**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:** Gletscher und Vegetation im Lauf der letzten hunderttausend Jahre : vorläufige Mitteilung

**Autor:** Welten, Max

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-90736

**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:** 15.07.2025

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

# Gletscher und Vegetation im Lauf der letzten hunderttausend Jahre. Vorläufige Mitteilung.

Max Welten

**Zusammenfassung**

Mittel- und Jungquartär sind in einer einzigen 70-m-Sondierbohrung mit zwei Interglazialen pollenanalytisch untersucht worden (Meikirch bei Bern). – R/W (Eem) und Würmablagerungen wurden im Zürcher Oberland pollenanalytisch untersucht (Schieferkohlen von Dürnten, Schöneich, Gossau; fluvioglaziale Rinnenablagerungen bei Uster). Eine annähernd vollständige Reihe Riss-Eem-Frühwürm-Mittelwürm wird als Schema des Jungquartärs am Alpennordrand dargestellt und diskutiert. – Das Spätglazial scheint nach jüngsten Untersuchungen in die drei Hauptphasen zu zerfallen: Eisabschmelzen / Bölling-Alleröd-Interstadial / Spätwürm-Endstadial (=Jüngere Dryas). – Auf einige spezielle Ergebnisse aus dem Wallis wird kurz hingewiesen: Eisfreiwerden des Simplonpasses, letzter grosser Aletschgletschervorstoss, der Mensch als Landschaftsgestalter.

**Résumé**

Un sondage de 70 m a fourni par l'analyse palynologique une série de trois glaciations et de deux interglaciaires (Meikirch près de Berne). – Une série de 11 profiles quaternaires de l'Oberland Zurichois de Dürnten à Uster, d'une part représentée par des charbons feuilletés, d'autre part par des sédiments fluviatiles et fluvioglaciaires, a permis de décrire le développement du climat et de la végétation de la glaciation würmienne. – Le Tardiglaciaire des palynologues semble se subdiviser en trois parties principales: Fonte et retrait des grands glaciers valléculaires, interstade Bölling-Alleröd, stade finiglacial du Jeune Dryas. – Quelques résultats palynologiques du Valais sont mentionnés: Le Simplon libéré des neiges et glaces würmiennes, le retrait du glacier d'Aletsch, l'influence de l'homme sur le paysage du Valais.

**Einführung**

Es ist eine Eigentümlichkeit der letzten 1-2 Millionen Jahre der Geschichte der Erde, dass deren geomorphologisches Bild zwischen zwei Extremwerten mehrfach wechselte. Wir erkennen diese Extreme eindrücklich an einer heutigen Reliefkarte der Schweiz und einer Vergletscherungskarte der zwei letzten Eiszeiten.

Bedenken wir aber: Die Zeiten zwischen diesen Extremsituationen umfassen wahrscheinlich 80% des Quartärs. Über sie wissen wir mangels eines kontinuierlichen Registriermittels sehr wenig. Sogar über das Klima der Extremsituationen selbst und über dessen Verlauf sind wir kaum orientiert, weil uns vergleichbare Messkriterien fehlen.

In diese Lücke springt die Biosphäre mit ihren Fossilrückständen. Grossreste von Tieren und Pflanzen haben allgemeine punktförmige Vorstellungsbilder einzelner Quartärsituationen geschaffen. Erst die Pollenanalyse hat seit fünfzig Jahren vegetations- und klimageschichtliche Reihen über lange Zeitspannen weg aufgedeckt und damit begonnen, kontinuierliche Quartärgeschichte zu schreiben. Bloss hat die Pollenanalyse mit der Grundschwierigkeit aller Quartärwissenschaften zu rechnen, dass nämlich die Archive der Natur diskontinuierlich sind, ein Stück der Geschichte hier, ein anderes dort, ein drittes selten aufgehoben ist. Um so enger muss die Pollenanalyse zusammenarbeiten mit Quartärgeologie und Quartärphysik, insbesondere und soweit möglich mit moderner Datierungstechnik. Um so mehr auch muss sie jede Gelegenheit wahrnehmen, aus offenen Aufschlüssen und langen Bohrprofilen ausgedehnte Informationsreihen zu gewinnen, die

später unzweideutig zum Gesamtbild zusammengefügt werden können.
Ich möchte einige Ergebnisse meiner vegetationsgeschichtlichen Untersuchungen vorlegen. Es sei betont, dass ich dabei eine enge Auswahl treffe, eine Übersicht zu geben versuche und dabei meine heutige persönliche Ansicht zur Darstellung bringe.
1. Ich stelle die hunderttausend Jahre des Vortragstitels zuerst in den Rahmen des jüngern Quartärs mit dem einzigartigen Profil Meikirch, 2. behandle breiter die Ergebnisse aus dem Zürcher Oberland und obern Glattal, die die letzte Interglazialzeit und das Würm-Glazial umfassen und vermutlich den Zeitraum von hunderttausend Jahren betreffen, 3. füge ich einige moderne Erkenntnisse an über das Ende dieser letzten Eiszeit, das Spätglazial, und 4. spreche von einigen speziellen Ergebnissen aus dem Wallis.
Ich schicke einige Erklärungen voraus: Eine Interglazialzeit ist eine extreme Warmzeit, ähnlich derjenigen, in der der Mensch seit 10000 Jahren, seit dem Mesolithikum, lebt. Sie wird auch als Zwischeneiszeit bezeichnet und zeichnet sich aus durch Warm- und Laubwälder in Tieflagen, durch üppige Auenwälder an den Tieflandflüssen, durch gehölz- und holzreiche Bergwälder, in unserem Interglazial durch die Ersatzvegetation der Obst-, Wein-, Acker- und Wiesenkulturen.
Eigentliche Glazialzeiten sind Zeiten der Gletscherbedeckung im Tiefland. Sie sind auch in der weitern Umgebung der Gletscher völlig baumlos und weisen meist keine geschlossenen alpinen Rasen auf, höchstens verstreute Pionierpflanzen.
Die zeitlich viel ausgedehnteren Zwischenphasen dieser Extreme werden bezeichnet als Interstadiale, wenn sie in Tieflagen eine Strauch- und Baumvegetation aus kälteresistenten Arten wie Weiden, Birken, Föhren, Arven, Fichten, Lärchen, Grün- und Grauerlen, Sanddorn, Wacholder, in montanen Lagen alpine Rasen aufweisen; als gemässigte Kaltzeit, evtl. Stadiale, wenn in Tieflagen alpine Rasen und vereinzelte Gehölze wachsen. Der Vegetationstyp der Kälte-Trockensteppe mit Artemisien (Wermuth-Arten), Chenopodiaceen (Salzliebenden) und Ephedra (Meerträubchen, nicht Johannisbeeren!) ist ein kontinentaler Vegetationstyp, den wir heute bei uns nicht kennen, und der sich meist nach extremer Vereisung stark entwickelt.

## Das jüngere Quartär im Profil Meikirch bei Bern (Mittel- und Jung-Pleistozän, Jüngeres Diluvium)

Es ist ein ganz einzigartiger Glücksfall, dass man in einer Bohrung von 70 m Länge die Ablagerungen und den Blütenstaub aus drei Eiszeiten und zwei Interglazialzeiten untersuchen kann. In Mitteleuropa ist das noch nirgends möglich gewesen. Die Bohrung in Meikirch, 7 km nordwestlich Bern, wurde mir von den Geologen Dr. Kellerhals und Dr. Tröhler zur Verfügung gestellt.
Die Pollenanalysen, die im Pollendiagramm graphisch dargestellt werden, zeigen drei Abschnitte, in denen die Gras- und Kräuterpollen vorherrschen und die Pollen von Warmwaldelementen fehlen. Wir ordnen sie vorläufig den drei letzten Eiszeiten nach Penck und Brückner zu: Von unten nach oben Mindel-Eiszeit M, Riss-Eiszeit R, Würm-Eiszeit W. Zwischen ihnen liegen zwei Abschnitte mit dominierenden Warmwaldpollen, zwei Interglaziale: M/R = Holstein-Interglazial und R/W = Eem-Interglazial. Darüber ist in Meikirch das aktuelle Interglazial nur bruchstückweise entwickelt: Es wird als Holocän oder Alluvium oder Postglazial bezeichnet.
Anstelle des schwer überblickbaren Total-Pollendiagramms führen wir ein vereinfachtes und farbiges Summationsdiagramm dieser Zeitspanne von rund 300000 Jahren vor (Abb. 1).
Diese Übersicht spricht für sich selbst, wenn man weiss, wie sie entstanden ist: Zu jeder am rechten Rand angegebenen Profiltiefe wurden fünf vollständige Pollenanalysen ge-

*Abb. 1.* Vereinfachtes Pollendiagramm der Rotationskernbohrung bei Meikirch nordwestlich Bern. Alnus = Erle, Fagus = Buche, Carpinus = Hagebuche, Weissbuche, Larix = Lärche, Betula = Birke, Pinus = Föhre, Kiefer, EMW = Eichenmischwald (Eiche + Linde + Ulme + Esche + Ahorn), Corylus = Hasel, Abies = Weisstanne, Picea = Fichte, Rottanne, BP/NBP = Verhältnis Baumpollen zu Nichtbaumpollen (Kräuter), Gramineen = Gräser, Artemisia = Wermuth.

MEIKIRCH II
bei Bern 620m ü.M.
Rot.Kernbohrung 1971
Alt-Pleistocän
Mittel - Pleistocän
Jung - Pleistocän
Hol.
Mindel
Elster
300'000 B.P.?
M/R
Holstein I
Hol.II
Riss
Saale
100'000 B.P.?
R/W
Eem
Würm
Weichsel
10'000 B.P.
Alnus
Fagus
Carpinus
Larix
Betula
Pinus
EMW
Corylus
Carpinus
Sträucher
Alnus
Abies
Picea
BP/NBP
Gramin.
Artemisia
Diagramm
analys.M.Welten
M II
M I

mittelt. Sie enthalten also das Ergebnis von 1000–3000 Pollenbestimmungen in Prozenten. Im 100-Prozent-Rahmen des farbigen Bandes wurden von links nach rechts der Reihe nach aufgetragen: Betula = Birke (blaue Punkte), Pinus = Föhre (orange), EMW = Eichenmischwald (rot) (Eiche, Linde, Ulme, Esche, Ahorn), Corylus = Hasel (gelb), Carpinus = Hagebuche, Weissbuche (rote Punkte), Alnus = Erle und andere Sträucher (weiss), Abies = Weisstanne (blau), Picea = Fichte, Rottanne (grün), BP/NBP = Baumpollen/Nichtbaumpollen-Grenze (dicker schwarzer Trennstrich), NBP von links nach rechts: Varia, Gramineen = Gräser, Artemisia = Wermuth (schwarz).

Wir weisen nur auf folgende Besonderheiten hin:

a) Die Würmeiszeit weist sehr viel (40 m!) Grobkies und Moränenmaterial auf und ist darum kaum analysierbar (siehe weiter unten).

b) Die Eem-Warmzeit soll ca. 11000 Jahre gedauert haben. Sie ist durch starken Hagebuchenanteil gekennzeichnet und weist am Ende überall, wo wir Untersuchungen haben, ganz schwache Buchen-Einwanderung auf, im Gegensatz zum Postglazial mit unsern Buchenwäldern.

c) Dem Riss-eiszeitlichen Abschnitt fehlt jede Spur von Moräne. Er weist ein Fichten-Interstadial und ein spätes Birken-Lärchen-Interstadial auf.

d) Die Holstein-Warmzeit ist wie anderwärts in Europa zweiteilig, weist bei uns keine Hagebuche und nur verschwindende Spuren von Buche auf, dagegen viel Erle, Fichte und Tanne. Wir schliessen daraus, dass sie klimatisch kühler und feuchter war als das Eem. Ihre Dauer wird ganz provisorisch auf 15000–30000 Jahre geschätzt.

e) Von der Mindel-Eiszeit ist wegen Bohrerbruchs nur das Ende erreicht worden. Massive Einschwemmungsspuren in einer Tiefe um 64 m verraten aber das Vorhandensein eines noch ältern Interglazials, des Cromer-Interglazials, das auch in Meikirch wieder viel Hagebuche enthalten haben muss.

## Eem-Warmzeit und Würm-Eiszeit im Zürcher Oberland und obern Glattal

Meine frühesten Quartäruntersuchungen stammen aus dem Aaretal, aus dem klassischen Untersuchungsgebiet von Paul Beck und Eduard Gerber. Seit drei Jahren wurdem mir nun durch die Freundlichkeit der Geologen Dr. Wyssling und Dr. Locher die zahlreichen Tiefbohrungen des Wasserwirtschaftsamts des Kantons Zürich zur Verfügung gestellt, die heute ein derart umfangreiches und zusammenhängendes Netz von Ergebnissen bilden, dass nur hier die Geschichte des Jungpleistozäns so vollständig herauskommt. Wir konnten die acht Bohrungen durch zwei Bohrungen aus Nationalfondsmitteln bei Schöneich und Dürnten und eine Probeentnahme in der Kiesgrube Gossau-Bertschikon ergänzen. Die elf Profile sind deshalb von besonderem Wert, weil sich die eine Hälfte im Schieferkohlengebiet der obern Stufe, die andere im tieferliegenden Gebiet des obern Glattals mit fluvioglazialen und fluviatilen Ablagerungen befindet.

Schieferkohlen sind meist vom Gletscher gepresste, fossile Torf- und Holzlager, die durch Moränenmaterial und Bachschutt eingedeckt und im letzten Jahrhundert (z.T. noch im ersten Weltkrieg) an vielen Orten bergbaumässig abgebaut und für Heizzwekke verwendet wurden.

Die Mehrzahl der elf Profile weist über dem Molassefels nur würmzeitliche, wenige risszeitliche und keine älteren Ablagerungen auf. Vorhanden waren sie aber ursprünglich sicher. Das demonstriert eindrücklich, mit welch starker erodierender Kraft der Rhein-Linth-Gletscher jeweils über diese Landschaft gefahren ist. Der Seltenheitswert des Profils Meikirch nimmt dadurch zu.

Wir führen hier nur die Ergebnisse der Profilgruppe Dürnten und diejenigen von Uster an. Dürnten und Uster sind durch das klare Vorkommen interglazialer Schichten R/W = Eem von besonderer Bedeutung. Darunter liegen mächtige Seetone risszeitlichen Alters, darüber Ablagerungen aus der Würm-Eiszeit.

*Abb. 2.* Vereinfachtes Pollendiagramm von Dürnten im Zürcher Oberland. Deutsche Namen vgl. Abb. 1. Dazu: Salix = Weiden, Hippophaë = Sanddorn, Juniperus = Wacholder, Hedera = Efeu, Ilex = Stechpalme, Taxus = Eibe, Pinus cembra = Arve, Ephedra = Meerträubchen, Cyperaceen = Riedgräser. Das Diagramm ist aus zwei Bohrungen zusammengesetzt.

DURNTEN
I (49 – 3,70 m) + II (9,30 – 0 m) M. Welten 1978
Riss
Riss-Spätglazial
Molasse
Interglazial
R/W~ Eem
Früh - Würm
FW T 1
FW-Interst. 1
FW T2
FW-Int.st 2
T3
FW-Int 3
Mittel-Würm
T4
T5
Spät-Würm
T 6 Moräne?
Schieferkohle
Tiefe m
Salix
Hippophaë
Juniperus
Larix
Hedera
Alnus
Carpinus
Betula
Pinus
P. cembra
EMW
Corylus
Abies
Picea
BP/NBP
Kräuter
Gramineae
Artemisia
Ephedra
Cyperac.
Taxus
Ilex
Fagus

Betrachten wir zuerst das kombinierte Profil Dürnten (Abb. 2). Es setzt sich aus einer 50 m-Tiefbohrung am Tamelbach und einer 15 m-Bohrung am Oberberg zusammen. Die verwendeten Profilstücke sind am Kopf der Abbildung vermerkt. Das Diagramm ist in gleicher Weise konstruiert wie dasjenige von Meikirch, doch ist der Tiefenmaßstab der Dichte und Bedeutung der Einzelproben angepasst und darum variabel. Der einzige Abschnitt mit Warm- und Laubwald liegt zwischen 19 und 12 m. Er weist zwei Schieferkohleflöze auf, die durch eine Druckbelastungsstörung und durch fluviatiles Mineralmaterial getrennt sind. Er stellt ein typisches Eem-Interglazial dar, in dem einzig der Hagebuchenabschnitt durch die Störung stark reduziert ist, der aber wie anderwärts Hedera (Efeu), Ilex (Stechpalme), Taxus (Eibe) und Fagus (Buche) aufweist.

Das Profil von Dürnten zeigt oberhalb des Eem-Interglazials vorwiegend den Früh-Würm-Abschnitt. Dieser weist drei Kaltphasen und, nachfolgend, drei Warmphasen auf. Die Kaltphasen bezeichne ich, unabhängig davon, ob eine Lokalität gletscherbedeckt oder eisfrei war, mit T = Turicum und numeriere provisorisch von unten nach oben. Die Warmphasen erreichten bloss die Ausbildung von Fichtenwäldern (mit Föhre, Lärche und Grauerle) und werden darum als Interstadiale bezeichnet: Früh-Würm-Interstadiale 1, 2, 3. Es liegt nahe, sie mit entsprechenden Interstadialen Nordeuropas zu vergleichen (Amersfoort, Brörup, Odderade). Ich halte dafür, dass Amersfoort bei uns nicht oder sehr schlecht ausgebildet ist, unser F-W-Interstadial 1 Brörup entspricht, F-W-Interstadial 2 Odderade, während F-W-Interstadial 3 mit viel Larix und Hippophaë den neuen Namen Dürnten bekommen sollte. Freilich schematisieren wir vielleicht zu sehr mit der Annahme eines mehrmaligen Wechsels von Stadialen und Interstadialen. Die Kaltphase T2 enthält z. B. Abschnitte mit viel Arve (und Bergföhre?) und zum Teil auch Birke.

Das 124 m lange Profil von Uster kann hier nicht wiedergegeben werden. Es zeigt über der Molasse bis in eine Tiefe von 67 m risszeitlichen Seebodenlehm, dann 2 m Seekreide und Tongyttja mit einer Eem-Pollenflora (mit Hedera, Taxus, Buxus), dann 6 m Frühwürm-Ablagerungen mit den drei typisch ausgebildeten Interstadialen wie in Dürnten, darauf von 59 bis 10 m Tiefe hinauf Ablagerungen einer kalten und waldlosen Phase, die ich als Mittel-Würm bezeichnen möchte, zu oberst das Spät-Würm mit Moräne, die wahrscheinlich dem Würmvorstoss von ca. 20000 vor heute zuzuschreiben ist.

Die Ablagerungen und Erscheinungen der Würm-Eiszeit lassen sich nach meinen Beobachtungen in drei Abschnitte gliedern:

Diese Dreigliederung ist in jüngster Zeit mehrfach nachgewiesen worden: Am Samerberg am Inntalausgang (Grüger G. unpubliziert), in Grande Pile im westlichen Vorland der Vogesen (Woillard 1975 und 1978), in

Tab. 1. Eem-Interglazial und Würmglazial.

| R/W = Eem-Interglazial | WÜRM-GLAZIAL | | |
|---|---|---|---|
| | Frühwürm | Mittelwürm | Spätwürm |
| 90–70000 BP?<br>(120–90000) BP? | 70000?–55000 BP | 55000–25000 BP | 25000–13000 BP<br>resp. –10000 BP |
| | 2–(4?) warme Fichten-Interstadiale, getrennt durch Eisvorstösse, deren erster sehr stark und weitreichend war. Starke Gletscher-Erosion, nachfolgend. Akkumulation | alpine Rasen mit Gehölzresten, 2–3? schwache Interstadiale ohne Vollbewaldung. Eis bei mittl. Stand stagnierend, einige Vorstösse. Starke fluvio-glaziale Akkumulation | alpin-kontinentale Kältesteppe (Artemisia, Chenopod., Ephédra) Reste v. Kältesträuch., mittelstarker Gletschervorstoss um 20000 BP. Deckmoräne, Drumlins, geringe nachfolgende Akkumulation |
| Hypothesen: | | | |
| Klima | hohe Niederschläge<br>kalte Sommer<br>ziemlich kalte Winter | mittlere Niederschläge<br>kalte Sommer<br>kalte Winter | geringe Niederschläge<br>kalte Sommer<br>sehr kalte Winter |
| Gletscher | Killwangen, Wangen | Alpentäler, ev. Alpenrand | Schlieren-Zürich, Bern<br>(Bühl, Gschnitz, Daun) |

Tenagi Philippon in Nordgriechenland (Wijmstra 1969 und 1974), bei Padul in Südspanien (Menendez Amor 1971). Nicht anders war schon das Schema von Zagwijn und Paepe 1968.

Nach meinen Beobachtungen muss ich diesem schon fast klassisch gewordenen Schema ein neues entgegensetzen, in welchem ich nicht die mittlern Julitemperaturen, sondern die Gletschermächtigkeiten schematisch darzustellen versuche. Wenn es richtig wäre, dass die Gletschermächtigkeit vorwiegend von der Julitemperatur bestimmt wird, so könnte man, um die Vergletscherungskurve zu erhalten, die Kurve von Zagwijn und Paepe einfach spiegelbildlich umdrehen. Ich glaube aber, dass es anders ist. Die Depression der mittleren Julitemperatur um 9° fällt nämlich in eine sehr niederschlagsreiche Periode am Ende des Eem-Interglazials. Das führt zu mächtigem Gletscheranwachsen, dem mein neues Schema Rechnung trägt. Diese Auffassung wird durch sehr viele Indizien sedimentologischer und stratigraphischer Art gestützt, die hier nicht aufgeführt und diskutiert werden können. (Einige wich-

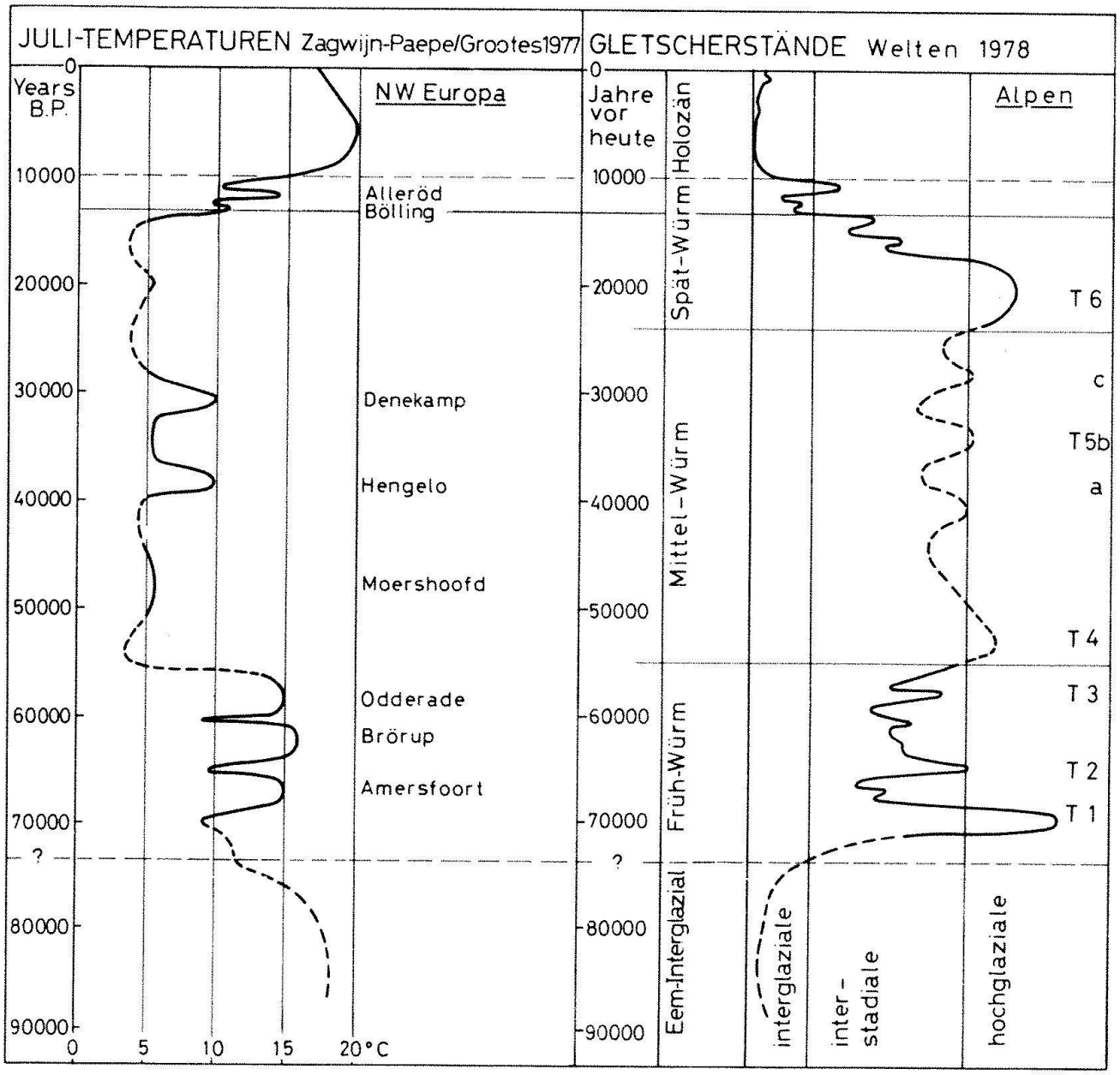



*Abb. 3.* Vergleich der hypothetischen Julitemperatur-Kurve der Holländer und Belgier (mit der verbesserten Datierung nach Grootes) und der hypothetischen Kurve der Gletscherstände nach der Ansicht des Autors. Die in NW-Europa gebräuchlichen Namen der Interstadiale sind vorläufig noch nicht völlig korrelierbar mit den im Nordalpengebiet festgestellten Interstadialen.

tige Argumente wurden anhand des Längsprofils Dürnten-Uster-Dübendorf angedeutet.) Wir stellen unser Schema dem Schema Zagwijn-Paepe an die Seite (Abb. 3).

**Bemerkungen zur Gliederung des Spätglazials**

Das Spätwürm kann auch in unvergletscherten Gebieten recht abrupt beginnen, wie etwa das Diagramm von Weiherbach im Suhrental (Luzern) zeigt. Trockenheit und Kälte (und Bodengefrornis) haben die mittelwürmzeitliche Gehölzvegetation fast ganz vernichtet: Nur Föhren-, Birken- und Wacholderspuren sind übriggeblieben. Fichten, Weisstannen, Grauerlen und Haseln wurden gänzlich vernichtet und mussten im Postglazial von weit her unser Land neu besiedeln. Eine kontinentale Kältesteppe mit sehr viel Artemisia (Wermuth), Helianthemum (Sonnenröschen), Chenopodiaceen (salzliebende Meldengewächse), Ephedra und Gräsern war Grundelement der Vegetation. Der Beginn fällt zwischen 25000 und 20000, das Ende zwischen 15000 und 13000 vor heute.
Der Endabschnitt der letzten Kaltphase und Vergletscherung ist längst bekannt als «Spätglazial» mit den Rückzugsphasen, die in den Ostalpen definiert wurden: Bühl, Steinach, Gschnitz, Daun, Egesen. Da das Ende der Vergletscherung den Beginn des Spätglazials bezeichnen sollte, war das Spätglazial dieser Definition keine chronostratigraphische Einheit, weil alpennähere Lokalitäten später eisfrei wurden. Um so schwieriger war die untere Begrenzung des Spätglazials in unvergletscherten Gebieten.
Die Verbesserung der Bohr- und Untersuchungstechnik und die Entwicklung der Radiokarbon-Datierungsmethode führte in den letzten dreissig Jahren zu einer stetigen Ausweitung unserer Kenntnisse von immer älteren Teilen des Spätglazials, die oft nach lokalen Ergebnissen benannt und datiert wurden. Diese Methoden lieferten vorerst eine Spätglazialgliederung, die z.T. überflüssige Unterteilungen, z.T. nur lokal gültige Begrenzungsdaten aufwies. Neuerdings wird von Nordeuropa aus das Jahr 13000 B.P. (before present) als wichtige klimatische und biostratigraphische Grenze eingeführt. Diesem Vorschlag können wir nach unsern Berner Untersuchungen voll zustimmen. Zwei ausgezeichnete Datierungsreihen des $^{14}C$-Labors von Prof. Oeschger in Bern haben die Verhältnisse schon seit vielen Jahren abgeklärt. Es handelt sich um die schönen Messreihen vom Murifeld bei Bern und von Wachseldorn zwischen Aare- und Emmental.
Nach einer langen Phase des Gletscherrückzugs und der strengen Kältesteppen setzte um 13000 B.P. eine fast plötzliche Verstrauchung durch Weiden, Sanddorn und Wacholder ein, der an den meisten Orten der tiefern Lagen unter 1200 m rasch die Bildung eines lichten Birkenwaldes folgte. Durch die Entwicklung einer dichten Pflanzendecke gingen überall mineralische Erosion und Akkumulation zurück und setzte Ablagerung organischen Materials ein, von Gyttja in Tümpeln wie im Murifeld, von Torf in feuchten Mulden wie in Wachseldorn. Von den Ufern und Feuchtstellen aus drang diese Strauch- und Birkenpioniervegetation aufs trockenere Land vor. Bodenbildung setzte ein. Berg- und Waldföhre breiteten sich aus und lösten um 12000 B.P. als lichte Föhrenwälder die Birkenwälder ab. Der Föhrenwald beherrschte im ganzen Land das Bild der Vegetation bis um 10000 B.P., wo die wärmeliebenden Laubbäume einwanderten. In den letzten 700 bis 1000 Jahren der Föhrenherrschaft erlebte Europa aber einen starken und letzten Kälteeinbruch, der die Föhrenwälder in obern Lagen sehr lichtete und der die Gletscher ein letztes Mal die hinteren Teile unserer Alpentäler überfluten liess.
Überblicken wir die letzten 3000 Jahre des Spätwürm vor dem Beginn des Holozäns (oder Postglazials), erkennen wir zwei Hauptabschnitte: den Abschnitt 13000–11000 B.P. mit Pioniersträuchern und Birkenwald in Tieflagen als Vorwaldstadien und Föhrenwald bis ca. 1500 m als Klimaxstadium (in kontinentalen Lagen, wie im Wallis, von Anfang an mit Föhren im Pionierwald) mit einigen kleinen Klimaschwankungen; und den Abschnitt 11000–10000 B.P. (evtl. 10800–10200) als Stadium der starken Klimadepression und der Depression der Föhrenwaldgrenze von ungefähr 1500 m auf ungefähr 1200 m.
Es ist nun von ganz besonderem Interesse, dass U. Eicher in interdisziplinärer Arbeit

Tab. 2. Ältere und neuere Gliederung des Spätglazials

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Glazial → ? | → ? | Spätglazial | | | | | Postglazial |
| Ia | | Ib | Ic | II | III | | IV |
| Älteste Dryas | | Bölling | Ältere Dryas | Alleröd | Jüngere Dryas | | Präboreal |
| ältere Spätwürm-Stadien und Interstadien | | Spätwürm-Interstadial (Bölling) | | (Alleröd) | (Spätwürm-) Endstadial (Jüng. Dryas) | | Präboreal |
| ev. I | | | ev. II | | III | | IV |
| 14000 BP | 13000 BP | | 12000 BP | | 11000 BP | 10000 BP | |
| Spät-Würm | | | | | | | Holozän |

unseres Instituts mit dem Physikalischen Institut Bern durch Sauerstoffisotopen-Bestimmungen ($^{18}O/^{16}O$) an Süsswasserkalken (Seekreide) ganz übereinstimmende Paläotemperaturkurven erhielt: Die späteiszeitlichen Temperaturen schnellen um 13000 B.P. steil hoch und erreichen dabei von Anfang an Werte, die denen des Postglazials nahe kommen, dann bis 11000 B.P. mit Schwankungen kleinern Ausmasses leicht absinken, zwischen 11000 und 10000 plötzlich 2 bis 3° tiefer liegen, um zu Beginn des Postglazials hinaufzuschnellen. Zu ganz ähnlichen Ergebnissen kommen in jüngster Zeit glaziologisch-pollenanalytische Forschungen in Südschweden und Schottland. Die spätwürmzeitliche Klimaentwicklung wies in der Endphase zwischen 13000 und 11000 B.P. ein warmes Interstadial, zwischen 11000 und 10000 B.P. ein letztes Stadial auf.

Pollenanalytisch ist die Klimagunst des Bölling-Alleröd-Interstadials deshalb nicht erkannt worden, weil zu ihrer Dokumentation anspruchsvollere Baumarten wie Fichte, Tanne oder Erle fehlten. Sie waren durch die sehr kalte und trockene T6-Phase der Würmeiszeit in Mitteleuropa vernichtet worden. Nur in südlicheren Gegenden erscheinen die wärmeliebenden Elemente bereits im Alleröd oder früher.

Wir fassen den Fortschritt der Erkenntnis tabellarisch zusammen:

## Einige spezielle Ergebnisse aus dem Wallis

Ich greife aus meinen Untersuchungen nur drei Einzelergebnisse heraus, obwohl viele Informationen auch aus den Arbeiten meiner Schüler Vera Markgraf, Meinrad Küttel und Ruth Schneider bereitliegen.

1. Auf der Simplon-Passhöhe (am Hopschensee auf 2017 m) gelang mir im Jahr 1962 der Nachweis, dass der Pass bereits vor dem Alleröd, also vor 12000 B.P. eisfrei wurde. Das Ergebnis wurde durch $^{14}C$-Datierung und seither durch umfangreiche Untersuchungen von M. Küttel (sowie von Vera Markgraf am Goldmoos ob Zeneggen) bestätigt. Wir dürfen danach als gesichert annehmen, dass die Warmphase des spätwürmzeitlichen Interstadials Bölling-Allerod (13000–11000 B.P.) die heutige untere alpine Stufe bis über 2400 m hinauf vom eiszeitlichen Dauerschnee völlig befreit hat, wissen aber wenig über das individuelle Rückschmelzen der Talgletscher. Wahrscheinlich waren die Haupttäler und grosse Teile der Nebentäler eisfrei.

2. Über das Rückschmelzen des eiszeitlichen *Aletschgletschers* und seinen endgültigen Rückzug aus dem Rhonetal wissen wir heute folgendes:

Die drei Moore vom Aletschwald (2017 m), von Eggen ob Blatten (1645 m) und von Bitsch-Naters (1030 m) ergeben übereinstimmend, wenig über ihrem mineralischen Grund, ein Alter um 9000 B.P. Der Schluss erscheint gerechtfertigt, dass der Hauptrückzug vor das Jahr 10000 B.P. fällt. Da die schöne Randmoräne von Eggen wohl mit der grossen Moräne oben im Aletschwald (über die der Höhenweg führt) zu korrelieren ist, dürfte dieser Hochstand und die letzte Eisbedeckung von Bitsch-Naters in die Jüngere Dryas fallen (11000–10000 B.P.) und dem Daun oder Egesen der Ostalpen entsprechen, wie das schon früher vermutet worden ist.

Über die Geschichte des Aletschwaldes gibt

uns das Pollendiagramm, das in leicht vereinfachter Form in der Ausstellung des Naturschutzzentrums Aletschwald auf Riederalp dargestellt ist (Abb. 4) reichliche Auskunft.

Das untersuchte Moor war nach dem Gletscherrückzug ein Klarsee, umgeben von Moränen- und Hangschutt, auf dem sich Kräuter und Gräser als Pioniervegetation ansiedelten. Anders als in Bitsch-Naters waren an diesem schattigen und kalten Standort nicht wärmeliebende Holzarten wie Erlen, Haseln, Ulmen und Waldföhren Vorwaldelemente, sondern die Birke und einige Spalier- und Strauchweiden, die die Eiszeit im Wallis überdauert hatten. Einige hundert Jahre lang war der Aletschwald ein Birkenwald, bis sich, um 6500 v. Chr., die Lärche, vom Südalpenrand über die Alpenpässe kommend, der Birke beimischte und sie stellenweise ganz verdrängte. Birkenlaub und Lärchennadeln und einige Astreiser bildeten die unterste organische Schicht im kleinen Tümpel, dessen Alter wir bestimmen konnten: 6060 v. Chr. In diesem Moment kam die Arve hoch; Birken und Kräuter, bald auch die Lärche verloren ihre vorherrschende Rolle, der Aletschwald wurde zu dem dunkeln, ernsten Gebirgshochwald, den wir noch heute kennen und bewundern. Vom Neolithikum bis weit in die Bronzezeit hinein war er dichter, unberührter Naturwald. Mit der Bronzezeit und besonders der Eisenzeit nahm der Mensch auch diese abgelegene, schattige Weidetrift für sein Vieh in Anspruch, wodurch der Arvenbestand auf zwei Drittel oder die Hälfte zurückging, Kräuter und Sträucher hochkamen und sich die Fichte einnistete. Bis zu einem gewissen Grad mag allerdings auch die Klimaverschlechterung um 600 v. Chr. die Fichtenausbreitung und das Einnisten der Grünerle gefördert haben. Doch haben Waldbrände (Kohlespuren im Moor) und Lawinen stellenweise dem Wald hart zugesetzt. Mit der gänzlichen Unterschutzstellung sind wir der Natur und unsern Nachkommen gegenüber eine hohe Verpflichtung eingegangen. Sie schliesst beim starken Zug zur Natur durch den Massentourismus eine schwere Aufgabe ein.

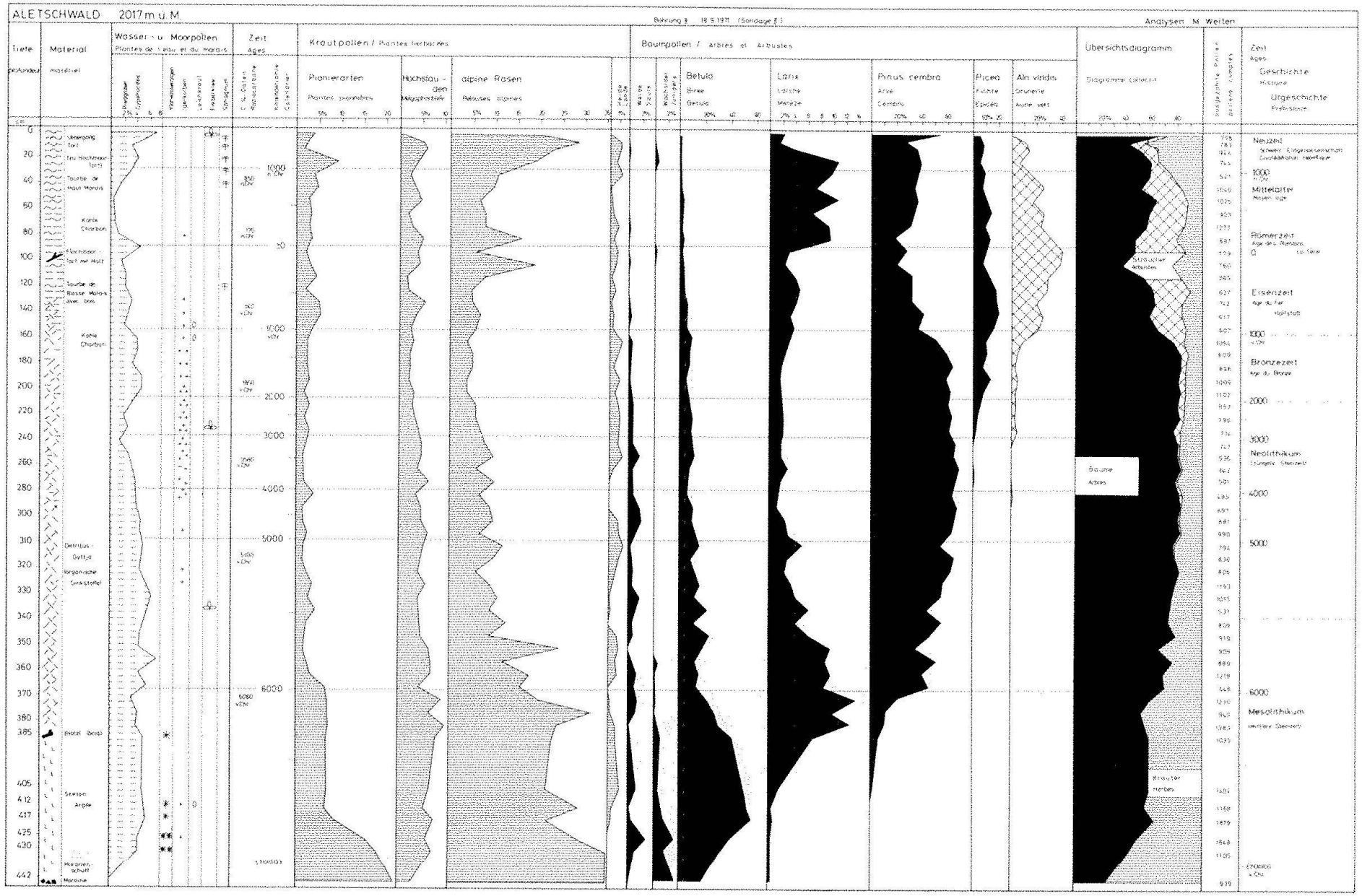
3. Zum Schluss betrachten wir noch das aufschlussreiche 15 m lange Profil vom Lac du Mont d'Orge bei Sitten (620 m) (Abb. 5). Besonders wertvoll ist die Information über das Postglazial des Mittelwallis und die Beeinflussung der Vegetation durch die vorgeschichtlichen und geschichtlichen Kulturen. Im Mittelwallis scheint der Eichenmischwald zu Beginn des Postglazials den Föhrenwald nicht verdrängt zu haben wie nordwärts der Alpen. Seine Elemente siedelten sich in Schluchten und auf Nordhängen an, ähnlich auch die späten Einwanderer Tanne, Buche, Fichte. Dadurch wurden dem Mittelwallis der spätglaziale Föhrenwald und damit seine kontinentalen Florenelemente erhalten, eine Eigentümlichkeit, die auch andern inneralpinen Föhrentälern eigen ist.

Bereits zwischen 6000 und 5000 v. Chr., sicher im folgenden Jahrtausend, stellt man im Wallis Waldlichtung und Getreidespuren der frühesten Neolithiker fest. Die gänzliche Vernichtung des zusammenhängenden Waldes erfolgte in der Eisenzeit um ca. 600 v. Chr. Von da an ist Roggenpollen und sind Getreideunkräuter, sind Hanf und Nussbaum reichlich zu finden, während der Pollen des Weinstocks erst nach 500 n. Chr. regelmässiger auftritt.

Bereits mit den neolithischen Rodungen bildete sich in all den Lichtungen, auf Brandflächen, auf Lesesteinhaufen und Felsköpfen und in den Primitivkulturen selbst die bekannte Artemisia-Felsensteppe heraus, die den Botanikern seit über zweihundert Jahren bis heute so anziehend und kostbar ist. Freilich, seit dem Einsetzen des modernen Verkehrs und seit der zunehmenden Industrialisierung sind Getreide- und Hanfkulturen verschwunden, verstrauchen frühere Kulturflächen. Mechanisierter Wein- und Obstbau hat sich über die urbarisierte Talfläche der Rhone ausgebreitet. Untere Talhänge und Dörfer werden mehr und mehr zu Wohn- und Nächtigungsareal, höhere Lagen zu Erholungs- und Ferienlandschaften.

Glaziologen und Quartärgeologen interessieren sich brennend dafür, wann die tieferliegenden Tallagen eisfrei wurden. Die wenigen auswertbaren Objekte, ich kenne bis

*Abb. 4.* Pollendiagramm eines kleinen Moores im mittlern Aletschwald (2017 m ü. M.) mit 7 Radiokarbon-Datierungen nach Kalenderjahren. Silhouetten-Darstellung für jede Gehölzart und für besondere Gruppen von Kräutern. (Darstellung in der Ausstellung des Naturschutzzentrums Aletschwald auf Riederalp durch den Autor.)


ALETSCHWALD 2017 m ü. M.
Bohrung 3 18.9.1971 (Sondage 3)
Analysen M. Welten
Tiefe
Material
Wasser- u. Moorpollen
Zeit
Kräutpollen / Plantes herbacées
Pionierarten
Hochstau-den
alpine Rasen
Baumpollen / Arbres et Arbustes
Betula
Larix
Pinus cembra
Picea
Alnus viridis
Übersichtsdiagramm
Zeit
Geschichte
Urgeschichte
Neuzeit
Mittelalter
Römerzeit
Eisenzeit
Bronzezeit
Neolithikum
Mesolithikum
Sträucher
Arbustes
Bäume
Arbres
Kräuter
Herbes

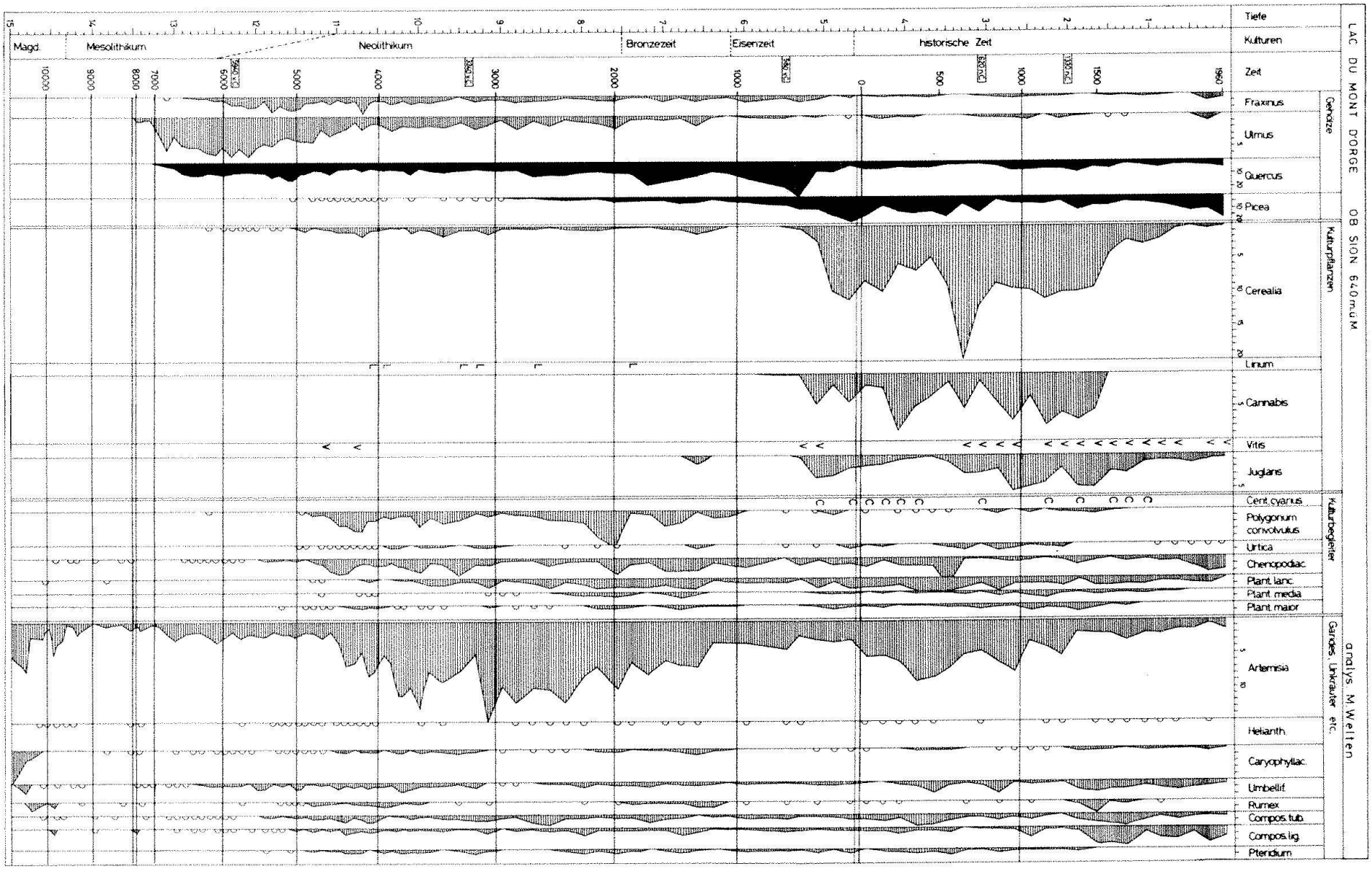
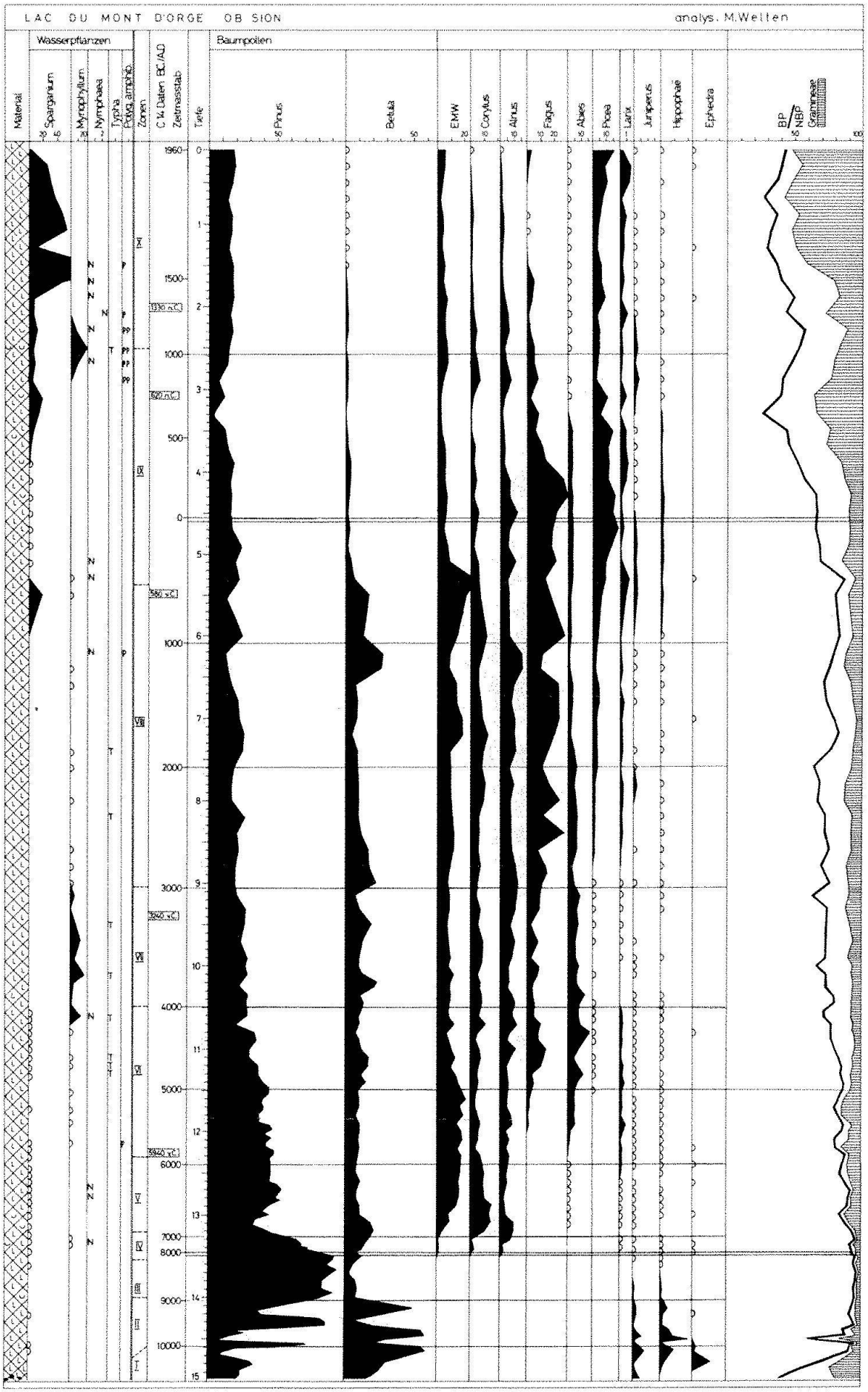



*Abb. 5.* Pollendiagramm vom Lac du Mont d'Orge ob Sitten (620 m ü.M.) mit 5 Radiokarbon-Datierungen. Silhouetten-Dastellung für die Holzarten auf der linken Hälfte, für Kulturzeiger und -begleiter auf der rechten Hälfte. (Abb. aus Welten 1977.)


LAC DU MONT D'ORGE OB SION
analys. M.Welten
Wasserpflanzen
Baumpollen
Material
Sparganium
Myriophyllum
Nymphaea
Typha
Potag. amphib.
Zonen
C 14 Daten BC/AD
Zeitmassstab
Tiefe
Pinus
Betula
EMW
Corylus
Alnus
Fagus
Abies
Picea
Larix
Juniperus
Hippophaë
Ephedra
BP
NBP
Gramineae

heute bloss vier, scheinen anzudeuten, dass das Haupttal erst knapp vor Alleröd und Bölling eisfrei wurde, während doch höhere, freie Lagen (Simplon, Zeneggen-Hellelen, Leysin) weit vor Bölling pollenführende Sedimente aufweisen. Dadurch scheint eine Parallelisierung der letzten Rhonetal-Eismassen mit den ostalpinen Stadien von Gschnitz (und Steinach?) nahezuliegen, auch wenn die beiden Stadien auch in den Ostalpen noch nicht datiert sind.

Ich ahne und hoffe, dass die Zeit nicht mehr weit ist, da die Geschichte unseres schönen Alpenlandes seit der letzten grossen Vereisung um 20000 vor heute, ja, die Geschichte der letzten hunderttausend Jahre durch enge Zusammenarbeit aller Geowissenschaften so gesichert und lebendig dastehen wird, wie menschliche Augen es zu erkennen vermögen.

## Literatur


Eicher U. und Siegenthaler U. 1977: Palynological and Isotope Investigations on Late Glacial Sediment Cores from Swiss Lakes. Boreas 5/2, 109-117.

Florschütz F., Menendez Amor J. und Wijmstra T.A. 1971: Palynology of a thick Quaternary succession in southern Spain. - Palaeogeography, Palaeoclimat., Palaeoecol. 10.

Grootes P.M. 1977: Thermal diffusion isotopic enrichment and Radiocarbon dating beyond 50000 years BP. - Groningen.

Oeschger H. 1966: Bern V von Radiocarbon 8, 23.

Welten M. 1977: Résultats palynologiques sur le développement de la végétation et sa dégradation par l'homme à l'étage inférieur du Valais central. - Suppl. Bull. Assoc. franç. Etude Quatern. 47, 303-7.

Welten M. 1981 a: Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz (Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz).

Welten M. 1981 b: Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizeralpen: Bern-Wallis (Denkschriften SNG).

Wijmstra T.A. and Hammen T. van der 1974: The last interglacial-glacial cycle: State of affairs of correlation between data obtained from the land and from the ocean. - Geologie en Mijnbouw 53, 386.

Woillard G. 1975: Recherches palynologiques sur le Pleistocène dans l'Est de la Belgique et dans les Vosges Lorraines. - Acta Geogr. Lovaniensia, Louvain-La-Neuve 14.

Woillard G. 1978: The last Interglacial-Glacial cycle at Grande Pile in northeastern France. - Travaux du Laboratoire de Palynologie et Phytosociologie, Universite de Louvain.

Zagwijn W.H. 1961: Vegetation, Climate and Radiocarbon datings in the Late Pleistocene of the Netherlands. - Mem. Geolog. Found. Netherlands, Nieuwe Ser. 14, 15-45.

Zagwijn W.H. and Paepe R. 1968: Die Stratigraphie der Weichselzeitlichen Ablagerungen der Niederlande und Belgiens. - Eiszeitalter und Gegenwart 19, 129.



*Anschrift des Verfassers:*

em. Prof. Dr. Max Welten
Systematisch-geobotanisches Institut der Universität,
Altenbergrain 21, CH-3013 Bern
privat: Hohliebestrasse 14
CH-3028 Spiegel/Bern



Einen grossen Teil dieser Untersuchungen hat der Schweizerische Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung seit Jahren unterstützt. Wir danken herzlich.