©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Dendroklimatologische Rekonstruktion der mittleren Sommertemperatur am Tannberg im Zeitraum von 1250 bis 1900

von Klaus Pfeifer & Walter Oberhuber

VORARLBERGER NATURSCHAU 19 SEITE 183–206 Dornbirn 2006

Zu den Autoren

Klaus Pfeifer, geboren 1967 in Egg, Bregenzerwald. Studium der Biologie (Hauptfach Botanik mit den Schwerpunkten Systematik, Vegetationskunde und Ökologie) an der Universität Innsbruck. Ab 1992 freiberufliche Tätigkeit als Botaniker. Spezialisierung auf dem Gebiet Dendroökologie und -chronologie und 1998 Firmengründung: labor für dendro(chrono)logie in Egg. Tätigkeitsbereiche: Jahrringanalytik und Bauforschung.

Walter Oberhuber, geboren 1961 in Lienz, studierte Biologie an der Universität Innsbruck und promovierte 1991 zum Doktor der Naturwissenschaften. Anschließend einjähriger Forschungsaufenthalt in den USA und seit 2001 habilitiert im Fach Botanik. Forschungsschwerpunkte: Einfluss von Klimaänderungen auf die Entwicklung von Waldökosystemen im Alpenraum, Rekonstruktion von Klimavariablen anhand von Jahrringzeitreihen.

Summary

Estimates of summer temperature for the Tannberg region (Vorarlberg, Austria) are made back to A.D. 1250 using a ring width chronology based on historical and recent samples of Norway spruce [Picea abies (L.) Karsten] as predictor. The developed chronology comprises a sample depth of 24 trees on average. The dendroclimatic model used for climate reconstruction is an exponential transfer function that estimates the mean June-July temperature from the current tree-ring width index. All verification statistics commonly used in dendroclimatological research are significant ($p<0,001$) and indicate that the reconstructed time series provides valuable information on past summer temperature variability. Reconstructed temperature anomalies (> 6,4%) compared to the long term mean (1250 to 1900) in 1540 and 1623 (wamer than average) and in 1588, 1628 and 1639 (cooler than average) are also documented in historical records from the Swiss Alps. The striking cold period occurring in the second decade of the 19th century is also modelled by the applied transfer function.

Hence the climatic reconstruction, which is based on temperature sensitive tree-ring series indicates, that with the beginning of the late medieval period the mean summer temperature constitutes one aspect of the climatic conditions for historical settlements. As a result of first statistical evaluations more favourable climate conditions during an observation period of 5 to 6 years preceded the construction of a building.

Keywords: dendrochronology, dendroclimatology, summer temperature, Tannberg, tree rings

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Zusammenfassung

Die Untersuchung der Beziehung zwischen Klimadaten und Holzbildung lebender Fichten [*Picea abies* (L.) H. Karsten] aus dem Tannberg liefert den Wirkungszeitraum wachstumsbeeinflussender Klimafaktoren. Ein dendroklimatologisches Modell leitet mit einer exponentiellen Transfer-Funktion die durchschnittliche Juni-/Juli-Monatsmitteltemperatur vom Ringbreitenindex des jeweiligen Kalenderjahres ab. Fichtenserien aus 14 historischen Objekten (Schröcken/Steeg) und 2 Waldstandorten in Schröcken (162 Proben, >18.000 Jahrringwerte) decken in einer durchschnittlich 24fach belegten Chronologie den Zeitraum von 1250 bis 2000 ab. Die in der Dendroklimatologie gängigen Verifizierungstests verliefen signifikant ($p<0,001$) und deuten darauf hin, dass die rekonstruierte Zeitserie brauchbare Information zur Schwankung der mittleren Sommertemperatur beinhaltet.

Der Vergleich mit historischen Wetterindices der Schweiz für den Zeitraum von 1496 bis 1995 deckt sich markant in den Trockenjahren 1540 und 1623 als auch in den extrem kalten Jahren 1588, 1628 und 1639. Die rekonstruierte Temperaturkurve zeigt in der Periode von 1250 bis 1900 ein Bild des Wechsels von – auch in der Literatur bekannten – Wärme- beziehungsweise Kältephasen. Eine in der Rekonstruktion beispielhaft dokumentierte Periode mit schlechten Sommern setzt bereits vor 1812 ein. Im folgenden Jahrzehnt mit 1816 «dem Jahr ohne Sommer» gingen die Sommertemperaturen in Mitteleuropa durchschnittlich um 1,1 °C (Stommel & Stommel 1996) zurück.

Die auf Basis von sensitiven Jahrringreihen erfolgte Klimarekonstruktion zeigt, dass ab dem Spätmittelalter die mittlere Sommertemperatur einen Teilaspekt der klimatischen Rahmenbedingungen zur Siedlungsgeschichte am Tannberg beisteuert. Eine erste Gegenüberstellung der mittleren Sommertemperaturen von Jahren vor beziehungsweise nach dem Entschluss ein Gebäude zu errichten, weist einerseits statistisch abgesichert ($p<0,01$) auf eine Klimagunst in den Vorjahren hin. Zum andern, dass potentielle Standorte von Gründungsbauten vor Baubeginn über einen Zeitraum von 5 bis 6 Jahre hinweg beobachtet wurden.

1. Lokalitäten, Untersuchungsobjekte, Material

Das historische Untersuchungsmaterial stammt aus einer Stichprobe von 14 historischen Objekten aus der Region Tannberg (13 Bauten aus Schröcken und ein Wohnhaus aus Steeg). Spezielles Augenmerk galt der anonymen Architektur landwirtschaftlich genutzter Objekte. Berücksichtigt wurden Hofanlagen im heutigen Dauersiedlungsraum sowie aktuell als Vorsäß beziehungsweise Alp genutzte Gebäude. Das Spektrum streut von Paarhofanlagen mit Wohnhaus (Heimgut) und freistehendem Nebengebäude (Heimstall), über sekundäre fassadengeteilte Vielzweckbauten bis hin zu sekundären Einhöfen (Gschwend 1971).

Grundsätzlich wurden die Grundkonstruktion des Wohnteils (Kern als Blockbau) und die dazugehörigen Einbauten (Ofen, Herdanlage, Kamin, Stubentäfer, Fenster und Türen) im Rahmen einer Sichtung gefügekundlich beurteilt und die vermuteten ersten abgrenzbaren Entwicklungsschritte auf ihr Alter hin untersucht und nachgezeichnet.

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Das Rezentmaterial stammt von Fichten zweier Waldstandorte[2] – einem südexponierten Labkraut-Tannenwald (Galio rotundifolii-Piceetum Bartsch et Bartsch 1940) als Ausbildung mit Siebers Hainsimse und einem westorientierten Hochstauden-Tannen-Fichtenwald (Adenostylo alliariae-Abietetum Kuoch 1954) in typischer Ausbildung – beide über Gesteinen der Allgäudecke (Ampferer 1932) in der ozeanisch getönten oberen Montan- bis unteren Subalpinstufe in Schröcken/Tannberg (*Abbildung 1*).

Der mittlere Gesamtjahresniederschlag im Beobachtungszeitraum 1900 bis 2000 liegt im Gebiet bei 2183 mm; die durchschnittliche Lufttemperatur für die Zeiträume 1901 bis 1940 und 1947 bis 2000 beträgt 5,1°C.

Die Liste der befundeten Objekte findet sich im Anhang (*Tabelle a* und *b*).

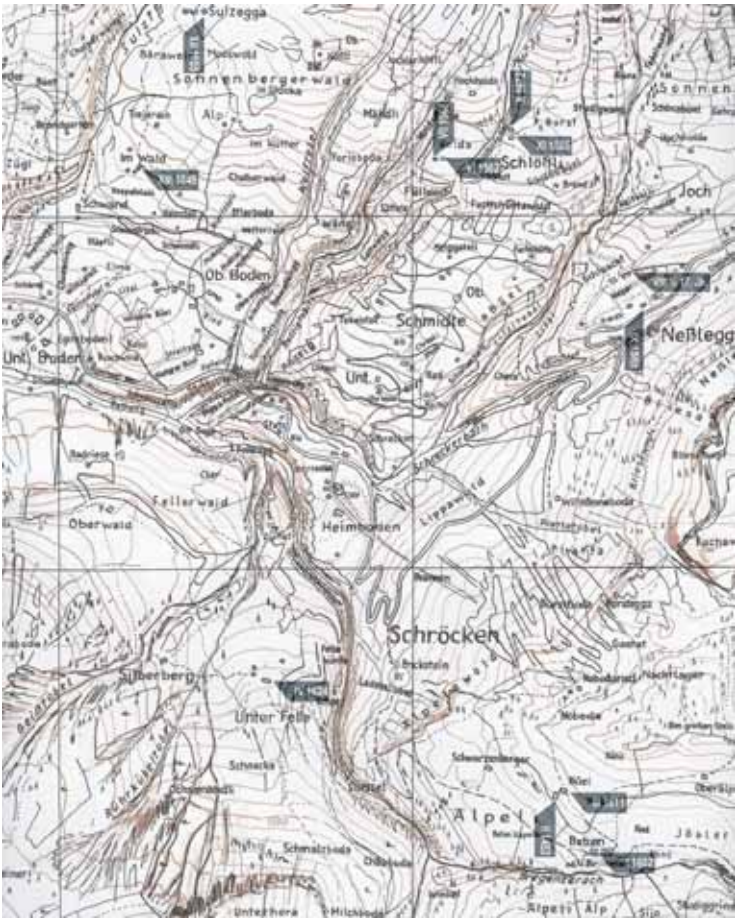

Abb. 1: Lage und Nummer der Lokalitäten (in alphabetischer Reihenfolge) befundeter Gebäude mit Angabe der spätesten Schlagdaten des in den Gründungsbauten verwendeten Bauholzes (Stand: August 2004). Geiersberg 55, Gieschberg (V; 1624dw[1]) und Steeg, Gehren 2 (XIV; 1424dw) sind nicht abgebildet. Die hochmontanen, süd- (S) beziehungsweise westausgerichteten (W) Waldstandorte auf Moräne über Lias Fleckenmergel im Süden sowie Zirmenkopfkalk (Oberrätische Kalke) im Westen sind eingekreist. Kartengrundlage: Flurnamenkarte für Schröcken (Vogt 1980)

[1] Dendrochronologisch bestimmte Enddaten werden mit einem «d» versehen – 1581d. Zusätzliche Ergänzung mit «w» oder «f» kennzeichnet Herbst-/Winterfällungen beziehungsweise Schlägerungen im Frühjahr oder Sommer.

[2] Mündl. Mitteilung Peter (2005): Auszug aus der Vorarlberger Waldvegetationskarte. Abteilung Vc – Forstwesen am Amt der Vorarlberger Landesregierung

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

2 Methoden

2.1 Dendrochronologische Techniken

2.1.1 Ausgangslage

Das dendrochronologische – jahrringanalytische – Datierungsverfahren beruht darauf, dass der Zuwachs von Nadel- und Laubbäumen in den gemäßigten und borealen[3] Klimagebieten in Jahresschichten erfolgt. Die Aufeinanderfolge von schmalen und breiteren Jahrringen ist abhängig vom Niederschlagsangebot und den Temperaturverhältnissen des laufenden beziehungsweise vorherigen Jahres am jeweiligen Standort. Jede Jahrringbreite ist zudem das Resultat des Wechselspiels von Witterungsfaktoren, Standort und Baum. Kurz- beziehungsweise langfristige Einflüsse – Frost und Trockenheit – beeinträchtigen genauso wie Insektenbefall und Mast- oder Fruchtjahre den jährlichen Holzzuwachs. Wuchs-, Standorts- und Klimaverhältnisse sind so auf einem Stammquerschnitt – gleich in einem Archiv – Jahr für Jahr abgespeichert.

Die Zuwachskurven gleichzeitig wachsender Bäume zeigen weitgehend klimatisch bedingt einen markant ähnlichen Verlauf, dies nicht nur innerhalb desselben Bestandes, sondern auch bei weiter voneinander entfernten Standorten.

Bei Nadelbäumen besteht ein Jahrring aus hellerem Frühholz mit weiten, dünnwandigen Zellen zur Wasserleitung und dunklerem Spätholz mit engen, dickwandigen Zellen, die der Festigung dienen.

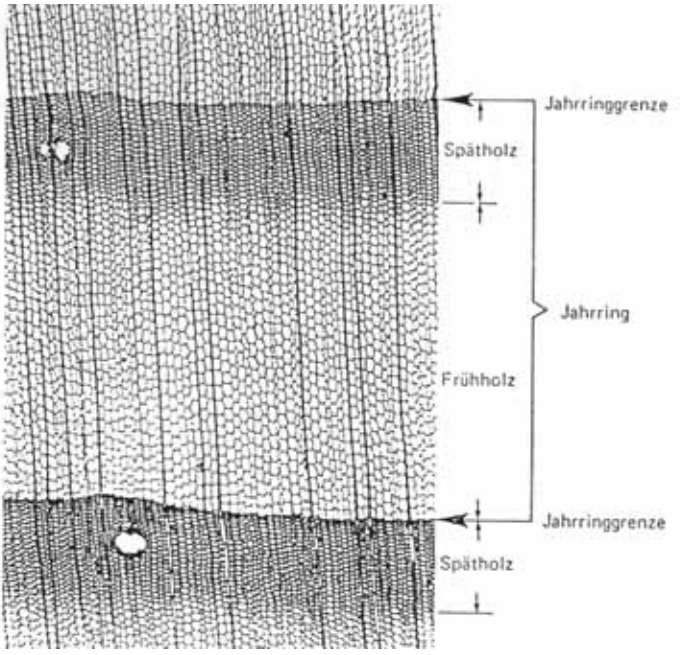

Abb. 2: Querschnitt durch Lärchenholz

[3] boreal (aus lat. borealis «nördlich»): dem nördlichen Klima Europas, Asiens und Amerikas zugehörend.

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

2.1.2 Jahrringanalytisches Datierungsverfahren

Zeigen die Jahrringabfolgen zweier Hölzer eine hohe Ähnlichkeit, so liegt der Schluss nahe, dass sie zur gleichen Zeit gelebt haben (*relative* Datierung). Ist eine der beiden Jahrringserien bereits datiert, so ist auch die Entstehungszeit der anderen bestimmbar (*absolute* Datierung). Für absolute Altersbestimmungen von historischen und vorgeschichtlichen Holzfunden ist stets eine in der Gegenwart beginnende zusammenhängende Jahrringchronologie[4] als Datierungsgrundlage erforderlich.

Für absolute Datierungen heimischer Nadelholzarten (Tanne, Fichte, Lärche, Zirbe, Kiefer) stehen in der Gegenwart beginnende bis über das 15. Jahrhundert v. Chr. zurückreichende, im Überbrückungsverfahren (*Abbildung 3*) erstellte Chronologien zur Verfügung. Im süddeutschen Raum reicht der Jahrringkalender für Eichenholz und im ältesten Abschnitt für Kiefer von heute bis ins 11. Jahrtausend v. Chr. (12.000 BP[5]).

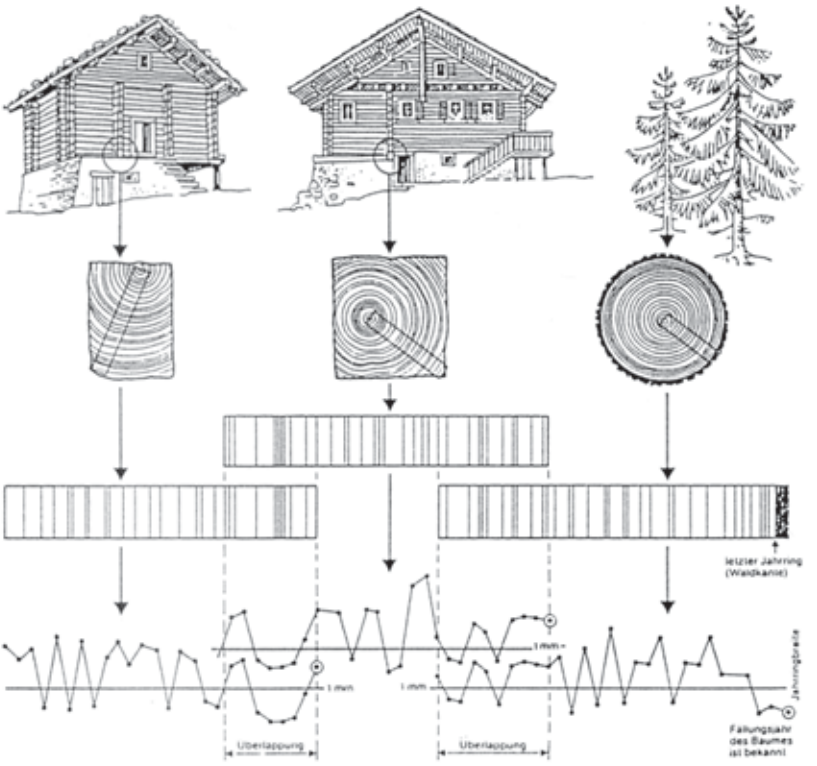

Abb. 3: Schematische Darstellung des Überbrückungsverfahren zum Aufbau langer Jahrringfolgen

Ausgangspunkt sind die inneren Jahrringfolgen lebender Bäume, die mit äußeren Teilen der Jahrringserien verbauten Holzes beziehungsweise vorgeschichtlicher Holzfunde zunehmenden Alters über die Zeitspanne des gemeinsamen

[4] Chronologie: in sich richtig datierte Mittelkurve von Jahrringmerkmalen (bspw. Jahrringbreite, Holzdichte, ...)

[5] BP – before present, vor heute (1950).

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 4: Probenentnahme an einer als Stockbalken des Einganges in die Heulege wiederverwendeten Diele. Schröcken: Alte Sennalp Batzen, August 2002 (Foto: H. Kautzky)

Wachstums verzahnt, darüber hinaus in die Vergangenheit verlängert werden. Auf diese Weise entsteht schrittweise ein «endloser Baum» .

Die mittels eines Hohlbohrers vor Ort als Bohrkern (Durchmesser: 5 mm) entnommenen Proben stammen von diversen Bauteilen – ausschließlich Fichtenholz – historischer Objekte (Wandbalken, Bretter, Pfetten, Ständer, Dielen, Rundhölzer) sowie rezenter Fichten.

Zonen mit unregelmäßigem Wachstum, speziell im Bereich von Ästen, Wurzelanläufen – oft mit Stammverletzungen, Harzgallen – sowie starkem Wurmbefall liefern unbrauchbare Proben historischer Hölzer. Im Falle rezenter Fichten liegen die Entnahmeorte der Bohrkerne (zwei Radien/Baum) in Brusthöhe (zirka 1,3 m) auf den jeweils gegenüberliegenden Stammseiten. Die Bohrrichtung orientiert sich quer zur Falllinie des Hanges, um Bereiche mit Reaktionsholz zu vermeiden (Schweingruber 1996).

An den angeschliffenen oder fein geschnittenen und mit Kreidestaub behandelten Oberflächen der Holzquerschnitte sind die Jahrringgrenzen deutlich erkennbar (Pilcher 1990). Unter einer Stereolupe bei 25- bis 60facher Vergrößerung mittels eines Linearmesstisches und einer speziellen Software (CATRAS; Aniol 1991) auf 0,01 mm vermessene und elektronisch erfasste Reihen von Jahrringbreiten stellen das Ausgangsmaterial.

Reihen von Harzkanälen sind Hinweise auf höhere Spannungen (Wind-, Schneelasten) oder leichte mechanische Verletzungen.

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

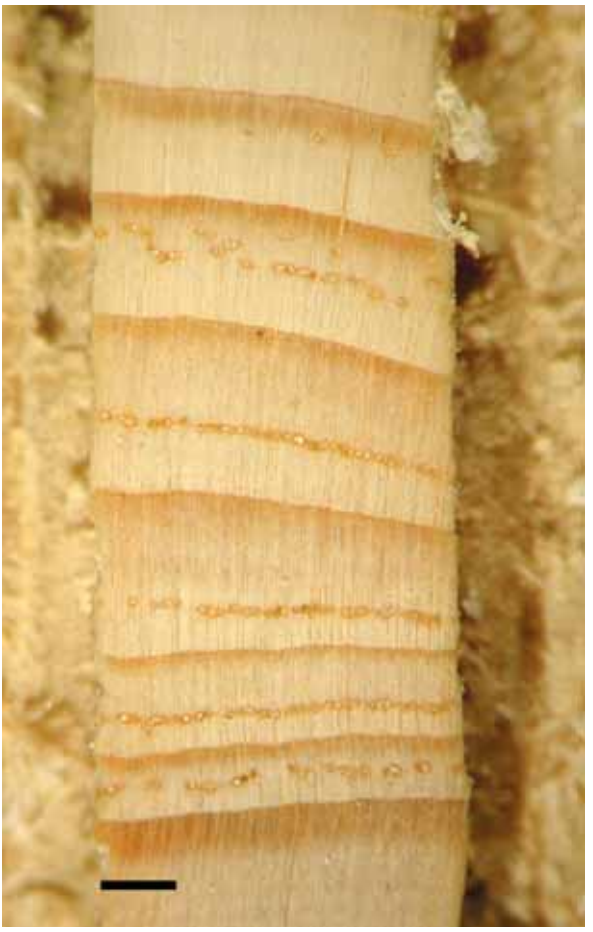

Abb. 5: Lupenbild eines präparierten und auf einem Träger fixierten Bohrkerns einer Fichtenprobe (Maßbalken ≅ 1 mm). (Foto: W. Hofbauer)

Der dendrochronologische Vergleich der Zuwachskurve der Probe mit den Referenzen funktioniert im Regelfall mit der höchsten Übereinstimmung zwischen denselben Arten. Die holzanatomisch mittels Mikroskop bestimmte Holzart ist deshalb grundlegendes Kriterium für die statistischen, optisch überprüften Datierungsroutinen.

Datierungsroutinen

Die Synchronisierung von Jahrringserien basiert auf mehreren Tests: Der Gleichläufigkeitstest (Eckstein & Bauch 1969) gibt den Anteil der gleichsinnigen Wertintervalle im Deckungsbereich der Kurvenserien wieder. Ungeachtet ihrer Jahrringbreiten wird der Anteil der übereinstimmenden positiven und negativen Ringbreitenveränderungen der beiden Kurven ermittelt.

t-Tests überprüfen den Sicherheitsgrad der Übereinstimmung von Probe und Referenz in Bezug auf den absoluten Verlauf der Datenserie in Abhängigkeit der Überlappungslänge beider Reihen. Der im Baumwuchs

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

beinhaltete Alterstrend wird dabei mit zwei verschiedenen Verfahren aus den rohen Wertserien herausgefiltert.
Bei all diesen Verfahren der Synchronisierung – und damit der Datierung – ist die Anzahl der jeweils vorhandenen Jahrringe für die statistische Absicherung ein wichtiges Kriterium. Bei einer 70- bis 120-jährigen Einzelkurve sollten bspw. in der datierten Lage zur Referenz Gleichläufigkeiten zwischen 60 und 70% und t-Werte von mindestens 2,5 bis 5,0 gegeben sein (Becker 1991). Je höher die Testgrößen, um so sicherer liegt die korrekte Zeitstellung der Probe vor. Weiters ist die Signaturengleichläufigkeit, der Prozentsatz der zeitgleich, gleichsinnig verlaufenden Kurvenabschnitte von Probe und Referenz im Überlappungsbereich für die Bestimmung des Wachstumszeitraumes von Bedeutung. Nach Huber & Giertz-Siebenlist (1969) beziehungsweise Becker & Glaser (1991) liegt in der Referenzkurve eine Signatur vor, wenn in einem bestimmten Jahr mehr als 75% der einbezogenen Jahrringkurven in der Tendenz übereinstimmen – bspw. extrem schmale, durch sehr kühle Perioden bedingte, Jahrringe aufweisen.
Die Wahrscheinlichkeit, dass t-Wert und Gleichläufigkeitswert signifikant hoch sind, ist als äußerst gering einzustufen. Mit der Kombination beider Testgrößen mittels Datierungsindex (DI) können Zufallslagen mit entweder höheren t-Werten oder höheren Gleichläufigkeitswerten als in der Synchronlage ausgeschlossen werden.

Alle in einem Holz vorhandenen Ringe werden eindeutig dem Kalenderjahr ihres Wachstums zugeordnet – eine dendrochronologische Datierung ist stets jahrgenau. Falls die Zuordnung methodisch nicht gelingt, ist auch eine ungefähre Zuweisung in ein Jahrzehnt oder Jahrhundert nicht möglich – die Datierung bleibt offen. Das Risiko falsch gelesener oder interpretierter Daten wird durch ein Netz von unabhängig voneinander entstandenen Chronologien und gegenseitige Probenkontrolle minimiert. Das Problem unsicherer Dendrodaten kann unter Beizug von ^{14}C-Datierungen (konventionelle oder AMS-Methode) in den meisten Fällen gelöst werden.

Bei historischem Material ist zwischen der Datierung der oft unvollständigen Jahrringabfolge eines Balkens oder der des Fäll- oder Absterbedatums (bedingt durch Lawinen, Windwurf, Murenabgänge, Steinschlag, Hochwasser, ...) des Baumes zu unterscheiden.

Falls der letzte, vor der Fällung des Baumes vom Wachstumsgewebe gebildete, zugleich jüngste Jahrring unter der Rinde, die so genannte Wald- beziehungsweise Baumkante am vermessenen Probenradius vorhanden ist, kann die letzte Vegetationsperiode des Baumes jahrgenau bestimmt werden. Das holzanatomische Bild der Waldkanten setzt in einem weiteren Schritt die Fälltermine (Schlagzeiten) des verwendeten Bauholzes fest: *Spätholz ausgebildet* = Schlag im Spätherbst oder in den Wintermonaten, beziehungsweise *Spätholz fehlend* = Schlag im Sommer.

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Der baukundliche Ansatz geht davon aus, dass Konstruktionsholz (Balkenschwellen, Unterzüge, Wandbalken) saftfrisch verarbeitet und nicht gelagert worden ist, so kann mit der Verbauung des im Herbst oder Winter geschlagenen Holzes im Frühjahr oder Sommer des Folgejahres gerechnet werden (Schmidt et al. 1989). Die Beurteilung der Glätte oder Rissigkeit gebeilter, behauener oder gestemmter Oberflächen erlaubt jedoch die weitere Einschränkung des Baudatums – schlagfrische Verbauung oder Verzimmerung nach einigen Monaten Lagerzeit. Bei großen Flächen bezieht sich die Aussage auf die Zeit der Zurichtung des Balkens, bei Innenflächen, bspw. von Blattsassen, dagegen die Zeit der Verzimmerung (Hammel-Kiesow 1993). Bei Deckendielen ist eine mehrjährige Lagerung vor dem Einbau wahrscheinlich.

Die auf mehreren gleich lautenden jahrgenauen Fälldaten beruhende Datierung eines Holz- oder Bauteilkomplexes[6] weist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf ein unmittelbar folgendes Baudatum. Ferner werden auch einzelne zweitverwendete, datierte Hölzer für die Ausweisung einer Bauetappe herangezogen, sofern man sie als Reste ehemals größerer Baukörper identifizieren kann.

Fehlende bauhistorische Plausibilität führt zur Überprüfung der Analyse.

Der absoluten Datierung (TSAP; Rinn 1996) der Ringserien des Rezentmaterials als auch der historischen Bauteilproben, basierend auf Vergleichszeitreihen für Fichte aus dem Ötztal (Siebenlist-Kerner 1984), Montafon, Bregenzerwald und dem Kleinwalsertal folgte die zusätzliche Kontrolle mittels COFECHA (Holmes 1994). Dieses Programm deckt innerhalb der jeweiligen Jahrringserie Segmente mit fehlerhafter Datierungslage auf.

Bedingt durch individuelle Wachstumsverläufe – auskeilende oder fehlende Jahrringe – war die Synchronisierung von rund 19 % aller gezogenen Proben (235) nicht eindeutig möglich. Diese und einzelne fehlerbehaftete Segmente von Ringsequenzen wurden beim Aufbau der lokalen Chronologien (= Mittelkurven datierter Jahrringbreitenwerte) sowie den folgenden Analysen nicht berücksichtigt.

2.2 Dendroklimatologische Techniken

2.2.1 Chronologieaufbau

Da Jahrringe einerseits mit zunehmendem Alter – einem Alterstrend folgend – immer schmäler werden, und andererseits die Qualität des Vorjahresringes oft den des folgenden beeinflusst, müssen diese langzeitigen Trends und Einflüsse, die in Zusammenhang mit der Bestandesentwicklung stehen mit mathematischen Verfahren aus den Mess-Serien entfernt werden. Kurzfristige Schwankungen hingegen beinhalten größtenteils Klimasignale (Cook 1987, Cook & Briffa 1990).

Die Standardisierung der Jahrringreihen erfolgte mittels eines zweistufigen Trendeliminierungsverfahrens unter Einbeziehung einer autoregressiven Modellierung (Programm ARSTAN; Cook & Kairiukstis 1990, Holmes 1994) (Ergebnis = Residual-Chronologie). Über die Mittelkurve aus den trendbereinig-

[6] Gruppe von Hölzern, die aufgrund bauhistorischer Merkmale – gemeinsamer Abbund mit durchlaufenden Zählzeichen, gemeinsame Lage in stratigraphischem Zusammenhang, der-selben Bauphase angehören.

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

ten Ringserien – nun dimensionslose Indexkurven – wird zusätzlich eine Mittelwertsfunktion gelegt, um die Auswirkung statistischer Ausreißer (Cook 1985) zu vermindern.

Das Signal/Rauschen-Verhältnis (SRV) liefert einen Kennwert zur Güte von Chronologien. Als Verhältniszahl des Anteils der durch klimatische oder andere Faktoren erklärbaren Variation einer Chronologie zum nicht erklärbaren Anteil, ist es Ausdruck der Stärke des gemeinsamen Signals innerhalb der berücksichtigten Bäume.[7]

2.2.2 Klima-Wachstumsbeziehung

Die Berechnung des statistischen Zusammenhangsmaßes als Produkt-Moment-Korrelation von Jahrringbreitenindex[8] und Klimadaten – Niederschlagssummen und Monatsmitteltemperaturen der meteorologischen Station Schröcken[9] liefert den Wirkungszeitraum wachstumsbeeinflussender Klimafaktoren.

2.2.3 Klimarekonstruktion

Der erste Teilschritt der vorliegenden dendroklimatologischen Analyse – die Eichung (Kalibrierung) – berechnet auf der Grundlage einer nichtlinearen, exponentiellen Regression die Beziehung zwischen der indexierten Jahrringbreiten-Chronologie und den Sommertemperaturen (Durchschnitt der Juni-/Juli-Monatsmitteltemperatur) im jeweiligen Zeitabschnitt.

Dem methodischen Ansatz (*Abbildung 6*) folgend wird die Serie der verfügbaren gemessenen Temperaturdaten (T) in zwei Abschnitte (I – 1901 bis 1940 und II – 1947 bis 2000)[10] unterteilt, um so bspw. im Zeitabschnitt I die von der Transfer-Funktion der Eichphase II, für die Verifizierungsphase (I) vorhergesagten Klimadaten (T_{rek}) mit den tatsächlichen gemessenen Daten der Klimastation zu überprüfen.

Empirisch abgeleitete Gleichungen, die Baumwachstumsparameter mit dem zeitlichen Verlauf von Klimafaktoren verknüpfen, müssen an unabhängigen Daten, die nicht zur Eichung (Kalibrierung) herangezogen wurden, bestätigt werden (Hughes et al. 1982). Nach Fritts (1976) ist die Verifizierung erfüllt, wenn die rekonstruierten Werte den tatsächlichen Werten – gemessenen Klimadaten – ähnlicher sind, als man durch Zufall erwarten könnte (Kaennel & Schweingruber 1995).

Als gängige Testvariabeln gelten: RE – reduction of error, CE – coefficient of efficiency sowie der PMT – product mean test (Fritts 1976, Briffa et al. 1988, Fritts & Guiot 1990).[11]

---

[7] SRV = nr/(1-r); wobei r = mittlere Korrelation zwischen Baumradien und n – Anzahl der Bäume einer Chronologie (Wigley et al. 1984)

[8] Ringwerte der «Residual-Chronologie»

[9] Die Klimadaten der meteorologischen Station Schröcken (Seehöhe: 1263 m, gg.L.: 10°5´, gg.B.: 47°15´) wurden von Ing. Ralf Grabher – Landeswasserbauamt Bregenz, Abt. Hydrographie zur Verfügung gestellt.

[10] Für die Jahre 1941 bis 1946 fehlen die Temperaturaufzeichnungen der Klimastation Schröcken.

[11] Die Tests sind in der englisch-amerikanischen Literatur beschrieben.

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

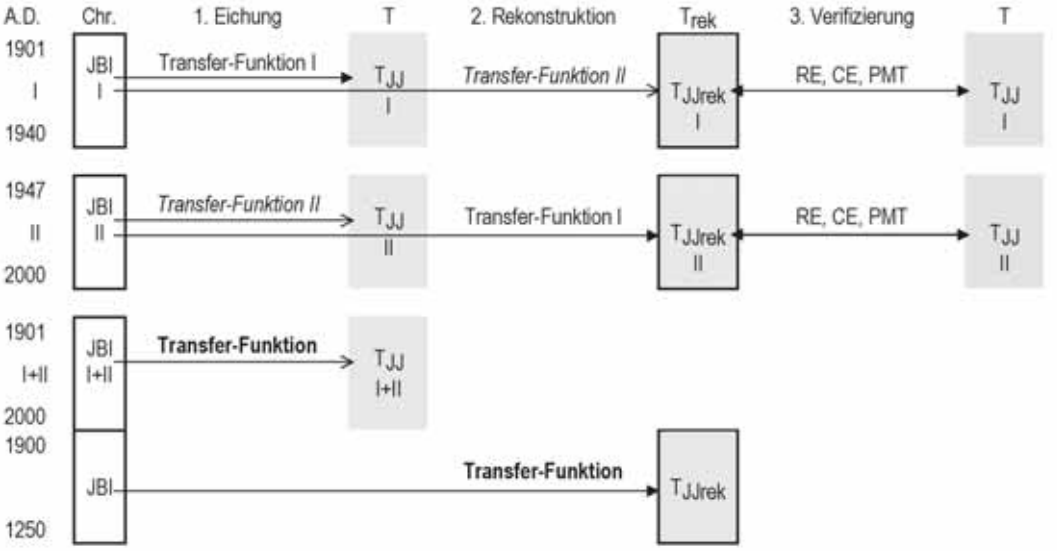

Abb. 6: Schema einer dendroklimatologischen Analyse – Eichung, Rekonstruktion und Verifizierung. JBI – Jahrringbreitenindex, I, II – Zeitabschnitte, T_{JJ} – Juni-/Juli-Monatsmitteltemperatur, T_{JJrek} – rekonstruierte Juni-/Juli-Monatsmitteltemperatur

Beim Vorzeichen-Test handelt es sich um einen nichtparametrischen Test, der die Anzahl der Ähnlichkeiten im Verlauf (Anstieg oder Abfall im Vergleich zum Vorjahreswert) der geschätzten – rekonstruierten mit den aktuellen Daten zählt. Die Annahme einer signifikanten Verknüpfung ist zu akzeptieren, wenn die Zahl der Übereinstimmungen signifikant höher ist als die der unterschiedlichen Verläufe.

Die abschließend für die komplette Periode der instrumentellen Klimadaten von 1901 bis 1940 und 1947 bis 2000 erstellte Transfer-Funktion dient zur Rekonstruktion der durchschnittlichen Juni-Juli-Monatsmitteltemperatur (= mittlere Sommertemperatur) für den Zeitraum von 1250 bis 1900 der gesamten für den Tannberg vorliegenden Chronologie (Fritts & Guiot 1990).

3 Ergebnisse

3.1 Chronologie-Eigenschaften

Die rezenten Fichtenchronologien der süd- als auch westorientierten Bestände zeigen hochsignifikante absolute und relative Übereinstimmungen in ihrem jährlichen Verlauf. Die Erstellung einer rezenten Chronologie (Nr. 1,2) für beide Standorte beinhaltet nun in Ansätzen eine ähnliche Streuung auf verschiedene Expositionen, wie sie im historischen Probenmaterial der als Bauholz verwendeten Baumstämme auftritt.

Die für die Rekonstruktion herangezogene Tannberg-Chronologie (Nr. 1,2,3) weist eine deutliche Synchronlage ($p<0,001$) und um 90 % gleichsinnig verlaufende Signaturen mit den Referenzen aus dem Kleinen Walsertal und dem Montafon auf (*Tabelle 1*). Dies ein Hinweis, dass das vorliegende Rekonstruktions-Modell der mittleren Sommertemperatur für hochmontane Lagen dieser Regionen ebenso Gültigkeit besitzen könnte.

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Nr.	Chrono-logie	Referenz	Ül	Gl [%]	Sig.	SGlk [%]	t-T.B	t-T.H	DI	Datum des ersten verm. der Probe	Datum des letzten Jahrringes [AD]
1	F110SCW	F201MTF	134	81	***	85	7,8	11,2	540	1854	2003
		FC203	121	75	***	82	4,1	6,6	306		
2	F110SSU	F201MTF	188	76	***	90	6,5	9,6	488	1800	2003
		FC203	175	77	***	62	5,9	7,3	392		
1,2	F110SCW	F110SSU	150	86	***	91	13,8	13,0	850	1854	2003
3	F120TBG	F12BZW	524	66	***	74	11,2	11,6	483	1247	1895
		F14KWT	587	77	***	89	21,8	24,8	1414		
		F201MTF	437	77	***	91	17,6	19,2	1233		
		FC203	620	69	***	75	11,6	13,0	540		
1,2,3	F162TBG	F12BZW	524	70	***	77	13,0	14,6	653	1247	2003
		F14KWT	587	78	***	91	10,6	22,7	1377		
		F201MTF	529	76	***	90	20,1	24,0	1341		
		FC203	699	66	***	75	10,6	11,3	433		

Tab. 1: Kenndaten der mit verschiedenen Jahrringchronologien absolut datierten rezenten und historischen Fichten-Lokalchronologien für den Tannberg (Schröcken und Steeg; Vbg., Tirol) Abkürzungen siehe Text.

Abkürzungen *Tabelle 1:* **Ül** – Überlappungslänge, **Gl** (%) – Gleichläufigkeitstest mit Angabe des Sicherheitsgrades (Sig.), ***: 99,9%; **SGlk** (%) –Signaturengleichläufigkeit, **t-T.H** – t-Test nach Transformation der rohen Wertserien nach Hollstein (1980), **t-T.B** – t-Test nach Transformation der rohen Wertserien nach Baillie & Pilcher (1973), **DI** – Datierungsindex.

Vergleichszeitreihen (Referenzen)

- F201MTF absolut datierte 529-jährige Fichtenchronologie (Vbg., Montafon, 1459 bis 1987)
- FC203 absolut datierte 699-jährige Fichtenchronologie (Tirol, Ötztal, [Siebenlist-Kerner 1984] 1276 bis 1974
- F12BZW absolut datierte 524-jährige Fichtenchronologie (Vbg., Bregenzerwald, 1332 bis 1855)
- F14KWT absolut datierte 637-jährige Fichtenchronologie (Vbg., Kleines Walsertal, 1197 bis 1833)

Chronologien

- F110SCW «Schröcken rezent WEST» – absolut datierte 150-jährige Rezentchronologie, 20 Fichten/32 Radien des westexponierten Waldstandortes, Schröcken/Vbg.; 1854 bis 2003
- F110SSU «Schröcken rezent SÜD» – absolut datierte 204-jährige Rezentchronologie, 22 Fichten/38 Radien des südexponierten Waldstandortes, Schröcken/Vbg.; 1800 bis 2003
- F120TBG «Schröcken/Steeg HISTORISCH» – absolut datierte 649-jährige Gebäudechronologie (Fichte), 120 Proben aus 13 historischen Holzbauten aus Schröcken sowie einem Objekt aus Steeg, Vbg., Tirol; 1247 bis 1895
- F162TBG «Tannberg» – absolut datierte 757-jährige Fichtenchronologie, 42 rezente sowie 120 historische Proben aus Schröcken sowie Steeg, Vbg., Tirol; 1247 bis 2003

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

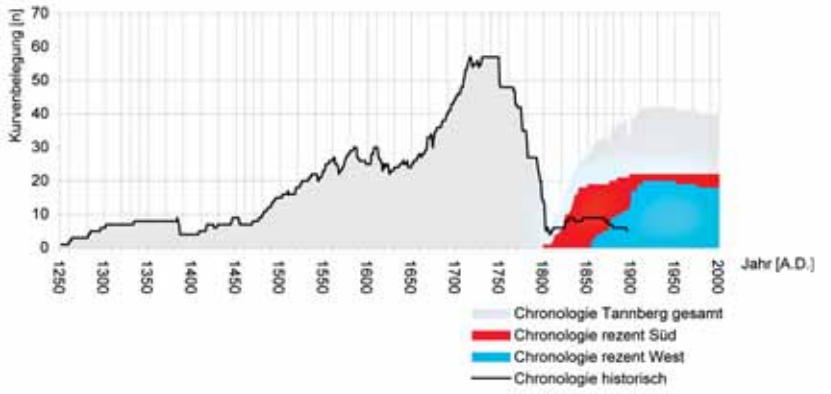

Abb. 7: Kurvenbelegung der Chronologien aus dem Tannberg je Kalenderjahr

Das hohe Signal/Rauschen-Verhältnis in der rezenten Schröcken- (Nr. 1,2) sowie der Tannberg-Chronologie (Nr. 1,2,3) ist Ausdruck von starken Einflüssen diverser Umweltfaktoren auf den jährlichen Wachstumsverlauf von Fichten. Die Faktoren zeichnen in den Rezent-Chronologien (1 und 2) zwischen 42 und 44 % und in der Tannberg-Chronologie für rund 40 % der jährlichen Variation der Ringbreitenindices verantwortlich (*Tabelle 2*).

Tab. 2: Herkunftsorte und Kenndaten des Probenmaterials sowie der Fichtenchronologien

Nr.	Lokalität	Seehöhe [m][a]	Zeitspanne [A.D.][b]	n Proben[c]	Alter[d]	Jahrringbreite MW±SD [1/100 mm][e]	MS[f] [%]	Ak(1)[g]	S/R[h]	Varianz 1.EV [%][i]
1	Schröcken rezent WEST	1480-1520	1854-2003	32(20)	115±20 (150)	215±35	10	0,39	11,2	42
2	Schröcken rezent SÜD	1505-1520	1800-2003	38(22)	170±24 (204)	156±68	11	0,51	12,3	44
1,2	Schröcken REZENT	1480-1520	1800-2003	70(40)	144±35 (204)	181±58	10	0,41	22,1	40
3	Schröcken/ Steeg HISTORISCH	1360-1605	1247-1895	120	101±36 (216)	142±38	10	0,29	15,2	30
1,2,3	Tannberg	1360-1605	1247-2003	162	112±40 (216)	149±37	10	0,31	22,4	40

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

a Meereshöhe: Die Höhenangabe bezieht sich auf das einzelne Objekt beziehungsweise Gebäudegruppen. Die genaue Exposition und Meereshöhe der Wuchsorte des Bauholzes sind nicht bekannt. Da eine Holzeinfuhr in die Region von vornherein auszuschließen ist und unter der Annahme der Meidung langer Transportwege geschlägerter Bäume, sind die Standorte aber in den Waldungen der näheren Umgebung der untersuchten Gebäude beziehungsweise Gebäudegruppen zu vermuten.

b Zeitspanne: Zeitraum vom Kalenderjahr des ältesten bis zum jüngsten Jahrring einer Chronologie

c n Proben: Anzahl der ausgewerteten Jahrringserien/Lokalität (Anzahl der Baum- beziehungsweise Baummittelkurven je Waldstandort)

d Alter: Alter der Stammstücke in Höhe der Probennahme (bei lebenden Fichten in Brusthöhe – zirka 1,3 m über Grund); Mittelwert±Standardabweichung(Maximum)

e Jahrringbreite: Mittelwert(MW)±Standardabweichung(SD)

f Die mittlere Sensitivität (MS) gibt die durchschnittliche Änderung aufeinanderfolgender Reihenwerte, bezogen auf deren Mittelwert, an (Fritts 1976). Eine hohe Sensitivität ist ein Hinweis für starke Abhängigkeit des Baumwachstums von schwankenden Umwelteinflüssen (Fritts 1976); Grundlage: «trendbereinigte Standard-Chronologie» (ARSTANL).

g Positive Autokorrelationen der ersten Ordnung – Ak(1) – weisen auf einen Einfluss des Vorjahres auf das Folgejahr; Grundlage: «bereinigte Standard-Chronologie» (ARSTANL).

h S/R – Signal/Rauschen-Verhältnis; Grundlage: «Residual-Chronologie» (ARSTANL).

i Varianz im ersten Eigenvektor (1.EV): Prozentsatz der durch die Klimavariable (durchschnittliche Juni-/Juli-Monatsmitteltemperatur) erklärbaren Variationen der Ringbreiten; Grundlage: «Residual-Chronologie» (ARSTANL).

3.2 Klima-Wachstumsbeziehung der Fichten am Tannberg

Als hochsignifikante Haupteinflussgröße ($p<0,001$) des Gesamtjahreszuwachses der hochmontanen rezenten Fichten in Schröcken gehen mit einem Korrelationskoeffizienten (r) von 0,49 die Monatsmitteltemperaturen von Juni und Juli des laufenden Kalenderjahres hervor (*Tabelle 3*). Jahre mit überdurchschnittlich warmen Sommermonaten (Juni und Juli) zeichnen sich durch massive Holzzuwächse aus. Zu feuchte, meist kühlere Witterung in den selben Monaten führt hingegen zu Wachstumseinbußen. In hochmontanen Lagen bedingen zudem höhere Maitemperaturen tendenziell einen früheren Wachstumsbeginn im Frühling mit einer dadurch verlängerten Vegetationsperiode und in Folge breiteren Jahrringen.

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

LAUFENDES JAHR	Winter (W)	Frühling (F)	Sommer (S)	Herbst (H)	W	
Monat	Jän. Feb.	März April Mai	Juni Juli Aug.	Sep. Okt. Nov.	Dez.	W F S[b] H
Temperatur		+*[a]	+*** +***			+***
Niederschlag			-*** -***			-***

VORJAHR	Winter (W)	Frühling (F)	Sommer (S)	Herbst (H)	W	
Monat	Jän. Feb.	März April Mai	Juni Juli Aug.	Sep. Okt. Nov.	Dez.	W F S H
Temperatur			-*			
Niederschlag			+*	+*		

a Angabe der Wirkungsrichtung (+, -) und der Irrtumswahrscheinlichkeit: *** p<0,001, * p<0,05 – tendenziell positive beziehungsweise negative Auswirkung des Klimafaktors auf das Wachstum.

b Mittelwert der Monatsmitteltemperatur von Juni und Juli

Tab. 3: Signifikante Zusammenhänge des Jahresringbreitenindexes von Fichte (*Picea abies*) und der mittleren Lufttemperatur in den Zeiträumen 1900 bis 1940 und 1947 bis 2000 sowie den mittleren Niederschlagssummen (1901 bis 2000) in den Monaten und Jahreszeiten des laufenden Jahres sowie des Vorjahres.

Die physiologischen Wirkungsmechanismen der Temperatur des Julimonats des Vorjahres auf das Wachstumsverhalten im Folgejahr gilt es noch zu untersuchen. Da die Jahrringbildung nicht nur von den aktuellen klimatischen Bedingungen, sondern auch von der primär im Vorjahr gespeicherten Kohlenhydratmenge abhängt, steht dieser Zusammenhang möglicherweise in Beziehung zum Assimilathaushalt, welcher durch die Temperaturabhängigkeit der Photosynthese beeinflusst wird.

Als interessante Schlüsselgröße des Vorjahres erweist sich die Niederschlagssumme des Septembers. Tendenziell – mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von p<0,05 ist eine Scheinkorrelation auszuschließen – fördert auch ein niederschlagsreicher Vorjahresherbst das Baumwachstum.

Den möglichen Erklärungsansatz liefern dazu beispielsweise die Temperatur- und Niederschlags¬verhältnisse der Jahre 1922/23 und 1927/28. Extremer Niederschlagseintrag im Vorjahresseptember[12] 1922: 390 mm bzw. 1927: 360 mm dürfte den Wassergehalt der Böden im Bereich des Wurzelhorizontes der Bäume im Spätherbst und Winter erhöhen. Die Kombination von ausreichender Bodenfeuchte im Frühjahr mit in diesen Höhenlagen frühzeitigem Wärmegenuss im April der Jahre 1923 (Monatsmittel[13] : 4,3°C) bzw. 1928 (5,4 °C) – gleichsam optimalen Bedingungen für das Baumwachstum – dürften für die markanten Zuwächse um 15 % im Vergleich zum Vorjahr verantwortlich zeichnen.

Das errechnete (Pfeifer & Oberhuber 2004) und vorliegend überarbeitete dendroklimatologische Modell einer exponentiellen Transfer-Funktion leitet nun die durchschnittliche Juni-/Juli-Monatsmitteltemperatur (= mittlere Sommertemperatur) vom Ringbreitenindex des jeweiligen Kalenderjahres ab (*Abbildung 8*).

[12] langjähriges Mittel des Septemberniederschlages 1900 bis 2000: 172 mm.
[13] langjährige Aprilmonatsmitteltemperatur 1900 bis 2000: 3,5 °C.

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

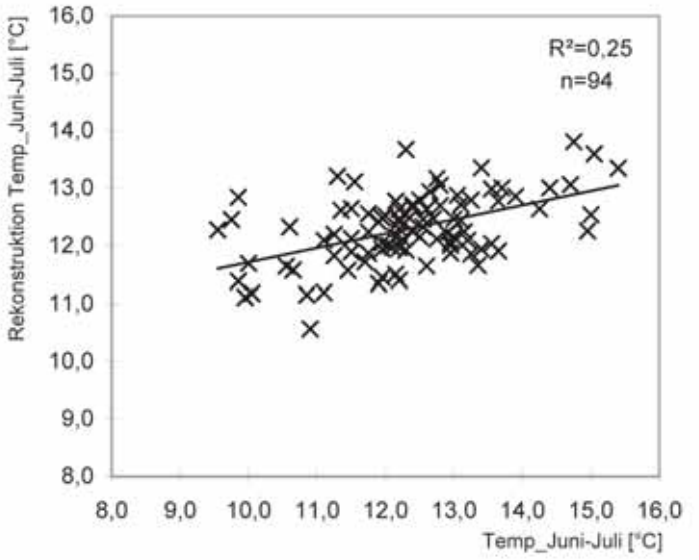

Abb. 8: Streudiagramm der modellierten und gemessenen durchschnittlichen Juni-/Juli-Mitteltemperaturen mit linearer Ausgleichsfunktion.

Die Kenndaten, der in der Dendroklimatologie gängigen Verifikationstests (siehe Methodikteil) in *Tabelle 4* sind signifikant (p<0,001). Sie weisen darauf hin, dass die rekonstruierte Zeitserie brauchbare Information zur Schwankung der mittleren Sommertemperatur beinhaltet.

Tab. 4: Zusammenfassung der Regressions-Statistik der Eichgleichungen für die Berechnung der mittleren Juni-Juli-Temperaturen auf Basis des Jahrringbreitenindexes (JBI) zum jeweiligen Kalenderjahr des Wachstums (t). Abkürzungen siehe Text.

Abkürzungen *Tabelle 4*
R² – erklärte Varianz der Eichperiode, **r²** – quadrierter Korrelationskoeffizient der Verifizierungsperiode, **RE** – reduction of error statistics, **CE** – coefficient of efficiency, **Vorzeichen-Test** – Übereinstimmung/beziehungsweise Widerspruch der berechneten Werte im Vergleich zu den gemessenen Klimadaten, **PMT** – product mean test, Irrtumswahrscheinlichkeit: *** p<0,001, * p<0,05

	Verifizierungs-Statistik					
Eich- / Verifizierungs-periode	R²	r²	RE	CE	Vorzeichen-Test	PMT
1901-1940/1947-2000	0,46***	0,34***	0,17	0,31	32/8***	5,06***
1947-2000/1901-1940	0,40***	0,23***	0,15	0,23	35/19*	5,35***
1901-2000	0,40***					

Regressionsgleichung (Transfer-Funktion) für die Periode 1901-2000:
Mittlere $Temperatur_{(Juni,\ Juli)}t = 7{,}541584 \times 1{,}619325^{JBIt}$

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

4. Diskussion

In *Abbildung 9* zeichnen sich in den Beobachtungszeiträumen von 1901 bis 1940 und 1947 bis 2000 die von den Transfer-Funktionen I und II (vergleiche Abbildung 6) korrekt simulierten sehr beziehungsweise viel zu warmen Sommertemperaturen in den Jahren 1994, 1982, 1952, 1947, 1921 und 1904 ab. Weiters decken die dendroklimatologischen Modelle auf Basis einer exponentiellen Regressionsgleichung deutlich die kühlen Sommer der Jahre 1980, 1974, 1954, 1948, 1933, 1926, 1918 und 1913 auf. Eine Ausnahme bilden einige Unstimmigkeiten im letzten Abschnitt der Simulationsphase gegen Ende der 1990er Jahre.

Die Gegenüberstellung (*Abbildung 8*) der beobachteten mit den modellierten Temperaturwerten weist trotz des niedrigen Prozentsatzes der erklärten Varianz (R^2 = 0,25) der kompletten Transfer-Funktion für die Periode 1901 bis 2000 darauf hin, dass sowohl kurz- als auch längerfristige Schwankungen erkannt werden.

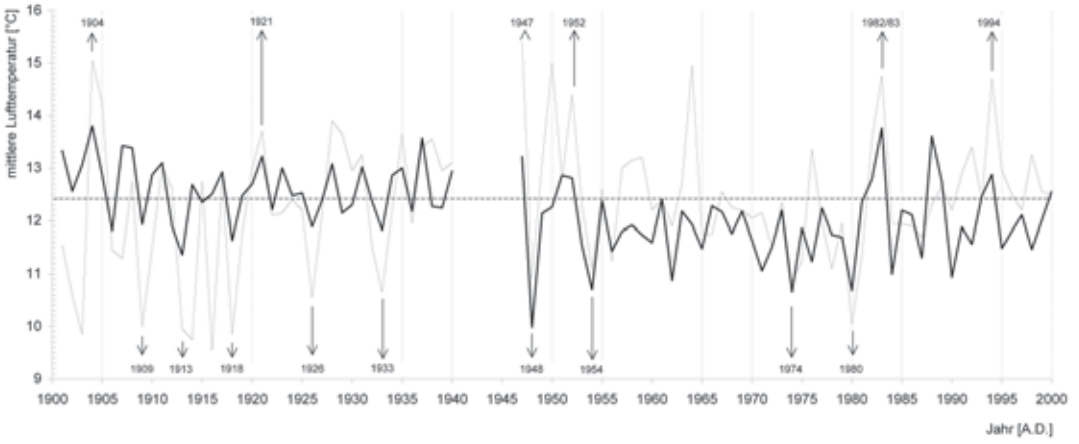

Abb. 9: Schwankungen der modellierten (stark ausgezogene Linie) und gemessenen mittleren Sommertemperatur (dünne Linie) im Zeitraum 1901 bis 1940 und 1947 bis 2000 um das langjährige Mittel der Juni-Julitemperatur von 12,34°C (strichlierte LInie). Gesondert ausgewiesene Kalenderjahre sind Jahre mit mäßig bis extrem warmen beziehungsweise kalten Sommern (Indices nach Pfister 1999).

Der Vergleich mit den historischen Wetterindices der Schweiz für den Zeitraum von 1496 bis 1995 (Pfister 1999) deckt sich markant in den Trockenjahren 1540 und 1623 als auch in den extrem kalten Jahren 1588, 1628 und 1639 (*Abbildung 10*). Die rekonstruierte Temperaturkurve zeigt in der Periode von 1250 bis 1900 ein Bild des Wechsels von – auch in der Literatur bekannten – Wärme- beziehungsweise Kältephasen. Eine ebenso dokumentierte Periode mit schlechten Sommern setzt bereits vor 1812 ein. Im folgenden Jahrzehnt gingen die Sommertemperaturen in Mitteleuropa durchschnittlich um 1,1 °C (Stommel & Stommel 1996) zurück. Das Jahr 1816 ist hinlänglich als «das Jahr ohne Sommer» (Harington 1992) bekannt.

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

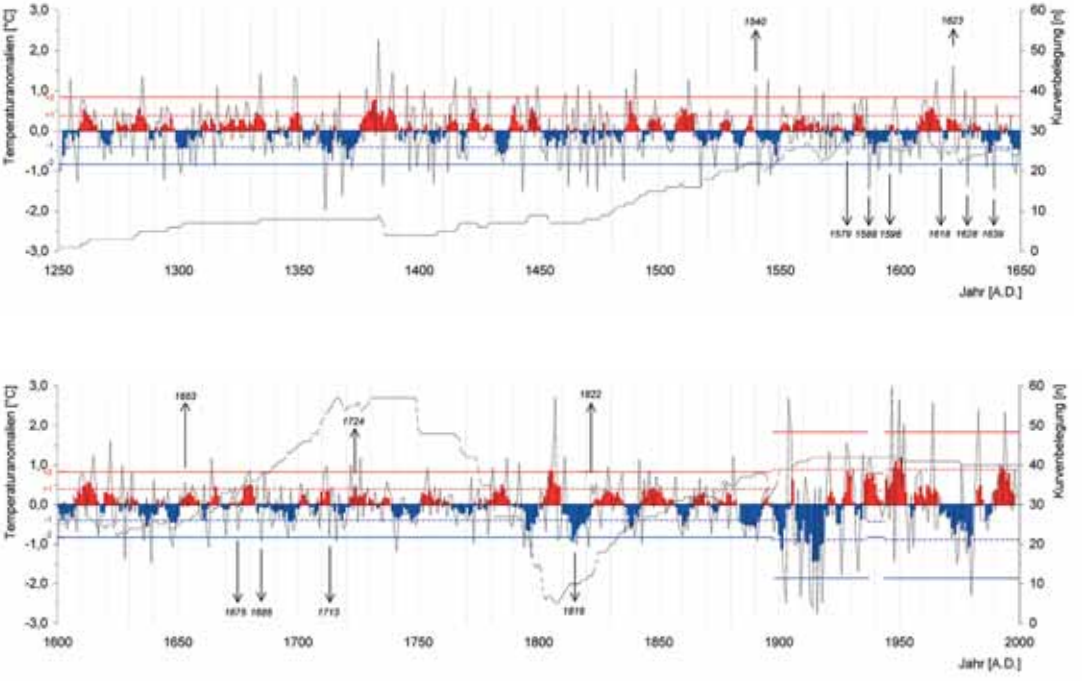

Abb. 10: Verlauf der für den Zeitraum 1250 bis 1900 beziehungsweise für die Jahre 1941 bis 1946 rekonstruierten sowie der tatsächlich gemessenen jährlichen Anomalien der mittleren Sommertemperatur (Juni, Juli) von 1901 bis 2000.

Positiv beziehungsweise negativ ausgerichtete Balken liefern die Mittelwerte der rekonstruierten Abweichungen vom 650-jährigen Mittel (1250 bis 1900: 12,21°C) in einem Zeitfenster von 5 Jahren. Für die Anomalien im Zeitabschnitt von 1941 bis 1946 wurde das rekonstruierte 93-jährige Mittel (12,30°C) der Periode 1901 bis 2000 herangezogen. Die Abweichungen der tatsächlich gemessenen Temperaturdaten beziehen sich auf den instrumentellen Mittelwert der vorhandenen Juni-/Juli-Monatsmitteltemperaturdaten von 1901 bis 2000 (12,34°C).

Der Schwellenwert (Ziffern an der linken y-Achse und Linien parallel zur x-Achse) für die Ansprache mäßig über- oder unterdurchschnittlicher Temperaturverhältnisse – Index 1 – liegt 1250 bis 1900 bei einer Abweichung von ± 0,39°C (3,2%) vom 650-jährigen Mittel (12,21°C). Sehr warme beziehungsweise sehr kalte Anomalien – Index 2 – sind ab Differenzen von ± 0,78°C (6,4%) anzusetzen. Extreme – viel zu warme oder viel zu kalte Verhältnisse – Index 3 – können bei Abweichungen von ± 1,09° (8,9%) angesprochen werden.

Für die Phase der instrumentellen Temperaturwerte (1901 bis 2000) sind Index 1 bei Schwankungen von ± 0,81°C (6,5%) und Index 2 bei ± 1,61°C (13%) anzusetzen.

Jahre vor 1900 mit Temperaturabweichungen ≥ 6,4% (Index 2 und 3) die aus Quellen (*Kursivdruck*) bekannt sind, sind exemplarisch in den Abbildungen angeführt.

Abschließend sei vermerkt, dass die dendroklimatologische Forschung Ansatzpunkte liefert, die es ermöglichen, die natürlichen Klimaschwankungen der vergangenen Jahrhunderte bis Jahrtausende nachzuzeichnen. Dadurch gelingt es, die mit großer Wahrscheinlichkeit anthropogen bedingten Klimavariationen seit 1850 in ihrer Bandbreite und Dynamik einzuschätzen.

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

5. Ausblick

Die auf Basis von sensitiven Jahrringreihen erfolgte Klimarekonstruktion zeigt, dass ab dem Spätmittelalter die mittlere Sommertemperatur einen Teilaspekt der klimatischen Rahmenbedingungen zur Siedlungsgeschichte am Tannberg beisteuert. Die Wechselwirkung zwischen Wetterverhältnissen sowie der Landnahme und Errichtung erster Wohn- und Wirtschaftsgebäude lässt sich wie folgt am Beispiel von 13 der 14 historischen Objekte[14] beleuchten. Statistisch ist mittels Wilcoxon-Test (Bortz 1979) überprüfbar, ob das Sommermittel der Monate Juni und Juli in einem festgelegten Zeitfenster vor dem Entschluss[15] ein Gebäude zu errichten signifikant größer ist, als im jeweiligen Zeitfenster der Folgejahre.

In einer 5- sowie 6-jährigen Periode liegen in 11 von 13 Fällen die rekonstruierten mittleren Sommertemperaturen vor einer Bauaktivität im Schnitt über denen der nachfolgenden Jahre ($p<0,01$). Dies deutet auf eine Beobachtung der potentiellen Standorte von Gründungsbauten über 5 bis 6 Jahre hin. Siedlungsraumverdichtungen am Beispiel des Objektes *Oberes Schlößle* sowie Aus- und Umbauten von Hofanlagen (Objekt Stallscheune Büel) – Ausnahmen mit kühleren Vorjahren – sind hingegen soziokulturell und wirtschaftlich bedingt und weit weniger vom Klima beeinflusst.

Inwieweit die Klima(un)gunst in diesem Zeitfenster vor dem Fälltermin als zusätzliches Kriterium für die Zuordnung von Daten – speziell wiederverwendeter Bauhölzer – zu Gründungs-, Aus- oder Umbauten herangezogen werden kann, gilt es in anderen Regionen zu überprüfen.

6. Dank

Diese Studie wurde von der inatura Erlebnis Naturschau Dornbirn (Dr. Margit Schmid) und dem Amt der Vorarlberger Landesregierung – Wissenschaftsabteilung (Mag. Gabriele Dür) unterstützt sowie die Klimaaufzeichnungen der meteorologischen Station Schröcken vom Landeswasserbauamt Bregenz, Abt. Hydrographie (Ing. Ralf Grabher) bereitgestellt. Spezieller Dank ergeht auch an Dr. Erich Gnaiger, den Initiator des Projektes, den «uf m Tannberg Kulturverein» als Projektträger und Egon Niederacher für die Unterstützung im Gelände.

[14] Bedingt durch das Fehlen von Waldkanten am Holz der befundeten Bauteile aus dem Objekt «Neßlegg 35» ist nur ein Gründungszeitraum (1. Viertel des 17. Jhs.) rekonstruierbar.
[15] Als Zeitpunkt des «Entschlusses» wird der früheste Fälltermin des Holzes eines Probenkollektives angenommen.

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

7. Literatur

Ampferer, O. (1932): Geologische Karte der Lechtaler Alpen 1: 25.000. Wien (Geologische Bundesanstalt)

Aniol, R.W. (1991): CATRAS. User's Manual. Unpubl. Schleswig, Germany, 29 p.

Baillie, M.G.L. & Pilcher, J.R. (1973): A simple crossdating program for tree-ring research. Tree-ring bulletin, 38: 35-43, 2 Abb., 1 Tab., Tucson.

Bartsch, J. et Bartsch, M. (1940): Vegetationskunde des Schwarzwaldes. Gustav Fischer Verlag, Jena.

Becker, B. & Glaser, R. (1991): Baumringsignaturen und Witterungsanomalien. Forstwiss. Cbl., 110: 66-83, Freiburg i. Br.

Bortz, J. (1979): Lehrbuch der Statistik. Für Sozialwissenschaftler. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 178ff.

Briffa, K.R., Jones, P.D., Pilcher, J.R., Hughes, M.K. (1988): Reconstructing summer temperatures in northern Fennoskandinavia back to A.D. 1700 using tree-ring data from Scots pine. Arctic & Alpine Research 20(4): 385-394.

Cook, E.R. (1985): A time series analysis approach to tree-ring standardization. PhD dissertation, University of Arizona, Tucson.

Cook, E.R. (1987): The decomposition of tree-ring series for environmental studies. Tree-ring bulletin, 47: 37-59, Tucson.

Cook, E.R. & Briffa, K.R. (1990): A comparison of some tree-ring standardization methods. In: Cook E.R. & Kairiukstis L.A. (eds): Methods of dendrochronology. Applications in the environmental sciences, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 153-162.

Cook, E.R. & Holmes, R.L. (1984): Program ARSTAN User Manual. Laboratory of Tree Ring Research, University of Arizona, Tucson

Cook E.R. & KairiukstisS L.A. (eds): Methods of dendrochronology. Applications in the environmental sciences, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 394 S.

Eckstein, D. & Bauch, J. (1969): Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronolog. Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. In: Forstwissenschaftliches Centralblatt 88, 1969, 230-250.

Fritts, H.C. (1976): Tree rings and climate. 567 S., Academic Press, London.

Fritts, H.C. & Guiot, J. (1990): Methods of calibration, verification and reconstruction. In: Cook E.R. & Kairiukstis L.A. (eds): Methods of dendrochronology. Applications in the environmental sciences, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 163-217.

Gschwend, M. (1971): Schweizer Bauernhäuser. Verlag Paul Haupt Bern, 101ff.

Hammel-Kiesow, R. (1993): Wege zur Erforschung städtischer Häuser und Höfe. Beiträge zur fächerübergreifenden Zusammenarbeit am Beispiels Lübecks im Spätmittelalter und in der frühen Neuzeit, Neumünster 1993 (= Häuser und Höfe in Lübeck 1), 183-242.

Harington, C.R. (ed.) (1992): The year without summer? Canadian Museum of Nature, Ottawa

Hollstein, E. (1980): Mitteleuropäische Eichenchronologie. Trierer Grabungen u. Forsch., 11: 273 S., 67 Abb., 79 Taf., Mainz.

Holmes, R.L. (1994): Dendrochronology program library user's manual. Laboratory of Tree-Ring Research. University of Arizona, Tucson.

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Huber, B. & Giertz-Siebenlist, V. (1969): Unsere tausendjährigen Eiche-Jahrringchronologie durchschnittlich 57(19-150)fach belegt. – Sitz.ber. österr. Akad. Wiss. Mathem.-naturwiss. Kl.Abt. I, Bd. 1-4: 37-42.

Hughes, M.K., Kelly, P.M., Pilcher, J.R., Lamarche, V.C. (1982): Climate from tree-rings. Cambridge University Press, 223 S.

Kaennel, M. & Schweingruber, F.H. (1995): Multilingual Glossary of Dendrochronology. Terms and Definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portugese and Russian. Hg.: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, WSL, FNP, Birmensdorf. M. Kaennel / F.H. Schweingruber (Bearb.). Paul Haupt Bern. 467 S.

Kuoch, R. (1954): Wälder der Schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weißtanne. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw., Zürich, 30: 133-260.

Pfeifer, K. & Kautzky, H. (2005): Spurensuche uf m Tannberg – Schröcken, Steeg. Bauhistorische Aspekte zu ausgewählten Objekten. Unpubl. Projekt-endbericht für den uf m Tannberg Kulturverein, 34ff.

Pfeifer, K. & Oberhuber, W. (2004): Dendroklimatologische Rekonstruktion der Sommertemperatur im Zeitraum 1250 bis 2000 für die Region Tannberg. Rheticus, 26(3): 51-57.

Pfister, CH. (1999): Wetternachhersage. 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen (1496-1995). S. 46, 290-299, Verlag Paul Haupt, Bern Stuttgart Wien.

Pilcher, J.R. (1990): Sample preparation, cross-dating and measurement. In: Cook E.R. & Kariuktisis L.A. (Hg.): Methods of dendrochronology. Applications in the environmental sciences. – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 40-51.

Rinn, F. (1996): TSAP – Time Series Analysyis and Presentation, A Computer program for tree-ring analysis and presentation, Heidelberg, Germany.

Schmidt, B., Köhren-Jansen H. & Freckmann, K. (1990): Kleine Hausgeschichte der Mosellandschaft, Köln 1990 (= Schriftenreihe zur Dendrochronologie und Bauforschung 1, 36-43.

Schweingruber, F.H. (1996): Jahrringe und Umwelt – Dendroökologie. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 609 S.

Siebenlist-Kerner, V. (1984): Der Aufbau von Jahrringchronologien für Zirbelkiefer, Lärche und Fichte eines alpinen Hochgebirgsstandortes. Dendrochronologia 2: 9-29.

Stommel, H. & Stommel, E. (1996): 1816: Das Jahr ohne Sommer. In: Atmosphäre, Klima, Umwelt (= Beiträge aus Spektrum der Wissenschaft) hg. v. Paul J. Crutzen, 2. Aufl., Heidelberg Berlin Oxford, Spektrum, akad. Verl., 77.

Vogt, W. (1980): Vorarlberger Flurnamen. Flurnamensammlungen Tannberg/ Kleinwalsertal (Bd. 9). Hrsg.: Vorarlberger Landesmuseumsverein, Bregenz, Freunde der Landeskunde.

Wigley, T.M., Briffa K.R., Jones P.D. (1984): On the average value of correlated time series with applications in dendroclimatology and hydrometeorology. J. Climatol. Appl. Meteor. 23: 201-213.

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

8. Anhang

Tab. a: Früheste Bauholzdaten (Pfeifer & Kautzky 2005)

Reihung der Objekte aus Schröcken und Steeg nach den Schlagdaten des jeweilig in den Gründungs- beziehungsweise Vorgängerbauten verwendeten Holzes.

Jahr: Waldkantendatum: Kalenderjahr des zuletzt am Probenquerschnitt ausgebildeten, jüngsten Jahrringes von Bauhölzern einer Probengruppe

Termin: H/W – Winterhalbjahr, F – Frühjahr, S – Sommer

Objekt: Die Objektbezeichnung setzt sich für Schröckener Bauten aus der Ortsangabe in der Flurnamenkarte für Schröcken (VOGT 1980) und der Objektnummer im Hausnummernverzeichnis der Gemeinde Schröcken (Stand: 1.Jänner 1997) zusammen. Kursivdruck: gängige Bezeichnung (Volksmund)

	Schlagdatum		**Objekt**	**Seehöhe [m]**	**Rang**	
	Jahr	**Termin**			Alter	See-höhe
XI	**1385**	**H/W**	Schlößle 31, *Unteres Schlößle*; Wohnstallgebäude	1595	1	3
XIV	**1424**	**H/W**	Gehren 2, Steeg; Wohngebäude	1435	2	9
II	**1453**	**H/W**	Büel 42, *Walser Heimet uf m Büel*; Wohngebäude	1600	3	2
VI	**1562**	**H/W**	Holda 30; Wohngebäude	1565	4	5
VII	**1568**	**H/W**	Holda (zu 30); Stallscheune	1565	5	5
IX	**1588**	**S**	Neßlegg 37; Wohnstallgebäude	1495	6	7
VIII	**¼ 17. Jh.**	**?**	Neßlegg 35; Wohnstallgebäude	1495	7	7
I	**1602**	**H/W**	Batzen 41, *Alte Sennalpe Batzen*; Wohnstallgebäude	1570	8	4
III	**1611**	**H/W**	Büel (zu 42); Stallscheune	1600	9	2
IV	**1624**	**F**	Unter Felle 60, *Felle*; Wohnstallgebäude	1360	10	11
V	**1624**	**H/W**	Geiersberg 55, *Gieschberg*; Wohnstallgebäude	1440	11	8
XIII	**1645**	**H/W**	Wald 19; Wohnstallgebäude	1375	12	10
XII	**1655**	**H/W**	Sulzegga, *Sulz*; Wohnstallgebäude	1540	13	6
X	**1672**	**H/W**	Schlößle 32, *Oberes Schlößle*; Wohnstallgebäude	1605	14	1

Die Kombination der frühesten Schlag- und in Folge auch Baudaten mit der Seehöhe des betreffenden Siedlungsplatzes lässt bereits den Zusammenhang von Hochlagen und frühen Gründungsdaten erahnen. Bestes Beispiel hierfür ist das Objekt *Unteres Schlößle* in einer südexponierten Gunstlage auf knapp 1600 m Seehöhe mit dem frühest möglichen Baudatum im Frühjahr 1386. Der Vorgängerbau des *Oberen Schlößle* in unmittelbarer Nähe, randlich der Wirtschaftsflächen gelegen – zugleich der jüngste erfasste Gründungsbau – entstand im Zeitraum der Verdichtung beziehungsweise Ausweitung des Siedlungsraumes in tiefere Lagen am Ende des 16. und im Verlauf des 17. Jahrhunderts.

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Tab. b: Bauaktivitäten (Pfeifer & Kautzky 2005)
Zusammenfassung der dendrochronologisch datierten Gründungsbauten (I) sowie späterer Umbauten – Änderungen der Grundrissanlage und Maßnahmen, die die Wohnqualität steigerten – beziehungsweise Reparaturen (II bis VII). Die angeführten Kalenderjahre markieren den jeweils frühest möglichen Termin einer Aktion unter der Annahme von schlagfrischem Weiterverarbeiten der Hölzer. Im Regelfall ergibt sich dieses Datum bei wintergeschlägertem Baumaterial aus dem Fälljahr und der Ergänzung von einem Jahr.

Objekt		Bauaktivität						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
XI	Schlößle 31, *Unteres Schlößle*; Wohnstallgebäude	1386D[17]	1543D[a]	1565D	1620D[b]	1661D[c]	1776D[d]	1807D[d]
XIV	Gehren 2, Steeg; Wohngebäude	1425D	1552D	1726D				
II	Büel 42, *Walser Heimet uf m Büel*; Wohngebäude	1454D	1617D[e]					
VI	Holda 30; Wohngebäude	1563D	1674D[f]					
VII	Holda (zu 30); Stallscheune	1569D	1768D					
IX	Neßlegg 37; Wohnstallgebäude	1588D	1751D					
VIII	Batzen 41, *Alte Sennalpe Batzen*; Wohnstallgebäude	1603D	1642D	1782D[g]	1803D[h]	1848D[i]		
I	Büel (zu 42); Stallscheune	1612D	1794D					
III	Unter Felle 60, *Felle*; Wohnstallgebäude	1624D						
IV	Geiersberg 55, *Gieschberg*; Wohnstallgebäude	1625D						
V	Neßlegg 35; Wohnstallgebäude	um 1600						
XIII	Wald 19; Wohnstallgebäude	1646D	1767D[j]					
XII	Sulzegga, *Sulz*; Wohnstallgebäude	1656D	1704D	1766D[k]	1802D[l]	1807D[m]		
X	Schlößle 32, *Oberes Schlößle;* Wohnstallgebäude	1673D	1835D[n]	1896D[o]				

Hochgestellte Buchstaben bei den Jahreszahlen: Exemplarische Angaben zu Art und Umfang der Bauaktivitäten:

Unteres Schlößle
a 1543D: Neubau der Anlage, Material des Erstbaus wird in Boden- und Deckenaufbauten wiederverwendet
b 1620D: Vergrößerung des Hauses und Austausch der Stubendecke
c 1661D: Anbau des Stalls an die Westseite des Wohnhauses
d 1776D und 1807D: Reparaturarbeiten

[17] Aufgrund der dendrochronologisch bestimmten Schlägerungsdaten des Bauholzes frühest möglicher Baubeginn (Buchstabe „D" hinter dem Kalenderjahr) – schlagfrisches Weiterverarbeiten und Verzimmern des Holzes vorausgesetzt.

©inatura Dornbirn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Walser Heimet uf m Büel, seit 2002 Vorarlberger Alpmuseum uf m Tannberg

e 1617D: Erweiterung des bereits zweigeschossigen Kernbaus und Ausbau zum Querflurhaus

Holda 30 – Wohngebäude

f 1674D: Anbau einer Kammer. Ein kompletter Hausumbau (nach Mitteilung um 1863) ist dendrochronologisch noch nicht datiert

Alte Sennalp Batzen

g 1782D: Umbau des Gründungsbaues, Verbreiterung der Flurküchenanlage
h 1803D: in diese Zeit fällt der Wandel vom Paar- zum sekundären Einhof
i 1848D: Anbau eines weiteren Groß- und Kleinviehstalls

Wald 19

j 1767D: westseitige Kammeranbauten

Sulz

k 1766D: Umgestaltung zum Querflurhaus
l 1802D: Anbau des Stalls und gemeinsames Dach über Wohn- und Wirtschaftstrakt
m 1807D: Reparaturarbeiten: Austausch von Dielen

Oberes Schlößle

n 1835D: Verbreiterung der Flurküchenanlage
o 1896D: Schluss der Baulücke zwischen Wohnhaus und Stall

Adresse der Autoren

Mag. Klaus Pfeifer
Labor für Dendro(chrono)logie
Mühle 784
A-6863 Egg
E-mail: griehser.pfeifer@aon.at

Dr. Walter Oberhuber
Institut für Botanik der Universität Innsbruck
Sternwartestr. 15,
A-6200 Innsbruck
E-mail: walter.oberhuber@uibk.ac.at

Bildautoren:
Mag. Wolfgang Hofbauer, Kufstein
Dr. Hannes Kautzky, Innsbruck

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Vorarlberger Naturschau - Forschen und Entdecken

Jahr/Year: 2006

Band/Volume: 19

Autor(en)/Author(s): Oberhuber Walter, Pfeifer Klaus

Artikel/Article: Dendroklimatologische Rekonstruktion der mittleren Sommertemperatur am Tannberg im Zeitraum von 1250 bis 1900. 183-206