

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 32 (1991)
Heft: 2

Artikel: Gletscher in der Schweiz : zu ihrer Geschichte in der Nacheiszeit
Autor: Furrer, Gerhard
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088661>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Gletscher in der Schweiz

Zu ihrer Geschichte in der Nacheiszeit

Gerhard Furrer^{*}

Zusammenfassung

Der Autor beschreibt verschiedene im Gletschervorfeld angewendete Verfahren zur Rekonstruktion der Gletscherbewegungen der ausklingenden Eiszeit. ¹⁴C-Datierungen, Jahrringanalyse und Pollenanalyse erlauben, die Gletscher- und Klimageschichte der letzten zehntausend Jahre zu skizzieren.

Les glaciers en Suisse: leur évolution à l'époque postglaciaire

Résumé

L'auteur décrit les différentes méthodes d'investigation utilisées dans la zone périglaciaire pour reconstituer les mouvements des glaciers en fin de glaciation. Datation au carbone 14, dendrochronologie, analyse des pollens permettent d'esquisser l'évolution des glaciers et du climat au cours des derniers 10'000 ans.

Glaciers in Switzerland: Their History During the Postglacial Era.

Abstract

The author describes several approaches which help to reconstruct the movements of the glaciers toward the end of the Ice Age. ¹⁴C-dating and dendrochronology as well as analysis of pollens make it possible to sketch the history of glaciers and climates during the last ten thousand years.

Adresse des Autors: Prof. Dr. Gerhard Furrer, Geographisches Institut der Universität Zürich-Irchel, Winterthurerstr. 190, CH-8057 Zürich.

* Mit wenigen Änderungen wurde dieser Aufsatz dem "Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich auf das Jahr 1991" entnommen. Er entspricht dem letzten Kapitel meines Beitrages "25000 Jahre Gletschergeschichte".

1 Das Gletschervorfeld und der Aufbau der nacheiszeitlichen Wallmoränen

Das Gelände zwischen dem heutigen Gletscherrand und den Wallmoränen der neuzeitlichen Hochstände (ab 16. Jahrhundert) hat *Kinzl* (1932, 1949) als Gletschervorfeld bezeichnet. Heute begrenzen wir das Gletschervorfeld allgemein durch die äussersten nacheiszeitlichen (postglazialen) Moränenwälle (Abb. 3). Unter "Hochstand" verstehen wir einen nacheiszeitlichen Gletscherstand der Grössenordnung wie um 1850. Im Verlaufe des Holozäns – während der letzten 10000 Jahre also – stiessen die Gletscher mehrmals vor, erreichten das Ausmass von Hochständen oder übertrafen diese geringfügig. Daher liegen die postglazialen Moränen von verschiedenen alten Vorstössen unmittelbar neben- oder sogar übereinander. Wenn während einer Gletscherschwundphase die Klimaverbesserung lange genug anhält, können sich auf Ufer- und Endmoränen Vegetation und ein Boden entwickeln.

In einer darauffolgenden Klimaverschlechterung stösst der Gletscher wieder vor und wird durch die Ufermoränen, die von einem oder mehreren früheren Gletschervorstössen gebildet wurden, "kanalisiert". Er lagert sein Material entweder an bereits vorhandene Moränenwälle ab, oder überdeckt diese sogar und fossilisiert damit auch den auf ihnen entwickelten Boden. In den Alpen wurden solche fossile Böden erstmals von meinen Schülern *Müller* (1975), *Röthlisberger* (1976) und *Schneebeli* (1976) nachgewiesen und zur Gliederung von postglazialen Wallmoränen ausgewertet, das heisst als

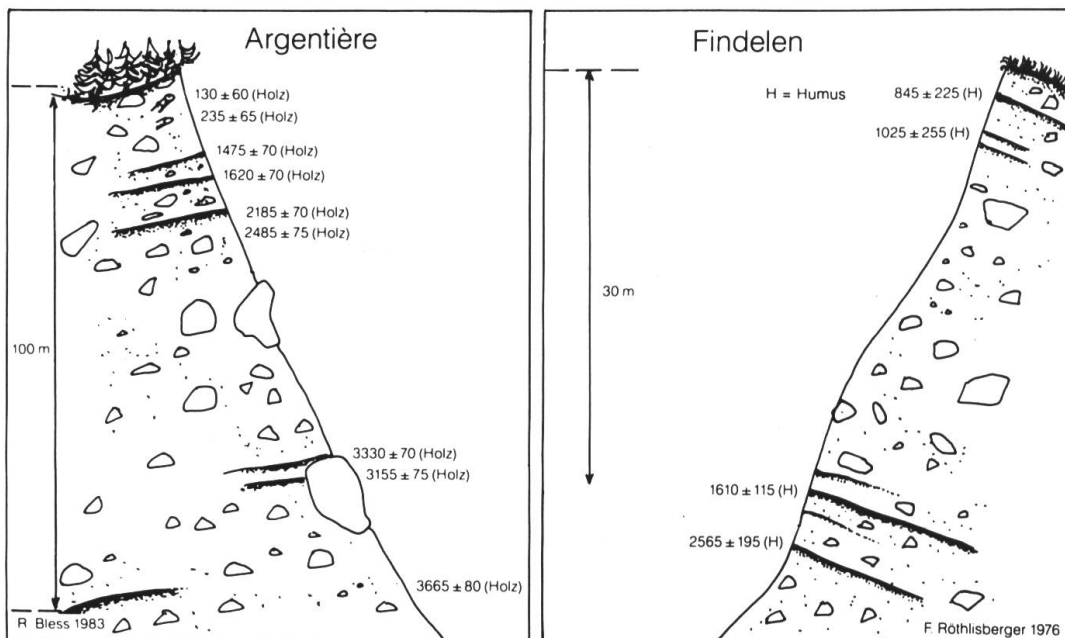


Abb. 1 Vertikalschnitt durch zwei Ufermoränen. Moränenmaterial von verschiedenen alten Gletschervorstössen wechselt mit fossilen Böden ab. Die Radiocarbonalter vom Humus (Findelen) und von in den fossilen Böden eingelagertem Holz (Argentièrè) werden nach oben jünger. Die beiden Ufermoränen wurden also von mehreren, verschiedenen alten Gletschervorstössen aufgeschüttet. Im Bild streichen die fossilen Böden gegen das (ehemalige) Gletscherbett in die Luft aus.

Beweis für deren mehrphasigen, vielschichtigen Aufbau angeführt. Mit Hilfe von radiocarbon datierten fossilen, humosen A-Horizonten (fAh) in Moränenwällen stuften diese Autoren erstmals nacheiszeitliche Gletschervorstöße zeitlich ein.

In fossilen Böden sind gelegentlich Holz, Holzkohle oder andere datierbare organische Makroreste von Pflanzen eingelagert. In der Regel aber datiert man Humus, also die gesamte organische Substanz des Ah-Horizontes, die nach Separation der Makroreste und Abtrennung der Karbonate verbleibt. Böden werden über lange Zeiträume gebildet, es handelt sich bei ihnen um Mischproben verschieden alter Komponenten. Daher betrachten wir die ^{14}C -Alter von fAh als Näherungen (± 200 Jahre) für den Übersättigungszeitpunkt von Böden auf Moränen (zur Problematik der Deutung dieser ^{14}C -Alter siehe Geyh in Röthlisberger 1986). In Abb. 1 (nach Röthlisberger 1986, 72) sind fAh-Horizonte in der Ufermoräne von zwei Gletschern dargestellt, wobei der Glacier d'Argentières einen Glücksfall darstellt: In seinen fossilen Böden wurde auch Holz, sogar Wurzelstrünke, geborgen, das sich noch In situ befand. Dieses konnte radiocarbon datiert werden und ergab eine viel geringere Streuung der Altersdaten als jene von fAh-Horizonten.

2 Die Grenze Spät-/Postglazial am Ende der Jüngeren Dryas

Keine zwei Kilometer ausserhalb des 1850er Hochstandes des Feegletschers und innerhalb von egesenaequivalenten Moränen brachte Bircher (1982, 114ff) im Grossen Moos am nördlichen Dorfrand von Saas-Fee auf 1800 m ü.M. eine 7,5 m tiefe Bohrung nieder, die Burga pollenanalytisch auswertete. Der Bohrkern besitzt eine pollenführende Basis, reich an Artemisia und Gramineae. Weil pflanzliche Makroreste wie Holz und

SPÄT-UND POSTGLAZIALE CHRONOSTRATIGRAPHIE DER ZENTRAL-UND WESTALPEN (nach C.A.BURGA, 1987, Tafel 10)

	Jüngeres Subatlantikum	X	Postglazial
1000	Aelteres Subatlantikum	IX	
2800	Subboreal	VIII	
4800	Jüngeres Atlantikum	VII	
6000	Aelteres Atlantikum	VI	
7500	Boreal	V	
8800	Präboreal	IV	
10200	Jüngere Dryas	III	Spätglazial
11000	Alleröd	II	
11800	Aeltere Dryas	Ic	
12000	Bölling	Ib	
13000	Aelteste Dryas	Ia	
ca 15000?	Würm - Hochglazial		

Abb. 2 Die zeitliche Stellung der Pollen-zonen (im Sinne von Chronozonen)

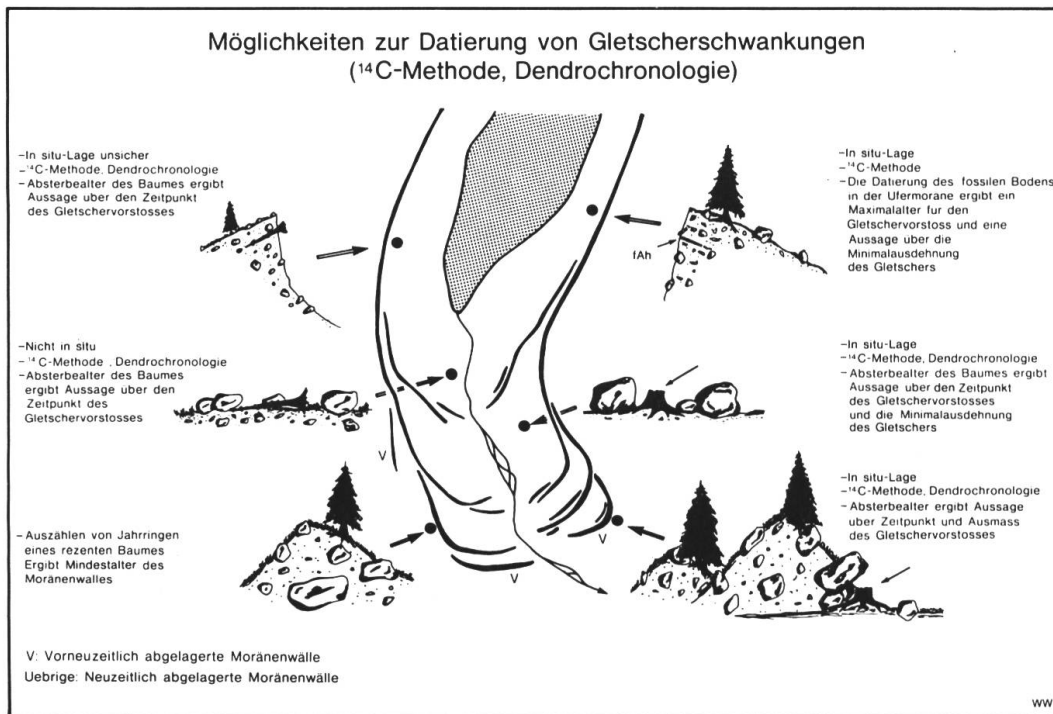


Abb. 3 Neuzeitliche Moränenwälle begrenzen das Gletschervorfeld, die äussersten (Gröszenordnung um 1850) markieren einen Hochstand. (Quelle: W. Wetter, 1987, S. 167, Fig. 22)

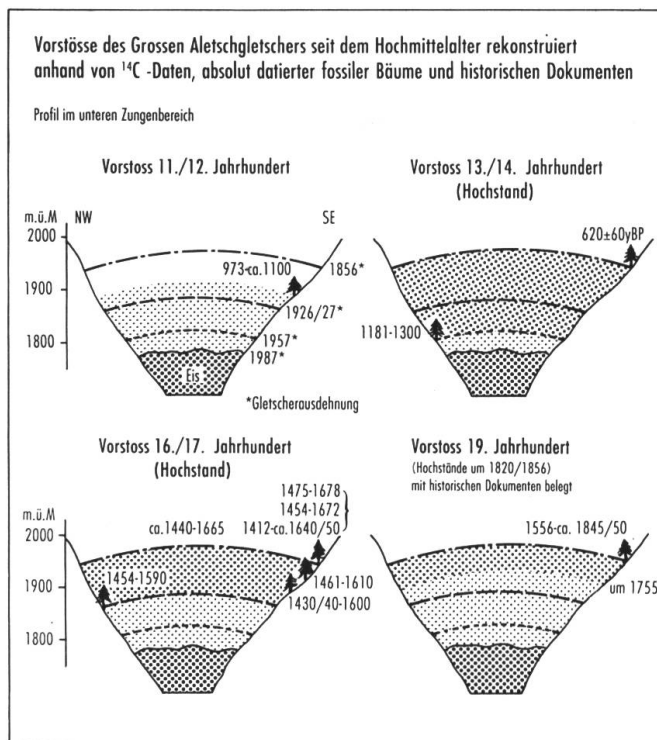


Abb. 4 Das älteste datierte Holz stammt von einer Arve, deren ältester Jahrring 973 A.D. gebildet wurde (oben, links); um 1100 hat der Aletschgletscher diese Arve umgedrückt (Vorstoss im 11. Jahrhundert). Die Gletscherzunge muss dann relativ schnell "zurückgeschmolzen" sein, denn innerhalb ihrer Ausdehnung des 11. Jahrhunderts lebte von 1181-1300 ein weiterer Baum (oben rechts), der vom Gletschervorstoss des 13./14. Jahrhunderts begraben wurde. Die Gletscheroberfläche erreichte dabei im Talquerschnitt mindestens das Niveau von 1856 A.D., wie ein fossiler Baum auf der andern Talseite belegt (radiocarbon-datiertes Absterbealter 620 ± 60 yBP). Daher können wir von einem Hochstand sprechen. Mit Hilfe von weiteren, aber jüngeren fossilen Bäumen sind zwei weitere Vorstösse dendrochronologisch und historisch belegbar (Autor: H. Holzhauser)

Spaltöffnungen fehlen, wird der hohe Föhren- und Arvenanteil im Pollendiagramm als Fernflug interpretiert und das an der Basis abgelagerte Material ins Alleröd (11.000-11.800 yBP) eingestuft. Allerdings ist auch eine Einstufung an den Beginn der Jüngeren Dryas (Abb. 2) vertretbar (krautarme *Pinus sylvestris/mugo*-*Pinus cembra* - *Betula* Phase).

Auf diese pollenführende Basis folgt eine 75 cm mächtige, sandige Ablagerung, die frei von Pollen und sonstigen organischen Einschlüssen ist. Dies deutet auf eine schnelle Sedimentation hin, wie dies bei Gletschervorstössen und damit verbundenen Ablagerungen der Fall ist. In unserem Beispiel handelt es sich bei dieser sandigen Ablagerung möglicherweise um Material eines egesenaequivalenten Vorstosses des Feegletschers während der Jüngeren Dryas, also um den letzten spätglazialen Gletschervorstoss.

Über dieser anorganischen Ablagerung bis an die Oberfläche ist das erbohrte Material durchwegs organisch, es ist also kein Gletschervorstoss mehr über die Bohrstelle hinaus nachweisbar. Aus der erneut einsetzenden Pollenführung ist auf Pioniervegetation zu schliessen, die schon am Ende der Jüngeren Dryas wieder einsetzte. Die Wiederbewaldung im Umkreis der Bohrstelle begann mit der Pollenzone IV, dem Präboreal (8.800-10.200 yBP). Als Beleg dienen, von der Pollenanalyse abgesehen, ein Holzfund (*Pinus cembra*) im Bohrkern sowie Spaltöffnungen von *Pinus sylvestris/mugo*-Typ (Bergföhre) im erbohrten Material.

Im vorliegenden Profil gelang es sogar, den Beginn der organischen Sedimentation mit 9760 ± 175 yBP zu datieren und somit auch die mit Hilfe der Pollenanalyse vorgenommene zeitliche Einstufung zu bestätigen. Das erwähnte Holzstück, im Bohrprofil 10 cm über der Grenze Jüngere Dryas/Präboreal gelegen, wo der Baumpollenanteil 95 % der Pollensumme und damit sein erstes Maximum erreicht, ergab radiocarbondatiert ein Alter von 9510 ± 135 yBP. Aus unseren Alpen liegen einige weitere Datierungen für den Abschluss des Spätglazials bzw. für den Beginn der Nacheiszeit vor, beispielsweise Palü mit 9635 ± 160 yBP (Beeler 1977), Selva (Puschlav) mit 10.290 ± 60 yBP (Burga 1987), Crapsteig (Viamala) mit 9730 ± 120 yBP (Burga 1980) und schliesslich Cristallina mit 9995 ± 110 yBP (Renner 1982).

Diese Daten stammen von Proben, welche ausserhalb, aber nahe der Hochstandsmoränen der Neuzeit gewonnen wurden. Sie belegen, dass in der Nacheiszeit, also seit 10.000 Radiocarbonjahren, die Gletschervorstösse die Ausmasse der spätglazialen nicht erreichten. Um 10.000 yBP oder kurz darauf waren die Gletscher auf neuzeitliche Dimensionen reduziert. Da sie in den vorangegangenen Jahren der Späteiszeit viel weiter vorstiessen, liegt ein grundlegender klimatischer Unterschied zum Gletscherverhalten während der Späteiszeit vor: Die übergeordneten Klimaverhältnisse der Nacheiszeit dürften etwa jenen des 19. und 20. Jahrhunderts entsprochen haben und geringeren Schwankungen unterworfen gewesen sein als im Spätglazial.

3 Vom Gletscher überfahrene Bäume

Gletscher, welche in die Nadelwaldstufe hinabreichen, drücken beim Vorstossen Bäume um, betten deren Stämme in ihre Moränen ein und decken besonders die im Boden verbleibenden verankerten Wurzelstrünke mit Schutt zu (Abb. 3). Mit Hilfe solcher In situ-Baumreste können wir den Zeitpunkt, als das Eis den Fundort erreichte und den

Baum überfuhr, datieren, und zwar auf zwei Wegen: Die ^{14}C -Datierung der äussersten, also jüngsten Jahrringe ergibt gute Zeitmarken, sie sind zuverlässiger als jene von fossilen Böden. Aber da der ^{14}C -Gehalt der Atmosphäre nicht konstant ist, haften der Radiocarbonmethode gewisse Fehler an. Dank der Dendrochronologie sind wir jedoch in der Lage, den jüngsten erhaltenen Jahrring aufs Jahr genau einzuordnen und damit das Absterbejahr des Baumes bzw. das Überführungsjahr des Fundortes festzulegen. Diese Methode kann vorläufig nur dazu dienen, mittelalterliche und neuzeitliche Gletschervorstösse zu datieren, weil die von *Holzhauser* am Geographischen Institut der Universität Zürich aufgebaute absolute Jahrringchronologie derartiger Bäume lediglich bis ins 12. Jahrhundert zurückreicht.

Das Jahrringbild von Stammscheiben enthält weitere Informationen: Verengungen von Jahrringen deuten in der Regel auf Verschlechterungen des Lokalklimas im Bereiche der Gletscherzungen hin. Falls wir mehrere überfahrene In situ-Baumreste in der Vorstossrichtung eines Gletschers auffinden, können wir sogar Angaben über ehemalige Vorstossgeschwindigkeiten erhalten.

Abb. 4 zeigt, wie vier Vorstösse mit Hilfe von fossilen In situ-Holzfunden rekonstruiert und datiert werden können. Der Vorstoss widerspiegelt sich im Anheben der Gletscheroberfläche. Andere Wurzelstrünke im Gletschervorfeld, gletscherabwärts von den gezeichneten Profilen, erlauben, ehemalige Lagen der Spitze der Gletscherzunge festzulegen. Selbstverständlich helfen andere Quellen, besonders aus der Neuzeit mit, die jüngste Gletschergeschichte nachzuzeichnen. Es sind dies die Gletschervermessung und die Auswertung von verschiedenen alten Karten, Luftbildern, historischen Bild- und Schriftquellen (beispielsweise *Zumbühl* 1980) sowie von geländearchäologischen Spuren (Wasserleitungen, Wege, Siedlungselemente).

4 Die Palü-Schwankung – der erste nacheiszeitliche Gletschervorstoss

Das Moor auf der Alpe Palü, in 1940 m ü.M. gelegen, ist teilweise durch Moränenmaterial gestaut. Das Material für die Pollenanalyse von *Zoller* (Basel) begann an der Profilbasis mit blaugrauem "Glazialton" (Gletschertrübe). Wir schliessen daraus auf Gletschernähe. *Zoller* stellte aufgrund seiner Pollenanalyse zur Zeit der Tonsedimentation eine sehr lockere Pioniervegetation fest. Einen guten Meter über der Profilbasis

Abb. 5 Pollenanalytische Hinweise zur Palü-Schwankung (um 9460 Jahre B.P.) (Autor: C.A. Burga)



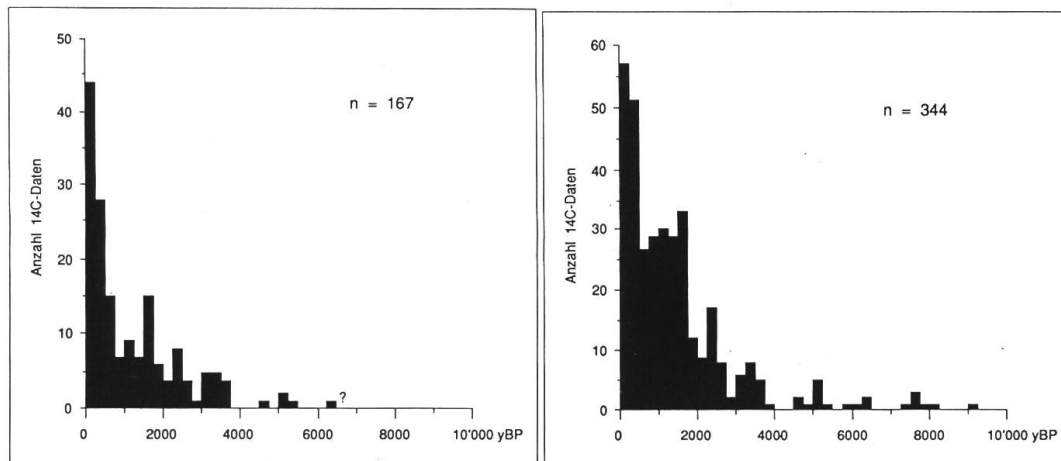


Abb. 6 Radiocarbonaten zur Gletschergeschichte. Links: Histogramm aller ^{14}C -Daten, die einen Gletscherhochstand ("1850er-Ausdehnung") innerhalb des Postglazials belegen. Rechts: Histogramm aller gletschergeschichtlich aussagekräftigen ^{14}C -Daten von fossilen Böden und Hölzern innerhalb des Postglazials. Klassenbreite bei beiden Diagrammen 250 Jahre; Stand 1990. (Autor H. Holzhauser)

beginnt die überwiegend organische Sedimentation, die bis zur Oberfläche ununterbrochen anhält. An dieser Profilstelle spiegelt sich die einsetzende Wiederbewaldung wider, die mit 9460 ± 140 yBP datiert wurde. *Beeler* (1977, 257) interpretiert seinen,

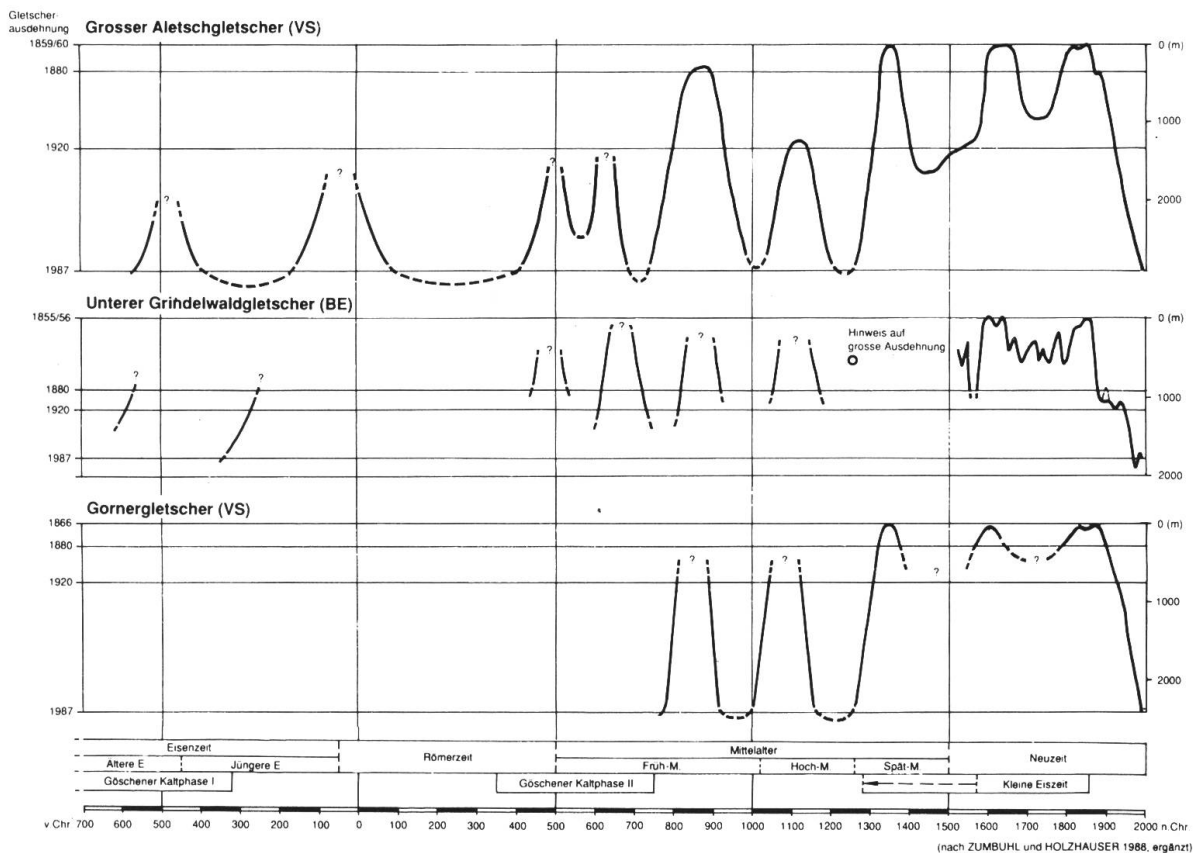


Abb. 7 Zungenlängenänderungen von drei Alpengletschern. (Quelle: G. Furrer und H. Holzhauser 1989)

in Zusammenarbeit mit dem vom Pollenanalytiker Zoller erarbeiteten Befund: "Bereits mit der Palü-Schwankung, welche wohl unmittelbar vor 9460 ± 140 yBP angesetzt werden muss, ist auf der Alpe Palü ein Gletscherstand erreicht, welcher das Ausmass der neuzeitlichen Hochstände nur unwesentlich übertroffen hat. Seither war der Gletscher sicher nie mehr so gross wie während der Palü-Schwankung, denn um 9460 yBP hat der Gletscher den Rand des Moores endgültig verlassen."

Aus der Publikation von *Burga* (1979) geht hervor, dass die Palü-Schwankung im Präboreal auf pollenanalytischem Wege auch anderswo nachgewiesen ist und klimageschichtlich über die Typlokalität hinaus Gültigkeit hat (Abb. 5), denn in vielen Pollendiagrammen der Alpen läuft die Kurve der typisch späteiszeitlichen *Artemisia*-Phase erst in der ersten Hälfte des Präboreals aus (z.B. *Burga* 1980). Ferner werden damalige Phasen von *Cyperaceae*, *Salix*, *Gramineae* usw. als Hinweise einer Klimadepression verwendet. Im Zusammenhang mit dieser frühpostglazialen Klimaschwankung ist auch die "Piotino-Schwankung" zu nennen, die Zoller (1960) als Klimadepression in der ersten Hälfte des Präboreals postulierte.

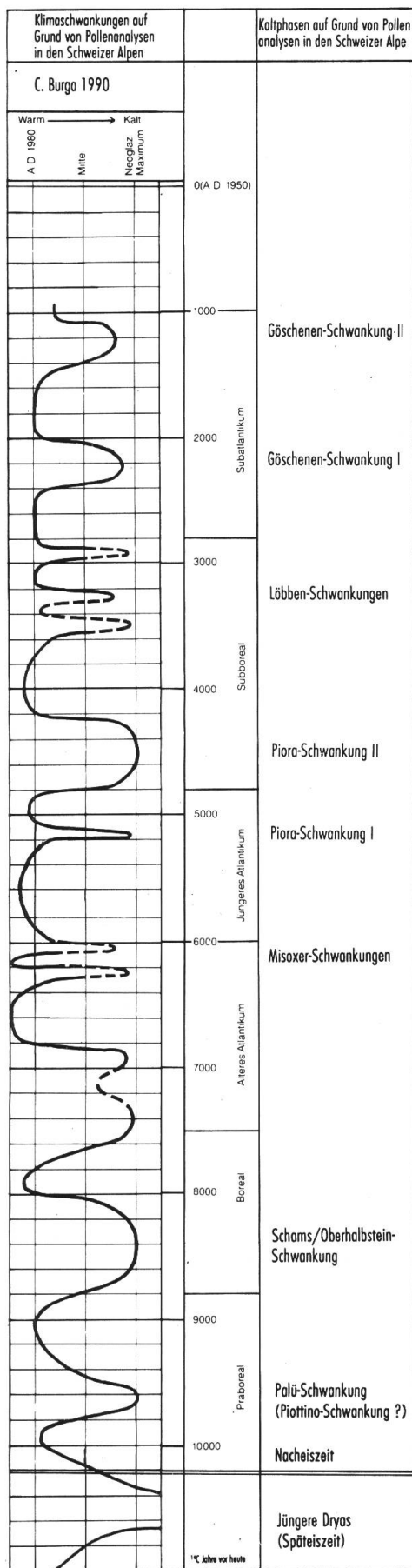
Die Palü-Schwankung lässt sich ebenfalls in den Ostalpen nachweisen: Im mittleren Präboreal stiessen Gletscher vor ("Schlatenschwankung"), deren Wallmoränen etwas ausserhalb der Endmoränen der neuzeitlichen Hochstände (1600-1850 A.D.) liegen (*Patzelt & Bortenschlager* 1973).

In Süddeutschland herrschte um 9400 yBP ein kühl-feuchtes Klima. Die Zunahme der Feuchtigkeit um diese Zeit hat deutliche Spuren hinterlassen: "Es scheint, als habe sich mit der Klimaänderung um etwa 9400 ... der letzte klimatisch ausgelöste, allgemeine Wandel in der Aktivität der grossen süddeutschen Ströme ereignet, nämlich der Übergang von der ... herrschenden Akkumulation zu einer beträchtlichen Tiefenerosion". Auch um 9400 yBP, also gleichzeitig, stellt *Frenzel*, 163, den klimatisch bedingten Beginn der Moorbildung Süddeutschlands fest (*Frenzel* 1983, 156f, 162).

Am Beispiel der Palü-Schwankung kann also nachgewiesen werden, dass lokale Beobachtungen zur Gletscher- und Vegetationsgeschichte überregionale Gültigkeit haben können und damit zur Rekonstruktion der Klimageschichte beitragen. Auf dabei auftretende zeitliche Datierungsprobleme wird später, bei der Behandlung der Göschener Kaltphase I, eingetreten.

5 Das Verhalten der Gletscher in der Nacheiszeit

Die Auswertung der Funde von datierbarem organischem Material, von Überresten der Pflanzenwelt, ergibt, dass die Gletscher während der Nacheiszeit mehrmals vorstiessen und dabei in der Regel die Ausdehnung der neuzeitlichen Hochstände nicht überschritten. Wie weit aber schmolzen sie zwischen zwei Vorstössen zurück? Diese Frage kann kaum befriedigend beantwortet werden: Zeugen von minimalen Gletscherausdehnungen, hohen Lagen der Gletscherenden über Meer, sind selten: Organisches Material – das uns Auskunft geben könnte – liegt wahrscheinlich noch heute unter ihnen, unserer Beobachtung entzogen. Es ist wohl anzunehmen, dass die Gletscher schon stärker abgeschmolzen waren als heute. Davon zeugen In situ-Wurzelstrünke und umgedrückte Baumstämme in Gletschervorfeldern, welche tief hinabreichende Gletscherzungen freigeben. Ein eindruckliches Beispiel von kräftigem Gletscherschwund im Postglazial



haben *Porter* und *Orombelli* (1985) vom Ruitorgletscher (südlich von Courmayeur) beschrieben: Der Ruitorgletscher gibt gegenwärtig in gut 2500 m Höhe ein Torflager von gegen 1 m Mächtigkeit frei. Dieses ehemalige Moor liefert Basisdaten von 8400-8300 Radiocarbonjahren, es wurde erst 2000 Jahre später um 6300 und 6000 (Alter der jüngsten Torflagen) vom Ruitorgletscher wieder überfahren. Aufgrund der Pollenanalyse von *Burga* ist zur Zeit der Torfbildung Waldnähe (Föhren, Arven) belegt. In diesem Beispiel ist sogar in einer grossen Höhenlage Klimagunst über eine lange Zeit nachgewiesen.

Holzhauser arbeitet an einer Zusammenstellung aller Radiocarbonaten zur Gletschergeschichte der Nacheiszeit. Abb. 6 zeigt einerseits alle gletschergeschichtlich aussagekräftigen ^{14}C -Daten (rechts), also Daten über Vorstösse und Hochstände, die in Zusammenhang mit unserem Projekt "Gletschergeschichte der Alpen" gewonnen wurden, und andererseits nur jene von beobachteten Hochständen (links). Die Interpretation von Lücken in Abb. 6 oder von Zeitabschnitten mit lediglich wenig Daten ist nicht einfach, denn aussagekräftiges datierbares Material könnte bisher nicht aufgefunden worden sein. Es liegt entweder unter Moräne oder Eis verborgen oder ist zerstört, abgetragen. Viele Beobachtungen deuten darauf hin, dass Gletschervorstösse zu allen Zeiten des Postglazials stattfanden. Vielleicht lassen sich diese zu Phasen zusammenfassen. *Holzhauser* (1987) zieht dafür verschiedene "Schwankungsniveaus" in Betracht. Einem tiefer gelegenen Schwankungsbereich mit Vorstössen und Abschmelzphasen der Gletscherzungen nahe von neuzeitlichen Hochstandslagen steht ein hochgelegener Bereich (vgl. Ruitor) gegenüber, in dem die Gletscherzungen während einer bestimmten Zeit vorstossen und abschmelzen. Für das Wechseln von einem Schwankungsniveau zum

Abb. 8 Kaltphasen der Nacheiszeit (Autor C.A. Burga)

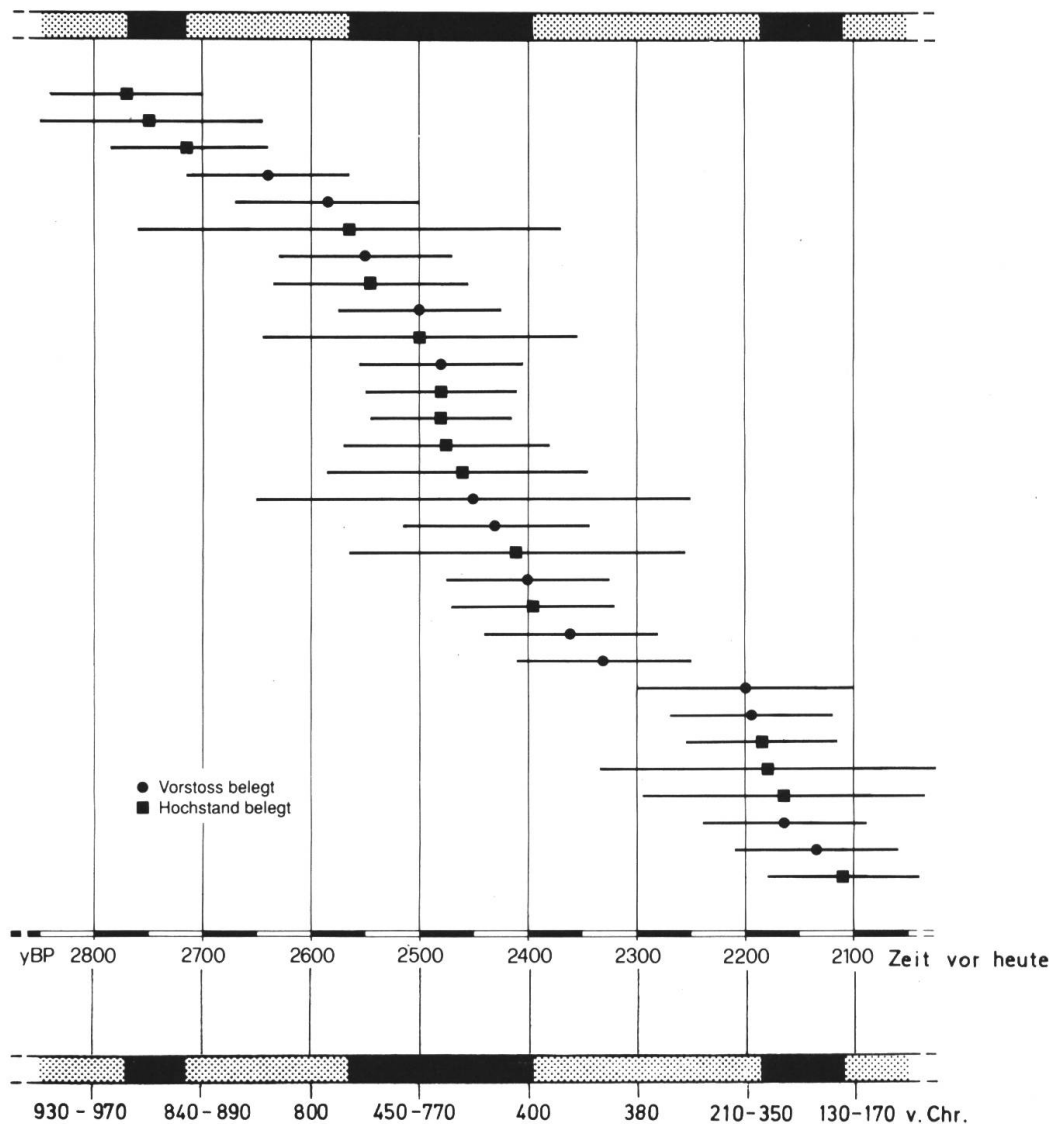


Abb. 9 ^{14}C -Daten zur Ermittlung der Göschener Kaltphase I. Schwarze Balken am Kopf der Abbildung bezeichnen die durch die dargestellten ^{14}C -Daten ermittelten Phasen von Gletscherhochständen. Horizontale Striche beidseits der ^{14}C -Daten: Standardabweichung. Schwarze Balken am unteren Rand: Phasen der vermuteten Gletscherhochstände, bezogen auf dendrochronologisch korrigierte ^{14}C -Daten (Quelle: G. Furrer und H. Holzhauser 1989)

anderen macht *Holzhauser* einschneidende Klimaänderungen verantwortlich, wie sie sich beispielsweise in Jahrringen widerspiegeln.

Um die Frage der Gleichzeitigkeit von Schwankungen verschiedener Gletscher abzuklären, und auch um die zeitliche Verzögerung der Reaktion einzelner Gletscher auf Klimaänderungen zu erfassen, muss deren Geschichte wegen der Unschärfe der ^{14}C -Daten mit Hilfe von exakten, d.h. besonders mit dendrochronologischen Datierungen erarbeitet werden. Davon liegt von *Zumbühl* und *Holzhauser* (1988) ein gutes Beispiel vor (Abb. 7). Das Verhalten der drei dargestellten Gletscher zeigt über 1200 Jahre zurück gute Übereinstimmung, so dass im vorgelegten Fall von Hochstands- und Abschmelzphasen gesprochen werden kann. Die jüngste Gletscherschwundphase seit 1850 hat sogar alle Alpengletscher erfasst, und zwar kräftig: Beispielsweise nahm die

Gesamtheit der Gletscherflächen Graubündens um über 40 % ab. Grössere Gletscher mit grösserer Höhererstreckung haben im Verhältnis zu ihrer Fläche weniger verloren als kleinere, tragen aber zum Gesamtverlust den grössten Anteil bei (Maisch 1989).

Die Nacheiszeit kann vegetationsgeschichtlich in Biozonen gegliedert werden. Die pollenanalytisch festgestellten Vegetationsveränderungen im Laufe der Zeit, also sogenannte Schwankungen, dokumentieren ehemalige Klimaereignisse, sei es in Richtung einer Wärme- oder Kältephase, können aber auch auf biologische Prozesse zurückgehen (Einwanderung, Konkurrenzverhältnisse). Dass unser Klima im Holozän Veränderungen unterlag, ist durch pollenanalytische Untersuchungen bekannt geworden. Erste wegweisende Arbeiten aus den Schweizer Alpen hierzu lieferten Zoller (1960) und Zoller, Schindler und Röthlisberger (1966). Eine systematische Suche nach vegetationsgeschichtlichen Indizien für postglaziale Klimaschwankungen in der Schweiz unternahm Burga (1979). Für den Raum der Schweizer Alpen kann das in Abb. 8 wiedergegebene Schema der Phasen von Klimaverschlechterungen entworfen werden. Innerhalb einer solchen haben auch unsere Gletscher mit Vorstössen reagiert.

Greifen wir als Beispiel die Göschener Kaltphase I von "vor 880 v.Chr. bis nach 320 v.Chr." (Zoller et al. 1966, Zoller 1977) heraus. Sie ist vegetationsgeschichtlich charakterisiert durch einen markanten Wechsel von Baumpollenphasen zu Nicht-Baumpollenphasen (subalpiner Nadelwald - Grünerlengebüsch - Pioniervegetation). In Abb. 9 (Furrer & Holzhauser 1989) sind jene Gletschervorstösse und Gletscherhochstände dargestellt, die in dieser Kaltphase erfolgten (horizontale Striche beidseits von ^{14}C -Daten: Standardabweichung). Die Gruppierung der Daten lässt vermuten, dass die Gletscher innerhalb der Göschener Kaltphase I mehr als nur einen Hochstand erreicht hatten, und dass diese zu drei Hochstandsphasen zusammengefasst werden können (schwarze Balken). Aber auch vor und nach dieser Kaltphase sind Gletscher vorgestossen (vgl. Abb. 6), so dass wir tatsächlich – zumindest in der jüngeren Nacheiszeit – mit einem regen Wechsel von Wachstum und Abschmelzen der Gletscherzungen rechnen müssen.

Literatur

- Beeler F. 1977. Geomorphologische Untersuchungen am Spät- und Postglazial im Schweizerischen Nationalpark und im Berninapassgebiet (Südrätische Alpen). *Ergeb. der wiss. Untersuchungen im Schweiz. Nationalpark* Bd. 25, 131-276.
- Bircher W. 1982. *Zur Gletscher- und Klimageschichte des Saastales*. Diss. Univ. Zürich, Phys. Geogr. 9.
- Burga C.A. 1979. Postglaziale Klimaschwankungen in Pollendiagrammen der Schweiz. *Vjschr. der Naturf. Ges. in Zürich* 124, 265-283.
- Burga C.A. 1980. Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte des Schams und des San Bernardino-Passgebietes (Graubünden, Schweiz). *Diss. Botanicae* 56, 1-194.
- Burga C.A. 1987. *Gletscher- und Vegetationsgeschichte der Südrätischen Alpen seit der Späteiszeit*. Denkschriften der Schweiz. Naturf. Ges. 101, Birkhäuser.
- Frenzel B. 1983. Die Vegetationsgeschichte Süddeutschlands im Eiszeitalter. *Urgeschichte in Baden-Württemberg*, H. Müller-Beck (ed) 91-166.
- Furrer G. & Holzhauser H. 1989. 2500 Jahre Gletschergeschichte der Schweizer Alpen. *Akademie der Wissenschaften und der Literatur Mainz*, 144-176.

- Holzhauser H. 1987. Betrachtungen zur Gletschergeschichte des Postglazials. *Geographica Helvetica* 42 (2), 80-88.
- Kinzl H. 1932. Die grössten nacheiszeitlichen Gletschervorstösse in den Schweizer Alpen und in der Mont-Blanc-Gruppe. *Zeitschr. für Gletscherkunde, für Eiszeitforschung und Geschichte des Klimas* 20, 269-397.
- Kinzl H. 1949. Formenkundliche Beobachtungen im Vorfeld der Alpengletscher. *Veröffentlichungen des Museum Ferdinandeum* (Innsbruck) 26/29, 61-82.
- Maisch M. 1989. Der Gletscherschwund in den Bündner-Alpen seit dem Hochstand von 1850. *Geographische Rundschau* 9, 474-482.
- Müller H.-N. 1975. Fossile Böden (fAh) in Moränen. *Bull. de la Murithienne* 92, 21-31.
- Patzelt G. & Bortenschlager S. 1973. Die postglazialen Gletscher- und Klimaschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen). *Zeitschr. für Geomorphologie*, Suppl. 16, 25-72.
- Porter S.C. & Orombelli G. 1985. Glacier contraction during the middle Holocene in the western Italian Alps: Evidence and implications. *Geology* 13, 296-298.
- Renner F. 1982. *Beiträge zur Gletschergeschichte des Gotthardgebietes und dendroklimatologische Analysen an fossilen Hölzern*. Diss. Univ. Zürich, Phys. Geogr. 8.
- Röthlisberger F. 1976. Gletscher- und Klimaschwankungen im Raum Zermatt, Ferpècle und Arolla. *Die Alpen* 52 (3/4), 59-152.
- Röthlisberger F. 1986. *10'000 Jahre Gletschergeschichte der Erde*. Sauerländer.
- Schneebeli W. 1976. Untersuchungen von Gletscherschwankungen im Val de Bagnes. *Die Alpen* 52 (3/4), 5-57.
- Wetter W. 1987. *Spät- und postglaziale Gletscherschwankungen im Mont Blanc-Gebiet: Untere Vallée de Chamonix - Val Montjoie*. Phys. Geogr. 22. Zürich.
- Zoller H. 1960. *Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz*. Denkschriften der Schweiz. Naturf. Ges. 83.
- Zoller H. 1977. Alter und Ausmass postglazialer Klimaschwankungen in den Schweizer Alpen. Dendrochronologie und postglaziale Klimaschwankungen in Europa. Frenzel B. (ed), *Erdwissenschaftliche Forschung* 13, 271-281.
- Zoller H., Schindler C. & Röthlisberger H. 1966. Postglaziale Gletscherstände und Klimaschwankungen im Gotthardmassiv und Vorderrheingebiet. *Verh. der Naturf. Ges. Basel* 77, 97-164.
- Zumbühl H.J. 1980. *Die Schwankungen der Grindelwaldgletscher in den historischen Bild- und Schriftquellen des 12. bis 19. Jahrhunderts*. Denkschriften der Schweiz. Naturf. Ges. 92.
- Zumbühl H.J. & Holzhauser H. 1988. Alpengletscher in der Kleinen Eiszeit. *Die Alpen* 64, (3) 129-322.