

Michael Grabner und Rupert Wimmer

Dendrochronologie in der alpinen Forschung Beispiele aus den Ostalpen

ZUSAMMENFASSUNG

Es gibt keinen anderen Organismus als den Baum, der in Form von Jahrringen die Vergangenheit jahrgenau aufzuzeichnen vermag. Jahrringe sind eine zuverlässige und deshalb wichtige Informationsquelle zur Datierung von Holzobjekten. Jedoch sind mit der Bereitstellung eines jahrgenauen Datums die Möglichkeiten der Dendrochronologie noch nicht ausgeschöpft.

Jahrringserien mit mehreren tausend Jahren Länge liefern Hinweise über den Klimaverlauf vergangener Zeiten. Bei entsprechend hoher Funddichte an Holzobjekten können Rekonstruktionen der Wald- und Holznutzung vorgenommen werden. Mögliche Änderungen der Verwendung einzelner Holzarten im Laufe der Zeit können aufgezeigt werden. Die Bäume zeichnen in ihrer Struktur Ereignisse wie Schiefstellungen oder auch Schädigungen der Krone durch Nutzung von grüner Nadelmasse auf, welche datiert werden können.

Anhand einiger Beispiele soll auf die Vielfalt an wertvollen Informationen hingewiesen werden, die sowohl in Jahrringen lebender Bäume als auch in historischen Holzfunden gespeichert sind.

ABSTRACT

There are no other plants and organism known, which are fixing informations of their past environment within their own structure in yearly resolution. Tree-rings are an important and very accurate source for dating of historical wooden samples. However, dating of historical timbers is not the only possibility of using dendrochronologically dated tree-ring series. It's possible to set up multi-millennial chronologies and using them to reconstruct past climate variations. Dendrochronology could help to reconstruct the use of wood and forestland; e.g. which wood species were used for different parts of wooden buildings at which time. Trees are changing the anatomical structure due to different events, like sloping of trees, which could be dated.

Presenting some examples of dendrochronological

work should demonstrate the wide range of possible analyses about the past time, stored in wooden samples.

EINLEITUNG

Die Dendrochronologie (aus dem Altgriechischen; dendron = Baum, chronos = Zeit) beschäftigt sich mit dem Baumwachstum und dessen Beziehungen zur Umwelt in Abhängigkeit von Raum und Zeit (Schweingruber 1983; Cherubini et al. 2004). Entscheidend für viele wissenschaftliche Fragestellungen ist die Datierung, d.h. die exakte Zuordnung des zuletzt vollständig zugewachsenen Jahrringes einer Holzprobe zu einem bestimmten Kalenderjahr. Diese Zuordnung geschieht durch das so genannte „Crossdating“, das ist das Auffinden von Jahrringsequenzen auf verschiedenen Holzproben, die zur gleichen Zeit (synchron) an Bäumen zugewachsen sind. Nur synchronisierte Jahrringserien können dendrochronologisch eingesetzt werden. Der Vorgang des Crossdatings unterscheidet deshalb die Dendrochronologie von schlichten Jahrringzählungen oder auch von einfachen Jahrringbreitenmessungen für forstliche Zwecke.

Das Jahrringwachstum ist das Produkt sämtlicher am Wuchsort wirkender Standortfaktoren, sei es Exposition, Bodenverhältnisse, Nährstoffverfügbarkeit oder das Klima. Da diese Faktoren über die Jahre gesehen nicht konstant sind, variieren auch die Jahrringbreiten entsprechend. Die Synchronität der Jahrringbreitenmuster nimmt zu, wenn Bäume an Standorten beprobt werden, die von einem Wachstumsfaktor gleichsam beeinflusst sind (Fritts 1976, Cherubini et al. 2004). Diese Situation kann beispielsweise an der Waldgrenze häufig gefunden werden, wo in der Regel die Sommertemperatur für die Bildung der Jahrringbreite minimierend ist. Abgesehen von der guten Verfügbarkeit alter Bäume in gebirgigen Regionen ist gerade die Tatsache stark prägender Standortfaktoren (vor allem Klima)

Grund dafür, dass dendrochronologische Forschung im alpinen Raum beachtliche Ergebnisse vorweisen kann (z.B. Gindl et al. 1999, Grabner und Gindl 2000, Saurwein 2000, Grabner 2001, Grabner et al. 2004, Tintner 2004).

Abgesehen von der Möglichkeit, Holzproben auf das Jahr genau zu datieren, kann die Dendrochronologie noch für eine Reihe weiterer wissenschaftlicher Fragestellungen hilfreich sein. So können dendrochronologisch datierte („crossdated“) Jahrringreihen mit weiteren Parametern wie holzanatomischen Merkmalen, verwendeten Holzarten oder Änderungen bei Stammdurchmessern verknüpft werden (Grabner 2005). Zur Klimarekonstruktion werden statistische Modelle mit Jahrringserien erstellt, wobei sowohl kontinuierliche (z.B. Jahrringbreite, Dichteparameter) als auch diskontinuierliche Informationen aus Jahrringen, wie z.B. extreme Umwelt Ereignisse oder Ereignisse in Zusammenhang mit der Wald- und Holznutzung direkt in die Rekonstruktion eingehen können.

In diesem Beitrag soll anhand von Fallbeispielen, die sich im Zuge einer über zehnjährigen Forschungserfahrung in der Dendrochronologie an der Universität für Bodenkultur Wien angesammelt haben, das breite Spektrum der Anwendungsmöglichkeiten - vor allem für die alpine Forschung - aufgezeigt werden.

Abbildung 1:
Stammscheibe einer
alten Lärche vom
Dachsteinplateau (285
Jahre alt)



DIE METHODE DER DENDRO- CHRONOLOGIE

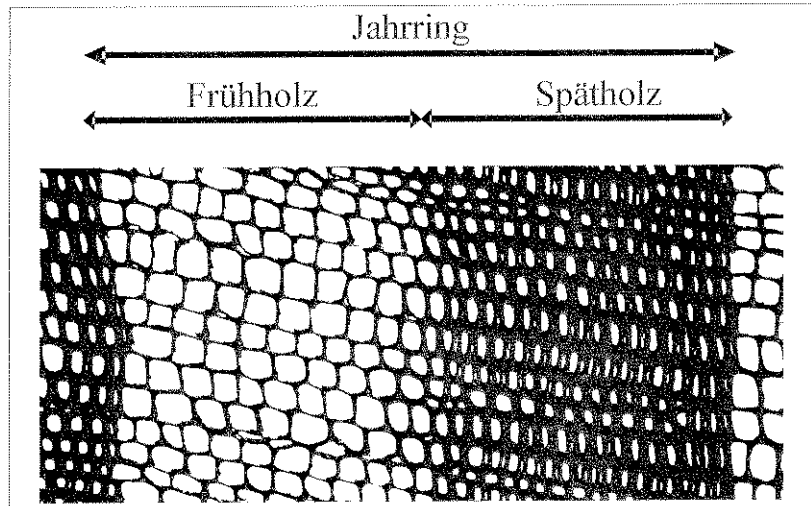
Wenn man einen geschlagenen Baumstamm mit all seinen Jahrringen betrachtet, offenbart sich das Alter des Baumes, indem die Jahrringe gezählt werden. Weiters ist zu erkennen, dass die Jahresringe unterschiedlich breit sind und deshalb offenbar die guten und schlechten Jahre des Baumes ablesbar sind. Die Jahresringe sind eine Eigenheit in gemäßigten Klimaregionen, die sich durch eine jahreszeitlich bedingte Unterbrechung der Vegetationsperiode auszeichnen, in denen kein Wachstum stattfindet (Abbildung 1). Das Herausragende bei Bäumen ist die teilungsfähige Zellschicht direkt unter der Rinde: das Kambium. Dieses bemerkenswerte Gewebe bewerkstelligt das so genannte sekundäre Dickenwachstum, d.h. durch Teilung werden Holzzellen nach innen und Rindenzellen nach außen abgegeben. Die neu gebildeten Holzzellen werden jeweils an die vorhandenen angelagert. Ein lebender Baum bildet somit jährlich eine vollständige Zellhülle aus, die sich bildlich gesprochen jeweils aufs Neue über den gesamten Holzkörper des Baumes stülpt.

Die Zellstruktur des Holzes der Nadelbäume zeigt einen sehr einheitlichen Aufbau. Nadelholz besteht fast ausschließlich aus Tracheiden, die sich lediglich in Form und Funktion unterscheiden (Abbildung 2). Die unterschiedliche Dichte des im Frühjahr bzw. Frühsommer gebildeten, hell erscheinenden Holzes (=Frühholz) und des im Sommer/Spätsommer gebildeten, wesentlich dunkleren Spätholzes erlaubt die einfache Erkennung von Jahrringen. Die Zellstruktur der Laubhölzer unterscheidet sich hingegen von den Nadelhölzern vor allem durch das Vorhandensein deutlich sichtbarer Gefäßzellen, durch einen hohen Anteil an Parenchymzellen in Längsrichtung sowie durch festigende Fasern. Dadurch ergibt sich bei Laubhölzern eine höhere Variabilität in der Jahrringstruktur (Schweingruber 2001).

Die Mechanismen der Holzbildung sind komplex und werden von Umweltfaktoren beeinflusst, die über verschiedenen Rezeptoren des Baumes einwirken können. Fritts (1976) zeigte anhand eines Modells, wie eine vorherrschende Klimasituation, charakterisiert durch Temperatur und Niederschlag, durch physiologische Mechanismen auf die Jahrringbildung wirken kann. Es ist leicht nachvollziehbar, dass Bäume in warmen und regenreichen Sommern besser wachsen als in darauf folgenden heißen und trockenen. Solche

Witterungsverläufe ergeben unterschiedliche Jahringbreiten, die dann Teil einer kontinuierlichen Chronologie werden. Viele Einzelkurven einer Region werden synchronisiert, d.h. durch statistische sowie visuelle Vergleiche entsteht eine Mittelkurve, wobei bei ausreichender Anzahl an Proben der Aufbau einer immer weiter zurückliegenden Mittelkurve möglich ist (Stokes und Smiley 1968; Swetnam et.al. 1985). Zu den Jahringserien aus Einzelbäumen kommen Holzproben aus historischen Bauten sowie auch aus archäologischen Grabungen (Abbildung 3).

Die Datierung einer Holzprobe unbekanntes Alters erfolgt, indem die unbekannte Jahringsequenz schrittweise mit vorhandenen Standardchronologien statistisch und visuell verglichen wird. Hohe statistische Signifikanz, hohe visuelle Übereinstimmung sowie Plausibilität in Zusammenhang mit den Ergebnissen parallel gezogener Proben sind die Grundlage einer richtigen Datierung. Sind an den zu datierenden Holzproben noch Rindenreste („Waldkante“) zu sehen, kann das Fällungsdatum des Baumes jahrgenau ermittelt werden.



AUFBAU LANGER CHRONOLOGIEN

Ein Hauptanliegen der letzten Jahre war es, sehr lange Chronologien für ausgewählte Gebiete in Österreich aufzubauen. Dieses Anliegen ist in zweierlei Hinsicht sehr wichtig: Einerseits sind lange Chronologien zur Datierung alpiner prähistorischer Funde (wie z.B. in Hallstatt) notwendig, andererseits stellen sie eine wichtige Datenbasis zur Rekonstruktion langfristiger Klimaänderungen dar (siehe im Kapitel "Dendroklimatolo-

Abbildung 2: Mikro-Querschnitt eines Jahringes der Kiefer

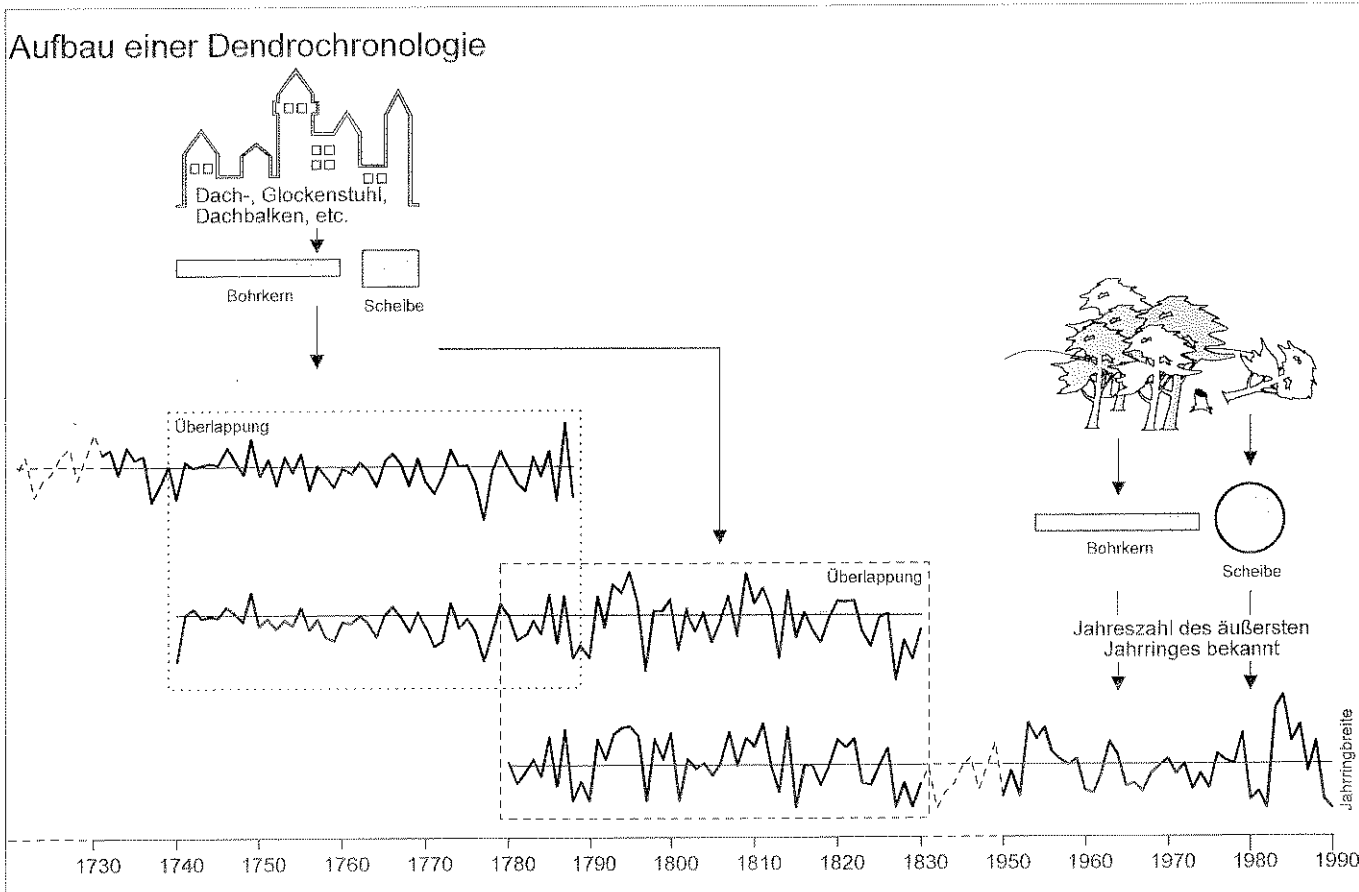
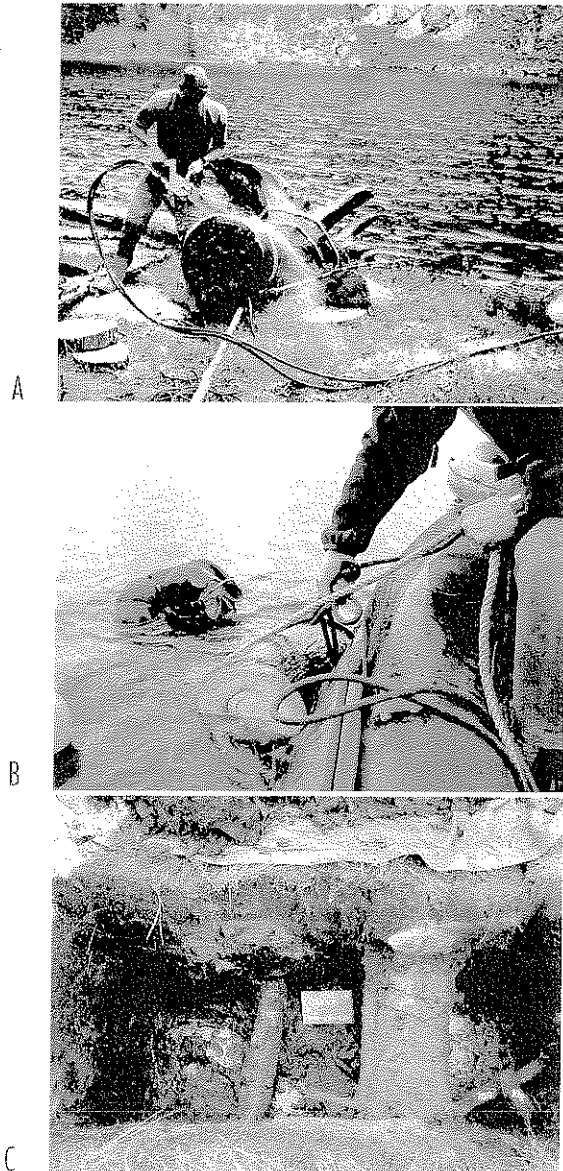


Abbildung 3: Das Datierungsprinzip in der Jahringforschung (aus Liebert 1996)

Abbildung 4:
Beprobung subfossiler
Baumstämme: A - im
Schwarzen See am
Dachstein; B- im
Riesachsee; C - im
Karmooos in Hallstatt



stämme, konnten erfolgreich beprobt werden (vgl. auch Mitteilungen der ANISA Heft 1,2 2000: Grabner und Gindl, 2000). Mit diesen Proben wurde eine 3475 Jahre lange Chronologie, d.h. sie reicht bis 1475 vor Christi Geburt zurück, aufgebaut (siehe Abbildung 5). In weiterer Folge wurden der Schwarzen See im kleinen Sölketal und der Riesachsee betaut und beprobt (Abbildung 4 B). Allerdings konnten bei den beiden letzteren Seen auf Grund starken Gerölleintrages nicht ausreichend viele konservierte Bäume geborgen werden, um die vorhandenen Chronologien weiter auszubauen.

Im Jahr 2004 wurden weitere subfossile Baumstämme in einem Moor, dem Karmooos in Hallstatt, ausgegraben und beprobt. In acht Suchschnitten war es möglich, über 300 Holzproben zu bergen. Dank dieser Stammscheiben konnte eine reine Fichtenchronologie durchgehend bis 1498 vor Christus Geburt aufgebaut werden (Abbildung 5).

DATIERUNG HISTORISCHER HOLZ-PROBEN

In den letzten zehn Jahren konnten im Jahrlinglabor der Universität für Bodenkultur an die 500 historische Objekte (hauptsächlich Baudenkmäler, Almhütten, Holztriftbauten, Kirchendachstühle, Brunnenkästen, archäologische Grabungen; vgl. dazu z.B. Liebert 1996, Wimmer et al. 1997, Grabner und Wimmer 1998, Wimmer und Grabner 1998, Grabner 2002a, Grabner et al. 2004) sowie 114 verschiedene Waldstandorte mit stehenden Bäumen (z.B. Strumia 1999, Saurwein 2000, Grabner und Gindl 2000, Grabner 2001) beprobt und bearbeitet werden. In den Mitteilungen der ANISA Heft 1-2 1999 (Gindl et al.

gie“). Durch Vermittlung von Herrn Franz Mandl wurde im Jahr 1999 der Schwarze See an der Nord-Ost-Abdachung des Dachsteins mit Unterstützung des Österreichischen Bundesheeres beprobt (siehe Abbildung 4 A). Subfossile, im Wasser des Sees konservierte Baum-

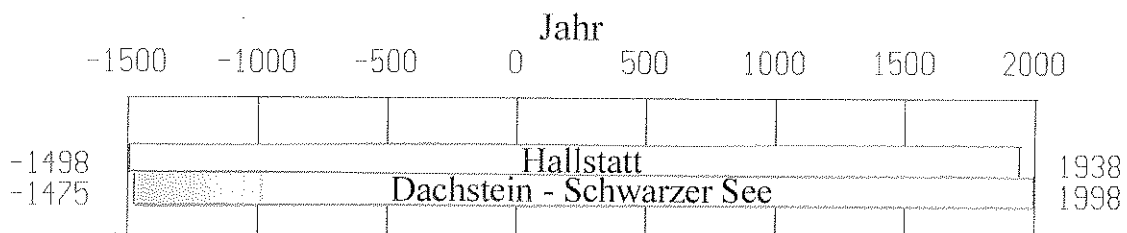


Abbildung 5: Die zwei langen Chronologien vom Karmooos in Hallstatt (Fichte) und dem Schwarzen See am Dachstein (Fichte/Lärche gemischt)

1999) sind Beprobungen im Großraum des Dachsteins dargestellt.

Die Waldlandschaften Österreichs lassen sich nach geografischen, ökologischen bzw. klimatologischen Kriterien in verschiedene Gebiete gliedern, in denen sich für diese Regionen typische Waldstandorte und Waldgesellschaften ausgebildet haben (Killian et al. 1994). Die Abgrenzung solcher, meist als Wuchsgebiete bezeichneter Naturräume ist für die Erstellung regional gültiger Jahrringchronologien sehr wertvoll. Die intensive Beprobung auf Basis klimatologisch-ökologischer Grundsätze führte zu repräsentativen Chronologien für das nördliche Alpenvorland, für den alpinen Bereich und beginnend für das südliche Alpenvorland; und das mit teils beachtlicher Länge (siehe Abbildung 6).

In diesem Fall lieferte die Dendrochronologie einen indirekten Hinweis auf das Klima vergangener Zeiten. Die kontinuierliche Rekonstruktion des Klimas ist Thema des nächsten Kapitels.

REKONSTRUKTION DER KLIMAVARIABILITÄT (DENDROKLIMATOLOGIE)

Die Dendroklimatologie ist ein eigenständiges Forschungsgebiet, das sich mit der Rekonstruktion des Klimas mit Hilfe datierter Jahrringserien beschäftigt. Einige Grundgedanken daraus sollen hier kurz vorgestellt werden.

Die Bildung der Jahrringe unterliegt einer Reihe von Einflüssen; die Palette reicht vom Klima, über

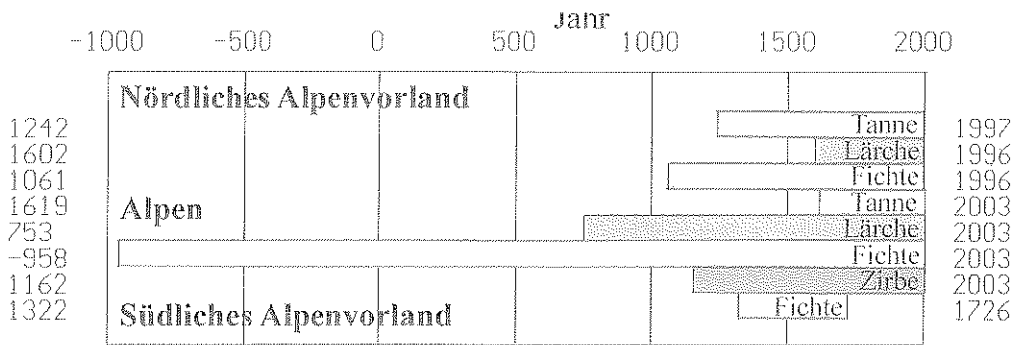


Abbildung 6: An der BOKU erstellte Regionalchronologien für den Ostalpinen Raum, Stand Mai 2005

Im Jahr 2003 konnte gemeinsam mit Kollegen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (Dr. Reinhard Böhm) Bergwerkshölzer aus den ausapernden Bereichen des Wurtenkees (Mölltaler Gletscher) beprobt werden (siehe Abbildung 7). Dr. Böhm, der jährlich diesen Gletscher vermisst, hatte im Spätsommer 2002 erstmals Grubenhölzer im weichenden Eis entdeckt.

Die Datierung dieser Hölzer (siehe Abbildung 8) ergab den Nachweis bergmännischer Aktivitäten in dieser Region zwischen 1480 und 1500 AD. In Abbildung 8 sind die Hölzer mit so genannter Waldkante, das sind verbliebene Rindenreste an der Holzprobe, mit einem Stern (*) gekennzeichnet. Proben mit Waldkante können das jeweilige Fäljahr exakt angeben. Die Bedeutung dieser Datierung liegt darin, dass die Ausdehnung des Gletscher am Ende des 15. Jahrhunderts der jetzigen ungefähr entsprechen musste bzw. kleiner war, da Bergbau sicherlich nur in eisfreien Bereichen möglich war.

Baumalter, Bestandesstruktur bis zu externen Wachstumseinflüssen wie beispielsweise Luftschadstoffen. Als



Abbildung 7: Ausapernde Bergwerkshölzer am jetzigen Rand des Wurtenkees

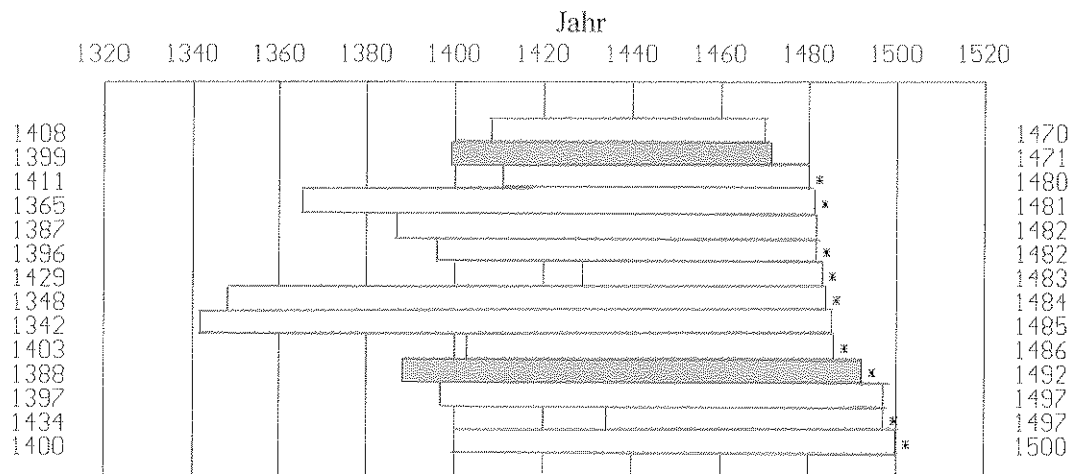


Abbildung 8: Bergwerkshölzer aus dem Randbereich des Wurtenkees (Mölltaler Gletscher). Am rechten Rand der Balken ist das Endjahr abzulesen. Vorhandene Waldkante ist durch einen Stern (*) gekennzeichnet. (weiß = Fichte; grau = Zirbe)

„Alterstrend“ wird das Phänomen bezeichnet, dass mit zunehmendem Baumalter immer schmalere Jahrringe gebildet werden (Schweingruber 1983). Zur Rekonstruktion des Klimas müssen dieser Alterstrend sowie mögliche andere Störsignale entfernt werden. Dafür werden verschiedene statistische Verfahren vorgeschlagen (Fritts 1976). Nachdem der Alterstrend weitgehend aus den Jahrringserien eliminiert worden ist, kann mit verschiedenen statistischen Methoden die Beziehung zwischen Klima und Wachstum untersucht werden. Mittels einfacher Korrelationsanalyse wurde gezeigt, welche Klimadaten am besten mit den Jahrringbreiten der Bäume am Dachstein zusammenhängen, nämlich die Durchschnittstemperatur der Monate Juni und Juli. Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik stellte hierzu die entsprechenden Klimadaten aus Kremsmünster zur Verfügung. Aufbauend auf die gefundenen Beziehungen wurde eine Transferfunktion zur Rekonstruktion von Temperaturwerten aus Jahrringbreiten erstellt. Dazu wurde der Datensatz geteilt: Aus Jahrringbreiten der ungeraden Jahre von 1851 bis 1995 wurde, um Temperaturwerte zu schätzen, mittels einer multiplen Regression eine Kalibrationsfunktion errechnet. Die geschätzten Temperaturwerte wurden dann anhand der Daten der geraden Jahre desselben Zeitraumes verifiziert. Dieser Vorgang wurde in umgekehrter Reihenfolge wiederholt, um eine optimale Qualität der Schätzung von Temperaturwerten aus Jahrringbreiten zu erreichen. Jene Regressionsgleichung, die in der Verifikation die beste Vorhersage

erzielte, wurde zur Rekonstruktion der Sommertemperatur verwendet. Die multiple Regressionsanalyse ergab, dass gut ein Drittel der Variabilität erklärt werden kann. Auf Basis dieses Zusammenhanges wurden die Juni-Juli-Temperaturen bis ins Jahr 750 AD aus den Jahrringbreiten geschätzt.

Anstatt der rekonstruierten Absolutwerte für die Sommertemperatur kann die Darstellung der Abweichung von der Mitteltemperatur der Jahre 1850 bis 1996 die Abfolge von Kalt- und Warmphasen während der letzten 1250 Jahre gesehen werden (Abbildung 9; aus Mitteilungen der ANISA 1-2 2000; Grabner und Gindl 2000). Die Ergebnisse dieser Arbeit stimmen gut mit bislang publizierten Temperaturrekonstruktionen aus Europa überein (Bradley und Jones 1993, Briffa et al. 1990, 2002).

REKONSTRUKTION DER WALD- UND HOLZNUTZUNG

Wichtige Informationen zur Holznutzung sind aus möglichen Änderungen der Holzartenzusammensetzung, die in Zusammenhang mit dem Wandel der Holzverwendung stehen, ableitbar (Schmer 2004). Jede Holzart hat bestimmte spezifische Eigenschaften, aus denen wiederum spezielle Einsatzgebiete abgeleitet werden können. So weist beispielsweise die Holzart Lärche (*Larix decidua* Mill.) vor allem bei Verwendung unter Wasser eine hohe Dauerhaftigkeit auf (Grabner

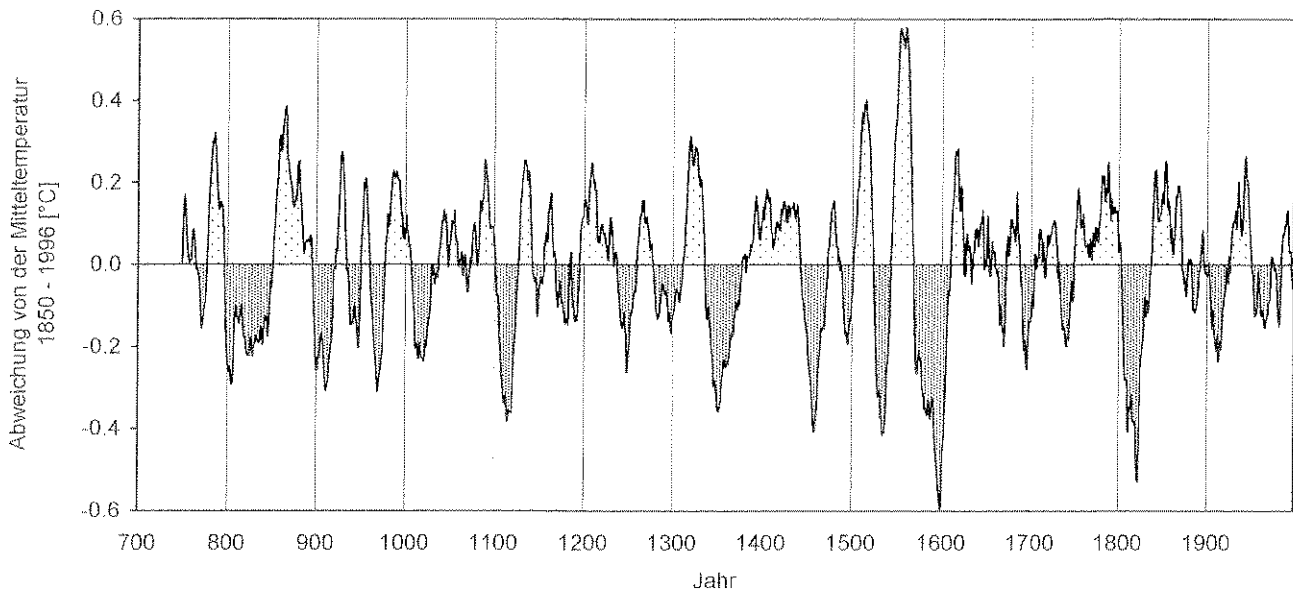


Abbildung 9: Rekonstruktion der Abweichung der Sommertemperatur (Juni-Juli) der letzten 1250 Jahre vom Mittel der Jahre 1850 - 1996 (geglättet mit einem gleitenden Mittel über 20 Jahre)

2002b, Gierlinger 2003). In einer umfangreichen Studie über Holztrifanlagen im Reichraminger Hintergebirge konnte festgestellt werden, dass sich der Einsatz bestimmter Holzarten über die Zeit verändert hat. In der Arbeit von Grabner et al. (2004) wurden einzelnen Bauhölzer dendrochronologisch genau datiert. Die zur Errichtung der Trifanlagen am besten geeignete Holzart - nämlich Lärche - wurde nur im 19. Jahrhundert AD im größeren Umfang eingesetzt, während im 20. Jahrhundert AD die leicht verfügbare Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.) bevorzugt zur Anwendung kam (Abbildung 10).

Bäume reagieren auf Veränderungen ihrer Umwelt, die sich in der Jahringbreite bzw. in der Anatomie des Holzes niederschlagen und damit dendrochronologisch datiert werden können (Fritts 1976, Schweingruber 2001). Als Beispiel sei die Rekonstruktion der Schneitelung von Fichten erwähnt. Unter „Schneitelung“ versteht man den Rückschnitt von lebenden Bäumen durch

Entfernung von grüner Laub- bzw. Nadelmasse. Schneitelung war eine gängige Methode, um Futterknappheit zu überwinden. Die geernteten Nadeln wurden an die Haustiere verfüttert bzw. als Einstreu verwendet.

In Abbildung 11 sind im Frühholz des Jahres 1585 traumatische Harzkanäle zu sehen. Es liegt hier eine Reaktion auf die Nadelentnahme im Spätwinter bzw. frühem Frühjahr 1585 vor. Während die Jahringbreite von 1585 auf Grund offenbar ausreichend vorhandener Reservestoffe keine Reaktion zeigt, hat sich der schlechte Benadelungszustand auf das Folgejahr 1586 erheblich ausgewirkt, wie der schmale Jahring dieses Jahres zeigt. In den folgenden Jahren trat eine Erholung des radialen Dickenwachstums ein, sodass die Jahringbreiten wieder die üblichen Werte einnahmen. Wenn man die Futterknappheit als Ursache für der Schneitelung bedenkt, können sogar mittelbare Aussagen über das Klima im Jahr 1584 gemacht werden: die Witterung dieses Jahres dürfte für die Heuernte

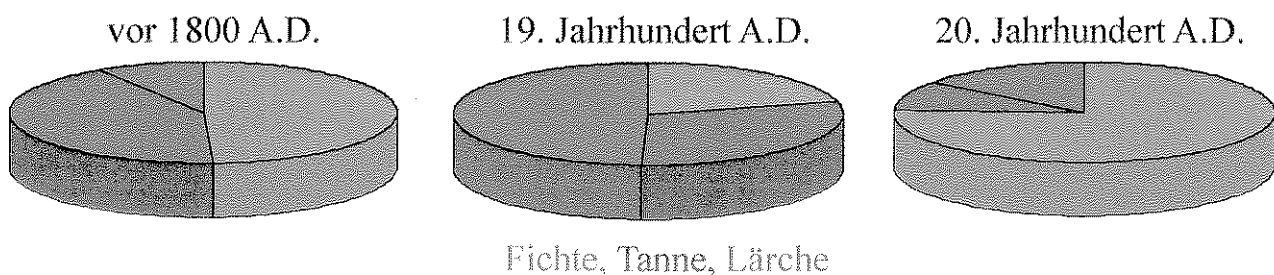
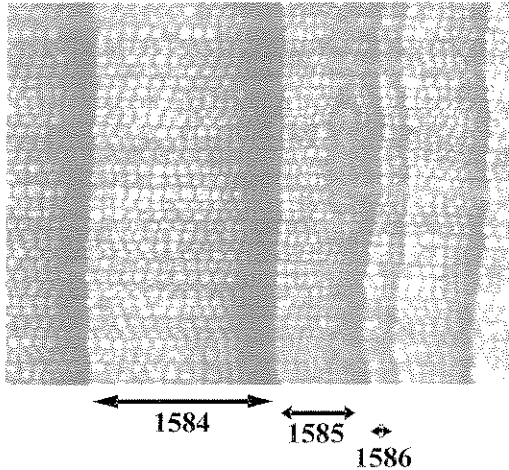


Abbildung 10: Holzartenverteilung der Holztrifanlagen im Wandel der Zeit (aus Grabner et al. 2004)

Abbildung 11:
Ausschnitt aus einer
Jahrringsequenz eines
Fichtenbaumes, der im
Jahre 1585 geschneitelt
wurde



ungünstig gewesen sein, was eine Futterknappheit im Winter 1584/1585 zur Folge hatte.

Abbildung 12:
Nach einer
Hangrutschung schräg
gestellter, zum Hang
geneigter Baum



DATIERUNG VON HANGRUTSCHUNGEN

In der Geomorphologie eröffnet die Dendrochronologie neue Möglichkeiten Bewegungen des Bodens, so genannte gravitative Prozesse genau zu datieren und zu rekonstruieren. Hierzu zählen Muren- und Lawinenabgänge, Hangrutschungen und Hochwasser. Der Dendrochronologe kann hier auf mehrere mögliche Reaktionen der Bäume zurückgreifen: Die Ausbildung so genannter Adventivwurzeln, das sind Wurzeln, die Knospen bilden, gibt Aufschluss über Zeitpunkt und Dauer von Einschüttungen lebender Baumstämme. Verletzungen im Wurzelraum können datierbare Zuwachsrückgänge verursachen. Steinschläge hinterlassen erkennbare Unregelmäßigkeiten in der anatomischen Feinstruktur des Holzes. Die Schrägstellung von Bäumen, die durch Hangrutschungen verursacht worden ist, kann durch Reaktionsholzbildung, und zwar durch Druckholz bei Nadelbäumen bzw. Zugholz bei Laubbäumen (Abbildung 12), sicher datiert werden.

Nach einer sehr starken Massenbewegung am Rindberg (Sibratsgfall, Bregenzer Wald) im Jahr 1999 wurden dutzende Bäume beprobt. Druckholz von Nadelbäumen, welches auf der druckbelasteten Seite des Stammes (Talseite, Leeseite) auftritt, kann dendrochronologisch gut datiert werden.

In Abbildung 13 ist zu sehen, dass es schon mehrmals Rutschungen auf verschiedenen Teilflächen gegeben hat (z.B. 1916, 1931, 1956, 1975, 1986, 1996 und 2003).

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Dendrochronologie ist eine Methode zur Analyse von Jahrringen in lebenden Bäumen und in historischen Holzfunden, durch die wesentliche Informationen über die Vergangenheit geliefert werden können. Die Bandbreite reicht dabei von der jahrgenauen Altersbestimmung über die Rekonstruktion des Klimas und der Veränderungen der Landschaft bis hin zur Rekonstruktion der Wald- und Holznutzung. Bei entsprechender Funddichte und jahringanalytischer Bearbeitung können Holzfunde über das Fälldatum hinaus einzigartige Informationen liefern. Der konsequenten Bergung, Konservierung und Bearbeitung von Holzfunden ist daher Priorität zuzumessen. Außerdem muss dabei verstärkt interdisziplinär vorgegangen werden.

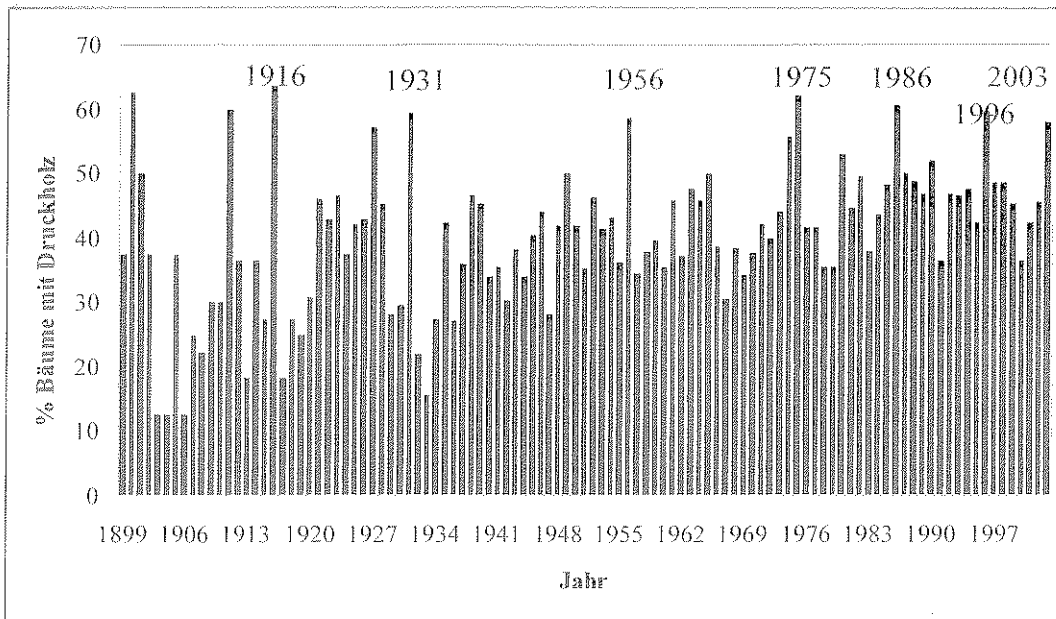


Abbildung 13. Anteil der Bäume mit Druckholz am Rutschungshang Rindberg (aus Tintner 2004).

DANKSAGUNG

Allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Jahrringlabors der Universität für Bodenkultur Wien, insbesondere Daniela Geihofer, Andrea Klein und Martin Weigl sei für die Unterstützung bei der Erstellung dieses Artikels gedankt. Herr Franz Mandl hat uns bei Beprobungen im Dachsteingebiet tatkräftig unterstützt, ihm sind wir dafür besonders dankbar. Last but not least danken wir Herrn Dr. Reinhard Böhm, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien, (ZAMG) für die stets konstruktive Zusammenarbeit.

Universität für Bodenkultur Wien, Department für Materialwissenschaften und Prozesstechnik. Peter Jordan Straße 82, 1190 Wien
 michael.grabner@boku.ac.at

LITERATUR

- Bradley, R.S., Jones, P.D. 1993. "Little Ice Age" summer temperature variations: their nature and relevance to recent global warming trends. *The Holocene* 3: 367-376
- Briffa, K.R., Bartholin, T.S., Eckstein, D., Jones, P.D., Karén, W., Schweingruber, F.H., Zetterberg, P. 1990. A 1,400-year tree-ring record of summer temperatures in Fennoscandia. *Nature* 346(6283): 434-439.
- Briffa, K.R., Matthews, J.A. 2002. ADVANCE-10K: a European contribution towards a hemispheric dendroclimatology for the Holocene. *The Holocene* 12 (6): 639-642.
- Cherubini, P., Gärtner, H., Esper, J., Kaennel Dobbertin, M., Kaiser, K.F., Rigling, A., Treydte, K., Zimmermann, N.E., Bräker, O.U. 2004. Jahrringe als Archive für interdisziplinäre Umweltforschung. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 155(6): 162-168.
- Fritts H.C. 1976. *Tree Rings and Climate*. Academic Press, New York, 567 pp.
- Gierlinger N, 2003. Chemistry, colour and brown-rot decay resistance of larch heartwood and FT-NIR based prediction models. Dissertation an der Universität für Bodenkultur Wien, 129 pp.
- Gindl, W., Strumia, G., Grabner, M., Wimmer, R. 1999. Dendroklimatologische Rekonstruktion der Sommertemperatur am östlichen Dachsteinplateau während der letzten 800 Jahre. *Mitteilungen der ANISA* 19-20 (1-2): 24-28.
- Grabner, M., Wimmer, R., 1998. Dendrochronologische Hausdatierungen in Krems. *Fundberichte aus Österreich* 37. 63-64
- Grabner, M., Gindl, W. 2000. Neue Jahrringchronologien vom Dachstein. Eine 1250-jährige Rekonstruktion der Sommertemperatur. *Mitteilungen der ANISA* 21: 20-30
- Grabner, M. 2001. Dendrochronologische Auswertungen in den Naturwaldreservaten Rosswald und Hutterwald. *NaturLandSalzburg*, Heft 1 2001, 26-27

- Grabner, M. 2002a. Dendrochronologische Datierung der Holzfunde aus der Wehranlage Sand. Arbeitsberichte des Kultur- und Museumsvereines Thaya. (2,3,4) 2002. 975-976
- Grabner M, 2002b. Relationships among wood quality indicators of Larch wood grown in Europe. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, 72 pp.
- Grabner, M., Wimmer, R., Weichenberger, J. 2004. Reconstructing the history of log-drifting in the Reichraminger Hintergebirge, Austria. *Dendrochronologia* 21 (3): 131-137
- Grabner, M. 2005. Functional Tree-Ring Analysis: Wood as an information source to understand physiological, environmental and technological questions. Dissertation an der Universität für Bodenkultur Wien. pp 82
- Killian, W., Müller, F., Starlinger, F. 1994. Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Eine Naturraumgliederung nach walddö- kologischen Gesichtspunkten. Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien 82.
- Liebert, S. 1996. Eichenchronologie im Raum Wien. 1462 - 1995. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, pp. 69
- Saurwein, H. 2000. Dendroklimatologische Untersuchungen an Fichte, Tanne, und Lärche im Nationalpark Kalkalpen. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, pp. 85
- Schmer, T. 2004. Historische Holzverwendung an Hand einiger Fallstudien in Niederösterreich. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, pp. 102.
- Schweingruber, F.H. 1983. Der Jahrring: Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie. Paul Haupt, Berne.
- Schweingruber, F.H. 2001. Dendroökologische Holz Anatomie. Anatomische Grundlagen der Dendrochronologie. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. pp472
- Stokes, M.A., Smiley, T.L. 1968. An introduction to tree ring dating. The University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Strumia, G. 1999. Tree-ring based reconstruction of precipitation in eastern Austria. Dissertation an der Universität für Bodenkultur Wien, pp. 111.
- Swetnam, T.W., Thompson M.A., Kenedy-Sutherland, E.K. 1985. Using dendrochronology to measure radial growth of defoliated trees. United States Department of Agriculture, Forest Service.
- Tintner, J. 2004. Vegetation und Geologie am Rindberg - Die Pflanzendecke als Indiz einer Massenbewegung im Vorderen Bregenzerwald. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.
- Wimmer, R., Grabner, M., Liebert, St. 1997. Dendrochronologische Altersbestimmung von Holzfunden aus der Grabung Kleinmariazell. *Fundberichte aus Österreich* 36: 55-57
- Wimmer, R., Grabner, M. 1998. Standardchronologien in Österreich für die dendrochronologische Datierung. *Archäologie Österreich* 9/2 1998