Zeitschrift: Jahrbuch der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Annuaire de la Société Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 158 (1978)

Artikel: Zur Geschichte unserer Gletscher in der Nacheiszeit : Methoden und Ergebnisse

Autor: Furrer, Gerhard / Gamper-Schollenberger, Barbara / Suter, Jürg

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-90742

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: 11.07.2025

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

Zur Geschichte unserer Gletscher in der Nacheiszeit. Methoden und Ergebnisse

Gerhard Furrer, Barbara Gamper-Schollenberger, Jürg Suter

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit fasst die Ergebnisse einiger glazialmorphologischer Untersuchungen im schweizerischen Alpenraum zusammen.
Durch Auswertung von Karten, Gletschervermessungen der Gletscherkommission, schriftlichen Quellen und Bilddokumenten sowie mit Hilfe der Lichenometrie wurden die Gletscherbewegungen während der Neuzeit in den verschiedenen Untersuchungen erarbeitet. Diese Resultate werden geordnet; speziell interessiert die zeitliche Einstufung und Grössenordnung der einzelnen Gletscherstände. Nach dem Vergleich der Gletscherstände von 23 Gletschern erscheint die Neuzeit als geschlossene Hochstandsperiode von rund 300 Jahren, die in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts von einem kräftigen Gletscherrückgang abgelöst wird. Ferner zeigt sich, dass die verschiedenen Eisströme im allgemeinen gleichzeitig anwachsen und abschmelzen.
Auch die vorneuzeitlichen postglazialen Gletscherbewegungen werden zusammengestellt. Mit der ^{14}C-Datierung von Torf, Holz, Holzkohle und von A-Horizonten fossiler Böden lassen sich maximale bzw. minimale Gletscherausdehnungen in eine absolute Zeitskala einordnen. Die Ergebnisse der einzelnen Zeitabschnitte werden besprochen und mit pollenanalytischen Befunden aus der Schweiz verglichen.

Résumé

Ce travail résume les résultats de quelques recherches géomorphologiques dans les Alpes suisses.
Diverses recherches ont permis de reconstituer les variations glaciaires des temps modernes grâce à l'interprétation des cartes topographiques, aux contrôles des glaciers de la Commission helvétique des glaciers, aux sources historiques écrites et iconographiques ainsi qu'à l'aide du diamètre des lichens.
Ces résultats sont classés; la chronologie et la dimension des stades glaciaires retiennent tout spécialement l'intérêt. La comparaison des stades de 23 glaciers montre que les temps modernes forment une période uniforme d'environ 300 ans qui se termine par un fort recul des glaciers dans la seconde moitié du 19e siècle. De plus il apparaît qu'en général les glaciers avancent et reculent simultanément.
Les variations des glaciers postglaciaires précédant les temps modernes sont également regroupées. Par la datation au ^{14}C de la tourbe, du bois, du charbon de bois et des horizons A des sols fossiles les extensions glaciaires maximales ou minimales ont été établies selon une chronologie absolue. Les résultats sont discutés pour chaque époque et comparés avec ceux des analyses polliniques de Suisse.

Einleitung

Seit bald zehn Jahren befassen sich einige Doktoranden des Geographischen Institutes der Universität Zürich mit nacheiszeitlichen Gletscherschwankungen. Dieser Beitrag fasst die angewandten Methoden und die bis im Frühjahr 1978 erreichten Ergebnisse zusammen. Weil wir eine allgemeingültige Aussage zur postglazialen Gletschergeschichte der Schweizer Alpen anstreben, sind die Beobachtungen möglichst vieler Gletscher aufgeführt. Ihre Resultate sind einzeln dargestellt. Der Leser kann so zu allen Zeiten des Postglazials selber feststellen, auf welche und auf wie viele Befunde wir uns stützen.
Die Abhängigkeit der Gletscherbewegungen

von klimatischen Faktoren wie Temperatur oder Niederschlag ist vielschichtig (Hoinkes 1971, Gamper/Suter 1978) und wird hier nicht behandelt. Wir schliessen nur generell von Gletscherhochstandsperioden auf Klimaverschlechterungen, bzw. von Perioden abgeschmolzener Gletscher mit hochgelegenen Stirnen auf Klimaverbesserungen.
Die vorliegende Arbeit entstand aus den Resultaten von elf Diplomarbeiten, vier Dissertationen und weiteren, nicht an der Universität Zürich durchgeführten Untersuchungen. Die Diplomarbeiten, welche wir beizogen, sind als Manuskripte am Geographischen Institut der Universität Zürich vorhanden, und wir betrachten deren Ergebnisse als publiziert. Aus Platzgründen sind wir gezwungen, nur die Resultate zu verwenden. Für die Herleitungen verweisen wir auf die einzelnen Arbeiten.

Begriffe

Über die jüngsten Längenänderungen der Gletscher gibt uns die Gletschervermessung zuverlässige Daten. Wo diese fehlen, zeugen Wallmoränen von ehemaligen Ausdehnungen unserer Gletscher. Ist eine Gletscherausdehnung durch Endmoränen markiert, so sprechen wir von einem Stand. Unter Hochstand verstehen wir einen postglazialen Gletscherstand in der Grössenordnung der Zeit um 1850. Dieses Mass aus einer nicht allzufernen Vergangenheit ist gut rekonstruierbar, zeichnet sich doch das Gletschervorfeld (Kinzl 1949) heute noch recht scharf von seiner Umgebung ab. Auch die Moränen aus der Zeit des 17. bis Mitte des 19. Jahrhunderts, die das Vorfeld abgrenzen sowie die zugehörigen Zungenlängen unterscheiden sich in ihrer Grösse deutlich von den jüngeren Ständen.
Unter Ausdehnung sei ein momentaner Umriss der Gletscherzunge verstanden. Vorstoss bedeutet Vergrösserung, Rückzug Verkleinerung der vergletscherten Fläche. Mit Schwankung wird eine Klimaverschlechterung bezeichnet, die pollenanalytisch nachgewiesen ist.
Bei der Besprechung der Ergebnisse drängt sich vom methodischen Gesichtspunkt her eine zeitliche Gliederung auf. Das Postglazial wird unterteilt in Vorneuzeit und Neuzeit. Die Vorneuzeit umfasst den Zeitraum von der Wende des Spät- zum Postglazial um 10200 y B.P. bis 1500 n.Chr.; die Neuzeit beginnt mit dem 16. Jahrhundert.

Neuzeit

Methoden

Die zuverlässigsten Angaben liefert wie erwähnt die Gletscherkommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft durch ihre Vermessungen. Seit 1880 wird eine grosse Zahl von Gletscherzungen jährlich eingemessen. Mit diesen Messungen können ohne weiteres selbst kleinste Veränderungen von weniger als 10 m erfasst und zeitlich genau eingestuft werden.
Ebenfalls genaue und datierte Angaben bringen Karten. Zwar steht ihre Aussage nicht direkt in Beziehung zur Gletscherbewegung, wohl aber zeigen sie eine momentane Ausdehnung. In einigen Spezialfällen fand jedoch die Aufnahme der Karte im selben Jahr statt, in dem sich die Moräne bildete; so erfolgte in vielen Fällen die Aufnahme der Messtischblätter für die Dufourkarte zur Zeit des Hochstandes um 1850. Damit erhalten wir eine wichtige Zeitmarke in der Gletschergeschichte. Normalerweise aber ergeben sich nur relative Altersangaben, z.B. für Moränen oder minimale Ausdehnungen.
Sehr unterschiedlich in ihrer Verwendbarkeit sind schriftliche Quellen und Bilddokumente aller Art. Ab ca. 1800 finden sich mehr und mehr Stiche, Aquarelle, Reliefs und später auch Photos. Noch weiter zurück gehen die vielfältigen Unterlagen aus Reiseberichten, Tagebüchern, Chroniken, Urkunden, Alpurbarien usw., die mit der Gletschergrösse in Verbindung gebracht werden können.
Auch die Lichenometrie leistet wertvolle Dienste bei geeigneten Gletschervorfeldern. Am Bifertengletscher z.B. konnten sieben Moränenkränze datiert werden, deren Entstehungsjahre bis zum Beginn des 17. Jahrhunderts reichen (Gasenzer 1964, 68ff.).
Dank diesen mannigfaltigen Informationen sind wir also über die Gletschervorstösse der letzten 200 Jahre gut unterrichtet. Dann aber werden die Zeugnisse dürftiger. Offenbar kam damals ein Interesse an den Gletschern nur in Zusammenhang mit Katastrophen (z.B. Gletscherseeausbrüchen) auf.

Unterer Grindelwald-, Rhone- und Fieschergletscher

Drei Beispiele – Unterer Grindelwaldgletscher (Messerli und Mitarbeiter 1975, insbesondere Beitrag Zumbühl), Rhonegletscher (Mercanton 1916 und Vermessung der Gletscherkommission SNG) und Fieschergletscher (Holzhauser 1978) – zeigen die jährlichen Änderungen der Zungenlängen oder, wo keine jährlichen Beobachtungen zur Verfügung stehen, die Lage der Gletscherstirnen in möglichst kurzen Intervallen (Abb. 1). Es handelt sich um drei Gletscher aus einem relativ eng begrenzten Gebiet mit Flächen von ähnlicher Grösse.

Die jüngsten Zeitabschnitte der drei Kurven sind dank den Gletschervermessungen gut gesichert. Im Zeitraum von der Vermessung (beim Unteren Grindelwaldgletscher vor 1880, beim Rhonegletscher vor 1874 und beim Fieschergletscher vor 1892) basieren die drei Kurven auf den verschiedenartigen, oben erwähnten Dokumenten. In den älteren Abschnitten der Neuzeit mangelt es jedoch an Überlieferungen. So klaffen selbst beim Unteren Grindelwaldgletscher, dem bezüglich der Neuzeit wohl bestdokumentierten Eisstrom, Lücken.

Zur Festlegung der drei Kurven gehen wir in erster Linie von heute noch vorhandenen und datierten Endmoränen aus, sind diese doch die direkten Zeugen ehemaliger Gletscherstände. Zwischen den Ständen fehlen oft Angaben über die Lage der Gletscherstirne, die Bewegung (Vorstoss bzw. Rückzug) oder gar über deren Alterseinstufung.

Ein Vergleich der Längenänderungen aller drei Gletscher im Zeitraum von 1870 bis 1970 ergibt eine recht gute Übereinstim-

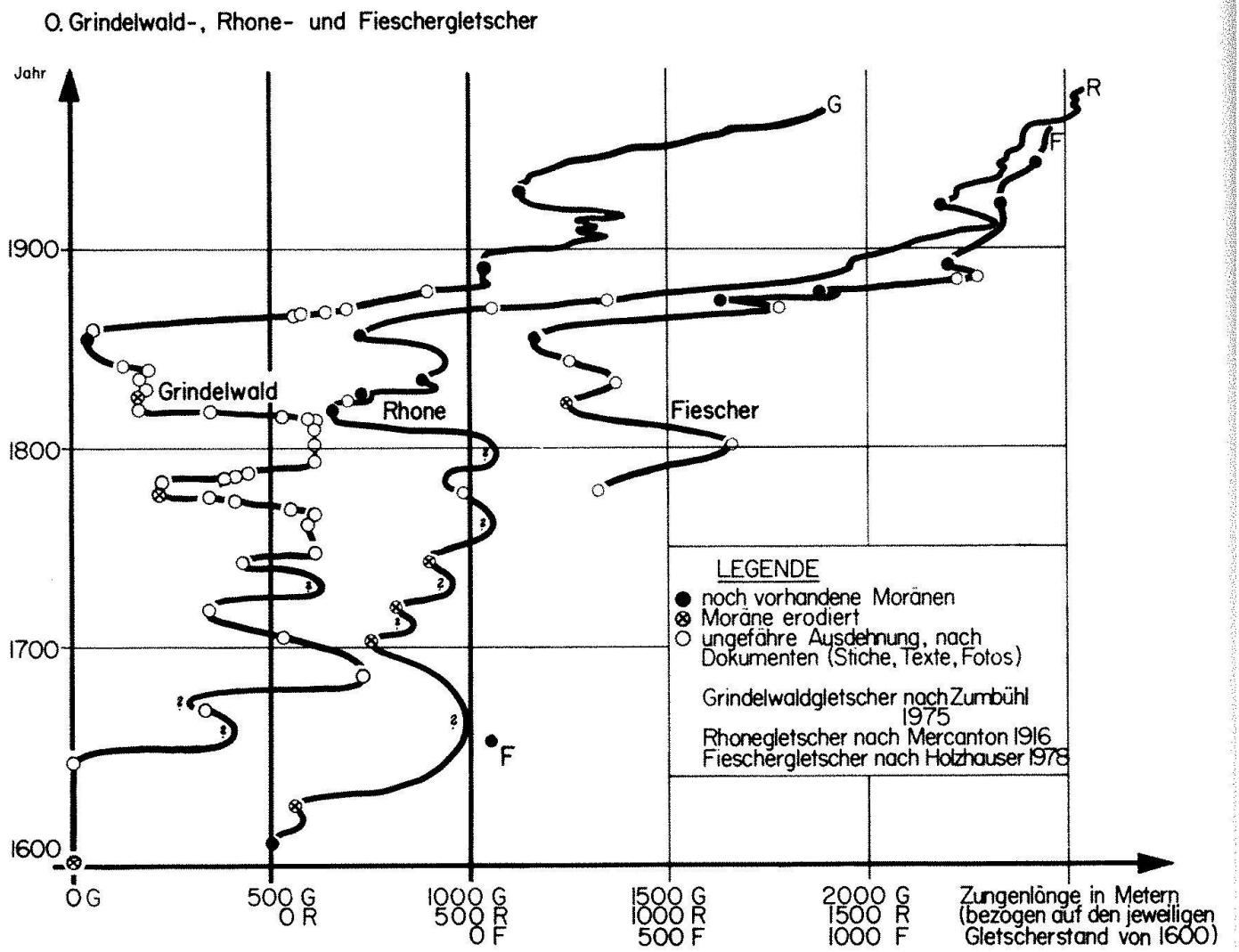


Abb. 1. Änderungen der Gletscherzungenlängen von 1600 bis 1975

mung, obwohl der Rückzug des Rhone- und des Fieschergletschers gegenüber dem Unteren Grindelwaldgletscher seit 1920 deutlich langsamer vor sich ging. Alle drei Eisströme zeigen einen markanten Rückgang in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts.
Im 17. und 18. Jahrhundert bewegten sich die Gletscherstirnen wie in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts unterhalb der Stirnlagen des 20. Jahrhunderts. Dieser Aussage haftet allerdings eine Unsicherheit an; denn bis zu welcher Höhenlage die Gletscherzungen zwischen zwei Ständen wegschmolzen, ist nur selten exakt festzulegen; die unsicheren Stellen sind daher in Abb. 1 mit Fragezeichen versehen.
Vor 1780 beschränkt sich der Vergleich auf den Rhone- und den Unteren Grindelwaldgletscher, weil vom Fieschergletscher nur noch eine Moräne aus der Mitte des 17. Jahrhunderts nachzuweisen ist (Holzhauser 1978, 42 und 45). Die Übereinstimmung im Verhalten der Zungenenden ist auch im 17. und 18. Jahrhundert augenfällig.
Die drei Gletscher zeigen also eine deutliche Parallelität in bezug auf die Grössenordnung ihrer jeweiligen Ausdehnungen.

Neuzeitliche Gletscherstände

Abbildung 2 basiert auf den Untersuchungen von 23 Gletschervorfeldern. 19 davon sind Gegenstand von Promotionsarbeiten am Geographischen Institut der Universität Zürich. Zum Vergleich dienen der Untere Grindelwaldgletscher, der Rhonegletscher, der Trift- und der Steingletscher (King 1974). Es wurden nur Gletscher berücksichtigt, die mindestens zwei datierte Stände aufweisen. Die Gletscher sind nach Einzugsgebieten angeordnet (von links nach rechts) analog den Berichten der Gletscherkommission. Über den Gletschernamen sind die Bearbeiter genannt.
Die Figur enthält alle nachgewiesenen Gletscherstände, dabei wird nach der Genauigkeit ihrer zeitlichen Einordnung unterschieden (siehe Legende). Wenn in einem Untersuchungsgebiet alle sichtbaren neuzeitlichen Moränenwälle datiert werden konnten, so ist dies ausserdem durch einen Punktraster festgehalten.
Sowohl beim Unteren Grindelwaldgletscher wie auch beim Rhonegletscher hat sich deutlich gezeigt, dass sich eine Gletscherchronik nicht nur auf eine reine Moränenkartierung stützen darf; falls beispielsweise der Hochstand um 1850 die grösste neuzeitliche Ausdehnung erreicht hat, sind alle älteren neuzeitlichen Moränen überfahren worden und gehen als Zeugen früherer Gletscherstände in der Regel verloren. Wir benötigen daher zusätzliche Informationen und Untersuchungen von möglichst vielen Gletschervorfeldern, um ein realistisches Bild der Gletschergeschichte zu erarbeiten.
Vergleicht man die Gletscherstände miteinander, fällt die zeitliche Übereinstimmung insbesondere der Stände um 1920 und der Hochstände um 1850 und 1820 an sehr vielen Gletschern auf.
Die Kurve am linken Rand der Abbildung 2 fasst die Einzelergebnisse der 23 Gletscher zusammen. Die Stände dieser Kurve sind ab dem 17. Jahrhundert als Ergebnis der rechten Figurenseite zustandegekommen. Die Abszisse enthält die bekannten Stände von 1850, 1890, 1920 und die Ausdehnung von 1973. Wir haben versucht, das Verhältnis der Distanzen zwischen diesen Ständen dem mehrheitlich beobachteten, tatsächlichen Verhältnis möglichst anzupassen. Die Ordinate stellt die Zeitskala dar. Die Stützwerte der Kurve bilden die örtlich und zeitlich empirisch gemittelten Stände der 23 untersuchten Gletscher. Auf die mittlere Änderung der Zungenlängen zwischen den einzelnen Ständen wurde mit Hilfe der historischen Quellen, auf die sich die einzelnen Autoren abstützen, oder mit Hilfe der Daten der Gletschervermessung so weit als irgend möglich geschlossen. Daher stellen die Stände die am besten gesicherten Abschnitte der Kurve dar, während die Bewegungen dazwischen einen Trend angeben. Die Kurve ist nicht überall durch gleich viele Beobachtungen und Stände belegt.
Vor dem Jahre 1600 stützt sich die Kurve lediglich noch auf die beiden folgenden Informationen:
- E. Le Roy Ladurie (1967, 106): Der Rhonegletscher war um 1546 grösser als in den Jahren 1930 bis 1966.
- W. Schneebeli (1976, 25): Im Jahre 1549 erreicht ein Vorstoss des Glacier de Giétro die Grössenordnung von 1850.

Gemäss unserer Kurve erscheint die Neuzeit als eine dreihundertjährige Hochstandspe-

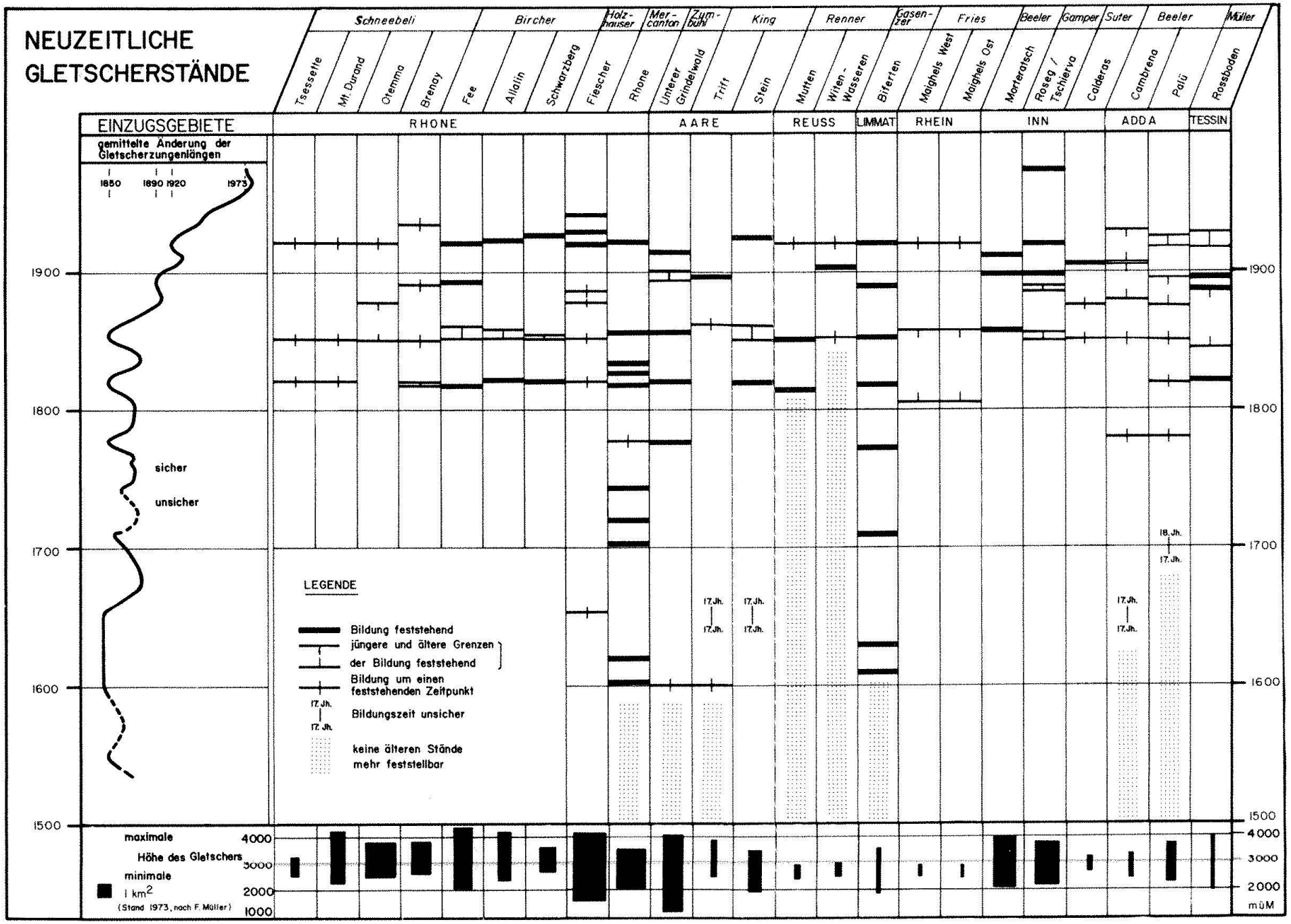


Abb. 2. Neuzeitliche Gletscherstände

riode (Mitte 16. bis Mitte 19. Jahrhundert) mit anschliessender kräftiger Abschmelzphase, was erneut das Ergebnis aus Abb. 1 bestätigt.

Vorneuzeit

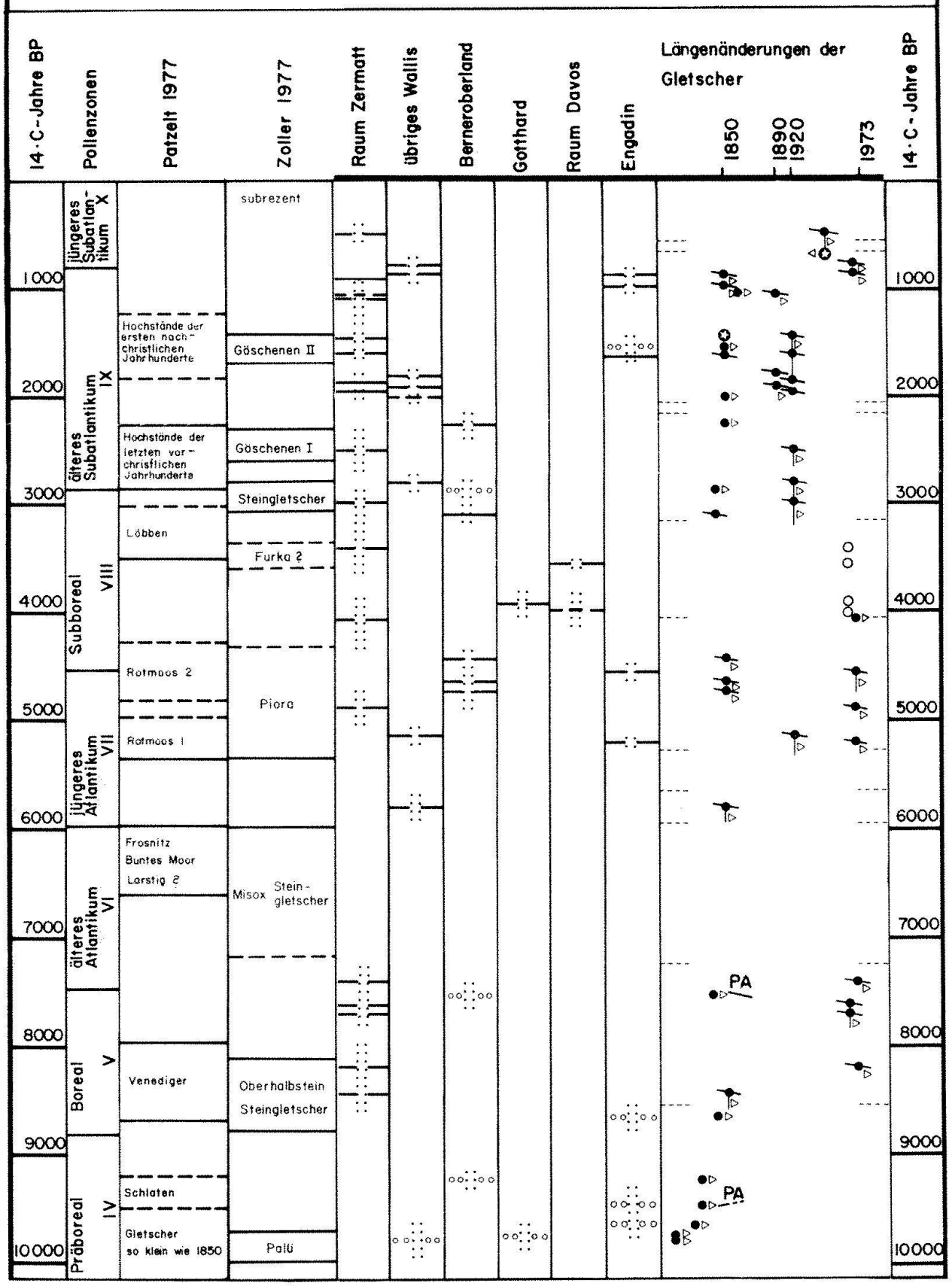
Methoden

Für die Datierung vorneuzeitlicher postglazialer Ereignisse bedienen wir uns in erster Linie der ^{14}C-Methode. Bei allen ^{14}C-Daten handelt es sich um unkorrigierte, konventionelle Radiokarbonalter. Mit dieser einen Methode können je nach Material und Fundumständen sehr verschiedenartige Aussagen zum Gletschergeschehen gewonnen werden.
Problemlos ist die Datierung von Torfbasisproben aus ungestörten Mooren. Die ^{14}C-Datierung zeigt den Beginn der Torfbildung an. Für die Gletschergeschichte ergibt dieses Datum ein Mindestalter seit dem Abschmelzen des Eises aus dem Gebiet des betreffenden Moores.
Weniger eindeutig sind Holzfunde zu interpretieren. Die ^{14}C-Datierung der äussersten Jahrringe einer Holzprobe gibt das Absterbedatum eines Baumes an. Dieses Datum eines im Gletschervorfeld verwurzelten und von einer Moräne überschütteten Stammes steht in direktem Zusammenhang mit dem Verhalten des Gletschers, muss doch der Gletscher vor diesem Datum eine kleinere Ausdehnung gehabt und erst durch sein anschliessendes Vorstossen den Baum in die Moräne eingebettet haben. Oft aber können die Stämme nicht mehr in situ gefunden werden, möglicherweise wurden sie mit Lawinen ins Vorfeld transportiert. Dennoch können solche Funde zu Aussagen über die Gletschergeschichte verwendet werden, wobei aber jeder «einzeln bearbeitet und gewertet werden muss» (Röthlisberger 1976, 87). Holzfunde aus der Region über dem heutigen Rhododendrengürtel (Landolt 1969, 46) geben einen Hinweis, dass die Waldgrenze einst höher lag als die heutige potentielle Waldgrenze. Die Gletscherzungen lagen in Zeiten mit hoher Waldgrenze ebenfalls hoch, denn: «Dem Empordringen der Vegetation parallel läuft das seit mehr als einem Menschenalter zurückreichende Abschmelzen der Alpengletscher» (Braun-Blanquet 1957, 231). Zudem konnte Bortenschlager (1977) zeigen, dass die Waldgrenze in ihrer Lage parallel zu den Gletschern sehr schnell auf ungünstige klimatische Bedingungen im Sommer reagiert.
Ähnlich wie Torfbasisproben sind Funde von Holzkohle zu interpretieren. Sie geben an, dass zur gegebenen Zeit die Fundstelle eisfrei war, d.h. dass die Gletscherzunge oberhalb der Fundstelle lag.
Organisches Material für ^{14}C-Datierungen lässt sich auch aus A-Horizonten fossiler Böden gewinnen. Da aber das Alter weder mit dem mittleren Bodenalter noch mit dem Beginn oder Abschluss der Bodenbildung übereinstimmen muss, wurden die Bodenalter hier nicht verwendet. Ausnahmen bilden die Proben 11, 12, 17, 33 und 45 (vgl. Liste im Anhang), deren ^{14}C-Daten durch Holz- oder Torfdaten aus dem gleichen Profil auf ihre Wahrscheinlichkeit geprüft werden konnten.
Zweimal wurden datierte Hinweise zum Gletscherverhalten verwendet, die aus den Pollenanalysen von King (1974, 110) und Zoller (in Beeler 1977, 212) hervorgehen.

Ergebnisse

Wir haben nun versucht, unser Datenmaterial, das Rückschlüsse auf die postglazialen Gletscherbewegungen zulässt, in Abbildung 3 zu veranschaulichen.
Links zeigt diese die Gliederungen des Postglazials nach den Ergebnissen aus den Österreicher Alpen (Patzelt 1977, mündl. Mitteilung) und aus den Schweizer Alpen (Zoller 1977). Die nächsten Kolonnen zeigen Herkunftsgebiet, Material und die zeitliche Einstufung (inkl. Streuung) der Funde aus den Schweizer Alpen. In der rechten Kolonne ist jeder Wert zeitlich und nach seinem Fundort, bezogen auf die bekannten Stände von 1850, 1890, 1920 und die Ausdehnung von 1973, in der richtigen Lage eingezeichnet. Ausserdem enthält die Abbildung die Bewegungsrichtung der Gletscherstirne. Für jene Funde, welche auf eine höhere als die heutige potentielle Waldgrenze hindeuten, haben wir «gleiche Lage» angenommen. Zwei historische Daten ergänzen die Darstellung. (Wir sind uns dabei bewusst, dass ein Vergleich solcher Daten mit Radiokarbonaltern nicht statthaft ist.)

POSTGLAZIALCHRONOLOGIE



Anhang zu Abb. 3. Verwendete ^{14}C-Daten

Nr.	^{14}C-Datum	Labor-Nr.	Material, Literatur, Fundort
Raum Zermatt			
1	8400 ± 200 BP	(Ly-749)	Holz, Anzévui in Röthlisberger 1976, 91/115, Glacier de Tsidjiore Nouve
2	8160 ± 220 BP	(Ly-298)	Holz, Vallet in Röthlisberger 1976, 88, Gornergletscher
3	7680 ± 130 BP	(B-2543)	Holz, Röthlisberger 1976, 89, Zmuttgletscher
4	7590 ± 180 BP	(Ly-681)	Holz, Röthlisberger 1976, 89, Zmuttgletscher
5	7360 ± 180 BP	(Ly-297)	Holz, Vallet in Röthlisberger 1976, 88, Gornergletscher
6	4840 ± 150 BP	(Ly-613)	Holz, Schnyder in Röthlisberger 1976, 88, Gornergletscher
7	4030 ± 250 BP	(Sa-229)	Holz, Martin, Radiocarbon, 1965, in Röthlisberger 1976, 90, Glacier du Mont Miné
8	3360 ± 230 BP	(Ly-685)	Holz, Röthlisberger 1976, 90, Glacier de Ferpècle
9	2940 ± 150 BP	(Ly-750)	Holz, Röthlisberger 1976, 91, Glacier de Tsidjiore Nouve
10	2450 ± 200 BP	(Ly-611)	Holz, Röthlisberger 1976, 90, Glacier de Ferpècle
11	1905 ± 75 BP	(Hv-6798)	Boden, Röthlisberger 1976, 76/77, Glacier du Mont Miné
12	1810 ± 100 BP	(Hv-6797)	Boden, Röthlisberger 1976, 76/77, Glacier du Mont Miné
13	1555 ± 60 BP	(Hv-6799)	Holz, Röthlisberger 1976, 77/78, Glacier du Mont Miné
14	1400 ± 100 BP	(B-2542)	Holz, Röthlisberger 1976, 89/115, Zmuttgletscher
15	1015 ± 255 BP	(Hv-7221)	Holz, Röthlisberger 1976, 63, Findelengletscher
16	1000 ± 90 BP	(Ly-686)	Holzkohle, Röthlisberger 1976, 88, Gornergletscher
17	900 ± 75 BP	(Hv-6800)	Boden, Röthlisberger 1976, 78, Glacier du Mont Miné
18	440 ± 70 BP	(B-2541)	Holz, Röthlisberger 1976, 87, Findelengletscher
Übriges Wallis			
19	9760 ± 175 BP	(UZ-141)	Torfbasis, Bircher mündl. Mitteilung 1979, Feegletscher, Moor 1800 m. ü.M, 2 km ausserhalb 1850-Moräne
20	5760 ± 120 BP	(B-514)	Holz, Radiocarbon 7, 1965, in Röthlisberger 1976, 92, Allalingletscher
21	5100 ± 100 BP	(B-833)	Holz, H. Röthlisberger, in Röthlisberger 1976, 92, Allalingletscher
22	2750 ± 100 BP	(B-834)	Holz, H. Röthlisberger, in Röthlisberger, 1976, 92, Allalingletscher
23	1955 ± 80 BP	(UZ-102)	Holzkohle, Bircher mündl. Mitteilung 1979, Feegletscher, Holzkohle aus Seitenmoräne, Fundstelle 1850 mit Eis bedeckt
24	1860 ± 100 BP	(B-362,2)	Holz, Radiocarbon 5, 1963, in Röthlisberger 1976, 94, Aletschgletscher
25	1760 ± 100 BP	(B-362,1)	Holz, Radiocarbon 5, 1963, in Röthlisberger 1976, 94, Aletschgletscher
26	800 ± 100 BP	(B-71)	Holz, Oeschger und Röthlisberger 1961, 191–205, Aletschgletscher
27	720 ± 100 BP	(B-32)	Holz, Oeschger und Röthlisberger 1961, 191–205, Aletschgletscher
Berneroberland			
28	9200 ± 100 Bp	(B-2292)	Torfbasis, King 1974, 60–67, Steingletscher,
29	7500 ± 120 BP	(B-2279)	Torfbasis, King 1974, 94–97, Triftgletscher
30	4700 ± 160 BP	(B-138)	Holz, Radiocarbon 3, 1961, in Röthlisberger 1976, 95, Oberer Grindelwaldgletscher
31	4600 ± 80 BP	(B-254)	Holz, Radiocarbon 19, 1961, in Röthlisberger 1976, 95, Oberaargletscher

Abb. 3. Postglazialchronologie mit Legende zu ^{14}C-Datum aus separatem Blatt

— Fossiler Boden
– – Holz
- - - Holzkohle
∞ ∞ Torf
⋮ Streuungsbereich 1σ
PA Gletscherbewegung belegt durch Pollenanalysen
◄ ---- Trennung der ^{14}C-Alter von Holzproben

● Richtpunkt für die Lage der Gletscherstirne
○ Höhere Waldgrenze als heute
✪ Richtpunkt für die Lage der Gletscherstirne (nach histor. Dokumenten)
◁●▷ Gletscher zur Zeit t grösser, kleiner oder gleich
●▷ Gletscher vor Zeit t kleiner oder gleich
●▷ Gletscher vor Zeit t während x Jahren kleiner oder gleich
Gletscher im Vorstoss zur Zeit t

32	4400 ± 120 BP (B-139)	Holz, Radiocarbon 3, 1961, in Röthlisberger 1976, 95, Oberer Grindelwaldgletscher
33	3040 ± 100 BP (B-2287)	Boden, King 1974, 76/77, Steingletscher
34	2820 ± 130 BP (B-2288)	Torfbasis, King 1974, 75–79, Steingletscher
35	2210 ± 100 BP (B-2286)	Holz, King 1974, 79/80, Steingletscher
Gotthard		
36	9730 ± 120 BP (UZ-119)	Torfbasis, Renner 1977, 59/60 Witenwasseren-Gletscher
37	3880 ± 100 BP (B-2271)	Holz, Kägi 1973, 25, Witenwasseren-Gletscher
Davos		
38	3935 ± 165 BP (UZ-90)	Holzkohle, Vuagneux 1980, Weisshorngletscher, Holzkohle 2240 m ü.M. auf einer Seitenmoräne
39	3515 ± 80 BP (UZ-120)	Holz, Vuagneux 1980, Weisshorngletscher, Arvenstamm aus einem Moor, 2270 m ü.M., 40 m über dem heutigen geschlossenen Alpenrosengürtel
Engadin		
40	9635 ± 160 BP (UZ-46)	Torfbasis, Beeler 1977, 211–215, Palügletscher
41	9460 ± 140 BP (B-2635)	Torf, Beeler 1977, 211–215, Palügletscher
42	8630 ± 165 BP (UZ-140)	Torfbasis, Suter, unpubl. Vadret Calderas, Moor 2585 m ü.M., 200 m ausserhalb 1850-Moräne
43	5160 ± 75 BP (UZ-38)	Holz, Schollenberger 1976, 41/42, Tschiervagletscher
44	4510 ± 90 BP (UZ-116)	Holz, Gamper, unpubl., Tschiervagletscher, Holz aus dem Gletschervorfeld, Gletscher damals kleiner als um 1960 n.Chr.
45	1570 ± 55 BP (Hv-6129)	Humose Schmitzen, Beeler 1977, 177–180, Cambrenagletscher
46	1490 ± 100 BP (B-2531)	Torf, Beeler 1977, 177–180, Cambrenagletscher
47	925 ± 75 BP (UZ-40)	Holz, Fitze, in Beeler, 1977, 220, Morteratschgletscher
48	815 ± 75 BP (UZ-42)	Holz, Schollenberger 1976, 38–41, Roseggletscher

Die Abkürzungen stehen für folgende Laboratorien:
B Universität Bern
Hv Niedersächsisches Landesamt für Bodenkunde, 3-Hannover 23
Ly Laboratoire de Radiocarbon, Université de Lyon
Sa Saclay (Gif-sur-Yvette, France)
UZ Universität Zürich

Weil es sich bei dieser Arbeit um eine Zusammenfassung von Resultaten handelt, können wir weder in der Darstellung noch im folgenden Text auf die Einzeluntersuchungen eingehen. Die ^{14}C-Daten sind im Text mit Nummern versehen, die im Anhang zu Abbildung 3 das Auffinden des zitierten Datums und der zugehörigen Literatur erleichtern sollen.

Wie die Figuren der Neuzeit deutlich belegen, wachsen die verschiedenen Gletscher – von individuellen Abweichungen abgesehen – gleichzeitig zu Hochständen an, haben gleichzeitig ihre grösste Ausdehnung und schmelzen auch gleichzeitig wieder ab. Bei der Bearbeitung unserer Postglazialchronologie setzen wir voraus, dass dieses Verhalten der Gletscher während des gesamten Postglazials unverändert blieb. Damit darf vom Verhalten eines einzelnen Gletschers auf ein allgemeines Verhalten der Schweizer Gletscher geschlossen werden.

Trotzdem sind wir noch nicht in der Lage, die postglazialen Gletscherbewegungen als Kurve abzubilden. Der Grund dafür sind die grösseren zusammenhängenden Datenabschnitte, innerhalb deren vom mathematischen Gesichtspunkt her Gruppierungen nicht erlaubt sind. In einigen Fällen allerdings sind mehrere Daten aus ein und demselben Profil vorhanden. Durch eine eindeutige stratigraphische Abfolge lässt sich dort die Reihenfolge der Ereignisse bestimmen.

Die Ergebnisse werden in einzelnen Abschnitten, die Dr. G. Schwarz, Zürich, nach der statistischen Bearbeitung der Daten (nach Willkomm 1976, 86) erhielt, besprochen. Dr. C. Burga, Zürich, hat die glazialmorphologischen Ergebnisse jedes Abschnittes mit den pollenanalytischen Befunden der Schweiz verglichen. Wir möchten hier für diese Unterstützung der Arbeit herzlich danken.

10 000–8500 BP

Die Daten 9760 ± 175 BP (19), 9200 ± 100 BP (28), 9730 ± 120 BP (36), 9635 ± 160 BP (40), 8630 ± 165 BP (42) belegen, dass die im

Anhang erwähnten Gletscher z.T. bereits vor 9700 Radiokarbon-Jahren auf ihre neuzeitliche Grössenordnung abgeschmolzen waren. Dies stützt die Ergebnisse von Patzelt (1977, 252), der für das erstmalige Erreichen der neuzeitlichen Grössenordnung den Zeitraum um oder etwas nach 9500 BP angibt.
Vor 9460 BP (41) ergeben sich auf Grund pollenanalytischer Untersuchungen Hinweise auf einen Vorstoss des Palügletschers (Palü-Schwankung), der nur wenig über die neuzeitliche Grössenordnung hinausreichte (Beeler 1977, 262). Zeitlich lässt sich die Palüschwankung mit der Schlaten-Schwankung (Patzelt 1973, 65) vergleichen.

8500–7200 BP
In den Vorfeldern des Glacier de Tsidjiore Nouve, des Gorner- und des Zmuttgletschers wuchsen Lärchenwälder, die in einer oder mehreren späteren Phasen von den oben genannten Gletschern überfahren wurden: Tsidjiore Nouve 8400 ± 200 BP (1), Gornergletscher 8160 ± 220 BP (2) und 7360 ± 180 BP (5), Zmuttgletscher 7680 ± 130 BP (3) und 7590 ± 180 BP (4).
Beim Gornergletscher ist zu vermuten, dass er nach dem Vorstoss von 8160 ± 220 BP abschmolz und um 7360 ± 180 BP erneut vorstiess.
Die beiden älteren Holzfunde sind eher der Venediger-Schwankung (Patzelt 1973) zuzuordnen, während die drei jüngeren Holzfunde zeitlich der etwas abgesetzten Oberhalbsteiner-Schwankung (Heitz 1975) entsprechen sowie der von King (1974) am Sustenpass nachgewiesenen Kaltphase (29).

7200–5900 BP
Zu den in der Schweiz nachgewiesenen Misoxer-Kaltphasen (Zoller 1960) sowie zu den ostalpinen Klimaschwankungen Buntes Moor (Mayr 1964), Larstig (Heuberger 1966) und Frosnitz (Patzelt 1973), besitzen wir aus der Schweiz nur vereinzelte geomorphologische Fakten. (Burga 1979: Alp Anarosa/GR: Valletta-Gletscher grösser als 1850, extramoränes Moor bei 2350 m ü. M.)

5900–5600 BP
Ein Lärchenstamm aus dem Vorfeld des Allalingletschers bezeugt, dass der Gletscher während mindestens 150 Jahren kleiner als um 1850 war. H. Röthlisberger schreibt dazu: «Although the trees were not found in the exact position where they had been growing, there is little doubt that they were incorporated in the moraine after having been overrun by the advancing glacier.» (Mitteilung H. Röthlisberger 1967 in F. Röthlisberger 1973, 186.) Das bedeutet, dass der Allalingletscher um 5760 ± 120 BP (20) vorstiess und die Grössenordnung von 1850 erreichte.
Die bisherigen pollenanalytischen Untersuchungen aus den Schweizer Alpen liefern jedoch nur unsichere Hinweise auf postglaziale Klimaschwankungen (Burga 1979). Ebenso fehlen Belege aus den Ostalpen.

5200–4200 BP
In den Vorfeldern des Allalin-, 5100 ± 100 BP (21), Gorner-, 4840 ± 150 BP (6), Oberaar-, 4600 ± 80 BP (31), Oberen Grindelwald-, 4700 ± 160 BP (30), 4400 ± 120 BP (32) und Tschiervagletschers 5160 ± 75 BP (43), 4510 ± 90 BP (44) konnte überall Holz gefunden werden, das vom vorstossenden Gletscher überfahren wurde.
Die Ausdehnung von 1850 wurde vom Oberaar- und Oberen Grindelwaldgletscher überschritten.
Ob es sich beim Oberen Grindelwaldgletscher um zwei Vorstossphasen handelt, kann noch nicht gesagt werden, weil deren Alter statistisch gleich sind. Hingegen sind beim Tschiervagletscher zwei Vorstossphasen nicht auszuschliessen.
Für zwei Klimarückschläge sprechen auch die Untersuchungen am Rotmoos (Patzelt 1973), wobei der ältere Holzfund am Tschiervagletscher zeitlich Rotmoos 1 und der jüngere Rotmoos 2 entspricht.
Am Übergang der Pollenzonen VII/VIII sind in den Pollendiagrammen der Schweizer Zentralalpen mehrere Anzeichen für Klimaschwankungen gegeben (Burga 1977, 1979; Heitz 1975; Müller 1972; Wegmüller 1976; Zoller 1960). Es ist jedoch von diesem Zeitpunkt an stets mit anthropogenen Vegetationsbeeinflussungen zu rechnen (Burga 1976).

4200–3100 BP
In diesem Zeitabschnitt lag die damalige Waldgrenze höher als heute die potentielle Waldgrenze (bezogen auf die obere Grenze des geschlossenen Alpenrosen-Gürtels). Die-

sen Schluss ziehen wir aufgrund der Holzfunde am Monte Miné 4030 ± 250 BP (7), am Flüelapass 3935 ± 165 BP (38) und 3515 ± 80 BP (39), im Raum Zermatt 3360 ± 230 BP (8) und am Gotthard 3880 ± 100 BP (37).

Daher darf dieser Zeitabschnitt als Phase geringer Gletscherstände angesehen werden.
Auch in den uns bekannten Pollendiagrammen aus der Schweiz liegen keine eindeutigen Hinweise auf Schwankungen vor. Wohl treten in einigen Diagrammen NBP- oder Strauchphasen auf, die aber alle eher als anthropogen zu deuten sind.
Es scheint, dass diese Phase mit höherer Waldgrenze durch die Löbben-Schwankung (Patzelt 1973) beendet wird. In der Schweiz konnte diese Schwankung durch radiodendrochronologische Untersuchungen für den Zeitraum um 3200 BP ebenfalls nachgewiesen werden (F. Röthlisberger, W. Bircher, F. Renner, F. Schweingruber in Vorbereitung, mündl. Mitteilung von F. Renner 1979).

3100–2100 BP
Baumstämme in den Vorfeldern des Glacier de Tsidjiore Nouve, des Glacier de Ferpècle und des Allalingletschers deuten auf einen späteren Gletschervorstoss hin: Tsidjiore Nouve 2940 ± 150 BP (9), Ferpècle 2450 ± 200 BP (10), Allalin 2750 ± 100 BP (22).
Aus dem Profil «Hotel Steingletscher» ergibt sich für den gleichnamigen Gletscher ein Vorstoss um 3000 BP von mindestens 200 m über den Stand von 1850 hinaus, der durch die ^{14}C-Daten 3040 ± 100 BP (33) und 2820 ± 130 BP (34) gesichert ist, welche ihrerseits den Ergebnissen der Pollenanalysen nicht widersprechen.
Ebenfalls aus dem Gebiet des Steingletschers liegt ein Holzfund 2210 ± 100 BP (35) aus der Torfbasis eines Moores nur wenig vor der Stirnmoräne von 1850 vor. Das ^{14}C-Datum widerspricht dem pollenanalytischen Ergebnis des Basistorfes nicht. Das bedeutet, dass sich der Steingletscher vor 2210 ± 100 BP (35) mindestens bis hinter die neuzeitlichen Moränen zurückgezogen hatte.
Diese zeitliche Abfolge darf deshalb angenommen werden, weil die beiden Basistorfproben pollenanalytisch mit einem durchgehenden Profil verglichen und in dieses eingeordnet werden konnten.
Auch in den Pollendiagrammen von Zoller et al. (1966) zeichnet sich Ende Subboreal und im Älteren Subatlantikum eine Klimadepression ab. Diese pollenanalytisch nachgewiesene Schwankung erscheint sehr glaubwürdig, weil sie durch geomorphologische Fakten (Gletscherstände: Damma- und Chelengletscher) gestützt wird.
Angeblichen Anzeichen von Klimaschwankungen in spätholozänen Pollendiagrammen ist wegen anthropogener Einflüsse stets mit äusserster Skepsis zu begegnen.

2000–600 BP
Weil die Holzfunde, die diesem Zeitabschnitt angehören, statistisch nicht voneinander zu trennen sind, ist es schwierig, eine gewisse Gliederung der Ereignisse zu erreichen. Zum besseren Verständnis seien die einzelnen Ereignisse, getrennt nach Regionen, kurz dargestellt:

Raum Zermatt
Aus einem Moränenprofil am Mont Miné geht hervor, dass zwischen der Bodenbildung, die altersmässig in der Grössenordnung der beiden ^{14}C-Daten 1905 ± 75 BP (11) und 1810 ± 100 BP (12) liegt, und dem darüberliegenden Lärchenstamm 1555 ± 60 BP (13) ein Gletschervorstoss wie um 1920 erfolgte. Der Lärchenstamm seinerseits wurde bei einem erneuten Gletschervorstoss von der Grössenordnung von 1850 mit Moränenmaterial bedeckt. Dieser Vorstoss ist sicher älter als die Bodenbildung 900 ± 75 BP (17) über diesem Moränenmaterial.
Aus dem Absterbedatum 1400 ± 100 BP (14) eines 400jährigen Lärchenstrunks aus dem Vorfeld des Zmuttgletschers kann geschlossen werden, dass der Gletscher während mindestens 400 Jahren kleiner als um 1920 war, und dass anschliessend ein Gletschervorstoss erfolgte, bei dem der Strunk überfahren wurde.
Der Holzkohlefund im Vorfeld des Gornergletschers besagt, dass der Gletscher um 1000 ± 90 BP (16) mindestens 200 m hinter dem Stand von 1850 lag.
Aufgrund eines Holzfundes aus der Seitenmoräne ist anzunehmen, dass der Findelengletscher um 1015 ± 255 BP (15) eine Ausdehnung wie um 1890 erreicht hatte.

Übriges Wallis
Die Datierung eines Holzkohlehorizontes 1955 ± 80 BP (23) von einer Stelle, die um 1850 eisbedeckt war, ergab, dass um 2000 BP der Feegletscher kleiner als um 1850 gewesen sein muss.
Die Altersbestimmungen der Holzfunde am Aletschgletscher deuten auf einen relativ hohen Gletscherstand nach 1800 BP in der Grössenordnung von 1890: 1860 ± 100 BP (24) und 1760 ± 100 BP (25). Vor 800 BP hatte der Aletschgletscher während mindestens 150 Jahren eine kleinere Ausdehnung als um 1960. Um 800 BP folgte ein neuer Vorstoss, der durch zwei datierte Wurzeln gesichert ist: 800 ± 100 BP (26) und 720 ± 100 BP (27).

Engadin
Der Cambrenagletscher stösst um 1500 BP bis in die Grössenordnung von 1850 vor, was die Daten 1570 ± 55 BP (45) und 1490 ± 100 BP (46) belegen.
Der von Moränenmaterial überschüttete Arvenstrunk am Morteratschgletscher 925 ± 75 BP (47) und der von Moränenmaterial umgebene Strunk am Roseggletscher 815 ± 75 BP (48) zeugen von einer Zeit vor rund 900 Radiokarbonjahren mit geringeren Gletscherständen als um 1850. Der anschliessende Vorstoss erreichte die Grössenordnung von 1850.

Zusammenfassend lässt sich folgendes sagen: Innerhalb des besprochenen Zeitabschnittes liegen mindestens zwei Gletschervorstösse. Dies wird aufgrund der Stratigraphie des Profiles Mont Miné geschlossen. Auch beim Aletschgletscher liegt die Vermutung nahe, dass es sich um zwei verschiedene Vorstossphasen handelt. Da uns aber auch in diesem Abschnitt durchgehende stratigraphische oder pollenanalytische Profile fehlen, sind wir nicht in der Lage, in den einzelnen Gebieten die Gletschervorstösse oder Zeitabschnitte geringer Gletscherausdehnungen einander zuzuordnen.
In diesen Zeitabschnitt fallen auch die ersten historischen Daten: 580 AD: Ausbruch des Gletschersees, der durch den Glacier du Giétro aufgestaut worden war. Dies deutet auf eine Gletscherausdehung wie um 1850 hin (Schneebeli 1976, 25).
Um 1300 AD: Der Fieschergletscher muss eine Ausdehnung von mindestens der Grössenordnung von 1940 gehabt haben. Dies ist durch eine Wasserfassung belegt (Holzhauser 1978, 79).
Einzig die pollenanalytischen Ergebnisse von Zoller et al. (1966), welche mit geomorphologischen Befunden im Zusammenhang stehen (Vorstösse des Damma- und Chelengletschers), deuten auf eine Klimaverschlechterung in der zweiten Hälfte des Älteren Subatlantikums hin.

Nach 500 BP
Auf eine eisfreie Zeitspanne vor 440 ± 70 BP (18) deutet ein Arvenstamm aus dem Vorfeld des Findelengletschers hin. Die Ausdehnung des Findelengletschers war während mindestens 300 Jahren kleiner als um 1936, als das Holz vom Gletscher freigegeben wurde. Durch das Absterbedatum wird ein Gletschervorstoss über die Ausdehnung von 1940 hinaus belegt.

Abkürzungen

EF 13	Erdwissenschaftliche Forschung, Bd. 13 (Dendrochronologie und postglaziale Klimaschwankungen in Europa, Hrsg. B. Frenzel, 1977)
GH	Geographica Helvetica
ZG	Zeitschrift für Geomorphologie N.F.
ZGG	Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie
Dipl. Arb.	Diplomarbeit

Literatur

Beeler, F. 1977: Geom. Untersuchungen am Spät- und Postglazial im Schweiz. Nationalpark und im Berninapassgebiet (Südrätische Alpen). Erg. wiss. Unters. im Schweiz. Nationalpark, 15, N.F., Nr. 77.

Bircher, W. 1977: Lageänderungen von Gletscherzungen im Saastal. Dipl. Arb., Manus. am Geogr. Inst. Univ. Zürich.

Bortenschlager, S. 1977: Ursachen und Ausmass postglazialer Waldgrenz-Schwankungen in den Ostalpen. EF 13.

Braun-Blanquet, J. 1957: Ein Jahrhundert Florenwandel am Piz Linard. Bull. Jard. Bot. Etat Brux., vol. jubilaire Walter Robyns, Bruxelles.

Burga, C. 1976: Frühe menschliche Spuren in der subalpinen Stufe des Hinterrheins. GH, Nr. 2.

- 1977: In Fitze P. und Suter J.: Führer zur ALPQUA 77, Schweiz. Geomorph. Ges.

- 1979: Pollenanalytische und geomorphologische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte und Quartärgeologie des Schams und des San Bernardino-Passgebietes (Kanton Graubünden, Schweiz). Unveröff. Manuskript Univ. Basel.

Forel, F.A.: Les variations périodiques des glaciers des Alpes suisses. 1880–1911. Rapports annuels. 1. rap. 1880 bis 32. rap. 1911. Mercanton, P.L. 1907 bis

1955: Mitarbeit ab 28. rap. bis 76. rap. Renaud A. 1950 bis 1962: Mitarbeit ab 71. rap. bis 83. rap. Kasser, P. 1964 bis 1974: Mitarbeit ab 84. rap. bis 92. rap. in Schweizer Alpenclub: Jahrbücher. Bern.

Fries, M. 1977: Ehemalige Gletscherstände im Val Maighels. Dipl. Arb., Manus. am Geogr. Inst. Univ. Zürich.

Gamper, M. und Suter, J. 1978: Der Einfluss von Temperaturänderungen auf die Länge von Gletscherzungen. GH, Nr.4.

Gasenzer, H. 1964: Morphologische Untersuchungen in einem Gletschervorfeld (Bifertengletscher). Dipl. Arb., Manus. am Geogr. Inst. Univ. Zürich.

Heitz, C. 1975: Vegetationsentwicklung und Waldgrenzschwankungen des Spät- und Postglazials im Oberhalbstein (Graub./Schweiz) mit bes. Berücksichtigung der Fichteneinwanderung. Beitr. z. Geobot. Landesaufn. der Schweiz, Nr.55, Bern.

Heuberger, H. 1966: Gletschergeschichtliche Untersuchungen in den Zentralalpen zwischen Sellrain und Oetztal. Wissenschaftl. Alpenvereinshefte, Innsbruck, H.20.

Hoinkes, H. 1977: Über Beziehungen zwischen der Massenbilanz des Hintereisferners und Beobachtungen der Klimastation Vent. Annalen der Meteorologie Nr.5, Zürich.

Holzhauser, H. 1978: Zur Geschichte des Fieschergletschers. Dipl. Arb., Manus. am Geogr. Inst. Univ. Zürich.

Kägi, H.U. 1973: Die traditionelle Kulturlandschaft im Urserental. Diss. Univ. Zürich.

King, L. 1974: Studien zur postglazialen Gletscher- und Vegetationsgeschichte des Sustenpassgebietes. Basler Beiträge z. Geog. H.18, Basel.

Kinzl, H. 1949: Formenkundliche Beobachtungen im Vorfeld der Alpengletscher. Veröffentlichungen des Museum Ferdinandeum, Bd.26/29.

Landolt, E. 1969: Unsere Alpenflora. Verlag Schweizer Alpenclub.

Le Roy Ladurie, E. 1967: Histoire du climat depuis l'an mil. Paris.

Mayr, F. 1964: Untersuchungen über Ausmass und Folgen der Klima- und Gletscherschwankungen seit dem Beginn der postglazialen Wärmezeit. ZG, 8, H.3.

Mercanton, P.L. 1916: Vermessungen am Rhonegletscher 1874–1915. Neue Denkschrift der Schweiz. Naturforschenden Ges., Bd.LII.

Messerli, B. et al. 1975: Die Schwankungen des Unteren Grindelwaldgletschers seit dem Mittelalter. Ein interdisziplinärer Beitrag zur Klimageschichte. ZGG, 11, H1.

Müller, F., Caflisch, T. und Müller, G. 1976: Firn und Eis der Schweizer Alpen. Gletscherinventar. Geogr. Inst. ETH, Publ. Nr.57.

Müller, H.J. 1972: Pollenanalytische Untersuchungen zum Eisrückzug und zur Vegetationsgeschichte im Vorderrhein- und Lukmaniergebiet. Flora, Bd.161.

Müller, H.N. 1975: Untersuchungen ehemaliger Gletscherstände im Rossbodengebiet (Simplon, Wallis). Dipl. Arb., Manus. am Geogr. Inst. Univ. Zürich.

Öschger, H. und Röthlisberger, H. 1961: Datierung eines ehemaligen Standes des Aletschgletschers durch Radioaktivitätsmessungen an Holzproben und Bemerkungen zu Holzfunden an weiteren Gletschern. ZGG, 4, H.3.

Patzelt, G. 1973: Die neuzeitlichen Gletscherschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen). ZGG, Bd.IX, H.1–2.

– 1977: Der zeitliche Ablauf und das Ausmass postglazialer Klimaschwankungen in den Alpen. EF, 13.

Radiocarbon: Zeitschrift für gesammelte ^{14}C-Daten.

Renner, F. 1977: Ehemalige Gletscherstände im Witenwasseren- und Muttental (Urseren). Dipl. Arb., Manus. am Geogr. Inst. Univ. Zürich.

Röthlisberger, F. 1973: Blümlisalpsagen und Gletscherpässe im Raume Zermatt–Ferpècle–Arolla. (Ein Beitrag zu Klimaschwankungen im Postglazial mit einem Anhang über Holzfunde aus Gletschern). Dipl. Arb., Manus. am Geogr. Inst. Univ. Zürich.

– 1976: Gletscher und Klimaschwankungen im Raum Zermatt, Ferpècle und Arolla. Die Alpen, H3/4.

Schneebeli, W. 1976: Untersuchungen von Gletscherschwankungen im Val de Bagnes. Die Alpen, H.3/4.

Schollenberger, B. 1976: Moränenwälle im hinteren Rosegtal. Dipl. Arb., Manus. am Geogr. Inst. Zürich.

Suter, J. und Suter, U. 1976: Glazialmorphologische Untersuchungen in der Val Bever. Dipl. Arb., Manus. am Geogr. Inst. Univ. Zürich.

Vuagneux, R. 1980 (im Druck): Glazialmorphologische Untersuchungen spät- und nacheiszeitlicher Gletscherstände im Raume Flüelapass. Diss. Univ. Zürich.

Wegmüller, H.P. 1976: Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den Thuralpen und im Faningebiet (Kanton Appenzell, St.Gallen, Graubünden/Schweiz). Bot. Jb. Syst. 97, H.2.

Willkomm, H. 1976: Altersbestimmungen im Quartär. Verlag Karl Thiemig.

Zoller, H. 1960: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz. Denkschr. Schweiz. Natf. Ges. 83, Abh.2.

– 1977: Pollenanalyse, Klimaschwankungen und Gletscherstände im ausgehenden Pleistozän und Holozän der östlichen Schweizer Alpen. Vortrag vom 7.Okt. 1977 an der 157.Jahresversammlung der SNG, Bern.

Zoller, H., Schindler, C. und Röthlisberger, H. 1966: Postglaziale Gletscherstände und Klimaschwankungen im Gotthardmassiv und Vorderrheingebiet. Verh. Natf. Ges. Basel, 77, Nr.2.

Zumbühl, H.J. 1975: Die Schwankungen des Unteren Grindelwaldgletschers in den historischen Bild- und Schriftquellen des 12. bis 19.Jahrhunderts. ZGG, 11, H.1.

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Gerhard Furrer
Dipl. Geogr. Barbara Gamper-Schollenberger
Dipl. Geogr. Jürg Suter
Geographisches Institut der Universität Zürich
Postfach
CH-8033 Zürich

Graphische Ausführung:
Dr. Gerhard Kasper
Dipl. Geogr. Hanspeter Holzhauser