PO16	1
PI03	1
PI23	1
ST06	3
ST03	1
PI07	2
PI18	2
FG03	3
PI21	2
PO09	2
PI12	1
FG08	4
PO05	2

Im Abschnitt 3 und 4 besteht ein gemeinsamer Überlappungsbereich von 24 Jahren. Insgesamt wurden 22 Mittelkurven miteinander verglichen. Der größte Teil der Mittelkurven wird in einen Cluster zusammengefasst (13 Objekte). Diese stammen aus Pinzgau, Pongau und Salzburg Stadt. Auch hier ist wieder anzunehmen, dass die beprobten Hölzer über Flößung aus den höher gelegenen Teilen des Bundeslandes nach Salzburg gelangten.

Abschnitt 4 und 5

Abschnitt 5 und 6

Die Dendrogramme 4 und 5 sowie 5 und 6 sind nicht erstellbar, weil keine Überlappung der ältesten mit den jüngsten Mittelkurven gegeben ist.

5 Diskussion

Die Dendrochronologie nutzt das witterungsabhängige Wachstum der Bäume der gemäßigten Zone als unverkennbaren temporären Ablauf zur Datierung von Jahrringreihen unbekanntem Alters. Diese Auswertung ist nur über Referenzen möglich. Außer über den herkömmlichen Weg ist es kaum möglich, gute Referenzen für kleinere Regionen zu bekommen. Aus undatiertem historischem Material kann es daher schwierig sein Chronologien zu erstellen. Vor allem wenn relevante Chronologien entweder artenfremd und bzw. oder aus zu weit entfernten Regionen stammen und daher zum Vergleich nicht geeignet sind.

Der herkömmliche Weg beginnt mit rezenten Proben und setzt sich fort mit der Überlappung der frühen Jahre mit bereits historischem Material. Die Fortsetzung dieser Vorgehensweise mit historischen Proben führt in die Vergangenheit. Wie weit eine Chronologie zurückreicht, hängt vom vorhandenen Probenmaterial ab. Vorteil dieser Methode ist, dass die Proben aus dem Gebiet der historischen Proben stammen. Nachteilig wirkt sich der höhere Arbeitsaufwand aus.

Diese Probleme sind nur dann gering, wenn bereits gut belegte Chronologien aus der weiteren Umgebung vorhanden sind. Da dies im Falle der vorliegenden Arbeit gegeben war, konnte der Aufwand der primären Datierung relativ gering gehalten werden. Zeitaufwendiger hingegen gestaltete sich der Versuch die mit den vorhandenen Chronologien nicht datierbaren Proben doch einer zeitlichen Lage zuzuordnen.

Der von F.H. Schweingruber als pragmatisch richtig angenommene t-Wert von 3,5 erscheint aufgrund der Auswertungen als zu niedrig. Basierend auf den eigenen Erfahrungen bei der Auswertung, scheint ein t-Wert größer gleich 4,5 von beiden Berechnungsarten (tvh und tvb) vernünftig, vorausgesetzt dass keine weiteren Fakten gegen die Datierung sprechen.

5.1 Regionalen Chronologien

Drei Chronologien konnten aufgrund der Probeneigenschaften erstellt werden.

Die Chronologien weisen eine stark schwankende Belegung auf. Dies deutet auf eine sehr unterschiedliche sakrale Bautätigkeit hin. Worauf dies beruht, ist nicht eindeutig anzugeben. Anzunehmen ist jedoch, dass es sich dabei um eine Verknüpfung mehrerer Eigenschaften und Ereignisse handelt. Vor allem die Eigenschaften der regierenden Erzbischöfe und die geschichtlichen Ereignisse wie zum Beispiel die Türkenangriffe und die Vertreibungen der

protestantischen Christen könnten Auswirkungen auf die Bautätigkeit gehabt haben. Starke Bautätigkeit ließ sich aufgrund der Endjahre der Objektmittelkurven um die Jahrhundertwende vom 15. in das 16. Jahrhundert ermitteln. Eine weitere Phase verstärkter Bautätigkeit war im 17. Jahrhundert gewesen. Dies könnte eine Folge des Dreißigjährigen Krieges sein, der von 1618 bis 1648 in Mitteleuropa wütete. Zwar ist diese nicht mehr so intensiv als um 1500. Der Grund für diesen Unterschied kann sein, dass sich das Bauforschungsprojekt mit Kirchendächern aus dem Mittelalter beschäftigt und daher durch die Auswahl der Objekte etwas verzerrt ist.

Die Chronologien sind in die Gebiete des Innergebirges (LgLd13Jh und SbgIgPax) und des Alpenvorlandes (SbgAvidx) geteilt. Sinn dieser Einteilung ist dadurch gegeben, dass die Chronologie SbgIgPax des Innergebirges den Typus eines höher gelegenen Fichtenstandortes vertritt. LgLd13Jh ist ebenfalls aus dem oben angeführten Gebiet, jedoch aus einem früheren Zeitabschnitt. SbgAvidx ist aus Einzelkurven des Alpenvorlandes entstanden. Die zeitliche Zuordnung entspricht der von SbgIgPax.

LgLd13Jh ist insofern problematisch, dass erstens Fichte und Lärche (obwohl sie ähnlich sind) eingearbeitet sind und zweitens die Chronologie sehr gering belegt ist (maximal zwölf Einzelkurven). Die erste Hälfte ist überhaupt nur aus drei Kurven berechnet.

Die jüngere Kurve aus dem Innergebirge (SbgIgPax) ist sortenrein Fichte. Aus Gründen der Beprobung ergeben sich natürliche Missverhältnisse in der geringen Belegung am Anfang und Ende der Chronologie. Unnatürlich ist geringe Anzahl der Proben in der Mitte der Chronologie. Hier sollte versucht werden diese mit Hilfe weiterer, auch durch Beprobung weltlicher Bauten, Objekte zu erhöhen.

Die Chronologie aus dem Alpenvorland (SbgAvidx) hat die negative Eigenheit, dass Tanne und Fichte gemischt eingerechnet wurden. Dies geschah, weil zuwenig Proben der Holzart Tanne vorhanden sind, um eine eigene sinnvoll belegte Chronologie zu erstellen. Weiters konnten immer wieder auch Jahrringreihen und Objektmittelkurven der Holzart Fichte mit Tannenchronologien und umgekehrt datiert werden. Hinzuweisen ist darauf, dass die Tanne als sensibler gilt. Die Belegung ist im Vergleich zur Chronologie aus dem Innergebirge nicht so stark. Die Kurve der Belegung sieht ähnlich der von SbgIgPax aus, jedoch ist der kaum belegte mittlere Bereich nur als Verbindung zu sehen. Auch hier sollte eine Erhöhung der Probenanzahl angestrebt werden.

5.2 Clusteranalyse

In dieser Arbeit wurde die Clusteranalyse zur Überprüfung der datierten Objektmittelkurven verwendet. Da die eigentliche Auswertungsarbeit sinnvollerweise mit TSAP[®] gemacht wird, ist sie eine Möglichkeit der Qualitätssicherung. Der Einsatz ist jedoch nicht überall sinnvoll. Meines Erachtens ist der Einsatz einer Clusteranalyse dort sinnvoll, wo Mittelkurven einzelner Bestände miteinander oder Einzelkurven bestandesintern verglichen werden sollen. Der Nachteil einer Clusteranalyse ist eben, dass nur der Teil einer Kurve einbezogen wird, der in allen Kurven, die der Clusteranalyse unterzogen werden sollen, enthalten ist. Dies ist relativ unproblematisch, wenn die Proben rezent sind und die Bäume ein hohes Alter aufweisen. Da dies in dieser Arbeit nicht der Fall war, ergaben sich die Clustereinheiten aus zwei grundlegenden Gegebenheiten: einerseits aus der Notwendigkeit nur überlappende Objektmittelkurventeile vergleichen zu können und zweitens, dass diese so lang als möglich sein sollten. So wurden die Überlappungsbereiche teilweise sehr kurz. Die Überlappungsbereiche der einzelnen Abschnitte sind noch in einer relevanten Länge. Dies konnte jedoch nur erreicht werden, da die Abschnitte wenige Objektkurven enthalten. Bei den zusammengefassten Abschnitten verringerte sich die Anzahl der überlappenden Jahre bereits beträchtlich. Dies führte soweit, dass die verbundenen Abschnitte 4 und 5 sowie 5 und 6 aufgrund der fehlenden Überlappung keiner gemeinsamen Clusteranalyse unterzogen werden konnten.

Aus den Dendrogrammen ist sehr gut herauszulesen, wie gut die Kurven zusammenpassen. Je mehr Rechendurchgänge von Nöten sind, um die Cluster zu ermitteln, desto unterschiedlicher sind die verglichenen Proben. Dies könnte in bestimmten Fällen dem Dendrochronologen helfen minimal abgesicherte Datierungen als solche anzuerkennen oder eben die Datierung zu verwerfen und als nicht datierbar anzugeben.

Hierin ist auch die Problematik einer Clusteranalyse zusehen und aus diesen Gegebenheiten auch eventuelle Einsatzbereiche. Voraussetzung für alle Anwendungen ist, dass die Proben absolut oder zumindest relativ zueinander datiert sind. Ansonsten muss davon ausgegangen werden, dass die falschen Jahrringbreiten zur Berechnung der Cluster verwendet werden.

6 Zusammenfassung

Diese Arbeit behandelt eine Methode wie auf relativ einfache Weise die Datierung von hölzernen Bauwerken bzw. Bauwerksteilen bewerkstelligt werden kann. Weiters wird ein Bauforschungsprojekt beschrieben, welches die Basis für die Entstehung dieser Arbeit legte. Aufgabe der Dendrochronologie im Zuge dieses Forschungsprojektes war die Datierung der vermutlich aus dem Mittelalter stammenden Kirchendachstühle. Die Ergebnisse dieser Auswertung fließen direkt in die Arbeit von Projektleiter Dr. Fuchsberger über die mittelalterlichen Kirchendächer in Salzburg ein. Aus Überlegungen was mit den nun vorliegenden Proben noch weiter geschehen könnte, kamen wir zu dem Ergebnis, die Proben dendrochronologischer Untersuchungen zu unterziehen und aus den korrelierenden Kurven eine Chronologie für die Beprobungsregion zu erstellen. Aufgrund der topographischen Unterschiede des Beprobungsgebietes konnten als Ergebnis drei Kurven präsentiert werden: Zwei Chronologien aus dem höher gelegenen Innergebirge aus verschiedener Zeit und eine aus dem flachen Teil des Bundeslandes Salzburg.

Einige Kirchen wurden als Beispiele für das Bauforschungsprojekt kurz dargestellt. In diesen Zusammenfassungen ist eine Beschreibung des Ortes und der Geschichte enthalten. Die Ergebnisse der einzelnen Proben sind ebenso angegeben wie deren Entnahmestellen im Dachstuhl. Eine Tabelle gibt Überblick über die Anzahl der Objekte in den einzelnen Gauen sowie der Stadt Salzburg.

Weiters wurde eine Clusteranalyse der Objektmittelkurven durchgeführt. Im Zuge dieser Arbeit stellte sich die Problematik dieser Auswertungs- und Qualitätssicherungsmethode dar. Allerdings unter der Voraussetzung, dass die der Analyse zu unterziehenden Proben eine hohe Anzahl von gemeinsamen Jahren aufweisen, bietet sie eine praktikable Methode. Da im vorliegenden Fall die Jahrringreihen relativ kurz sind und sehr unterschiedliche Datierungen gegeben sind, ist die Clusteranalyse nicht sinnvoll.

7 Verzeichnisse

7.1 Literaturverzeichnis

Adolf-Reichwein-Schule, Marburg: Verfahren zur Altersbestimmung, Weintrautstraße 33, 35039 Marburg, www.adolf-reichwein-schule.de/u_mat/geschi/e041.htm, 22.9.2003

Baillie M.G.L. (1982): Tree-Ring Dating and Archaeology, Croom Helm, London und Canberra, S. 274

Baillie, M.G.L.; Pilcher, J.R. (1973): A simple cross-dating program for tree-ring research. Tree-Ring Bull., 33, S. 7-14.

Becker B.(1990): Vortrag am Internationalen Symposion im Freilichtmuseum des Bezirks Oberbayern an der Glentleiten, 18. Mai 1990, S. 7 – 22

Bertelsmann neues Lexikon in 10 Bänden (1995): Band 2, S. 415

Bertelsmann neues Lexikon in 10 Bänden (1995): Band 4, S. 380

Bertelsmann neues Lexikon in 10 Bänden (1995): Band 7, S. 529

Cichocki Otto (1999): Dendrochronologische Untersuchungen an Weinpressen im Regionalmuseum Mikulov, CZ und andere Forschungsschwerpunktedes Dendrolabors IDEA, Wien, Internationale Tagungen in Mikulcice, Band V, Beitrag, S. 27 - 33

Dehio – Handbuch: Die Kunstdenkmäler Österreichs: Salzburg Stadt und Land bearbeitet von Bernd Euler, Roland Gobiet, Horst R. Huber, Roswitha Juffinger; 1986, Verlag Anton Scholl & Co, Wien, S. 725

Eberharth S., Haslach 119, 5580 St. Andrä: Wallfahrtskirche St. Leonhard ob Tamsweg, www.twg.at/sommer/leonhard.php; 22. 10. 2003

Eckstein D, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH), Institut für Holzbiologie und Holzschutz: Dendrochronologie in Hamburg, www.bfafh.de/inst4/42/index.htm; 7.8.2003

Eckstein, D.; Bauch, J. (1969): Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit, Forstwissenschaftliches Centralblatt 88, S. 230 – 250

EMuseum:, Minnesota State University, Mankato Foundation,P.O. Box 8400, Mankato, MN 56002-8400 USA, www.mnsu.edu/emuseum/information/biography/abcde/douglass_andrew.html; 8. 1. 2004

Grabner, M., Wimmer R. (2002): Foliensammlung zur Vorlesung Jahrringanalyse, Der Kalender im Baum.

Grieser J., Analyse und Interpretation dendrochronologischer Daten zur Klimageschichte: www.uni-frankfurt.de/~grieser/dfg/node1.html; 24. 11. 2003

König F., Struber G., Hasenbichler J.(1988): Werkstoffkunde für Tischler, Österreichischer Gewerbeverlag Ges.m.b.H., Herrengasse 10, 1014 Wien, S. 184

Kulturinformationssystem des Bundesministeriums für Bildung, Wirtschaft und Kultur, Österreichlexikon: Allgemeine Informationen zum Bundesland Salzburg
www.aeiou.at/aeiou.encyclop.s/s033420.htm; 7.8.2003

Lafenthaler A. E., Gastein im Bild, gastein-im-bild.info/g_tour1.html; 21. 10. 2003

Liebert, St. (1996): Eichenchronologie im Raum Wien, Diplomarbeit, Zentrum für Umwelt- und Naturschutz, Universität für Bodenkultur Wien, S. 70

Neue Medien Interaktiv, Salzburg - Chromos ITS - DAX Softwareentwicklung & Internetdienstleistungen, A-5202 Neumarkt a. W.: www.salzburg-rundgang.at; 21. 10.2003

Österr. Unterstufenatlas, Verlag Ed. Hölzel, Wien (Ausgabe 1978)

Pingel, V.; Hauptmann, A. (eds.) (2003): Archäometrie (in Vorbereitung)
www.bfafh.de/inst4/42/dendro1.htm; 12. 1. 2004

Rinn F. (1996): TSAP Reference Manual Ver. 2.6 Heidelberg. S.187

Saurwein, H. (2000): Dendroklimatologische Untersuchungen an Fichte, Tanne und Lärche im Nationalpark Kalkalpen, Diplomarbeit, Institut für Botanik, Universität für Bodenkultur Wien, S. 85

Schlapbach A (1999): Clusteranalyse – Idee des Verfahrens, visor.unibe.ch/SS99/Kognitive-Prozesse/Kritik/node5.html; 17. 11. 2003

Schweingruber F. H. (1983): Der Jahrring: Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie, Verlag Paul Haupt Bern und Stuttgart.

Schweingruber, F. H. (1990): Baum und Holz in der Dendrochronologie, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wals, Schnee und Landschaft, Birmensdorf, Schweiz

Sitte P. et. al.(1998): Straßburger – Lehrbuch der Botanik, 34. Auflage Spektrum Akademischer Verlag mbH, Heidelberg

Sterba, H. (1994): Forstliche Biometrie (Vorlesungsskriptum), Institut für Waldwachstumsforschung, Universität für Bodenkultur Wien, S. 114

Tegel W, Dendronet, Allgemeines zur Dendrochronologie, www.dendro.de/Dendro.htm; 8.8.2003

TOURISMUS SALZBURG GMBH, Auerspergstraße 6, A-5020 Salzburg
www.salzburginfo.at/sehenswertes_20.htm; 13. 12. 2003

Willuweit J., Küttel P., Bütikofer D. (2003): Die europäische Lärche, Hochschule Wädenswil, Fachabteilung Hortikultur Dendrologie, CH – 8820 Wädenswil,
www.wsl.ch/gehoelze/laerche.pdf; 20.8.2003

Wimmer R. (2001): Arthur Freiherr von Seckendorff-Gudent and the early history of tree-ring crossdating, *Dendrochronologia* 19 (1) – 2001, S. 153-158
www.boku.ac.at/botanik/wood/pub26.pdf, 25.9.2003

Wimmer R., Grabner M.(1997): Skriptum zu Übungen zur Holzkunde, 3. Auflage, Lehrunterlage, Institut für Botanik, Universität für Bodenkultur Wien

Wimmer, R., Grabner, M. (1998): Standardchronologien in Österreich für die dendrochronologische Datierung. *Archäologie Österreich* 9/2 1998

Zaisberger, F. (1998): *Geschichte Salzburgs*, Verlag für Geschichte und Politik, Wien, R. Oldenbourg Verlag München, S. 376

Zerbst U.: Datierung mittels Radiocarbon; *Studium Integrale Journal*, 5. Jahrgang / Heft 2 - September 1998, S. 57 – 69, www.wort-und-wissen.de/sij/sij52/sij52-3.html, 24.9.2003

Zimmerman J., *Tree Rings - How We Use Them*,
www.icogitate.com/~tree/treerings.ac05.htm, 24. 09. 2003

7.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: zeigt die Probeneigenschaften der Nikolauskirche in Badgastein	31
Tab. 2: zeigt die datierten Bohrkerne in Relation zueinander sowohl in Länge als auch Endjahr	31
Tab. 3: Details der Proben der Pfarrkirche Faistenau	33
Tab. 4: Balkengraphik der Bohrkerne aus der Pfarrkirche Faistenau	34
Tab. 5: Auflistung der Eigenschaften aller Bohrkerne der Pfarrkirche Liefering.....	35
Tab. 6: Aufstellung der Proben aus der Pfarrkirche Liefering.....	36
Tab. 7: Proben aus dem Dachstuhl der Pfarrkirche Puch bei Hallein	37
Tab. 8: Datierung und Anzahl der Jahre Puch bei Hallein.....	38
Tab. 9: Proben der Wallfahrtskirche St. Leonhard ob Tamsweg	40
Tab. 10: Proben der Wallfahrtskirche St. Leonhard ob Tamsweg mit der Länge und dem Endjahr	40
Tab. 11: Proben des Dachstuhles der Pfarrkirche St. Veit im Pongau.....	42
Tab. 12: Balkengrafik der Proben aus der Pfarrkirche zum Hl. Vitus mit den Anfangs- und Endjahren der Proben sowie deren Länge.....	43
Tab. 13: Auflistung der entwickelten Objektmittelkurven.....	51

7.3 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Topographische Karte des Bundeslandes Salzburg	9
Abb. 2: Das Wappen Leonhards von Keutschach.....	11
Abb. 3: Ansicht des Salzburger Domes nach 1628.....	12
Abb. 4: Aufbau eines Nadelholzes.....	13
Abb. 5: Aufbau eines Laubholzes	13
Abb. 6: Habitus einer <i>Abies alba</i>	14
Abb. 7: Habitus einer <i>Picea abies</i>	15
Abb. 8: Habitus einer <i>Larix decidua</i>	16
Abb. 9: Habitus einer <i>Quercus robur</i>	17
Abb. 10: Beprobungstelle einer Strebe mit Abbundzeichen	19
Abb. 11: Darstellung des Aufbaues einer Chronologie (nach F.H. Schweingruber 1983).....	21
Abb. 12: Bohrkern auf Trägerholz links nach dem Aufkleben und rechts nach dem Schleifen	24
Abb. 13: Foto eines geschliffenen (links) und eines unbehandelten Bohrkernes (rechts).....	24
Abb. 14: zeigt den Messtisch und die dazugehörige Hardware	25
Abb. 15: Verteilung der Holzarten.....	28
Abb. 16: Verteilung der Endjahre der Objektmittelkurven.....	29
Abb. 17: Außenansicht der Nikolauskirche in Badgastein	30
Abb. 18: Bohrkernentnahmedokumentation der Nikolauskirche.....	32
Abb. 19: Pfarrkirche Faistenau mit Westturm	33
Abb. 20: Bohrkernentnahmedokumentation der Pfarrkirche Faistenau.....	34
Abb. 21: Pfarrkirche Liefering bei Salzburg.....	35
Abb. 22: Bohrkernentnahmedokumentation Liefering	36
Abb. 23: Pfarrkirche Puch bei Hallein	37
Abb. 24: Bohrkernentnahmestellen im Dachstuhl der Pfarrkirche Puch	38
Abb. 25: Wallfahrtskirche St. Leonhard ob Tamsweg.....	39
Abb. 26: Bohrkernentnahmedokumentation der Wallfahrtskirche St. Leonhard ob Tamsweg.....	41
Abb. 27: Marktplatz von St. Veit im Pongau mit Sicht Richtung Pfarrkirche.....	41
Abb. 28: Bohrkernentnahmestellen der Pfarrkirche St. Veit im Pongau	44
Abb. 29: indexierte Chronologie Innergebirge 1 (928 bis 1254).....	46
Abb. 30: Belegung der Chronologie Innergebirge 1	46
Abb. 31: indexierte Chronologie Innergebirge 2 (1269 bis 1793).....	47

Abb. 32: Belegung der Chronologie Innergebirge 2	48
Abb. 33: indexierte Chronologie Alpenvorland (1297 bis 1732).....	49
Abb. 34: Belegung der Chronologie Alpenvorland	49