

Beiträge

zur Geologischen Karte der Schweiz

herausgegeben von der

Landeshydrologie und -geologie

und der

Schweizerischen Geologischen Kommission

Matériaux

pour la Carte Géologique de la Suisse

publiés par le

Service hydrologique et géologique national

et la

Commission Géologique Suisse

Lieferung 162

(Neue Folge)

Max Welten †

Bern

**Neue pollenanalytische Ergebnisse über das
Jüngere Quartär des nördlichen Alpenvorlandes
der Schweiz (Mittel- und Jungpleistozän)**

Mit 10 Textfiguren und 20 Diagrammen

Für den Druck vorbereitet von:
Christian Schlüchter und Samuel Wegmüller

1988

Druck Stämpfli + Cie AG, Bern

Vorwort der Herausgeber

Das Manuskript zur vorliegenden Arbeit wurde der Schweiz. Geologischen Kommission im November 1985 eingereicht. Sie bildet mit teils neuen und teils neu bearbeiteten Profilen die direkte Fortsetzung des im Jahre 1982 herausgegebenen Beitragsbandes N.F. 156: «Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngerem Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz» vom inzwischen verstorbenen Prof. Max Welten. Aus diesem Grunde befürwortete die Kommission wiederum eine Publikation in der Serie der «Beiträge».

Die Untersuchungsergebnisse von M. Welten bilden einen wertvollen Beitrag zur Kenntnis der quartären Landschaftsgeschichte der Schweiz, der sicherlich auch seitens der Geologen auf grosses Interesse stossen wird. Bezüglich der zeitlichen Einstufung der diversen Profilabschnitte und deren Korrelation mit dem nordeuropäi-

schen Vereisungsgebiet bleiben jedoch noch viele ungelöste Probleme.

Den grossen Bemühungen der Herren Ch. Schlüchter und S. Wegmüller ist es zu verdanken, dass der von M. Welten hinterlassene, unfertige Manuskriptentwurf schliesslich zu einer druckfertigen Vorlage wurde. Die Begutachtung der Arbeit übernahmen die Herren Prof. G. Lang (Bern) und Prof. C. Schindler (Zürich), wofür ihnen namens der Herausgeber bestens gedankt sei. Das überarbeitete Manuskript wurde im Frühjahr 1987 zur Veröffentlichung eingereicht.

Für den Inhalt des Textes und der Illustrationen bzw. Diagramme ist der Autor allein verantwortlich.

Im November 1988

Bemerkungen zur Drucklegung

Am 16. April 1984 verschied in Bern im Alter von 80 Jahren Prof. em. Dr. Max Welten. Seit längerer Zeit hatte er geplant, die Ergebnisse seiner neuen palynologischen Untersuchungen zu veröffentlichen. Leider kam es nicht mehr dazu; er hinterliess aber bei seinem Tode einen handgeschriebenen Entwurf. Darin zeigt er seine neuesten Forschungsergebnisse zur Vegetationsgeschichte und Palynostratigraphie des Mittel- und Jungpleistozäns der nordalpinen Schweiz auf und vermittelt zugleich einen Überblick über den gegenwärtigen Wissensstand. Diese Untersuchungen stellen eine wesentliche Erweiterung und Vertiefung seiner im Jahr 1982 veröffentlichten Arbeit «Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz» dar.

Es stellte sich nun das Problem der Publikation dieses nachgelassenen Manuskriptes. Einerseits legte die umfangreiche, vom Schweizerischen Nationalfonds mit namhaften Mitteln unterstützte Arbeit eine Veröffentlichung nahe; andererseits ergaben sich jedoch insofern Bedenken, als im Manuskript kleinere Abschnitte und dann insbesondere auch das Schlusskapitel fehlten und M. Welten das ganze wahrscheinlich nochmals überarbeitet hätte.

Bei den Vorbereitungen für die Drucklegung haben wir uns bemüht, unter möglichst weitgehender Wahrung der Intentionen von M. Welten ein druckfertiges Manuskript zu erstellen. Bei dieser Arbeit durften wir jederzeit auf die freundliche Unterstützung und Hilfe von Frau M. Welten-Arn (Spiegel-Bern), der Gattin des Verstorbenen, zählen.

Fräulein Th. Berger, Sekretärin/Laborantin am Systematisch-Geobotanischen Institut der Universität Bern, danken wir für die sorgfältige Reinschrift des Manuskriptes. Unser Dank gilt ferner Herrn O. Glaus und Frau lic. phil. nat. K. Studer-Ehrensberger, welche die Reinzeichnungen der Diagramme besorgten. Zu danken haben wir aber auch Herrn Prof. Dr. G. Lang, Direktor des Systematisch-Geobotanischen Instituts der Universität Bern, der uns seine Unterstützung zukommen liess. Der Schweizerische Nationalfonds ermöglichte einem der Herausgeber, sich für die Redaktionsarbeiten während neun Wochen von der Lehrtätigkeit beurlauben zu lassen, was an dieser Stelle ebenfalls verdankt sei.

Texte

Im folgenden seien einige Anmerkungen und Hinweise zur redaktionellen Arbeit gemacht.

Das von M. Welten hinterlassene Manuskript enthält die Hauptkapitel 1 und 2; das Schlusskapitel «Zusammenfassung» wurde von Ch. Schlüchter und S. Wegmüller verfasst.

Die Reihenfolge der Unterkapitel 2.1 bis 2.6 ergab sich aus Anmerkungen und Skizzen von M. Welten. Er stellt die für das Mittel- und Jungpleistozän Mitteleuropas bedeutenden Profile von Meikirch an den Anfang (2.1),

schliesst die für das Holstein-Interglazial wichtigen Untersuchungen aus dem Gebiet der Linthebene (2.2) sowie jene von Grandson (2.3) an und schliesst den Kreis mit neuen erhärtenden Befunden aus dem Aaretal (2.4). In bezug auf das letzte Interglazial und die daran anschliessenden Stadiale und Interstadiale bringt er mit dem Profil Wildhaus-Egg (2.5) stratigraphisch eine bedeutende Ausweitung der bisherigen Untersuchungen nach der Höhe hin, und mit den beiden Profilen von Niederweningen (2.6) weitet er schliesslich seine Arbeit über die letztinterglaziale Vegetation in den extramoranen Bereich nördlich der Lägern aus.

Im ganzen Manuskriptentwurf hat M. Welten den beschreibenden und interpretativen eiszeitstratigraphischen Teil textlich ineinander verwoben. Wir haben an dieser Anordnung nichts verändert, um den ursprünglichen Charakter der Veröffentlichung zu wahren. Eine so grundlegende Umstrukturierung des Textentwurfes hätte eine weitergehende Profilbeschreibung im geologischen Sinn verlangt. Entsprechende Aufnahmen sind vorhanden und sollen später in Ergänzung der Veröffentlichung von WELTEN (1982b) und der vorliegenden Arbeit zusammengestellt werden.

In bezug auf die Profile von Meikirch sind folgende Hinweise anzubringen: insgesamt liegen bisher drei Profile vor, nämlich Meikirch I, Meikirch II und Meikirch 1981. Über die beiden ersten, insbesondere über Meikirch II, findet sich eine ausführliche Darstellung in WELTEN (1982b). Das dritte Profil, das im Jahr 1981 erhoben worden war, wurde von M. Welten ebenfalls pollenanalytisch eingehend untersucht. Zur vorliegenden Publikation zog er von diesem Profil aber nur den oberen Abschnitt (Riss, Eem und Würm) heran (Diagr. 2), zur Neudarstellung der Holstein-Warmzeit (Diagr. 1) jedoch den entsprechenden Abschnitt aus dem Profil Meikirch II, von dem er aber im Gegensatz zur Publikation von 1982 ein wesentlich differenzierteres Diagramm erstellte. Leider fand sich dazu kein Begleittext, sondern nur ein Hinweis auf die Publikation von 1982b, die M. Welten zweifellos heranziehen wollte. Wir haben daher diese Darstellung in leicht gekürzter und in einer an das neue Diagramm adaptierten Form übernommen. Das Unterkapitel «2.2.1 Einleitung» wurde von Ch. Schlüchter verfasst.

Längere Texte haben wir zur leichteren Erfassbarkeit etwas stärker gegliedert und ganz vereinzelt auch mit Untertiteln versehen (z. B. Unterkapitel 2.1.3).

Diagramme

Zu den Diagrammen 4–7 lagen Entwürfe vor, von denen Reinzeichnungen angefertigt werden konnten. Den unvollendet gebliebenen Entwurf zum Diagramm 2 konnten wir aufgrund der Zählprotokolle ergänzen und abschliessen. In den Diagrammen 1–3, 7 sowie 8–15 fand sich wohl eine Kolonne für die Zonierung, hingegen fehlte die Unterteilung in Diagramm-Abschnitte. Hier

nahmen wir anhand des Textes und ganz vereinzelt auch nach den Pollenspektren eine Gliederung vor.

Im Diagramm 13 (Grandson-Vinaigre) wurde ferner die fehlende *Pterocarya*-Kurve nach einer Skizze von M. Welten ergänzt.

Figuren

Für die Figuren 3–6 lagen Entwürfe von M. Welten vor. Diese wurden ins Reine gezeichnet. Die übrigen Figuren wurden nach den Textbeschreibungen entworfen.

Untersuchungsmethoden und graphische Darstellung

Untersuchungsmethoden und Gesichtspunkte zur graphischen Gestaltung finden sich ausführlich in WELTEN (1982b) dargestellt.

CH. SCHLÜCHTER und S. WEGMÜLLER

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
Vorwort der Herausgeber	2	2.3 Grandson	23
Bemerkungen zur Drucklegung	3	2.3.1 Einleitung	23
Verzeichnis der Textfiguren und Diagramme	6	2.3.2 Profil Grandson-Vinaigre	23
Verzeichnis der Abkürzungen in Text und Diagrammen	6	2.4 Aaretal	24
Liste der Pflanzennamen	7	2.4.1 Einleitung	24
1. Bisherige Ergebnisse und Erkenntnisse	9	2.4.2 Profil Jaberg-West	24
2. Weitere Untersuchungen und neue Ergebnisse	11	2.4.3 Profil Thalgut, wissenschaftliche Tiefbohrung ..	25
2.1 Meikirch	11	2.4.4 Profil Thalgut, Erweiterung der Untersuchung der Eem-Seetone	25
2.1.1 Einleitung	11	2.5 Toggenburg	26
2.1.2 Rekapitulation und Neudarstellung des Hol- stein 1/Holstein 2-Warmzeit-Komplexes im Pro- fil Meikirch II	11	2.5.1 Einleitung	26
2.1.3 Wissenschaftliche Rotationskernbohrung Mei- kirch 1981	13	2.5.2 Profil Wildhaus-Egg	27
2.1.4 Hauptergebnisse	14	2.5.3 Versuche zum Erfassen von weiteren Eem/ Frühwürm-Profilen aus höheren Lagen	28
2.2 Gebiet der Linthebene	16	2.5.3.1 Wildhaus-Schwendisee	28
2.2.1 Einleitung	16	2.5.3.2 Ricken-Dürschlagen	29
2.2.2 Linthebene	16	2.5.3.3 Saanenmöser	29
2.2.2.1 Sondierbohrung in der Ebene von Bil- ten	16	2.5.3.4 Zusammenfassung	29
2.2.3 Talflanke von Kaltbrunn-Uznach-Eschenbach ..	17	2.6 Niederweningen	29
2.2.3.1 Einleitung	17	2.6.1 Einleitung	29
2.2.3.2 Tiefbohrungen	17	2.6.2 Grundlagen für die Interpretation der Dia- gramme	30
2.2.3.3 Profil Hirschland (Uznach)	18	2.6.3 Profil Niederweningen II, Talboden	31
2.2.3.4 Profile Oberkirch, Gublen und Mettlen- Haslen	18	2.6.4 Profil Niederweningen I, Hangfuss-Profil	31
2.2.3.5 Profil Eschenbach-Oberfeld	19	2.6.5 Profile Niederweningen I und II, Mammut- funde, Zusammenfassung	32
2.2.4 Buechberg	20	Zusammenfassung	34
2.2.4.1 Einleitung	20	Abstract	36
2.2.4.2 Profile aus dem Gebiet des Buechberges ..	20	Literaturverzeichnis	37
2.2.5 Rückblick	21	Legende für die lithologische Ausbildung	40

Verzeichnis der Textfiguren und Diagramme

Textfiguren		Seite	Diagramme		Beschreibung auf Textseite
Fig. 1	Übersicht über die untersuchten Bohrungen und Aufschlüsse und ihre Lage zu den Grenzen der Würm-Vereisung	10	Diagr. 1	Meikirch II	11
			Diagr. 2	Meikirch 1981	13
Fig. 2	Geologische Kartenskizze von Meikirch und Umgebung	12	Diagr. 3	Hirschland/Uznach	18
			Diagr. 4	Oberkirch (Kaltbrunn)	19
Fig. 3	Vergleichende Darstellung der Eem-Sedimentation im Becken von Meikirch	15	Diagr. 5	Gublen (Kaltbrunn)	19
			Diagr. 6	Mettlen-Haslen (Uznach)	19
Fig. 4	Übersichtskarte der Linthebene	17	Diagr. 7	Eschenbach	19
Fig. 5	Querprofil Buechberg-Linthebene	22	Diagr. 8	Buechberg-Bolenberg 1	20
Fig. 6	Querprofil Oberkirch-Linthebene	22	Diagr. 9	Buechberg-Bolenberg-Grubenboden	20
Fig. 7	Schematische Kartenskizze von Grandson-Vinaigre	23	Diagr. 10	Buechberg-Bolenberg 2	20
			Diagr. 11	Buechberg-Bachtellen	20
Fig. 8	Schematische Kartenskizze vom Aaretal Bern-Thun	25	Diagr. 12	Rütihof-Wangen	21
			Diagr. 13	Grandson-Vinaigre	23
Fig. 9	Schematische Kartenskizze von Wildhaus-Schwendisee	27	Diagr. 14	Jaberg-West	24
			Diagr. 15	Thalgut bei Kirchdorf	25
Fig. 10	Schematische Kartenskizze zwischen Limmat- und Hoahrheintal	30	Diagr. 16	Thalgut bei Kirchdorf	25
			Diagr. 17	Wildhaus-Egg (St. Gallen)	27
			Diagr. 18	Wildhaus-Loog I und II	26
			Diagr. 19	Niederweningen I	31
			Diagr. 20	Niederweningen II	31

Verzeichnis der Abkürzungen in Text und Diagrammen

A. n. u.	Art nicht unterschieden	NBP	Nichtbaumpollen, Krautpollen
BP	Baumpollen, Gehölzpollen	pf, pl	pollenfrei, pollenleer
B.P.	Before present, vor heute (bei Altersangaben nach Radiokarbon-Bestimmungen, genau genommen «vor 1950 n. Chr.»)	PS	Pollensumme; Summe der ausgezählten Pollen (inkl. Cyperaceen- und Wasserpflanzen-Pollen, jedoch ohne Sporen). Die Grundsumme für die Prozentberechnung schliesst Cyperaceen- und Wasserpflanzen-Pollen aus.
DA	Diagramm-Abschnitt (Entwicklungs- und Besprechungsabschnitte des Pollendiagramms)	QM	Quercetum mixtum (Eichen-Mischwald)
EMW	Eichen-Mischwald (Eiche, Linde, Ulme, Esche, Ahorn)	R/W	Riss/Würm-Interglazial (in Nordeuropa: Eem)
M/R	Mindel/Riss-Interglazial (in Nordeuropa: Holstein s.l.)	T ₁ -T ₆	Turicum 1 bis Turicum 6 (römischer Name für Zürich; vorläufige und lokale Bezeichnung der Würm-Kaltphasen und markanteren Gletschervorstösse).

Liste der Pflanzennamen

<i>Abies</i> = <i>Abies alba</i>	Tanne, Weisstanne	<i>Fraxinus excelsior</i>	Esche
<i>Acer</i>	Ahorn (A. n. u.)	<i>Geranium (sylvaticum)</i>	Storchschnabel (A. n. u.; meist Wald-S.)
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn	Gramineae	Echte Gräser
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Berg-Ahorn	<i>Gypsophila repens</i>	Kriechendes Gipskraut
<i>Allium (schoenoprasum)</i>	Lauch (in Kaltphasen wohl Schnittlauch)	<i>Hedera helix</i>	Epheu
<i>Alnus</i>	Erle (meist Grau-Erle, z. T. auch Schwarz-Erle; A. n. u.)	<i>Helianthemum</i>	Sonnenröschen (A. n. u.)
<i>A. incana</i>	Grau-Erle, Weiss-Erle	<i>Heracleum</i>	Bärenklau (A. n. u.)
<i>A. glutinosa</i>	Schwarz-Erle	<i>Hippophaë rhamnoides</i>	Sanddorn
<i>A. viridis</i>	Grün-Erle, Alpen-Erle (fossil oft schwer bestimmbar)	Hypnaceen	Schlafmoose
<i>Armeria (alpina)</i>	Grasnelke	<i>Hypnum trifaricum</i>	Dreizeiliges Schönmoos
<i>Artemisia</i>	Wermut (A. n. u.)	<i>Ilex aquifolium</i>	Stechpalme
<i>Astrantia</i>	Sterndolde	<i>Iris pseudacorus</i>	Gelbe Schwertlilie
<i>Athyrium (filix-femina)</i>	Waldfarn (meist die Sippe tiefer Lagen)	<i>Juglans</i>	Nussbaum (A. n. u.)
<i>Betula (nana)</i>	Birke (A. n. u.; selten Zwergbirke)	<i>Juncus</i>	Simse (A. n. u.)
<i>B. pendula</i>	Hänge-Birke	<i>Juniperus</i>	Wacholder (A. n. u.)
<i>Botrychium (lunaria)</i>	Mondraute (meist wohl <i>B. lunaria</i>)	<i>Knautia silvatica</i>	Wald-Witwenblume
<i>Buxus sempervirens</i>	Buchs	Labiaten	Lippenblütler
<i>Calluna vulgaris</i>	Heidekraut	<i>Larix decidua</i>	Lärche
<i>Caltha palustris</i>	Sumpf-Dotterblume	Liliaceae	Liliengewächse
Campanulaceae	Glockenblumengewächse (A. n. u.)	<i>Lilium</i>	Lilie
<i>Camptothecium nitens</i>	Falsches Goldmoos	<i>Linum</i>	Lein
<i>Carpinus betulus</i>	Hainbuche, Hagebuche, Weissbuche	<i>Loncera</i>	Geissblatt, Heckenkirsche
Caryophyllaceae	Nelkengewächse (A. n. u.)	<i>Lycopodium</i>	Bärlapp
<i>Centaurea montana</i>	Berg-Flockenblume	<i>Malva</i>	Malve (A. n. u.)
<i>C. scabiosa</i>	Skabiosen-Flockenblume	<i>Menyanthes trifoliata</i>	Fiebertee
Chenopodiaceae	Meldengewächse (meist auf nährsalzreichen Standorten)	<i>Myriophyllum</i>	Tausendblatt
<i>Cladium mariscus</i>	Sumpfried	<i>Nymphaea alba</i>	Weisse Seerose (A. n. u.)
<i>Climacium dendroides</i>	Bäumchenmoos	<i>Pediastrum</i>	Grünalge
Compositae	Korbblütler	<i>Picea abies</i>	Fichte, Rottanne
– liguliflorae	– ausschliesslich mit Zungenblüten	<i>Pinus</i>	Föhre, Kiefer, Dähle (Wald- und Berg-Föhre; bei schlechter Pollen-Erhaltung inkl. Arve)
– tubuliflorae	– mit Röhren- und oft auch Zungenblüten	<i>P. cembra</i>	Arve
<i>Corylus avellana</i>	Haselstrauch	<i>P. mugo</i>	Berg-Kiefer, Berg-Föhre, Leg-Föhre
Cyperaceae	Sauergräser (meist Seggen)	<i>P. silvestris</i>	Wald-Föhre, Gemeine Föhre
Dipsacaceae	Kardengewächse	<i>Plantago</i>	Wegerich
<i>Drosera</i>	Sonnentau (A. n. u.)	<i>P. alpina</i>	Alpen-Wegerich
<i>Dryopteris</i> -Typ	Monoleter Farnsporen-Typ (meist A. n. u.)	<i>P. atrata</i>	Berg-Wegerich
<i>D. thelypteris</i>	Sumpf-Wurmfarn	<i>P. lanceolata</i>	Spitz-Wegerich
<i>Empetrum</i>	Rauschbeere	<i>P. media</i>	Mittlerer Wegerich
<i>Ephedra</i>	Meerträubchen (kleiner Gymnospermen-Strauch)	<i>Polemonium</i>	Sperrkraut
<i>E. distachya</i>	Zweijähriges Meerträubchen	<i>Polygonum bistorta</i>	Schlangen-Knöterich
<i>Epilobium</i>	Weidenröschen	<i>P. viviparum</i>	Brut-Knöterich
Ericaceae	Erikagewächse	<i>Polypodium</i>	Tüpfelfarn, Edelsüss
<i>Fagus sylvatica</i>	Buche, Rotbuche	<i>Populus (tremula)</i>	Pappel (meist wohl Zitter-P.)
		<i>Potamogeton</i>	Laichkraut (Art nicht bestimmbar)
		<i>Pteridium</i>	Adlerfarn
		Pteridophyten	Farnpflanzen
		<i>Pterocarya</i>	Flügelnuss
		<i>Quercus</i>	Eiche (A. n. u.)
		<i>Q. robur</i>	Stiel-Eiche
		<i>Rhododendron</i>	Alpenrose (A. n. u.)

Rubiaceae	Rötegewächse, meist Labkraut (<i>Galium</i>)	<i>Thalictrum (aquilegii-folium)</i>	Wiesenraute (meist wohl Akeleiblättrige W.)
<i>Rumex</i>	Ampfer	<i>Tilia</i>	Linde (A. n. u.)
<i>Salix</i>	Weiden (A. n. u.)	<i>T. cordata</i>	Winter-Linde
<i>Sanguisorba minor</i>	Kleiner Wiesenknopf	<i>T. platyphyllos</i>	Sommer-Linde
<i>S. officinalis</i>	Gebräuchlicher Wiesenknopf	<i>Typha angustifolia</i>	Schmalblättriger Rohrkolben
<i>Scirpus caespitosus</i> =	Rasenbinse	<i>T. latifolia</i>	Breitblättriger Rohrkolben
<i>Trichophorum caespitosum</i>		<i>Ulmus</i>	Ulme (meist wohl <i>Ulmus scabra</i>)
<i>Selaginella (selaginoides</i>	Moosfarn	Umbelliferae	Doldengewächse
und selten <i>helvetica</i>)		<i>Vaccinium</i>	Heidelbeere (A. n. u.)
<i>Sparganium</i>	Igelkolben	<i>Valeriana dioeca</i>	Sumpf-Baldrian
<i>Sphagnum</i>	Torfmoos	<i>Viburnum opulus</i>	Gemeiner Schneeball
<i>Taxus baccata</i>	Eibe	<i>Viscum</i>	Mistel
		<i>Vitis</i>	Weinrebe

1. Bisherige Ergebnisse und Erkenntnisse

Die jungquartäre Vegetationsforschung am Alpennordrand der Schweiz hatte 1981 den Stand erreicht, der einen Vergleich mit Ergebnissen Mittel- und Nordeuropas ermöglichte und eine Publikation nahelegte (WELTEN 1981b, 1982b).

Während sich der Alpenausgang bei Thun als Ausgangspunkt für die spät- und postglaziale Vegetationsforschung bewährt hatte (WELTEN 1944, 1952, 1982a), war der Mündungsbereich der Aaretalung und des Kander- und Simmentales in das Molasse-Mittelland bei Thun in höchstem Masse ungünstig für die Aufdeckung quartärgeologischer Zusammenhänge, selbst nach den gründlichen Vorarbeiten von BECK (1922, 1926) sowie von BECK & RUTSCH (1949).

Auf engem Raum haben hier mächtige Gletscher und Flüsse – während Eiszeiten und Interglazialzeiten – im Zusammenhang mit letzten alpinen tektonischen Bewegungen intensiv erodiert und sedimentiert. Zwar halten unsere jahrelangen Untersuchungen in diesem Gebiet bei oft enger Zusammenarbeit mit den Quartärgeologen R. F. Rutsch und Ch. Schlüchter (SCHLÜCHTER 1976) und mit den Bauorganen der Nationalstrasse N6 viele Einzelheiten und Anstrengungen fest, haben aber kein abschliessendes biostratigraphisches Bild des Quartärs dieses Alpenausganges gebracht. Der Hauptgrund der Schwierigkeiten lag nicht in der pollenanalytischen Methode und Arbeit, sondern im Fehlen allgemeiner Kenntnisse über den Ablauf des jüngeren Quartärs und seiner Vegetationsgeschichte, die nötig sind, will man komplexe und gestörte Verhältnisse aufhellen.

Einen methodisch günstigen Ausgangspunkt für palynologische Quartärforschung hatte LÜDI (1953) gewählt durch eine Untersuchung fast aller bekannten Schieferkohlen der Schweiz. Zwei Voraussetzungen der umfassenden Bearbeitung und Literatursauswertung erwiesen sich jedoch als falsch: erstens, dass Schieferkohlen fast ausschliesslich als interglaziale Ablagerungen aufzufassen sind, und zweitens, dass nichtorganische Ablagerungen kaum je Abbilder interglazialer oder interstadialer Vegetation vermitteln könnten.

Die an LÜDI anschliessende quartäre Vegetationsforschung erhielt Auftrieb aus der wissenschaftlichen, technischen und volkswirtschaftlichen Entwicklung der Nachkriegsjahre 1945–1965: Aus der Radiokarbon-Methode für die Altersbestimmung, der methodischen Verbesserung der pollenanalytischen Untersuchung und deren Entwicklung und dem immer häufigeren Einsatz technischer Tiefbohrgeräte für Strassenbau und Wasserprospektion.

Die Palynologie spielte freilich vorerst nur in Nordeuropa eine Rolle als Hilfswissenschaft der Quartärgeologie, und zwar vorwiegend im Bereich von Spät- und Postglazial. Die alpine Topographie und die Genese der Lokergesteine erschwerten die Gewinnung biostratigraphischer, zusammenhängender Profile für den Ausbau und die Erweiterung des Eiszeit-Systems, das durch PENCK &

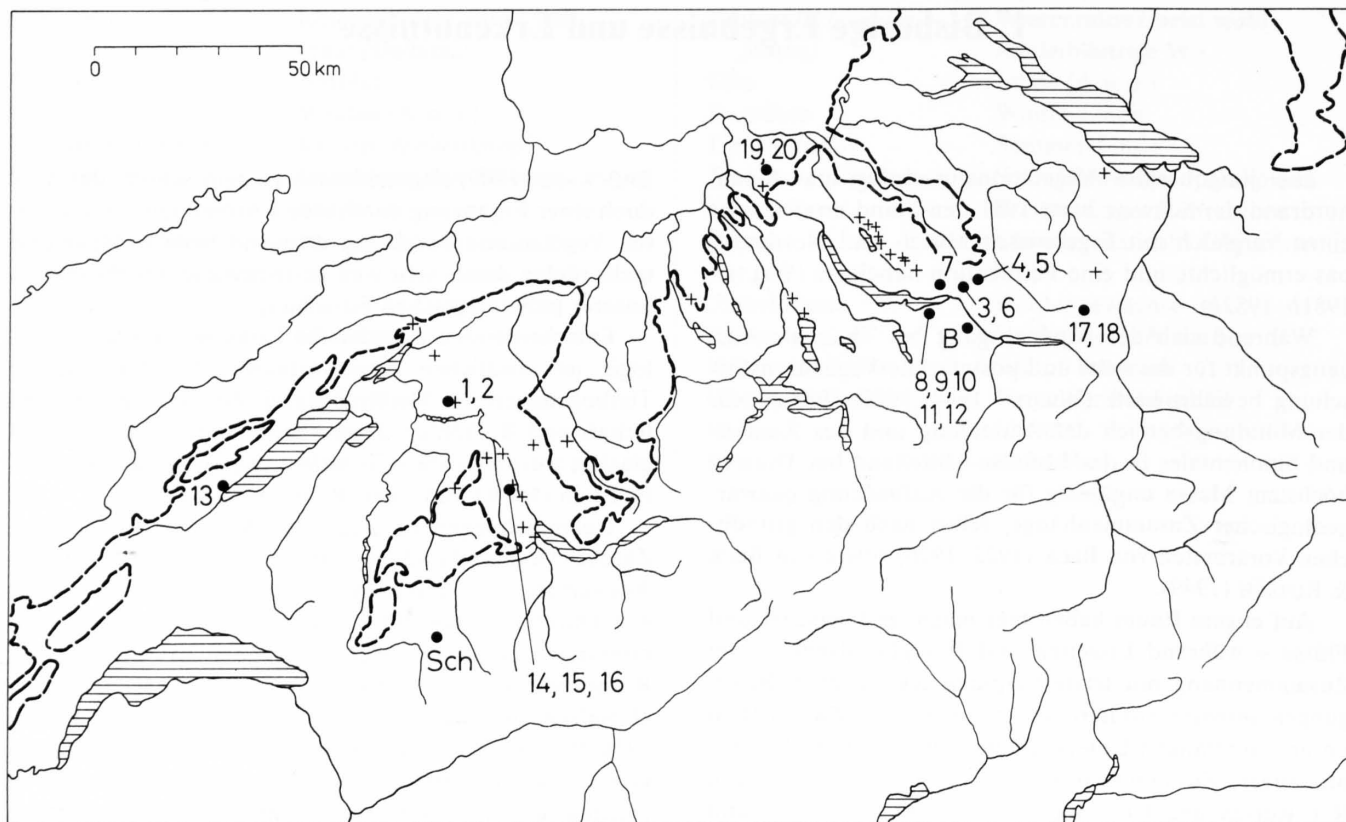
BRÜCKNER (1909) abgeschlossen zu sein schien, das aber doch einer Ergänzung durch eine Chronologie der quartären Vegetationsentwicklung dringend bedarf. Mehr und mehr rückte dieses sehr weit gesteckte Ziel ins Programm unserer palynologischen Forschung.

Entscheidenden Anstoss fand unsere Quartärpalynologie im nördlichen Alpenvorland 1971/72 durch die Tiefbohrungen bei Meikirch durch die Geologen P. Kellerhals und B. Tröhler: Zwei übereinanderliegende Interglaziale wurden, vorerst in Anlehnung an Nordeuropa, als Holstein (M/R) und Eem (R/W) bezeichnet.

Untersuchungen im Zuge der Wasserprospektion im Zürcher Oberland und im Glattal ermöglichten eine breite Auswertung der klassischen Schieferkohle-Lagerstätten von Dürnten, Schöneich, Gossau und boten durch Tiefbohrungen zwischen Uster und Dübendorf Einblicke in Rinnenbildung und -auffüllung während der letzten Interglazialzeit und der folgenden Würm-Eiszeit (WYSSLING 1978, WELTEN 1982b, SCHLÜCHTER & WELTEN 1982). Dabei konnten wir feststellen, dass diese Würm-Eiszeit wie in Nordeuropa nicht nur einen einzigen mächtigen Gletschervorstoss um 20 000 B. P. entwickelt hatte. Schon vor vielleicht 100 000 Jahren begann sie mit einem Frühwürm-Abschnitt mit mindestens drei warmborealen Interstadialen mit Fichtenwäldern und Torflagern und zwischengeschalteten intensiven Kaltzeiten und Gletscher-Vorstossphasen. Dann folgte, vielleicht ab 55 000 B. P., ein langer, zeitweise trockenkalter vegetationsarmer Mittelwürm-Abschnitt mit wenigen Kiefern-Interstadialen und, in einigen Gegenden, mit starker Lössbildung. Zwischen 26 000 und 22 000 B. P. setzte der Spätwürm-Abschnitt mit der maximalen Vereisung ein, der um 15 000–10 000 B. P. ausklang und vom aktuellen Interglazial, dem Holozän (Postglazial), abgelöst wurde.

Der Profilabschnitt der letzten Warmzeit, der in der alpinen Chronologie als Riss/Würm-Interglazial, in Nordeuropa als Saale/Weichsel- oder Eem-Interglazial bezeichnet wird, konnte innerhalb des maximalen Vereisungsgebietes nur selten gefunden, geschweige denn ausführlich untersucht werden. Das Gletschereis hat die Lokkerablagerungen von Torfen, Gytjen und Seekreiden weggehobelt oder doch verschleppt. Meikirch ist wohl noch heute das beste und vollständigste alpennahe Dokumentationsprofil – wohl deshalb, weil es in guter Muldenlage eingebettet war. Anderwärts (z. B. Mörschwil-Unterbühl, WELTEN 1982b) hatten grundwasserreiche Hangsedimente mit Mooranflügen der Last des Eises nicht standgehalten, waren gerutscht, wurden gequetscht oder gar aufgerollt, was zur Zerstörung des warmzeitlichen Archivmaterials führte.

Nur von wenigen Stellen im letzteiszeitlich unvergletscherten Gebiet kennen wir Moore oder Muldenablagerungen mit mehr oder weniger vollständigen Eem-Profilen, die nicht durch Solifluktionvorgänge gerissen oder auch völlig eingedeckt und unkenntlich gemacht wurden. Ihre Entdeckung ist fast immer ein grosser Glücksfall.



+ untersuchte Bohrungen und Aufschlüsse in WELTEN 1982 b
 • Ergänzungs- bzw. Neuuntersuchungen mit Diagramm-Nrn., B = Bilten, Sch = Schönried

Fig. 1: Schematische Übersichtskarte mit Lage der untersuchten Bohrungen und Aufschlüsse in ihrer Beziehung zur letzteiszeitlichen Gletscherausdehnung.

1 = Meikirch II, 2 = Meikirch 1981, 3 = Hirschland (Uznach), 4 = Oberkirch (Kaltbrunn), 5 = Gublen (Kaltbrunn), 6 = Mettlen-Haslen (Uznach), 7 = Eschenbach (Kt. St. Gallen), 8–12 = Buechberg/Wangen, 13 = Grandson-Vinaigre (Vaud), 14 = Jaberg-West (Aaretal), 15/16 = Thalgut (Aaretal), 17 = Wildhaus-Egg, 18 = Wildhaus-Loog I + II, 19/20 = Niederweningen I + II.

Deshalb sind wir oft darauf angewiesen, schon blosse Teile des R/W-Interglazials als willkommene biostratigraphische Marken zu verwenden, oft mit der Unsicherheit der richtigen Zuweisung. Interessant ist die Möglichkeit der Erhaltung guter Warmzeit-Profile im Randbereich ehemaliger Seebecken und Glazialrinnen, was oft dadurch ermöglicht wurde, dass das Profilmaterial von viel und zähem Akkumulationsmaterial aus Wildbächen überschüttet und dadurch vor Gletschereinfluss plombiert worden war. Diesem Einfluss verdanken wir die Erhaltung vieler Schieferkohle-Schichten, speziell auch der frühwürmzeitlichen (vgl. Dürnten in WELTEN 1982b).

Besonders selten und heikel hat sich erwiesen, den Komplex Eem-Frühwürm in einem geschlossenen Profilzusammenhang zu dokumentieren. In unseren bisherigen Untersuchungen ist das im strengen Sinn nur in den Profilen Uster und Sulzberg gelungen und auch in Dürnten durch stratigraphische Korrelation wohl richtig erfasst. Der Grund für diese Schwierigkeit liegt in der Tatsache, dass hier zwei klimatisch und morphologisch gänzlich verschiedene Quartärabschnitte aneinanderstossen: eine Warmzeit und eine Kaltzeit. Grund genug für das Einlegen der Grenze Eem/Würm am Ende von Eem und am Beginn der ersten Kaltphase Turicum 1 (WELTEN 1982b).

2. Weitere Untersuchungen und neue Ergebnisse

Unsere bisherigen vegetationsgeschichtlichen Untersuchungen wurden aufgrund der nachstehend aufgeführten Überlegungen erneut aufgenommen und erweitert:

- Die schönen Ergebnisse von Meikirch I und II legten eine Ausdehnung der Untersuchungen nach der Tiefe und nach der Muldenmitte nahe.
- Dann reizte mich die Ausdehnung palynologischer Untersuchungen vom Zürcher Oberland–Glattal auf das zweite klassische Schieferkohlen-Gebiet der Schweiz,

dasjenige von Uznach–Kaltbrunn am Rande der Linthebene, mit Einschluss des Buechberges.

- Auf Grund der reichen Erfahrung im Gebiet der Linthebene verlegte ich mich auf weitere Holstein-Untersuchungen bei Grandson und im Aaretal (Jaberg–Thalgut).
- Schliesslich strebte ich den Ausbau unserer Eem-Frühwürm-Ergebnisse (Thalgut, Wildhaus, Niederweningen) an.

2.1 Meikirch

2.1.1 Einleitung

Die Mulde von Meikirch befindet sich in der Hügel- und Beckenlandschaft zwischen dem Aaretal und dem seeländischen Trog (Fig. 2). Der Molassefels liegt in diesem Gebiet weitflächig recht oberflächennah; doch zeugen gerade die Bohrungen von Meikirch, dass lokal eine um über 100 m übertiefte Depression im Molasserelief vorhanden ist. Die Mulde von Meikirch ist im WNW vom Molasserücken des Fienisberg begrenzt. Dort stehen beim höchsten Punkt, dem Chutzen, die Molasse-Sandsteine des Burdigalien an; unter Berücksichtigung einer Mindestübertiefung von 100 m in der Mulde resultiert ein Reliefunterschied von mindestens 300 m auf 4,5 km Horizontaldistanz. Berücksichtigt man die in der unmittelbaren westlichen Umgebung von Meikirch gelegenen Molasse-Aufschlüsse, so ergibt sich dort ein Reliefunterschied in der Molasse-Oberfläche von mindestens 230 m auf 1,5 km. Die bestehenden geologischen Kartierungen (NUSSBAUM 1922 und KELLERHALS & TRÖHLER 1981) lassen auf eine komplexe Lockergesteinsfüllung der übertiefen Mulden (oder Rinnen?) in diesem Gebiet schliessen.

Das Hügelgebiet nördlich von Bern liegt nach herkömmlicher Auffassung im Ausdehnungsbereich des eiszeitlichen Rhonegletschers (Fig. 1 und 2). Die glazialmorphogenetische Überprägung mit lokaler Drumlinisierung (NUSSBAUM 1922, KELLERHALS & TRÖHLER 1981 und Fig. 2) widerspiegelt die West–Ost gerichtete Gletscherdynamik. Unklar bleibt vorläufig die erosive und/oder akkumulative Rolle des Aaregletschers, der diese Stelle beim Aufbau des randalpinen Eisstromnetzes (Fig. 1) in jeder Eiszeit früher als der Rhonegletscher erreicht haben müsste. In diesem Zusammenhang sei angemerkt, dass sich die geröllpetrographische Zusammensetzung der grobkörnigen Hangendsedimente der Meikirch-Bohrungen durch das Fehlen der Rhone-Leitgerölle auszeichnet und sich in dieser Beziehung deutlich von den entsprechenden Resultaten aus dem Seeland westlich von Aargau unterscheidet.

Die beiden früher untersuchten und in WELTEN 1982b publizierten Profile Meikirch I und II haben eine lithostratigraphisch identische Abfolge aufgeschlossen: unter

einer mächtigen (in Meikirch I bis 11,50 m) Grundmoräne folgt eine komplexe Abfolge von siltigem Kies mit geringmächtigen, feinkörnigen Zwischenlagen. Diese grobklastische Abfolge überlagert mächtige, lithologisch nicht weiter gliederbare, monotone, feingeschichtete und stark vorbelastete tonig-sandige Silte. Der Kontakt zwischen den feinkörnigen und grobkörnigen Einheiten liegt in allen drei Bohrungen zwischen 39 und 40 m ab Geländeoberfläche; auch kotenmässig liegt dieser Kontakt innerhalb von 3 m Unterschied, wobei die räumliche Anordnung der drei Bohrpunkte auf eine gewellte Seeton-Oberfläche schliessen lässt. Die wissenschaftliche Tiefbohrung von 1981 hat für die Kenntnis der grobkörnigen Hangendsedimente insofern eine Ergänzung gebracht, als neben der abdeckenden Grundmoräne möglicherweise zwischen 25 und 33 m Tiefe eine weitere Grundmoränen-Lage vorhanden ist.

Deutlich muss hervorgehoben werden, dass der palynostratigraphisch gliederbare Profilabschnitt (40–112 m) in den drei Meikirch-Bohrungen den lithostratigraphisch nicht weiter gliederbaren feinkörnigen Teil umfasst.

2.1.2 Rekapitulation und Neudarstellung des Holstein 1/Holstein 2-Warmzeit-Komplexes im Profil Meikirch II (aus WELTEN 1982b)

Koord.: 594.890/205.730/619.85; Diagr. 1

Das Holstein-Interglazial s.l. zerfällt in Meikirch in vier Teile:

- DA 1 (6370–6270 cm, evtl. ab 6545 cm): *Frühholstein-Aufwärmphase*; subarktisch-borealer *Pinus*-Wald. Die Festlegung des Beginns der Aufwärmphase ist problematisch.
- DA 2 (6270–5728 cm): *Holstein-Warmzeit s.s., Holstein I* (sensu WELTEN); *Picea/Abies/Alnus*-Warmwald.
- DA 3 (5728–5642 cm): *Spätholstein-Kaltphase*; subatlantisch-boreale *Pinus/Betula*-Parktundra.
- DA 4 (5642–5530 cm): *Spätholstein-Warmphase, Holstein II* (sensu WELTEN); *Picea/Quercus/Ulmus*-Warmwald.

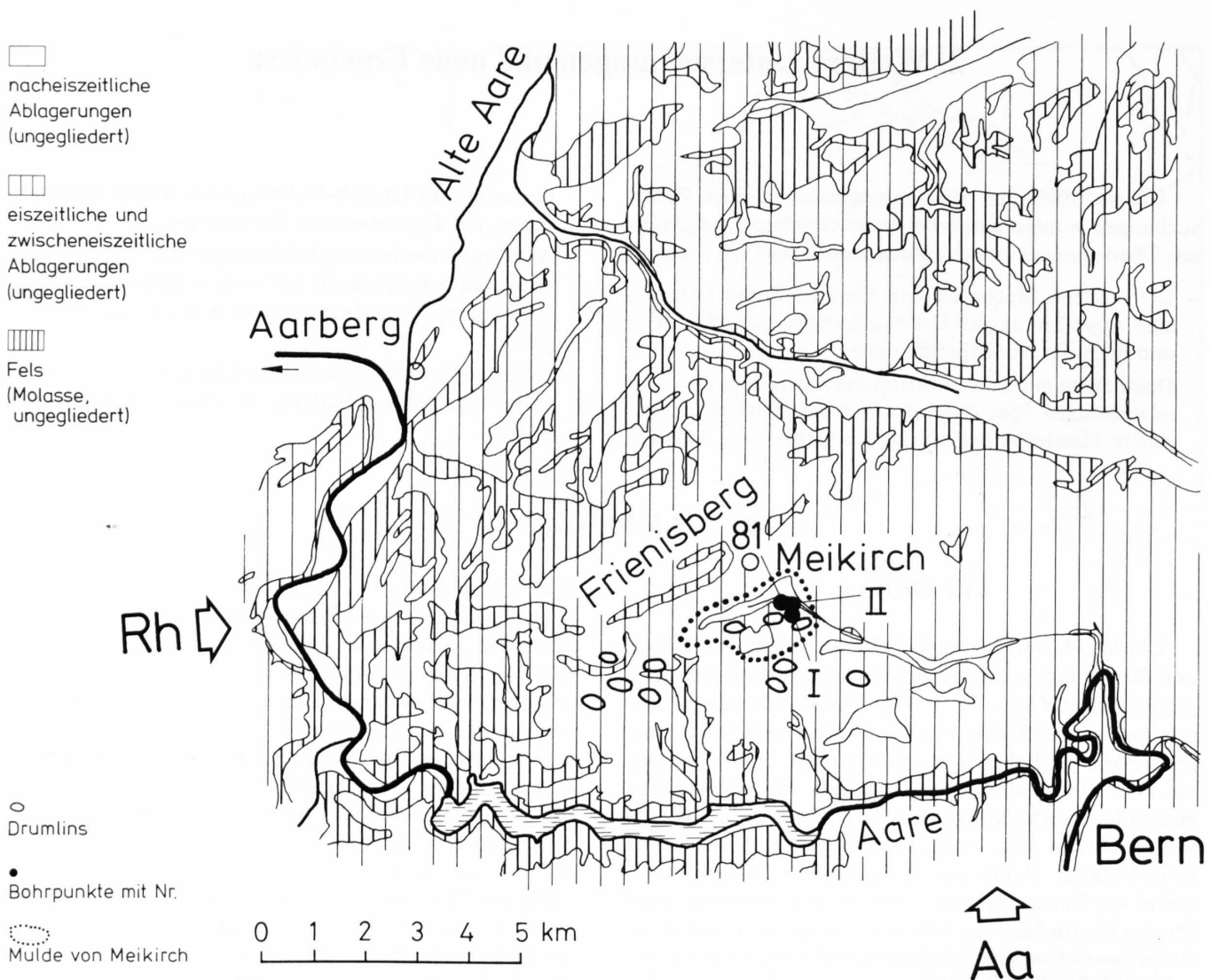


Fig. 2: Schematische geologische Kartenskizze des Hügelsgebietes um den Frienisberg zwischen Wohlensee und Lyssbachtal: Lage der Bohrpunkte bei Meikirch und Hauptbewegungsrichtung von Rhone- und Aaregletscher (Rh bzw. Aa) (nach NUSSBAUM 1922 und KELLERHALS & TRÖHLER 1981).

Der erste Teil (DA 1), die Frühholstein-Aufwärmphase, ist beim ersten Betrachten konfus und voller Probleme. Er beginnt und endet mit ausgeprägter *Pinus*-Dominanz mit relativ geringen NBP-Werten (meist weniger als 20%), sehr wenig *Betula*, doch *Salix*- und *Juniperus*-Werten von 1–4%. Wärmeliebende und *Picea* fehlen fast ganz. *Artemisia*-, *Hippophaë*- und *Ephedra*-Spuren kennzeichnen wohl das ausgehende Mindel-Spätglazial (wenn sie nicht bereits als Sekundärspuren aufgefasst werden müssen). Es handelt sich also um eine subarktisch-boreale Wiederbewaldungsphase nach einer sehr intensiven Kalt- und Eiszeit, die alle anspruchsvolleren Gehölze (und Kräuter) im Vereisungsgebiet und seiner näheren Umgebung vernichtet hatte. *Pinus silvestris* (wohl auch *P. mugo*, doch nicht *P. cembra*) besiedelten rasch das eisfrei werdende Gebiet, anderwärts, besonders im atlantischen Gebiet Europas, auch *Betula*, wohl als baumförmige Sippen (vgl. z. B. MEYER 1974, S. 92 und 96; Kieselgur-Profile von Hetendorf zwischen Hannover und Hamburg).

Der zweite Teil (DA 2), die Holstein-Warmzeit s.s., ist mit über 5 m Sediment ausserordentlich schön entwickelt.

Sie lässt sich in drei Hauptabschnitte gliedern (Grenzen etwa bei 6190 cm und 5940 cm):

- DA 2a: *Ulmus*/*Corylus*/*Picea*-Mischwald mit einwandernden *Abies*, *Tilia* und *Quercus*.
- DA 2b: *Abies*/*Alnus*/*Ulmus*/*Corylus*-Mischwald mit vielen wärme- und feuchtigkeitsliebenden Elementen: *Taxus*, *Buxus*, *Ilex*, *Hedera* neben *Tilia*, *Fraxinus*, *Acer* und – vereinzelt – *Juglans*.
- DA 2c: *Picea*-Endinterglazial-Wald mit *Pinus*- und *Abies*-Phasen und fast fehlenden wärmeliebenden Elementen, dagegen mit sehr spärlichen *Fagus*-Spuren.

Im Abschnitt DA 2a ist die frühe Einwanderung von *Picea* und *Abies* bemerkenswert, die noch unter dominierendem *Pinus* stattfindet. Man darf wohl annehmen, dass ihre Refugien am Ende der Mindel-Eiszeit nicht allzu fern lagen oder letzte Einzelvorkommen aus Mitteleuropa nicht völlig verdrängt waren. Die fast gleichzeitige Einwanderung von Spuren aller oben erwähnten wärmeliebenden Elemente lässt zudem auf ein ziemlich steiles Ansteigen der Interglazial-Temperaturkurve schliessen. Car-

pinus ist in so geringen Spuren vorhanden, dass nicht auszumachen ist, ob diese nicht sekundär sind. Diese Erscheinung geht durch das ganze Holstein-Interglazial von Meikirch durch: Ähnlich wie im Holozän scheint *Carpinus* im Holstein in Meikirch völlig bedeutungslos gewesen zu sein.

Der Abschnitt DA 2b kennzeichnet ausgezeichnet die warmfeuchte Klimlage, die man anderwärts dem Interglazial zuschreibt. Die *Abies/Alnus/Ulmus*-Dominanz mit einem Baum-/Strauchbestand von *Corylus*, *Taxus*, *Buxus*, *Hedera*, *Ilex*, etwas *Tilia* und *Fraxinus* und mit sehr wenig *Pinus* und *Quercus* erinnert stark an die Vegetation der untermontanen Stufe am niederschlagsreichen Aussenrand des Alpenbogens oder gar an diejenige des atlantischen Westeuropas.

Der Abschnitt DA 2c (5950–5728 cm) ist gründlich verschieden von den zwei älteren Abschnitten. *Picea* dominiert mit 40–65%; über zwei längere Strecken ist *Pinus* Subdominante. *Abies* und *Ulmus* sind gegenüber 2b auf einen Drittel reduziert. Die auszeichnende Gruppe der Wärmeliebenden des Abschnitts 2b ist bis auf spärliche Reste verschwunden. Diese so andersartige Vegetation spricht für eine Kontinentalisierung und eine allgemeine Temperatur-Erniedrigung gegenüber den Abschnitten 2a und 2b. Der Abbau des typischen Holstein-Interglazialklimas manifestiert sich besonders in den zwei *Pinus*-Phasen bei 5890 cm und 5800 cm, die von leichten NBP-Zunahmen mit *Artemisia*- und *Chenopodiaceen*-Spuren begleitet sind. Der Umstand, dass die beiden massiven *Pinus*-Zunahmen die *Picea*-Kurve in keiner Weise beeinflussen (sondern nur die anspruchsvolleren Arten!) spricht gegen die Möglichkeit, sie auf sekundäre Pollen- und Material-Einschwemmung zurückzuführen. Es ist daher auch bemerkenswert, dass sich nach beiden *Pinus*-Subphasen die anspruchsvollere Vegetation (um 5870 und 5770 cm) recht gut erholt (vorab *Abies*, *Alnus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Tilia*, keineswegs aber *Corylus* und die subatlantischen Elemente). Recht merkwürdig mutet das Auftreten von *Fagus*-Spuren in fünf der zwanzig Spektren an.

Der dritte Teil (DA 3), die Spätholstein-Kaltphase, kann als logische Weiterentwicklung der eben dargelegten Entwicklungstendenz aufgefasst und könnte darum mit ihr zusammengefasst werden. Die einschneidende Änderung der Vegetation legt jedoch eine Abtrennung nahe. Am Ende des DA 2c gehen alle anspruchsvollen Elemente auf Null, *Picea* auf 10% zurück, wogegen *Betula* und *Pinus* kräftig ansteigen und *Pinus* schliesslich deutlich dominiert. Das Ansteigen der NBP auf 20% und ihre Hauptkomponenten *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Ephedra*, *Gramineae*, sowie *Hippophaë*, sprechen für einen schwach subarktisch-borealen Charakter des *Pinus/Picea/Betula*-Waldes, der starke Anteil von *Betula* aber vielleicht für eine deutliche Ozeanisierung gegenüber DA 2c. Man ist sehr versucht, diesen 80 cm Sediment umfassenden Profilabschnitt als sekundäre Einschwemmung oder Einrutschung aufzufassen. Nicht nur die Entwicklungstendenz des DA 2c spricht dagegen, sondern auch der Umstand, dass es in DA 1 keine *Pinus/Betula/Picea*-Spektren gibt und besonders, dass im darauffolgenden warmzeitlichen Abschnitt *Abies* nicht mehr erscheint und weitere Besonderheiten auftreten. Wir bezeichnen des-

halb vorläufig den Abschnitt DA 3 als Spätholstein-Kaltphase (H_1/H_2).

Als vierten Teil (DA 4) des Holstein-Interglazials s.l., als Spätholstein-Warmphase, bezeichnen wir die Vegetationsentwicklung nach der Spätholstein-Kaltphase und vor der endgültigen Waldvernichtung durch die Riss-Kaltzeit bzw. Riss-Vereisung. Man kann die Spätholstein-Warmphase in zwei Abschnitte zerlegen:

Der erste Abschnitt, DA 4a, weist eine recht gute Warmwald-Vegetation auf, in der *Picea*, *Quercus*, *Corylus* und *Ulmus* dominieren. *Alnus* ist viel schwächer vertreten als in der Holstein-Warmzeit s.s. (DA 2b), während *Acer* und *Buxus* etwa gleich stark erscheinen. *Taxus*, *Tilia* und *Fraxinus* sind seltener als in DA 2b, *Hedera* und *Ilex* sind sehr selten.

Uns scheint, dass die Spätholstein-Warmphase klimatisch trockener und weniger warm war als die Holstein-Warmzeit s.s. Ihr Endabschnitt DA 4b ist als boreale *Picea*-Waldphase ausgebildet (70% *Picea* in geschlossenem Wald).

2.1.3 Wissenschaftliche Rotationskernbohrung Meikirch 1981

Koord.: 594.800/205.860/618; Diagr. 2

Die schon bei der technischen Bohrung vom Mai 1972 (Meikirch II, vgl. WELTEN 1982b, Diagramm 1a) aus wissenschaftlichen Gründen von 60 auf 70 m erweiterte Bohrung hatte zwischen 63,70 m und 65,40 m innerhalb der ausgehenden Mindel-Spätglazialzeit eine Störphase von Einschwemmungen aus einer vorausgegangenen Warmzeit (Cromer?) aufgedeckt mit viel *Picea*, *Abies* und *Carpinus*. Es lag deshalb nahe, den Versuch zu unternehmen, durch sehr tiefes Bohren auch diese Warmzeit zu erfassen.

Die Bohrung wurde im Mai 1981 als völlig trockene Kernbohrung durch die Firma Grund- und Tiefbau AG Bern auf der Parzelle No. 2297/98 nahe dem Chräbsbach im Üttligenwald (Gemeinde Wohlen) bis in die Tiefe von 112 m vorgetrieben (Fig. 2). Der Schweizerische Nationalfonds hat den Hauptteil der Kosten übernommen. Die Bohrfirma und das Wasser- und Energiewirtschaftsdepartement des Kantons Bern leisteten einen finanziellen Beitrag, der an dieser Stelle bestens verdankt wird. Leider war es der hohen Kosten wegen nicht möglich, die Mulde von Meikirch seismisch vorzuuntersuchen.

Das Profil gliedert sich stratigraphisch und biostratigraphisch folgendermassen:

0 – 39,25 m	meist grobe würmglaziale (s.l.) Ablagerungen mit <i>Picea</i> -reichen Lehmen bei 14,60–14,80 m und 18,90–20 m
39,25– 44,30 m	eemzeitliche Seetone mit primärem und sekundärem Polleninhalte
44,30– 56,30 m	risszeitliche Seetone
56,30– 57,14 m	Seetone aus Holstein 2
57,14– 57,90 m	kaltzeitliche Phase H_1/H_2 (Seetone)
57,90– 66,00 m	Seetone aus Holstein 1
66,00– 74,00 m	mindelspätglazialer Seeton (<i>Pinus</i> -Wald)
74,00–112,00 m	mindelfrühspätglazialer Seeton (<i>Artemisia</i> und <i>Ephedra</i>)

Ab 39,25 m sind die feinkörnigen Seetone stark vorbelastet und gepresst.

2.1.4 Hauptergebnisse

Tiefenerosion des Mindelgletschers

Die mindelspätglaziale Ablagerung von mindestens 46 m Mächtigkeit (Bohrende) spricht für das Bestehen einer tiefen Rinne am Ende der Mindel-Eiszeit. Eigentliche Mindel-Grundmoräne wurde nicht festgestellt, auch nicht eine darunter erwartete Warmzeit-Ablagerung, wie sie nach den cromerzeitlichen (?) Einschwemmungen im Profil Meikirch II zu erwarten gewesen wäre.

Es liegt vorerst nahe, die weit über 100 m tiefe Auskolkung der Rinne von Meikirch der Tiefenerosion des Mindelgletschers zuzuschreiben. Eine bedenkliche Unsicherheit dieser Aussage besteht aber darin, dass wir über die Bezugsoberfläche der Meikircher Ablagerungen nichts wissen, vielmehr allen Grund haben, hier ein Seebecken anzunehmen ähnlich dem Murtensee, das erst durch die Würmgletscher mit 40 m Schottermaterial völlig ausgeebnet wurde (Saane-, Aaregletscher?, während T_1 ?, T_3 ?).

Jedenfalls scheint aber die Tiefenerosion der Riss- und Würmgletscher relativ gering gewesen zu sein, wenn man die geringe Störung der liegenden warmzeitlichen Ablagerungen im Auge behält, deren Erhaltung freilich wohl nur durch eine genügend kompakte Überlagerungsschicht zustande kam. In diesem Sinn ist wahrscheinlich die simpel erscheinende Ablagerungsfolge von Meikirch bedeutungsvoller als man denkt.

Gliederung des Mindel/Riss-Interglazials

Allem Anschein nach wird das Mindel/Riss-Interglazial (Diagr. 1) durch eine mässige Kaltphase in zwei Abschnitte gegliedert, die sich nördlich der schweizerischen Alpen dadurch auffällig unterscheiden, dass die ältere Phase sehr viel *Abies* aufweist, die jüngere aber so gut wie keine *Abies*, weniger wärmeliebende Laubhölzer, dagegen viel *Picea*.

Diese Zweiteilung ist auch in Nordeuropa festgestellt worden. Die jüngere Warmphase wird aber dort meist als separates Frühriss-Interglazial aufgefasst: Treene, Waken-Dömnitz-Warmzeit (z.B. DÜCKER 1969, ERD 1965, MENKE 1968), oder aber als warmes Riss-Interstadial (Hoogeween-Interstadial, ZAGWIJN 1973), die dazwischen liegende Kaltphase als Fuhne-Kälteschwankung (vgl. FRENZEL 1978) oder Mehlbeck-Kaltzeit (DÜCKER 1969).

Angesichts des am Alpennordrand geringen Klimarückschlags und der relativen Kürze der Phase und der relativ raschen Wiederbesiedlung durch anspruchsvollere Baumarten möchte ich den schon von anderer Seite verwendeten Namen Holstein 2 verwenden. Ob das Problem der Zweiteilung allenfalls im Sinn von BENDA & BRANDES (1974, S. 64) durch erweiterten Einbezug von kurzfristigen Kälteschwankungen (?) herunterzuspielen ist, scheint mir sehr fraglich.

Während der 8 m mächtige Sedimentabschnitt der Holstein 1-Warmzeit vergleichsweise eine recht «normale» Mächtigkeit aufzuweisen scheint, könnte der Holstein 2-Abschnitt mit nur 0,8 m (Meikirch II: 1,10 m) vermutlich durch Hangerosion oder evtl. Glazialerosion des frühen Rissgletschers verkürzt sein.

Gliederung der Riss-Eiszeit

Der vorläufig als risszeitlich anzusprechende Abschnitt zwischen Holstein 2 und Eem (Diagr. 2) weist im unteren Teil wie in Meikirch II drei *Picea*-Interstadiale (DA 6, 8, 10) mit abnehmendem warmzeitlichem Charakter auf, im oberen Teil wie in Meikirch II ein langes Lärchen (1–4%)-Birken-Interstadial (mit *Pinus* und 10–20% *Picea*) (DA 12). Das abschliessende Endriss-Spätglazial (DA 13) zeigt in beiden Fällen *Betula*-Dominanz über *Pinus*- und *Larix*-Werten von 2–3%, dagegen \pm ganz verschwindender *Picea*. Das Ende des Spätglazials und der Beginn der Warmzeit sind durch Sedimentfließen oder Abspülung verkürzt (Hiatus 1 in Fig. 3).

Die an *Artemisia* und *Ephedra* reichsten Abschnitte befinden sich gegen das Ende der *Picea*-Interstadiale und vor dem Beginn des langen *Larix/Betula*-Interstadials. Man möchte danach denken, dass die Riss-Vergletscherung am Ende der *Picea*-Interstadialphase ein längeres Maximum erreichte und ganz am Schluss nochmals akut wurde.

Die Eem-Sedimentation im Becken von Meikirch

Ein besonders wichtiges Ergebnis des Profils 1981 (Diagr. 2) ist die Dynamik der Eem-Sedimentation: Sie ist kurz nach Beginn und am Schluss durch extreme Störungen ausgezeichnet (vgl. Fig. 3). Man hat beim ersten Anblick fast Mühe, die drei Meikircher Eem-Bilder als Ausdruck derselben Warmzeit-Ablagerung zu erkennen.

Meikirch II zeigt das kohärenteste Bild. Meikirch I ist am Anfang sehr verkürzt, sonst aber recht zerhackt, was nur zum Teil von den etwas grossen Probeabständen herrührt. Meikirch 1981 zeigt, abgesehen vom verkürzten Beginn zwischen den Phasenmarken 2 und 3 (44,06–42,72 m) und denjenigen zwischen 6 und 7 (40,32 und 39,25 m) – durch Umlagerung bedingt –, völlig fremderscheinende Einschiebungen von über 1 m Mächtigkeit.

Der unteren Einschwemmung geht ein nur von 44,30–44,06 m reichendes echtes Stück Eem-Frühentwicklung voraus (EMW/*Corylus/Carpinus*-Anstieg), dann folgt – wohl nach hiatusartigen Profilverkürzungen – ein vielleicht recht kurzfristiger Profilauftrag aus höheren Hang-(Ufer-)Partien von EMW-Material bis hinunter in das liegende Spätglazial-Material mit *Larix*-Spuren und dann wieder EMW-Material aus noch höheren Hanglagen, über die ganze Strecke ohne *Carpinus* (also als wahrscheinlich rasche Abspülung!).

Bei 42,72 m Tiefe hört die Einschwemmung oder Einrutschung plötzlich auf, setzen sich die *Corylus*- und *Carpinus*-Kurven fast wertmässig genau fort und wächst das Profil bis 40,80 m hinauf störungsfrei weiter. Wir erkennen klar, dass die palynologische Kaltphase in 43,40 m Tiefe ein Störungsprodukt ist und nicht als Zweiteilung der Eem-Warmzeit aufgefasst werden darf.

Die obere Störung beginnt mit zwei klaren Hiaten bei 40,80 m und bei 40,53 m. Im ersten Fall sinken *Abies*, EMW- und *Carpinus*-Werte unvermittelt ab und steigen *Picea*-, *Betula*-, *Pinus*- und *Fagus*-Werte steil an; im zweiten Fall setzt der Übergang am Ende der Eem-Warmzeit in eine *Pinus/Picea/Betula*-Schlussphase ohne Wärmelie-

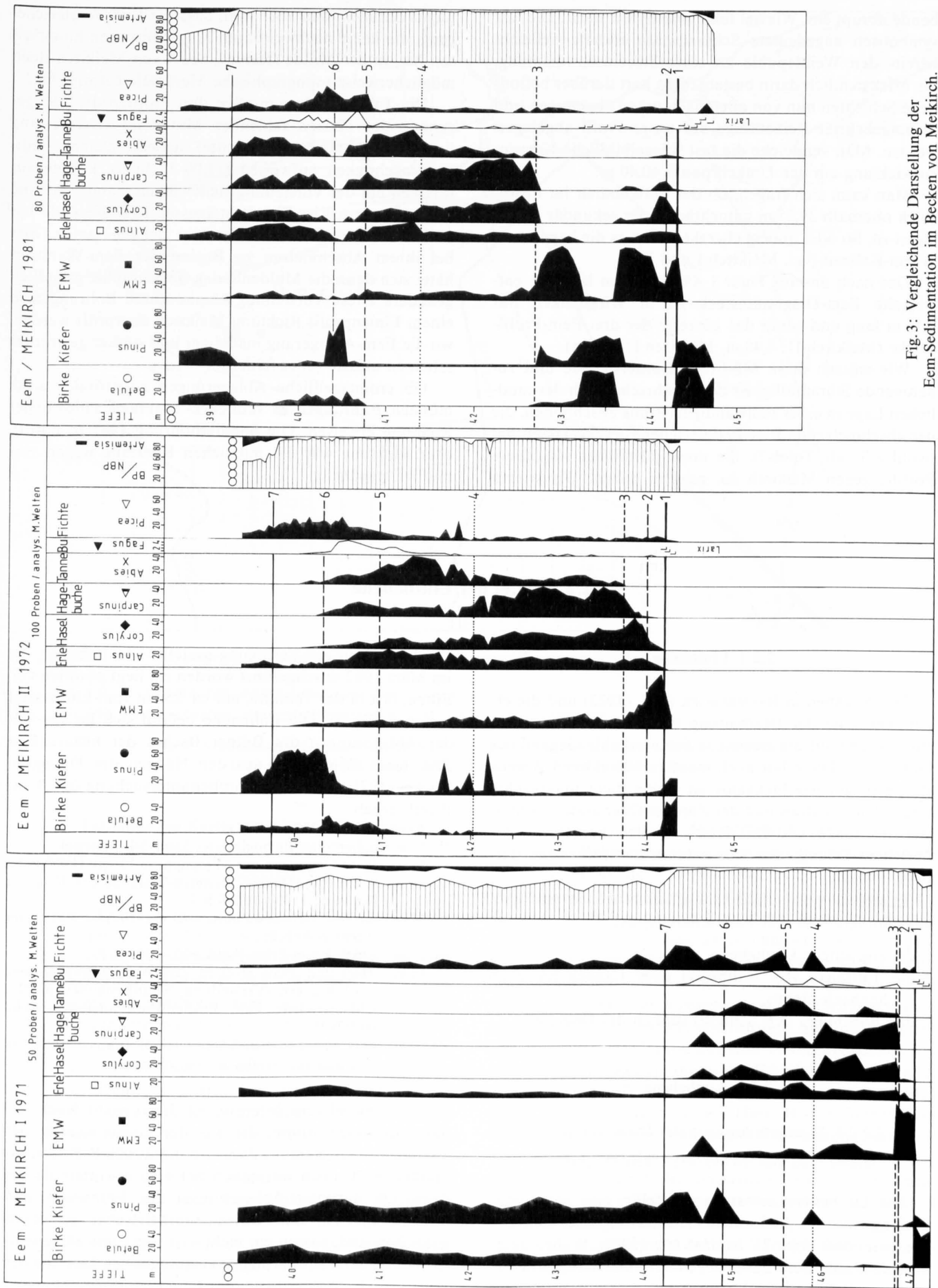


Fig. 3: Vergleichende Darstellung der Eem-Sedimentation im Becken von Meikirch.

bende abrupt ein. Wieviel fehlt, wissen wir nicht. Die fast symbolisch angedeutete Schlussphase enthält vielleicht bereits den Wendepunkt zu einer Störeinschwemmung, die offensichtlich darin besteht, dass hart darüber befindliche Schichten nun von oben nach unten abgetragen und in umgekehrter Reihenfolge auf unser Profil abgelagert werden. Man vergleiche die fast spiegelbildliche Kurvenentwicklung um den Umkehrpunkt 40,40 m!

Man kann sich fragen, ob der Polleninhalt im Profilstück oberhalb 39,25 m autochthon oder sekundär umgelagert ist. So oder anders charakterisiert es die begonnene Würm-Kaltzeit (vgl. Meikirch I und II).

Das nach unserer Figur 3 scheinbar am längsten entwickelte Eem-Diagrammstück ist in Wirklichkeit nur 2,56 m lang und somit das kürzeste der drei Eem-Profilstücke (Meikirch II: 4,40 m, Meikirch I: 2,88 m).

Wir müssen diese Mächtigkeitsunterschiede und zunehmende Störanfälligkeit doch wahrscheinlich der randlichen Lage in einer steilwandigen Rinne zuschreiben, die der abschmelzende Riss-Endgletscher zurückgelassen hat (wohl z.T. als Toteis?). Sie muss nördlicher als unsere Profile, gegen Meikirch zu, gelegen haben. Wir wissen

nichts darüber, sind aber froh, dass die Riss-Vergletscherung, die keine nachweisbaren Moränenspurten hinterlassen hat, in der Mulde (Rinne?, See?) von Meikirch doch möglicherweise topographische Merkmale geformt hat.

Die Tatsache, dass in allen drei Profilen die Ablagerungen der Phasen fehlender Mittelland-Rissvereisung (interstadialähnliche Abschnitte) nahezu gleiche Sedimentmächtigkeit aufweisen (11,00–12,30 m), könnte zusammen mit der Vorstellung steiler Rinnenränder an eine über die ganze Riss-Eiszeit in grosser Tiefe liegende hypothetische, immobile Toteismasse denken lassen. Erst bei ihrem Abschmelzen zu Beginn der Eem-Warmzeit hätte sich dann die Muldenboden-Topographie gründlich geändert. Diese Vorstellung könnte durch Bohrungen in einem Linienprofil Richtung Meikirch überprüft werden, wo die Eem-Ablagerung mächtiger und stärker gestört erscheinen müsste (oder fehlt?).

Ob cromerzeitliche Ablagerungen aufzufinden sind, müssten Bohrungen in südlicher, eventuell südöstlicher Richtung erweisen. Die Sondierbohrung 1981 in nördlicher Richtung war der möglichen Rissrinne wegen vermutlich ungünstig.

2.2 Gebiet der Linthebene

2.2.1 Einleitung

Die Angaben in BAUMBERGER et al. (1923) und die ersten Versuche der Bearbeitung von LÜDI (1953) wiesen mich vorerst auf die klassische Schieferkohle-Gegend der Linthebene. Diese bot auch insofern besonderen Anreiz, als sie so gut wie lückenlos an meine dicht untersuchte Gegend des Glattals und des Zürcher Oberlandes anstösst (WELTEN 1982b) und Teil desselben Gletschergebietes der Zürichsee-Talung, des Rhein-Linth-Eisstromnetzes darstellt.

Dieses Gebiet zerfällt landschaftsgenetisch und geomorphologisch in drei Landschaftstypen:

1. die eigentliche Linthebene,
2. die Talflanke von Kaltbrunn über Uznach bis nach Eschenbach hinaus,
3. den Buechberg (Kt. Schwyz) südlich des Obersees.

2.2.2 Linthebene

2.2.2.1 Sondierbohrung in der Ebene von Bilten

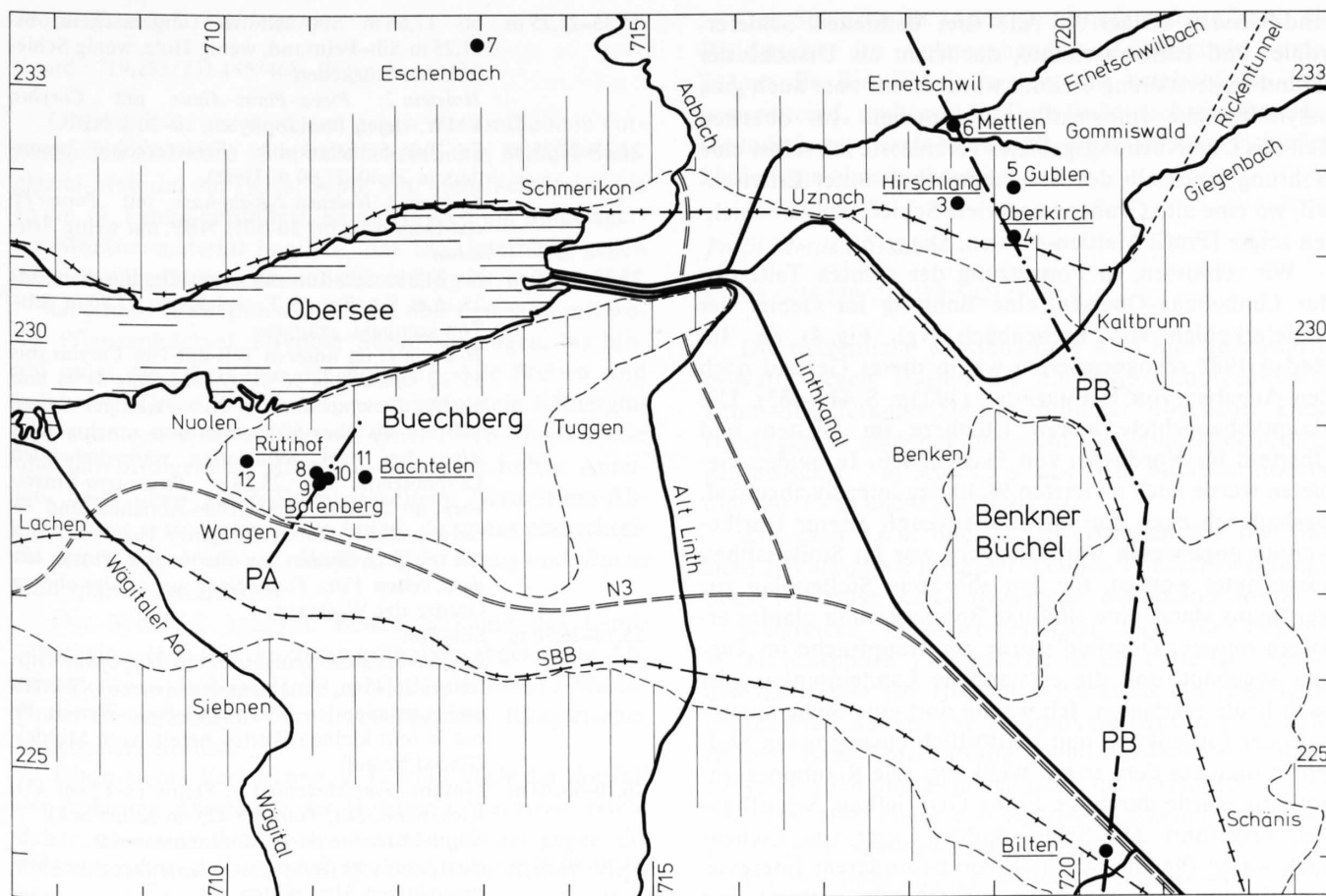
Koord.: 720.300/224.050/422.5; kein Diagramm

Die Linthebene selbst ist zweifellos eine sehr junge Bildung, war sie doch noch bis ins Mittelalter teilweise See, wie das Figur 71 in HANTKE (1980, S. 161) zeigt. Trotzdem nahm ich die Gelegenheit einer Baugrund-Ablklärung mit 70 m tiefer Kernbohrung gerne wahr zu einer biostratigraphischen Stichproben-Untersuchung. Das Untersuchungsmaterial wurde mir dank der Vermittlung von

Dr. F. Madsen zur Verfügung gestellt. Die Bohrung, die im März 1982 durchgeführt worden ist, liegt nördlich von Bilten, fast in der Talmitte, nur ca. 250 m vom Linthkanal entfernt (Fig. 4). Die Bohrstelle befand sich im Bereich der Ablagerungen des Biltner Baches der historischen Zeit, eines Wildbaches aus den Hängen des Planggenstockes (1075 m). Die Stichprobenuntersuchung des 70 m-Profils ergab:

- 70–51 m pollenfreies fluvioglaziales Sand-Silt-Material.
- 51–46 m *Pinus*-Dominanz der Allerødphase 12000–11000 B. P.
- 46–38 m lichte *Pinus/Betula/Artemisia*-Bestände der Jüngeren Dryaszeit 11000–10200 B. P.
- 38–30 m die Warmzeit-Bewaldung setzt ein: *Corylus*, EMW, um 10000–9000 B. P.
- 30–17 m EMW-Hasel-Erlen-Wald, 9000–6000 B. P.
- 17–10 m *Abies* und *Picea* ersetzen den Warmlaubwald, erste Torfbildungen (Verlandung, Schilfbestände), niederschlagsreichere Zeit, Buchen-Einwanderung, 6000–2000 B. P.
- 10–0 m Torf, Sand, Kies und Steine mit Holz aus historischer Zeit und aus Wildbach-Übertragungen.

Von besonderem Interesse ist dieser erste Nachweis der sehr tiefen Rinne, die aus der Glazialerosion der Würmgletscher stammt. Zwar ist die 20000 B. P.-Grundmoräne wohl noch wesentlich tiefer zu erwarten als bei 70 m. Ob darunter Ablagerungen aus Frühwürm und Eem-Interglazial vom Rhein-/Linthgletscher verschont geblieben sind, wissen wir nicht – ist sogar unwahrscheinlich, da in der Tiefbohrung des Geologischen Instituts der ETH Zürich im Zürichsee vom Jahr 1980 in den obersten 137 m keine wirklich warmzeitlichen Sedimente nachgewiesen werden konnten.



● Bohrpunkte und/oder untersuchtes Profil mit palynostratigraphischem Diagramm (mit Nr.)

— PA: Schematisches, eiszeitstratigraphisches Profil Buechberg

— PB: Schematisches, eiszeitstratigraphisches Profil Oberkirch - Linthebene

Fig. 4: Schematische Übersichtskarte der Linthebene zwischen Zürcher Obersee und Bilten. Lage der Bohrpunkte und Aufschlüsse. PA = Figur 5, PB = Figur 6.

2.2.3 Talflanke von Kaltbrunn–Uznach–Eschenbach

2.2.3.1 Einleitung

Die nordöstliche, rechte Seite der Linthebene und des Obersees gehört wie die südwestliche, linke Seite zum Molassevorland des helvetischen Alpennordrandes. Bei der Felsunterlage handelt es sich vorwiegend um oligozäne Mergel mit Sandstein- und Geröllbänken, z.T. um Kalknagelfluh, die der Unteren Süsswassermolasse zugeordnet werden. Sie tritt meist nur in steilen Gipfelpartien und Schluchten zu Tage, ist sonst, besonders talhangabwärts, mit mächtigen Quartär-Ablagerungen überdeckt.

Die Talflanke von Kaltbrunn über Uznach bis nach Eschenbach hinaus war in beiden Weltkriegen Abbaugelände von Schieferkohle. JEANNET (1923a) berichtet über die erste Abbauperiode (in BAUMBERGER et al. 1923) ausführlich. Zahlreiche Geologen, Paläontologen und Botaniker beschäftigten sich mit dem fossilen Torfmaterial und einzelnen Funden. Wir erwähnen nur: BROCKMANN-JEROSCH (1910), PENCK (1912), HEIM, ALB. (1919) und LÜDI (1953). Die Unsicherheit der chronologischen Zuweisung der Schieferkohlen hat zur Aufstellung sehr verschiedener Modelle geführt.

2.2.3.2 Tiefbohrungen

Unsere Rekognoszierung im Jahr 1981 geschah in einer Zeit, da für die Schieferkohlen in der Gegend höchstens historisches Interesse bestand, wo dagegen vielerorts die sie überlagernden Kiese und Sande im Grossen abgebaut werden. Wenige ältere Landwirte konnten präzise Angaben über Abbau, Stolleneingänge und Schichtmächtigkeit machen. Auffällig waren für mich aber die vielen Grundwasser-Austritte, nassen Gehängewiesen und tümpelbesetzten Terrassenstufen. Unerwartet stiess ich bei meiner Abklärung auf eine Tiefbohrmaschine der Firma Greuter, Zürich, die in Ausführung eines St. Galler Sondierungsprojekts drei Tiefbohrungen bis auf die Molasse niederzubringen hatte. Herr H.-U. Grubenmann, Geologe, gab mir als Beauftragter des Kantons bereitwillig Auskunft über das Projekt, die geologische Abklärung für eine Melioration des vernässten Talhanges durchzuführen. Er war erfreut über das ungerufene Auftauchen eines Palynologen, der die erwünschte palynostratigraphische Aufklärung bringen konnte. Von drei Rotationskernbohrungen wurden Proben zu palynologischen Untersuchungen entnommen. Es handelt sich um die nachstehend aufgeführten Profile, deren Lage aus Figur 4 ersichtlich ist: Oberkirch (Diagr. 4), Gublen (Diagr. 5) und Hirsch-

land/Uznach (Diagr. 3). Alle drei enthielten Schieferkohle- und Lehmabschnitte, die leicht als Ursache der Grundwasserstauung erkannt wurden, mir aber auch gute palynologische Information versprachen. Im obersten Teil des Untersuchungsgebietes veranlasste ich selbst eine Bohrung, oberhalb des Böllenbergtobels unter Ernetschwil, wo eine alte Grubenwand viele Schieferkohle-Schichten zeigte (Profil Mettlen-Haslen, Diagr. 6).

Wir schlossen, in Fortsetzung der rechten Talflanke der Linthebene-Obersee, eine Bohrung im Gebiet der Schieferkohlen von Eschenbach (vgl. Fig. 4) an. Im Herbst 1982 rekognoszierten wir in dieser Gegend nach den Angaben von BAUMBERGER (1923a, S. 449–463). Die Hauptabbaugebiete waren Utenberg im Westen und Oberfeld im Nordosten von Eschenbach. In beiden Gebieten wurde auch im letzten Weltkrieg intensiv abgebaut, weshalb ich auch hier auf die Auskunft älterer Dorfbewohner angewiesen war. Utenberg war im Stollenabbau ausgebeutet worden, für den aber kein Stollenplan zur Verfügung stand, eine allfällige Bohrung somit planlos erfolgen musste; Oberfeld wurde zur Hauptsache im Tagbau abgebaut, und die entstandene Landeinsenkung ist auch heute erkennbar. Ich wählte dort eine Stelle ausserhalb der Einsenkung und nordöstlich einer grossen Stollendeponie aus dem ersten Weltkrieg. Die Rotationskernbohrung wurde durch die Firma GU-Tiefbau, Schaffhausen, ausgeführt. Die Schieferkohlen-Lager von Eschenbach waren für mich deshalb von besonderem Interesse, weil sie nur 8 km von jenen von Dürnten entfernt sind und bloss 20–30 m tiefer liegen. Die Profile von Dürnten hatten palynostratigraphisch das Alter R/W und Frühwürm ergeben.

Überraschenderweise konnten in den fünf Profilen (Fig. 4) am rechten Talhang der Linth-Obersee-Zürichsee-Talung keine jüngeren warmzeitlichen Ablagerungen gefunden werden als solche aus dem Holstein-Komplex. Darunter liegen bis auf den anstehenden Molassefels hinunter mächtige, wahrscheinlich Mindel-Spätglazial-Ablagerungen vom Charakter von Seeablagerungen, selten eigentliche Mindel(?)–Moräne.

2.2.3.3 Profil Hirschland (Uznach)

Koord.: 718.655/231.625/492.7; Diagr. 3

Das schönste und vollständigste Profil stammt von der Lokalität Hirschland, ca. 1 km östlich von Uznach und 80 m über der Linthebene gelegen. Der dortige Hang galt nach JEANNET (1923a) wegen Störungen als ertragsarm für die Schieferkohle-Gewinnung. An unserer Bohrstelle ergab das Profil trotzdem eine chronostratigraphisch wahrscheinlich aussagekräftige Gliederung (Stratigraphie unter Mitbenutzung des Bohrprofils des Geologen H.-U. Grubenmann).

- 0 – 2,00 m künstliche Aufschüttung aus Schürfversuchen.
- 2,00–11,25 m Steine–Kies–Sand–Silt; fluvioglaziales Material. Riss oder Würm.
- 11,25–15,35 m Feinsand–Silt mit viel Organischem, Holzstücke bei 12,0–12,20 m; Schieferkohle und Holz bei 13,10–13,35 m. Frühriss mit zwei *Picea-Interstadialen* bei 11,70 und 13,30 m.

- 15,35–21,25 m bis 17,65 m Silt mit viel Organischem, bis 21,25 m Silt–Feinsand, wenig Holz, wenig Schieferkohle-Stückchen.
Holstein 2: Picea–Pinus–Alnus mit *Corylus*, EMW, vielen Pteridophyten, 10–20% NBP.
- 21,25–22,25 m Silt–Ton–Schieferkohle (Schieferkohle besonders in 21,40–21,90 m Tiefe).
Holstein 1/Holstein 2-Kaltphase mit *Pinus/Picea*-Dominanz bei 30–50% NBP, mit wenig *Artemisia*.
- 22,25–25,70 m bis 24,0 m Silt–Ton mit etwas Organischem, bis 25,15 m Silt–Ton, z.T. weich, bis 25,70 m Silt–Ton kompakt, grüngrau.
Holstein 1: im unteren Teil mit viel *Corylus* (bis 55%), *Ulmus* (bis 30%), *Quercus* (bis 41%) und bis 6% *Fraxinus* und um 20% *Picea*, im oberen Teil mit bis über 60% *Abies* und zunehmender *Alnus* bei stark reduzierten wärmeliebenden Laubhölzern. Bei 23,20 m *Pterocarya*-Einkorn, ab 22,90 m starke *Abies*-Abnahme und *Picea*-Zunahme. Durch die ganze Holstein 1-Zeit mit reichlich Spuren von *Buxus*, *Ilex*, *Taxus*, *Hedera*, selten *Vitis*. *Fagus*-Spur nur an der oberen Grenze der Warmzeit.
- 25,70–26,70 m Silt–Ton.
Mindel–Holstein–Spätglazial mit *Hippophaë*-Gipfel bei 26,45 m, abnehmenden *Artemisia*-Werten und zunehmenden *Betula*- und *Pinus*-Werten. *Picea* in sehr kleinen Werten bereits vom Mindel-Glazial herauf.
- 26,70–43,70 m Moräne, (verschwemmt?): Steine (5–12 cm Ø), Kies, Sand, Silt, Ton (bei 42,0 m Kalkblock). Mindel-Moräne oder -Moränenmaterial.
- 43,70–80,80 m glazi-limnische Sedimente mit sandigen und kiesig-steinigen Abschnitten.
Artemisia–Chenopodiaceen–Pinus mit 40–80% NBP, Abschmelzphase des Mindel-Rinnen-Tot-eises.
- 80,80–85,00 m Untere Süsswassermolasse, braungrauer Mergel.

Wir fassen zusammen: Das 85 m mächtige M/R-Profil Hirschland, Referenz-Profil für die ganze Gegend der Linthebene, zeigt eine Warmphase von 10,5 m Mächtigkeit, die unten durch spätglaziale Ablagerungen von 55 m Mächtigkeit wahrscheinlich aus der Mindel-Eiszeit über dem Molassefels begrenzt ist, oben durch extreme Baumlosigkeit der früh-risszeitlichen Kaltzeit. Sie ist im oberen Teil durch eine mässige, relativ kurze Kaltphase mit Schieferkohle-Bildung und mit lichten *Pinus/Picea*-Beständen aufgespalten. Sie scheint gerade durch diese Zweiphasigkeit eine besondere Mächtigkeit und daher auch eine besonders lange Dauer erreicht zu haben, die die Jahres-schicht-Zählungen und -Schätzungen von MÜLLER (1974) von 15000–16000 Jahren doch vielleicht noch übertrifft und deshalb im Vergleich zum Eem und Holozän die alte Bezeichnung des «Langen Interglazials» sehr wohl verdient.

2.2.3.4 Profile Oberkirch, Gublen und Mettlen-Haslen

Die drei weiteren Profile aus dem Raum Kaltbrunn–Uznach sind in vereinfachter Form als Diagramme 4, 5 und 6 nebeneinander gestellt. Links ist die tiefstgelegene Bohrung Oberkirch (55 m über der Linthebene), in der Mitte die höher gelegene Bohrung Gublen (120 m über der Linthebene) und rechts die höchst gelegene Bohrung Mettlen-Haslen (129 m über der Linthebene) wiedergegeben. Die unter 2.2.3.3 besprochene Bohrung Hirschland, 80 m über der Linthebene, reiht sich nach der Höhe zwischen die Profile Oberkirch und Gublen ein.

Profil Oberkirch (Kaltbrunn)

Koord.: 719.265/231.185/468; Diagr. 4

Oberkirch ist am weitesten gegen die Linthebene vorgeschoben und weist 55 m wahrscheinliches Mindel-Spätglazial-Material auf (Kies, Sand, Silt, mehrfach Steine bis 15 cm Ø, kantig-gerundet). Es dürfte sich um umgelagertes Moränenmaterial handeln, das im Unterhang gegen die tiefe Glazialrinne besonders mächtig ist.

Oberhalb 19 m finden sich Silte und Feinsand mit wenig Pflanzenhäcksel, offenbar Seeablagerungen, bis hinauf unter die Oberkante der Bohrung. Alle Proben sind kalkhaltig. Diese 19 m umfassen das Holstein 1-Interglazial, zuunterst sehr verkürzt mit einer EMW-Hasel-Phase und darauffolgendem *Abies*-Abschnitt mit hohen Anteilen, nach oben mit wohlentwickeltem *Picea/Alnus*-Abschnitt mit geringerem *Abies*-Anteil. *Carpinus* überschreitet selten den 1%-Wert. *Hedera*, *Ilex*, *Taxus* und *Buxus* sind spärlich vorhanden.

Der über der heutigen Bodenoberkante des Land-schulheims Hof Oberkirch ursprünglich abgelagerte Abschnitt der Kaltphase H_1/H_2 und der Holstein 2-Warmphase ist vermutlich vom nachfolgenden Rissgletscher wegerodiert worden.

Die extreme Verkürzung, z.T. wohl auch der Ausfall der frühesten Abschnitte der Holstein 1-Warmzeit, reicht daher, dass sich damals der Schüttungskegel gegen die tiefe Glazialrinne noch nicht genügend stabilisiert hatte. Man vergleiche damit die geringe Verkürzung im Diagramm Hirschland und besonders im Diagramm Meikirch. Es handelt sich in ganz Europa offenbar um ein übereinstimmendes Phänomen: die fast stets sehr labile Auffüllung der älteren, wahrscheinlichen Mindel-(Elster-)Rinnen.

Profil Gublen (Kaltbrunn)

Koord.: 719.250/231.800/533; Diagr. 5

Gublen weist über der Molasse, 120 m über der heutigen Talsohle, im Mindel-Spätglazial nur 14 m Hangauftrag auf. Der Abschnitt der Holstein 1-Phase ist nur 7 m mächtig, im Profil Oberkirch dagegen mehr als 19 m. Im unteren Teil besteht er noch aus verschwemmter kalkhaltiger Moräne, so dass *Pinus*-, EMW-, *Corylus*- und *Abies*-Frühphasen und *Picea*-Vorphasen vollständig fehlen.

Die H_1/H_2 -Kaltphase führt abermals kalkreiches Einschwemmungsmaterial, trägt nur noch vereinzelt *Pinus*, *Alnus*, *Betula*, *Salix*, *Hippophaë* und hochstaudenartige Krautvegetation (*Polygonum bistorta*, *Geranium* (wohl *G. silvaticum*), viele liguliflore Compositen, Gräser, Farne und – seltener – *Artemisia* und *Ephedra*).

Recht gut entwickelt (11 m) mit zahlreichen Schieferkohle-Bändern, besonders gegen oben, ist die Holstein 2-Phase mit dominierender *Picea*, viel *Pinus* und *Alnus* (*A. incana*!) und wenigen wärmeliebenden Laubhölzern. Für die Entkalkung des Bodens und die Versauerung der humusreichen Böden sprechen *Pteridium* und *Ericaceen* und das vermehrte Auftreten von *Sphagnum*. Die Vegetation dieser nassen Hänge würden wir etwa als ober-montan oder unter-subalpin bezeichnen.

Den Spektren ab 14,5 m Profiltiefe zufolge, sank die Waldgrenze im entsprechenden Zeitabschnitt unter 533 m: die Riss-Eiszeit beginnt mit kalkhaltigem Auftragsmaterial, und in 11 m Tiefe findet sich ein *Picea*-Interstadial mit *Larix*-Spur und einer dünnen Schieferkohle-Lage abgezeichnet.

Profil Mettlen-Haslen

Koord.: 718.530/232.570/542; Diagr. 6

Die risszeitliche Kiesschüttung wird hier gegenwärtig ostwärts gegen Haslen bis auf eine «unbrauchbare» Lehm-Schieferkohle-Schicht hinunter abgebaut. Diese wurde gerade noch mituntersucht. Die Pollenspektren zeigen zwischen 7 m und 8,5 m das erste Frühriss-Interstadial mit *Picea* und *Larix*-Spur an.

Zwischen 8,6 m und 12,5 m erkennen wir die Holstein 2-Warmphase mit einer schönen Wiederbewaldungsphase mit *Pinus*, *Larix*, *Hippophaë*, *Betula* und *Alnus*.

Kalkreiche Einschwemmungen zeigt die liegende H_1/H_2 -Kaltphase. Fast kalkfrei ist die darunter abgebildete Endphase der Holstein 1-Warmzeit mit reichlichen organischen Resten. Die Hauptphase liegt in einer kalkreichen Bach-Aufschüttung (heute Ernetschwiler-Bach) zwischen 19 m und 29 m versteckt, die vermutlich aus der feuchten *Abies*-Phase von Holstein 1 stammt und direkt der Unteren Süßwassermolasse aufliegt.

Da die tonig-sandige Mindel-Spätglazial-Ablagerung fehlt, müssen wir vermuten, dass am Ende der Mindel-Eiszeit an dieser Stelle die Felsoberfläche bereits frei lag oder zeitweise der Denudation ausgesetzt war.

Die vier Bohrprofile geben ein anschauliches Bild der Akkumulationsvorgänge am Rand der glazial (nur glazial?) sehr stark übertieften Linthal-Zürichseetal-Rinne am Ende der Mindel-Eiszeit. In dieses geomorphologisch fast katastrophale Geschehen zu Beginn der Holstein-Warmzeit haben wir die Funde von Güntenstall-Kaltbrunn hineinzustellen, die bei Güntenstall fast genau gleich hoch liegen wie bei Hof Oberkirch und nach den umfangreichen Untersuchungen von BROCKMANN-JEROSCH (1910) die Delta-Ablagerungen aus dem Giegebachtobel betrafen. Das an dieser Stelle akkumulierte Moränenmaterial ist als verfrachtetes und umgelagertes fluvioglaziales Material deutbar. Eine Diskussion über die Bedeutung von Blätterfunden wärmeliebender Bäume (*Quercus robur*, *Ilex aquifolium*, *Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, *Tilia platyphyllos*, *Hedera helix*, *Fraxinus excelsior*, *Viburnum opulus*) in diesem Material braucht heute nicht weitergeführt zu werden. Wer sich für die Funde von GAMS, MEYLAN, RYTZ, JACCARD und KOCH interessiert, sei auf die ausführlichen Angaben in JEANNET (1923a, S. 331–353) verwiesen.

2.2.3.5 Profil Eschenbach-Oberfeld

Koord.: 712.970/233.500/510; Diagr. 7

Eschenbach-Oberfeld liegt, zusammen mit den Kohlevorkommen vom Utenberg, ungefähr in mittlerer Meereshöhe der Vorkommen von Uznach-Kaltbrunn, ist aber von ihnen mehr als 20 km entfernt.

Das Profil zeigt bereits 4,4 m unter der Oberkante riss-eiszeitliche Tongyttjen, stellenweise mit Schieferkohle; diese Gytjen gehören in das erste, von *Picea* dominierte Riss-Interstadial nach Holstein 2. Eine wenig über 60 cm mächtige Schieferkohle-Schicht zwischen 5,90 m und 6,60 m ist in die Holstein 2-Warmzeit zu stellen. Die H_1/H_2 -Kaltphase ist mit Sand, Lehm und Steinen fast 3 m mächtig und zeigt Waldlosigkeit und betont kaltzeitlichen Charakter. Darunter folgen Ton-Silt-Sand-Ablagerungen mit viel Organischem, Gytjen und dünnen Schieferkohle-Bändern über fast 3 m. Sie zeigen oft schlechte Pollenerhaltung, die aber nicht hindert, den Abschnitt als Holstein 1-Warmzeit anzusprechen. Freilich scheint auch hier der früheste Warmzeit-Abschnitt zu fehlen. Das fluvioglaziale Material unterhalb 12,35 m Tiefe konnte nicht mehr untersucht werden. Auch die Lage der Molasse-Unterlage wurde durch die Bohrung nicht ermittelt.

Die Zugehörigkeit der Schieferkohlen vom Oberfeld von Eschénbach zum Holstein-Komplex ist wahrscheinlich. Die rund 20 m tiefer liegenden und mächtigeren Schieferkohlen vom Utenberg dürften demnach vorwiegend ins Holstein 1-Interglazial gestellt werden. Diese beiden Vorkommen unterstützen die Vorstellung einer gewissen übereinstimmenden, ursächlichen Verbundenheit mit den Profilen von Uznach-Kaltbrunn.

2.2.4 Buechberg

2.2.4.1 Einleitung

Der Buechberg (631 m, Kt. Schwyz) überragt den Obersee (406 m) um 225 m. Er wird ebenfalls vom oligozänen Mergel-Nagelfluh-Material der alpennahen Molasse gebildet. In seinem westlichen Teil ist er vom mindestens 5 km breiten und wohl über 20–40 m mächtigen Schuttfächergebiet des randalpinen Wildbaches der Wägitaler Aa umfasst. Deren Material hat im Quartär den Ost-West-Durchgang für das Eis von der Linthebene ins Zürichseetal mehrmals erschwert; eindrucklich ist auch heute die fast 100 m hohe Moränen- und Schotter-Schwelle zwischen Tuggen und Wangen. Am Südhang des Buechberges sind hoch hinauf über das heutige Talniveau Schotter und Seetone angelagert, ähnlich dem Berghang zwischen Kaltbrunn und Uznach. In diesem Material liegen auch hier Schieferkohle-Schichten verschiedener Mächtigkeit, die JEANNET (1923a, S. 109–147) für die ältere Abbauphase bis zum Ende des ersten Weltkrieges beschreibt. Nach dem weitem Schieferkohle-Abbau im zweiten Weltkrieg setzte ein riesiger Kies- und Sandabbau für Strassen- und Hausbau ein, der die Hügelpartie zwischen Wangen und Nuolen völlig umgestaltet hat. Gewaltige Kiesgruben der KIBAG am Buechberg-Hang (Bolenberg) und beim Rütihof ob Nuolen bieten willkommene Aufschlüsse, zu denen wir Zutritt hatten. KLÄY (1969) hat darüber quartärgeologisch gearbeitet.

2.2.4.2 Profile aus dem Gebiet des Buechberges

Wir haben die Schieferkohle führenden Aufschlüsse der grössten Kiesgrube bei Bolenberg-Bachtelen unter-

sucht (Diagr. 8) und durch Bohrungen ergänzt (Diagr. 9 und 10), diejenigen von den Grubenwänden bei Rütihof durch eine Bohrung aufgeschlossen (Diagr. 12) und eine Sondierbohrung der Kies ausbeutenden Firma KIBAG auf Bachtelen (Diagr. 11) ausgewertet. Figur 4 bietet eine Lageübersicht. Bohrungen und Probeentnahmen erfolgten im Spätherbst 1981 und im Frühjahr 1982.

Alle fünf Profile sind wahrscheinlich Bruchstücke aus dem Holstein-Komplex, die ohne unsere Ergebnisse aus der Landschaft Kaltbrunn-Uznach geochronologisch nicht hätten eingestuft werden können.

Profil Buechberg–Bolenberg 1 (Grubenwand)

Koord.: 711.080/228.480/480; Diagr. 8

Das Profil beginnt auf einer Traxrampe einige Meter unterhalb des (sekundären) Wiesenniveaus von Bolenberg-Rütihof. Das Diagramm zeigt oben den Beginn von Holstein 2, dann den Kaltphasen-Abschnitt H_1/H_2 zwischen 270 und 470 cm Tiefe, darunter die Endphase von Holstein 1 bis gegen die Grubensohle hinunter.

Profil Buechberg–Bolenberg–Grubenboden

Koord.: 711.060/228.460/462; Diagr. 9

Dieses Profil hat trotz 18 m Bohrtiefe den liegenden Teil des Grubenwand-Profils nur unbedeutend erweitert: wesentlich höhere *Abies*-Werte in gelbbraunem, geschichtetem Silt-Sand ohne jede lithologische Veränderung nach unten. Aus älteren Quellen wissen wir, dass am Hangfuss bei der Lokalität Lochgasse bei Wangen auf Kote ca. 430–435 m eine mächtige Schieferkohle-Schicht vorhanden war, die nach unserer Ansicht zeitlich aus der Phase der *Abies*-Dominanz stammte, also das Holstein 1-Profil noch einige Meter verlängert haben dürfte (ca. 425 m?).

Profil Buechberg–Bolenberg 2

Koord.: 711.160/228.440/474; Diagr. 10

Diese Bohrung liegt auch an der grossen Kies-Abbauwand im östlichsten Teil der Grube. Das Diagramm präzisiert den Übergang Holstein 1/Kaltphase H_1/H_2 . Bemerkenswert für die Linthebene-Profile ist das geringe *Abies*-Prozent im oberen Teil von Holstein 1. Das völlige Verschwinden von *Abies* um 360 cm ist trotzdem deutlich erkennbar.

Profil Buechberg–Bachtellen

Koord.: 711.600/228.480/541; Diagr. 11

Diese Bohrung ist hoch oben auf der Akkumulations-terrasse, die an den Buechberg anstösst und bei Wigarten die Höhe 656 m aufweist, abgeteuft worden. Zum Leidwesen der Kiesausbeute-Firma enthielt der Bohrkern sehr wenig Kies und fast nur blaue Seemergel, bis 12 m hinunter Material aus Holstein 2 und Kaltphase H_1/H_2 , darunter von 12 m bis 38 m Holstein 1-Ablagerungen mit recht gutem Erhaltungszustand des Pollens. Mehrfach konnte

Buxus-Pollen, einmal auch *Pterocarya*-Pollen festgestellt werden wie auch schon im Diagramm 10 und im Diagramm Hirschland. *Fagus* ist mehrfach in Werten von meist unter 1% vorhanden; *Carpinus* erreicht nur hier einmal 1,5%, ist aber im ganzen jungen Teil von Holstein 1 schwach vertreten. Der Nachweis von *Taxus* wird wohl durch die schlechte Pollenerhaltung in vielen Holstein-Profilen stark erschwert.

Profil Rütihof–Wangen

Koord.: 710.220/228.550/489; Diagr. 12

Diagramm 12 Rütihof–Wangen: Das Diagramm zeigt in der ganzen Länge der 18 m-Bohrung den jüngeren Teil von Holstein 1 und wahrscheinlich nicht eem- oder würmzeitliche Abschnitte, wie das mehrfach in der geologischen Literatur erwogen wurde. Das hindert nicht, dass die gelegentlich erwähnten Findlinge auf der Oberfläche des Abhanges gegen den Wüerihof hinunter von der Riss-Vergletscherung stammen oder gar von der Würm-Vergletscherung. Interessant ist bloss, dass unserem Profil die Kaltphase H_1/H_2 , das Holstein 2 und risszeitliche Ablagerungen fehlen. Diese Kiese und Sande der grossen Rütihof-Kiesgrube stammen demzufolge wahrscheinlich aus dem frühen Holstein 1 und dem Mindel-Spätglazial und können mächtiges Wildbach- und Rinnen-Auffüllmaterial aus dem Wägital darstellen.

Die recht tiefe und breite Ost-West-Talung zwischen Siebnen und dem Buechberg ist Produkt der Riss- und Würm-Glazialerosion. Dem kräftigen Molasse-Rücken des Buechberges (631 m) verdanken wir die reiche Erhaltung von Holstein-Material an seiner Südflanke. Eine Senkungs- und/oder Glazialrinne Linthebene–Zürichsee wird sowohl auf der Nordseite als auf der Südseite des Buechberges angenommen werden müssen.

2.2.5 Rückblick

Vergegenwärtigen wir uns nochmals die gegenseitige Lage der warmzeitlichen Ablagerungen aus dem Mindel/Riss-Komplex in der Umrandung der Linthebene (Fig. 4–6). Wir blicken von Osten, etwa aus der Talverengung von Ziegelbrücke, gegen den Obersee und den Zürichsee hinaus. Auf den Figuren 5 und 6 sind zwei Geländeschnitte dargestellt: auf Figur 5 die Situation am Buechberg bis hinunter an das Dorf Wangen heran und auf Figur 6 der Steilhang von Kaltbrunn–Uznach mit der breiten Linthebene.

Wir erkennen, dass alle Holstein-Profilabschnitte in der gleichen Höhenlage zwischen 430 m und 530 m vorkommen. Das ist an sich keine ungewöhnliche Erscheinung. Sie ist schon den Geologen um die letzte Jahrhundertwende aufgefallen und von ihnen diskutiert worden. Sie waren versucht, die Schieferkohle-Vorkommen mit einem steigenden oder sinkenden Seespiegel in Zusammenhang zu bringen, indem sie die Schieferkohlen als Ufer-Verlandungskomplex betrachteten.

Die vielen Schieferkohle-Vorkommen im Zürcher Oberland liegen höhenmässig enger beisammen: zwi-

schen 505 m (Gossau) und 544 m (Schöneich), vgl. WELTEN 1982b. Niemand hat davon gesprochen, dass es sich um Verlandungsmoore eines Sees handeln könnte, der wechselnden Seespiegelstand gehabt hätte. Das gehäufte Vorkommen ist Folge der übereinstimmenden geomorphologischen Voraussetzungen ähnlicher Hänge, ähnlicher Hangabwitterung, ähnlicher Hangfuss-Akkumulation unter übereinstimmender klimatischer Entwicklung. Eine Voraussetzung für die festgestellte Entwicklung und chronologische Übereinstimmung ist aber wohl auch eine ähnlich intensive Überarbeitung der Gegend durch die vorausgegangene Riss-Vergletscherung, die nachgewiesenermassen im Zürcher Oberland an verschiedenen Stellen bis auf den Molassefels hinunter erodiert hat; man vergleiche hiezu die Profile Dürnten I, Grossriet–Nänikon und Chrutzelriet–Schwerzenbach (WELTEN 1982b).

Sind solche grundlegende Voraussetzungen nicht auch im Randgebiet der Linthebene erfüllt gewesen?

- a) Dass die Mindel-Vergletscherung die grösste Tiefenerosion entwickelt hat, ist aus allen unseren (und nord-europäischen) Ergebnissen abzuleiten. Das führt in allen jenen Gegenden zu ähnlicher Entwicklung und Erhaltung, die von den jüngeren Gletschervorstössen nicht mehr bis auf die Sohle abgehobelt worden sind.
- b) Die mindelspätglaziale Entwicklung hat allerorten ungewöhnlich mächtige akkumulative Vorgänge ausgelöst, die der Felsunterlage entsprechende Stauungen bildeten, somit Tümpel mit nachfolgenden Verlandungsmooren ermöglichten, z. T. auch nur verdichtete Hangpartien mit Wasserstauung. Das Ungewöhnliche der Erscheinung ist darin begründet, dass nicht nur hohe alpine und subalpine Lagen in der Mindel-Eiszeit intensiv glazial überprägt waren, sondern dass die Auffangräume für die Hangabwitterungsmassen sehr tief, also voluminös waren.

Der geochronologische Unterschied für die beiden verglichenen Ablagerungsräume ist durch das Mass der Gletscher-Tiefenerosion begründet:

Linthebene: Mindel-Eiszeit

- maximale Tiefenerosion bis auf den Fels
- Holstein-Hangtreppen-Moore

Zürcher Oberland: Riss-Eiszeit

- mittlere Tiefenerosion bis auf den Fels (in erosiven Tief-lagen, nahe dem Hangfuss des Bachtels, evtl. Holstein-Ablagerungen)
- Eem-Hangtreppen-Moore

Die horizontale Lage der Schieferkohle-Schichten ist nicht Beweis für steigenden Seespiegel, sondern als natürliche Aufbauschichtung in lokalen Nassmulden aufzufassen.

Die Palynostratigraphie der Schieferkohle führenden Profile zeigt, dass die Schieferkohle vorwiegend aus dem kühlen Endabschnitt der Holstein 1-Phase stammt, die dünnen Flöze meist aus der Kaltphase H_1/H_2 und der *Picea*-Frühriss-Interstadialphase (wenig aus Holstein 2). Aus den Schieferkohlen kann also nicht auf ein Ansteigen eines Seespiegels geschlossen werden. Sie sind eher als Funktion verminderter Hangabschwemmung und ruhiger Torfbildung aufzufassen.

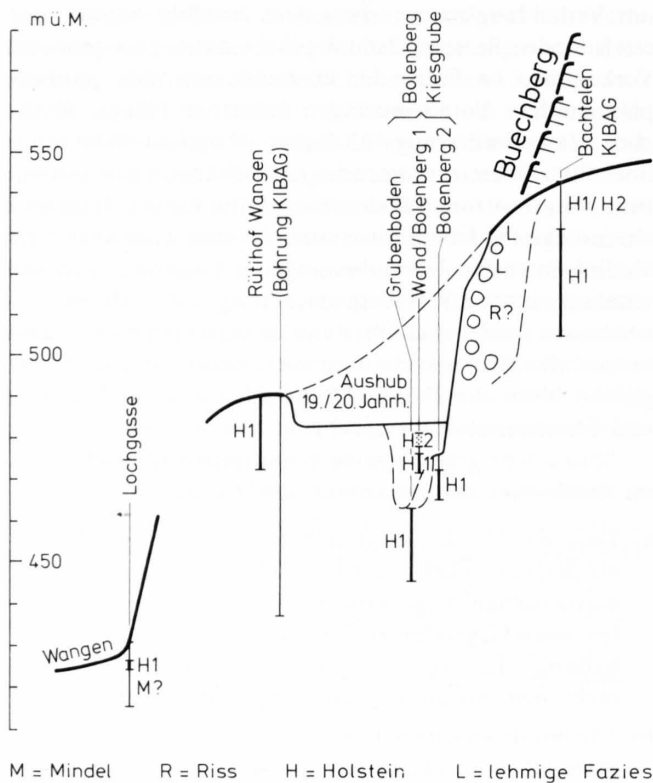


Fig. 5: Schematisches geologisch-morphologisches Querprofil Buechberg-Linthebene (= PA von Fig. 4) mit Angaben über die Lage der untersuchten Profile und Profilabschnitte und deren palynostratigraphischen Zuweisung.

Wir dürfen unsere Ablehnung der Hypothesen für gewaltige Seespiegel-Schwankungen im Bereich der Linthebene auch damit noch nicht schliessen, dass von geologischer Seite bis jetzt keine plausiblen Anhaltspunkte für stauende Barrieren weder im Westen noch im Osten angeführt werden konnten. JEANNET (1923a) erwähnt die Möglichkeit von Senkungen und Hebungen des Alpenrandes, vielleicht im Gefolge der alpinen Eisbedeckung. Wir wissen darüber wenig.

Eine Erklärung erfordert aber die Tatsache, dass bis jetzt in diesem Gebiet keine Eem-Warmzeit-Ablagerungen entdeckt werden konnten. Wir ziehen daraus den Schluss, dass die Riss-Vergletscherung zu schwach war, um die alten Holstein-Ablagerungen wegzuräumen und ein neues muldenreiches Nachriss-Relief zu schaffen, und/oder dass die nachfolgende Würm-Vergletscherung

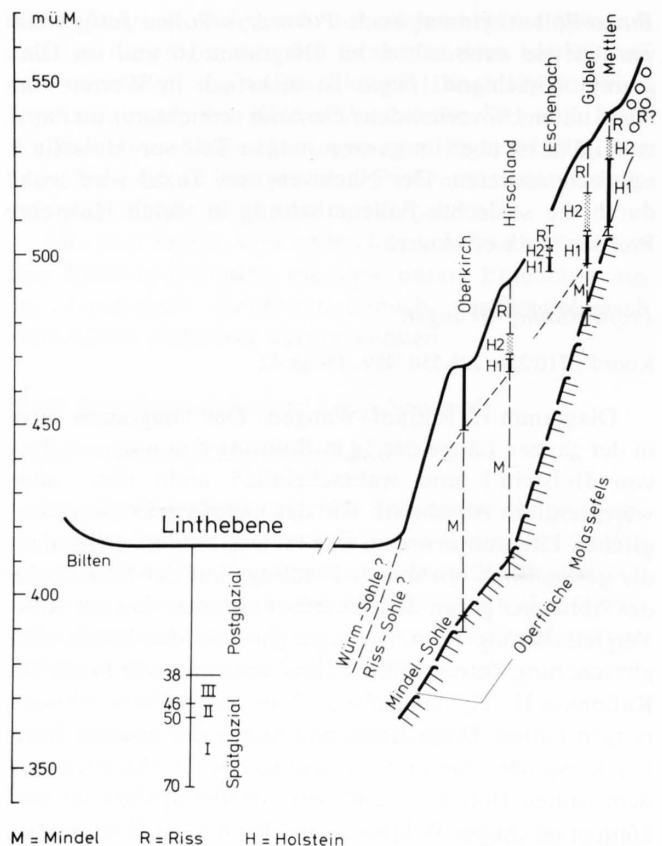


Fig. 6: Schematisches geologisch-morphologisches Querprofil Oberkirch-Linthebene (= PB von Fig. 4) mit Angaben über die Lage der untersuchten Profile und Profilabschnitte und deren palynostratigraphischen Zuweisung.

das neue (hypothetische) Warmzeit-Relief überprägt hat, ohne noch ältere Schichten in Mitleidenschaft zu ziehen.

Nachschrift: Teufwinkel nahe Mühlehorn am Walensee (in SCHINDLER 1982, S.40–43): Die scheinbar zusammenhängende Schicht von ca. 20 m mächtigem Seebodenlehm mit einer Höhererstreckung von 80 m vom Spiegel des Walensees bis zur Kote 500 m hinauf konnte bis heute biochronologisch noch nicht datiert werden. Auch die Genese ist noch reichlich problematisch. Wir vermuten zeitliche Übereinstimmung mit den Objekten der Linthebene, da sich die Höhenlage vorzüglich mit diesen deckt, was vielleicht ein recht vages Argument darstellt, und Topographie und glaziologische Beziehungen der Walensee- und Linthebene-Gegend viel Ähnlichkeit aufweisen.

2.3 Grandson

2.3.1 Einleitung

Die erworbenen Kenntnisse über das Holstein-Interglazial liessen sich anhand der Voruntersuchung LÜDIS (1953) vermuten, das Schieferkohle-Lager von Grandson könnte holsteinzeitlich sein. Der Vergleich Linthebene-Meikirch-Westschweiz schien wertvoll.

Es ist bemerkenswert, dass der Westteil des Neuenburgersees nicht wie der Ostteil und der Bielersee den steil aufstrebenden mesozoischen Juraketten anliegt, die Seenrinne also nicht am äussersten Nordrand der mittelländischen Molasse liegt. Zwischen Neuenburgersee und Jura-Rand liegen bei Grandson noch etwa 4 km tertiäre Molasse (Oligozän, Untere Süsswassermolasse). Die buchtartige Ausweitung des Molasse-Plateaus nach Nordwesten dürfte genetisch mit der jurassischen Transversalverschiebung von Ste-Croix in Verbindung gebracht werden. Die Ausweitung hat wohl die Bewegung des Rhone-Eises bei Grandson wesentlich verlangsamt und auch seine Tiefenerosion vermindert.

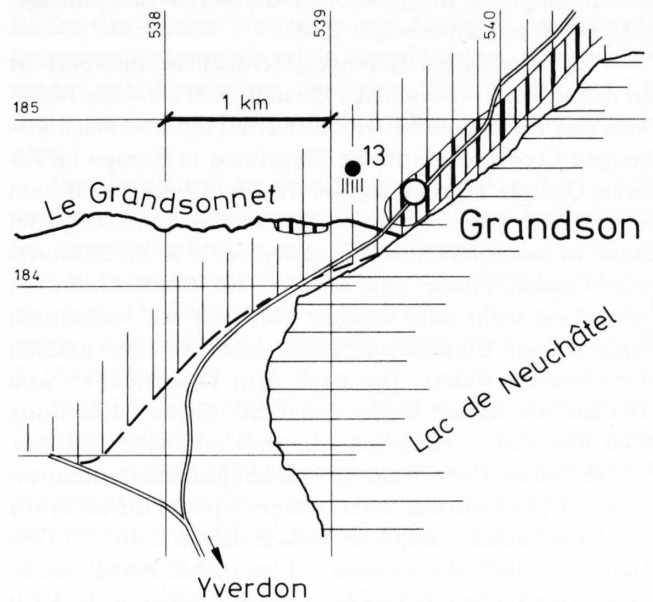
Das Schieferkohle-Lager – eines der mächtigsten in der Schweiz – erreichte 2–3 m. Nach der Beschreibung von JEANNET (1923b) und LÜDI (1953) war der Abbau am Hang hinter den Häusern von Grandson relativ leicht (Tagbau und kurze Stollen). Der Hauptabbau erfolgte 1940–45 planmässig und ziemlich vollständig. Die Bohrstelle wurde auf Grund der alten Stollenpläne zuoberst am Hang, bei der Lokalität «Vinaigre», festgelegt (Fig. 7), 8 m östlich der Hauptgalerie und 1,5 m nördlich der Rue Bellevue. Die Bohrung führte die Firma Keller, Pfungen, im Juni 1982 als trockene Rotationskernbohrung bis in 21 m Tiefe durch.

2.3.2 Profil Grandson–Vinaigre

Koord.: 539.120/184.710/498; Diagr. 13

Die von LÜDI (1953, S. 32) erstellten Pollendiagramme aus der Schieferkohle von Grandson konnten bestätigt werden. Unser Bohrprofil reicht etwas weiter unter die Phase der Dominanz von *Abies* hinunter und gibt in 19,82 m Tiefe eine *Corylus*-Dominanz wieder. Die Bohrung musste aber, wie bei LÜDI, in kiesigem Material abgebrochen werden – eine Erfahrung, die wir in der Linthebene wiederholt machen mussten. Die kiesig-sandig-tonige Einschwemmung während des Mindel-Spätglazials setzt sich wegen der grossen Tiefe der glazialen Erosionsrinne noch weit in die Holstein I-Warmzeit hinein fort. Im ganzen oberen Profilteil tritt Kalk auf, sobald mineralische Einschwemmung vorhanden ist.

Für die ganze Holstein I-Warmzeit ist hier das Vorkommen von Seeufer-Vegetation typisch (*Myriophyllum*, *Typha*, meist *T. latifolia*, *Dryopteris thelypteris*), obwohl diese Funde heute 50 m über dem Seespiegel des Neuenburgersees liegen. Ob das Niveau der Jura-Randseen damals 50 m höher lag oder ob das fossile Torflager in einer Mulde gebildet wurde, die seewärts durch einen seither verschwundenen Rücken abgedämmt wurde, wissen wir nicht.



- 13 Bohrpunkt mit Diagramm-Nr.
- |||| Schieferkohlevorkommen nach Literatur
- | | | Eiszeitliche Ablagerungen, ungegliedert
- |||| Molasse, ungegliedert

Fig. 7: Schematische geologische Kartenskizze von Grandson und Umgebung mit Lage des Bohrpunktes «Grandson–Vinaigre».

Auffällig und verwunderlich ist im Holstein I-Interglazial eine *Abies*-Phase mit bis 51 % *Abies*, wo doch in der aktuellen Warmzeit Eichen-Mischwald und Buchenwald die Wälder um Grandson bilden, soweit sie von Reben- und landwirtschaftlichen Kulturen verschont geblieben sind. Dagegen ist *Abies* in den nahen Jurawäldern stark vertreten und waldbildend. Vor der vollen Dominanz war in den Eichen-Mischwäldern *Hedera* reichlich entwickelt, in Auenwäldern kam *Vitis* vor. Kurz vor der *Abies*-Dominanz erreichte *Carpinus* Höchstwerte um 2%.

Eine klimakundlich wichtige Erscheinung besteht in der Ausbreitung und starken Zunahme von *Picea* auf 20–40% genau während der *Abies*-Dominanzphase mit starker Entwicklung der Farn-Vegetation. Mit dem Erreichen der 40%-Grenze von *Picea* sinkt während einer Phase niedriger Sedimentationsrate im Profil der Anteil von *Abies* am Wald auf 10% und behält diesen Wert gegenüber *Picea* bis gegen Ende von Holstein I bei. Der hohe *Alnus incana*-Anteil von 30% drückt auf die Anteile der Hochwaldbäume.

Interessant an dieser *Abies*/*Picea*-Dominanz-Wechselphase ist die starke Entwicklung der schon früher eingewanderten *Buxus*-Sträucher. Sie kulminieren kurz nach dem Rückgang der *Abies*-Wälder in Grandson, indem sie ungewöhnliche Werte von 6–14% erreichen. Die Ausbreitungsgeschichte von *Buxus*, die WEGMÜLLER (1984) für das Spät- und Postglazial ausführlich beschreibt, erhält durch

die ähnlich schwachen Funde im Eem und die eindrücklichen Funde im Holstein 1 (vgl. auch Thalgut, Diagr. 15) paläontologische Informationen, die floren- und klimageschichtlich hochinteressant sind.

Von besonderem floren- und klimageschichtlichem Interesse ist an dieser Stelle – zwischen 1920 und 1820 cm – der Nachweis von *Pterocarya* mit Höchstwerten um 2%. Nach bisherigen Ergebnissen tritt die Flügelnuss in Europa im Älteren Quartär regelmässig, im Holstein-Interglazial zum letzten Mal auf; sie ist ein Tertiär-Relikt. Sie begleitet heute in warm-feuchten Gegenden, so z. B. im Schwarzmeer-Gebiet, Flüsse und Seeufer. Im Profil Grandson scheint sie mehr oder weniger korreliert mit vermehrten tonig-siltigen Einschwemmungen oberhalb des unteren Schieferkohle-Flözes. Die nach dem Diagramm 15 vom Thalgut an dieser Stelle erwartete *Fagus*-Ausbreitung fehlt hier ganz, abgesehen von zwei minimalen Spuren.

Der *Abies/Picea*-Wald mit bachbegleitender *Alnus incana* – *A. glutinosa* war wohl seltener – bildet die im Profil gut ausgebildete Endphase von Holstein 1. In 1779 cm Tiefe, innerhalb der zweiten Schieferkohle-Partie, zeichnet sich eine allmähliche Klimaverschlechterung ab: NBP auf 20–40% erhöht mit *Artemisia*, *Alnus*-Rückgang, *Salix* reichlicher, *Pinus*-Anstieg bis über 60%, bei *Picea* Rückgang auf 5%, Ton-Einschwemmung. Ob der ungewöhnlich schwache Anstieg der NBP und die massive *Pinus*-Entwicklung Folge des lokal milden Klimas von «Grandson» am Jura-Randsee sind, können wir nur vermuten, nehmen diese Erscheinung aber als Hinweis auf die Richtigkeit unserer Auffassung, dass diese Kaltphase oder

eventuell Trockenphase nicht als Glazial aufgefasst werden kann. Daher scheint uns richtig, den oberen Warmzeit-Abschnitt als Holstein 2 zu bezeichnen.

Holstein 2 ist in Grandson ein eher armseliges Interglazial, vom Charakter freilich der späten Holstein 2-Warmzeit. *Abies* ist verschwunden, nur *Alnus*, *Corylus* und *Quercus* sowie *Tilia* und *Ulmus* treten in geringer Menge auf. Klar ist das Ende der 2. Warmzeit durch torrentielle Grobkies-Einschwemmung gekennzeichnet, durch Verschwinden des Baumwuchses (*Pinus* ausgenommen?), durch bemerkenswertes Hervortreten von *Salix*- und *Larix*-Spuren, durch Ausbreitung von *Artemisia* und *Ephedra* neben einigen Kräutern wie *Plantago atrata* und *Polygonum bistorta*. Wiederum ist interessant, dass die oberste Schieferkohle-Schicht in die extremste NBP-Phase der eben begonnenen Früh-Eiszeit fällt.

Sowohl die Arbeit von LÜDI (1953), die pollenanalytische Bearbeitung der Schieferkohlen von Grandson durch WEIDMANN (1968) als auch zu jung ausgefallene ¹⁴C-Datierungen liessen bis jetzt die Einreihung in das R/W-Interglazial als wahrscheinlich erscheinen. Wir sind erstaunt darüber, dass die Schieferkohlen von Grandson auf Grund der Neuuntersuchung in die vorletzte Warmzeit, in das Lange Interglazial, einzustufen sind. Die ganze an der Linthebene gewonnene Information mit all ihren Konsequenzen ist auf den Jurarand und den Rhonegletscher-Bereich zu übertragen: Mindel-Tiefenerosion (vgl. Meikirch 1981), Umfang der Riss- und Würm-Tiefenerosion. Damit erhebt sich neu und verstärkt die Frage nach den Endmoränen-Ständen von Mindel, Riss und Würm.

2.4 Aaretal

2.4.1 Einleitung

Jaberg-West und Thalgut, die zwei grössten Kiesgruben auf der westlichen Talflanke der Aare zwischen Kiesen und Wichtrach (Fig. 8), waren auf Anregung von CH. SCHLÜCHTER (1976, 1978) u. a. schon in der ersten Phase unserer Quartäruntersuchungen in kleinen (zu kleinen!) und zufällig anfallenden Profilstücken 1972 und 1976 untersucht worden (WELTEN 1982b, S. 48, Diagr. 11 und 14). Seither konnten wir diese Bearbeitung erweitern.

2.4.2 Profil Jaberg-West

Koord.: 609.240/185.387/578 m; Diagr. 14

Im Juni 1982 liess Ch. Schlüchter in der Westecke des Grubenbodens eine 20 m tiefe Sondierbohrung durchführen. Der Bohrung war eine Stichproben-Untersuchung in der NW-Ecke der Grubenwand vorausgegangen. Es sind tonig-siltige See-Ablagerungen unter Kies/Sand abgeschlossen und gehören offenbar einer Holstein 1-Ablagerung an. Die obersten 20 m der Bohrung zeigten deutlich die Endphase von Holstein 1 mit bis 50% *Abies* und nach oben ansteigenden *Picea*-Werten (bis über 40%). Interes-

sant waren im unteren Teil, unterhalb 16 m, die *Fagus*-Spuren.

Diese Beobachtungen veranlassten mich, die Bohrung nach unten auszudehnen. Die Ergänzungsbohrung wurde im Januar 1983 durch die Bohrfirma Stump, Bern, ausgeführt.

Die blauen, bald mehr tonig-siltigen, bald stark sandigen See-Ablagerungen zeigten nur eine geringe lithologische Gliederung, so auch die Palynostratigraphie (Diagr. 14). Die starke *Abies*-Dominanz beherrscht das ganze Profil. Die *Picea*-Werte nehmen nach unten ab. Die Werte des EMW liegen meist unter 4%, jene von *Corylus* und *Carpinus* unter 2%.

Von besonderem Interesse ist jedoch die *Fagus*-Kurve: Sie steigt gegen 40 m Tiefe etwas an, ja dort auf 20%, um dann wieder auf 10% abzusinken. Hochinteressant sind dann, scheinbar mit *Fagus* gekoppelt, die spärlichen, doch häufigen Vorkommen von *Pterocarya* (Flügelnuss). Sie übersteigt zwar 1% kaum je. Ihr Vorkommen ist aber für holsteinzeitliche und ältere Ablagerungen fast von der Bedeutung eines Leitfossils.

Das recht konstante Vorkommen von *Buxus*-Pollen scheint typisch. Mit Bedauern musste eine Ausdehnung des langen Profils von Jaberg-West bei 55,65 m Tiefe auf-

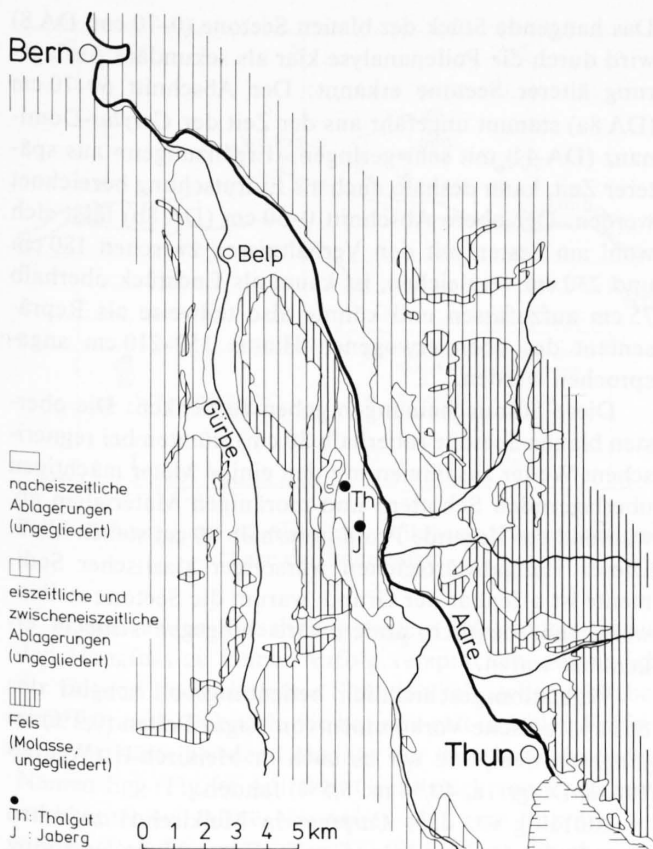


Fig. 8: Schematische geologische Kartenskizze des Aaretals Bern-Thun mit Lage der Profile von Thalgut (Th) und Jäberg (J).

gegeben werden. Die Erfahrungen bei früheren technischen Sondierungen legten den Abbruch nahe, da sie zum Teil 100 m mächtige Seeton-Ablagerungen durchfahren hatten.

2.4.3 Profil Thalgut, wissenschaftliche Tiefbohrung

Koord.: 608.896/186.410/576.5; Diagr. 15

Die quartärgeologischen Arbeiten Ch. Schlüchters legten nach einer Bohrung (109 m) im Talboden des Aaretals (541 m ü.M.) bei Kiesen (SCHLÜCHTER 1984, S.255–273) eine Tiefbohrung im Grubenboden der Thalgut-Kiesgrube (576,5 m ü.M.) nahe (Fig. 8). Diese Tiefbohrung kam mir gelegen. Die Rotationskernbohrung wurde im Verlauf der Monate März und April 1983 durch die Firma Stump, Bern, ausgeführt.

Die Bohrung beanspruchte mit der laufenden Stichproben-Kontrolle unsere Geduld sehr: Die Verhältnisse blieben bis 60 m Tiefe übereinstimmend mit Jäberg-West. Die Entfernung zwischen den Bohrpunkten beträgt 1150 m.

Unter 60 m begannen die Werte von *Abies* abzusinken und vorerst der leicht ansteigenden *Alnus* Platz einzuräumen, dann stieg *Fagus* bei 90 m und 93 m auf Werte um 58 %, *Pterocarya* bei 87 m auf 7 %, *Buxus* bei 102 m und 108 m auf 8–32 % und *Carpinus* bei 88 m auf 2 %.

Zur Zeit der *Fagus*-Maxima und der zurückgehenden *Abies* stand bei Thalgut-Kirchdorf ein üppiger, typischer Weisstannen-/Buchenwald, wie er heute auf Moränen-Böden des Thuner-Westamtes und bis Spiez hinauf trotz intensiver Nutzung oft schön ausgebildet ist. Flussbegleitende Laubhölzer waren, wie heute, *Alnus incana* und *Ulmus scabra*, dazu recht reichlich *Pterocarya*, die Flügel-nuss.

Der Zufall will es, dass GRÜGER (1983) – kurze Zeit vor unserer Untersuchung – in der zweiten Tiefbohrung im Samerberg-Becken am Inntal-Ausgang (Bayern) in der Holstein-Warmzeit ebenfalls eine *Fagus*(28%)-*Pterocarya*(12%)-Waldphase und gegen 50 % *Abies* und wenig *Picea* (10 %) festgestellt hatte (Lage im Profil 37,90–38,00 m).

Eine Präzisierung betreffend das Vorkommen der hohen *Buxus*-Werte: Diese Phase geht der *Fagus*-Phase genau voraus und fällt mit einer frühen *Abies*-Waldphase zusammen, in der *Abies*-Werte von über 70 % erreicht wurden, während die EMW-Komponenten leicht erhöhte Anteile aufwiesen.

Von ganz besonderer Bedeutung sind die letzten 5 Meter des Thalgut-Profiles (108,5–113,5 m), stellen wir damit doch noch den Rückgang von *Abies* auf fast 0 % fest bei erhöhten Werten von *Corylus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Tilia* und *Fraxinus* und mit einem Anstieg von *Picea* zu einer frühholsteinzeitlichen Dominanz von 50 %, wie wir eine solche in Oberkirch (Diagr. 4) und in Meikirch (Diagr. 1) festgestellt haben.

Den allerersten Anfang der Thalgut-Holstein-Zeit haben wir freilich nicht erreicht. Man dürfte ihn mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit innerhalb der nächsten 5 m Bohrtiefe erreicht haben. Die auf diese Weise im Gelände fixierte palynostratigraphische Grenze des Holstein 1-Beginns ist ein mittelpleistozäner Fixpunkt 1. Ranges im Aaretal, dessen Bedeutung aber vielleicht dadurch etwas verringert ist, als die Kiesgrube Thalgut bereits im Randgehänge der mindelzeitlichen Aaretal-Rinne liegt. Die Ergebnisse von Jäberg-West stützen aber die stratigraphische Lage dadurch, dass sie in vergleichbarer Meereshöhe ähnlich sind.

Das Thalgut-Holstein-Profil ist aber nicht nur ungewöhnlich aufschlussreich, sondern auch ungewöhnlich lang. Gerade diese Längenausdehnung birgt nun wiederum recht schwerwiegende Probleme, die wir erst in Zukunft zusammenfassend herausstellen und diskutieren können.

2.4.4 Profil Thalgut, Erweiterung der Untersuchung der Eem-Seetone

Koord.: 609.070/186.580/600; Diagr. 16

Unsere Untersuchung von 70 cm Seetonen im Dach der Kirchdorf-Deltaschotter (WELTEN 1982b, Diagr. 14) hatte neben den Makroresten und freilich problemreichen ¹⁴C-Datierungen den biostratigraphischen Nachweis einer Interglazialzeit ergeben. Stratigraphisch musste es sich nach SCHLÜCHTER (1976) um das R/W-Interglazial handeln.

Eine neue erweiterte Probeentnahme bot sich im August und September 1983, als der stehengebliebene Kieswand-Sporn in der Nordostecke der Grube abgedeckt und abgebaut wurde. Die Entnahmestelle liegt im obersten Teil der ostwärts ins Aaretal abfallenden Talflanke.

Kurz nacheinander konnten durch Ch. Schlüchter und mich an neu aufgeschlossener und frisch geputzter Wand von oben nach unten Proben entnommen werden, gerade früh genug, bevor die obersten Profileile des blauen Seetons bei Regenwetter ins Rutschen kamen und abstürzten.

Das Diagramm 16 zeigt ein unmissverständliches Eem. Der seinerzeit erkannte *Abies/Picea*-Abschnitt (WELTEN 1982b) ist in seiner früheren Ausdehnung von 70–80 cm im DA 7 genau wiederzuerkennen, sogar das spärliche *Fagus*- und das betonte *Taxus*-Vorkommen. Verwunderlich schnell geht *Abies* im Liegenden fast vollständig zurück, als ob dort ein Hiatus vorläge (150–210 cm). Im unteren Teil des Diagramms, das 3 m misst (DÄ 3–6), erkennt man die wunderschöne Ausbildung eines Früheem-Verlaufs: starke *Quercus/Ulmus/Tilia*-Dominanz mit nachfolgender *Corylus*-Dominanz, gute und etwas ansteigende *Fraxinus*- und *Acer*-Ausbreitung, so gut wie fehlende *Carpinus*-Präsenz, *Ilex*- und *Hedera*-Spuren und stetiges Ansteigen der *Picea*-Werte von 10 auf 60%. Das Spätglazial ist nicht in Einzelheiten dokumentiert, weil die Schotter des Profils eine detaillierte Untersuchung nicht zulassen und sich übrigens durch den ganzen DA 3 fortsetzen. *Pinus* und *Betula* sind die üblichen End-Spätglazial-Dominanten (mit frühem Auftreten von *Typha latifolia*).

Zwischen 5,30 m und 22,30 m wurden mehrfach sandige Proben aufbereitet. Pollen war nirgends mehr zu finden, es dürfte sich um eine späteiszeitliche und wohl rasche Sedimentation der Kirchdorf-Deltaschotter handeln.

Das hangende Stück der blauen Seetone (0–70 cm, DA 8) wird durch die Pollenanalyse klar als sekundäre Auflage-rung älterer Seetone erkannt: Der Abschnitt 60–70 cm (DA 8a) stammt ungefähr aus der Zeit der *Corylus*-Domi-nanz (DA 4!) mit sehr geringen «Ergänzungen» aus spä-terer Zeit, kann deshalb auch als Einrutschung bezeichnet werden. Der obere Abschnitt 0–50 cm (DA 8b) lässt sich wohl am besten mit den Verhältnissen zwischen 180 cm und 230 cm vergleichen, ist kaum als Endstück oberhalb 75 cm aufzufassen und könnte also teilweise als Reprä-sentant des oben erwogenen Hiatus 150–210 cm ange-sprochen werden.

Diese Störerscheinungen geben zu denken: Die ober-sten blauen Seetone (oberhalb 80 cm) stürzten bei regneri-schem Wetter zusammen mit den einige Meter mächtigen überlagernden Schottern und moränigen Materialien ab, während das liegende Profil unterhalb 80 cm stehen blieb. Dieses Hangabwärtsgleiten wässriger klastischer Sedi-mente ist offenbar der Grund, warum die Seetone stellen-weise sehr deutlich, andernwärts hingegen schlecht er-kenntbar waren.

Vegetationsgeschichtlich bedeutungsvoll scheint uns das sporadische Vorkommen von *Fagus*-Pollen (0,9%) im jüngeren Eem, wie wir es auch in Meikirch II (WELTEN 1982b, Diagr. 1a, 40,54 m: 5,5%) fanden.

Auffällig ist, dass *Carpinus* in Meikirch II zwischen dem Ende der massiven *Corylus*-Entwicklung und kurz vor dem beginnenden *Abies*-Anstieg kräftig hochkommt (gegen 50%), während sie im Thalgut im Zeitpunkt des *Abies*-Anstiegs erscheint, doch durch die höhere Konkur-zenzkraft von *Abies* am Alpenrand niedergehalten wird und nur einmal 5% erreicht. Dadurch geht das im Alpen-vorland und in Nordeuropa charakteristische, markante Diagramm-Mittelstück einer *Carpinus*-Phase verloren.

2.5 Toggenburg

2.5.1 Einleitung

In der Literatur sind die vorläufig höchstgelegenen Schieferkohle-Vorkommen von Wildhaus im obersten Toggenburg bekannt (BAUMBERGER 1923b, S. 496–499, und LÜDI 1953, S. 105–106).

Nach den Berichten von ALB. & ARN. HEIM (1917) so-wie von HEIM & GAMS (1918) wurden die ersten Sondie-rungen und Untersuchungen an Schichtpaketen im Gra-ben des Simmibaches bei 1030–1040 m Höhe gegen Ende des ersten Weltkrieges ausgeführt. Sie ergaben das ungün-stige Ergebnis, dass es sich dort bloss um abgerutschte oder vom Gletscher verstellte Schichtpakete in ganz un-terschiedlicher Steilstellung handle und ein Zusammen-hang mit einer ungestörten, mehr oder weniger horizonta-len Torfschicht nirgends erkennbar sei. Man vermutete sie unter der Sattelhöhe des Talmoores Munzenriet (1027 m), das Passhöhe und Wasserscheide zwischen Toggenburger Thur (westwärts) und Simmibach (ostwärts nach dem

Rheintal) bildet. Mein Versuch, eines dieser Schichtpa-kete mit der Bohrmaschine zu erbohren, misslang.

Die Umfrage bei älteren Bewohnern lieferte aber die Tatsache, dass oben am Hang der Lokalität Loog (Koord.: ca. 745.860/229.905/1062 m), südwärts des Schönenbo-densees, im zweiten Weltkrieg auf Grund von Abrutsch-Erscheinungen nach Kohle gegraben werden sollte, man das Unternehmen aber 1945 wegen zu geringer Rentabili-tät aufgeben hätte. Mein Bestreben, hier eine Bohrung anzusetzen, kam nicht zur Ausführung; zwei Bohrfirmen lehnten es ab, am relativ steilen und nassen Hang Bohr-maschinen aufzustellen. Ich führte mit einem Arbeiter eine Schürfung am Steilhang durch, die ein Schiefer-kohle-Paket von 60 cm Mächtigkeit zu Tage förderte, das gereinigt und untersucht werden konnte. Die Vorunters-uchung befriedigte mich nicht; es handelte sich wahr-scheinlich um ein «armes» Frühwürm-Interstadial-Paket (Diagr. 18). Es bestand aber die Möglichkeit, dass darun-ter warmzeitliche Ablagerungen liegen konnten.

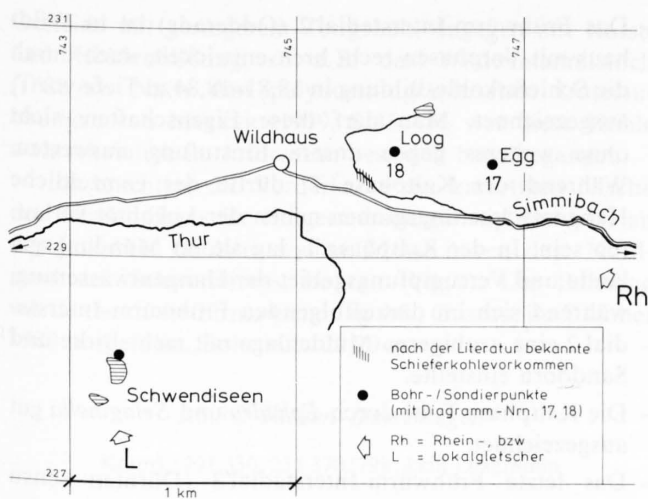


Fig.9: Schematische Kartenskizze Wildhaus-Schwendisee mit Lage der Bohrpunkte.

Da am steilen Rutschhang weitere Schürfungen gegen den Hangfuss zu keinen Erfolg versprochen, suchte ich die Gegend nach ähnlicher Situation mit stehengebliebenem Terrassen-Paket ab. Sie bot sich erst in 900 m Entfernung ostwärts bei der Lokalität mit dem bezeichnenden Namen Egg (Fig.9). Auf dem Grundstück von Ernst Forrer konnten wir Mitte November 1982 eine Bohrung beginnen (Bohrfirma Grundag AG, St.Gallen), die aber des hereinbrechenden Schneewetters wegen abgebrochen werden musste. Die Arbeit konnte erst im Mai 1983 wieder aufgenommen werden. Wir brachen die interessante Bohrung in 34,40 m Tiefe im Flysch der Wildhauser Mulde ab.

2.5.2 Profil Wildhaus-Egg

Koord.: 746.712/229.830/1080; Diagr. 17

In der Tiefe zwischen 28,10 m und 34,40 m dieses Profils wechselten Kalksteine mit hellem oder dunklem, pollenfreiem Mergelmaterial. Es handelt sich bei diesem tiefsten Abschnitt um stark angewittertes Kreide/Eozän-Material.

Den Abschnitt zwischen 24,90 m und 27,71 m (DA 1) können wir als Spätglazial mit *Artemisia* und *Ephedra* bei zunehmender *Betula*- und darauffolgender *Pinus*-Bewaldung ansprechen. *Hippophaë* und *Selaginella* und die begleitenden Kräuter mit viel Gramineen und Cyperaceen zeichnen die spätglaziale Vegetation aus.

Die erwarteten frühesten Warmzeit-Phasen mit einem DA 2 des *Pinus*-Waldes und einem DA 3 der einwandernden Wärmebedürftigen zwischen 23,20 m und 24,90 m fallen, wie so oft, im Bereich der Hangabwitterung von solifluidalem Moränenmaterial (Steine, Kies, Sand, Lehm) aus.

Im DA 4 spiegelt sich die volle frühwarmzeitliche Waldentwicklung auf 1080 m Höhe wider mit reduzierter Sedimentationsrate: EMW mit 10–21% *Tilia*(!), 7% *Ulmus*, 3% *Quercus* und 1% *Fraxinus*; *Corylus* 27%; viel *Alnus incana* und bereits von Anfang an mit kräftig einwandernder Weisstanne (*Abies*) und Hainbuche (*Carpinus*). Zugleich siedeln sich in der Gegend überall *Pinus* und *Picea* an.

Natürlich müssen wir uns einen Teil des Pollens wärmeliebender Bäume aus der Tiefe des Rheintales und des Toggenburgs heraufgeweht vorstellen, dürfen aber auch nicht vergessen, dass der Sonnenhang von Wildhaus auch heute noch 100–200 m oberhalb des Dorfes reichlich *Fagus* und *Abies* trägt.

Mit dem DA 5 scheint bei Wildhaus der Klimaabschnitt mit dem dichtesten geschlossenen Wald erfasst zu sein: ein Wald von 20–30% *Picea* und 10–15% *Abies* neben 30% Pollen von bachbegleitenden *Alnus*-Beständen; von felsigen Standorten stammen die 10–15% *Pinus*-Pollens (aufrechte Bergföhren und einige Waldföhren). Wohl einzeln ins Gebiet herauf drangen die im Tiefland reichlich vertretenen *Carpinus* vor: Sie erreichen hier im Pollendiagramm Werte gegen 10%, was der Lage am Alpenrand entspricht. Auf eine mässige Geschlossenheit des Waldes weisen ein hoher Farnsporen-Wert und ein minimaler Cyperaceen-Wert hin. Erste *Fagus*-Pollens sind feststellbar.

Die nachfolgenden DA 6 und 7 sind durch 20–50% NBP, viele Krautartige und nach oben mehr und mehr Cyperaceen ausgezeichnet. Die Wärmeliebenden nehmen stark ab (EMW, *Corylus*, *Carpinus*, auch *Abies* und *Alnus*), was wir als Ausdruck eines feuchteren und kühleren Klimas deuten. Auffällig ist auch hier in Wildhaus die Häufung von *Fagus*-Prozentwerten bis 0,7%. Im DA 7 beginnt *Pinus* mehr und mehr über *Picea* zu dominieren. Handelte es sich um ein postglaziales Diagramm, würde man alle diese Erscheinungen als Ausdruck und Folge starker Nutzung, Begehung und Beweidung durch den Menschen und sein Vieh bezeichnen. Fehlt dieser Einfluss wirklich ganz (vgl. MÜLLER 1979, Wildenmannsloch, S.45–48)?

Im DA 8 kommt die mineralische und stets kalkreiche Einschwemmung zum Stillstand, bilden sich torfige Ablagerungen mit Holz und darüber toniger, gyttjaartiger Humus mit minimalem Cyperaceen-Anteil und erhöhten *Salix*/*Hippophaë*-Werten. Die Wärmeliebenden sind ganz verschwunden, *Picea* sinkt unter 10%, der *Pinus*-Pollens dominiert mit 40–50%.

Wir gehen nicht fehl, wenn wir die zwischen 24,90 m und 20,70 m beschriebene Warmzeit als R/W-Interglazial und – in unserem Sinne – als Eem-Warmzeit bezeichnen. Wir sollten uns bemühen, weitere Eem-Vegetationsprofile aus höhern Lagen zu untersuchen, da sie für die Deutung der klimatischen Entwicklung besonders wertvoll sind.

Der obere Teil des Profils lässt sich stratigraphisch in drei Teile gliedern:

- | | |
|------------------|--|
| 0 – 3,10 m | postglazialer, zersetzter Torf bis in 0,80 m Tiefe und sandig-kiesige spätglaziale Einschwemmung. |
| 3,10–ca. 17,50 m | Moräne und Lehm/Sand-Einschwemmung, mehr oder weniger pollenfrei. |
| 17,50– 20,70 m | stellenweise kalkfreie organische Ablagerungen bis zu Schieferkohle in 18,82 m Tiefe, dazwischen kalkreiche tonig-sandige bis kiesige Ablagerungen (Frühwürm). |

Das als vollständig aufgefasste Frühwürm zwischen 20,70 m und 17,40 m – also 3,30 m mächtig – zeigt insgesamt drei Interstadiale (DA 10, DA 12–14 und DA 16). Die beiden ersten weisen mit 15–20(–30)% *Picea* und gleichzeitig 30–40% *Pinus* genau jene Elemente auf, die in der Endphase des Eem-Interglazials in DA 8 auftraten

und im Prinzip im DA 7 vorherrschten. Spuren von *Alnus* traten auch in diesen Interstadialen auf, solche von *Abies* in geringster Menge nur im zweiten. Ordentlich vertreten waren in beiden Warmphasen *Betula* und jeweils am Beginn *Hippophaë* (4–6%). Das Sediment war in beiden Fällen am Anfang kalkfrei (geringere Einschwemmung wegen Verstrauchung?, Zunahme der organischen Substanz?). Die BP-Werte erreichten in beiden Fällen 40–60%, was für eine sehr lichte Bestockung spricht, umsomehr als *Betula* und Sträucher in den BP eingeschlossen sind. Im Vergleich zur Endphase des Eem-Interglazials (DA 8), wo der Baumpollen fast 70% erreicht, dürften die beiden Interstadiale unzweifelhaft waldgrenznah gewesen sein. Das Fehlen des Pollens von *Larix*, den wir in Profilen des Zürcher Oberlandes und anderswo in Tief-lagen stets fanden, darf nicht dagegen interpretiert werden. Im niederschlagsreichen Voralpengebiet von Säntis und Churfirsten fehlt *Larix* auch heute. Im Tiefland ist *Larix* nach MENKE & TYNNE (1984) eher vom Kontinent her als von den Alpen herunter eingewandert. Das dritte Interstadial (DA 16) schliesslich ist durch eine *Pinus*-Dominanz gekennzeichnet.

Vor, zwischen und nach diesen drei Interstadialen finden wir gut ausgeprägte Kaltphasen mit Rückgang der Gehölzelemente auf 10% BP oder darunter. Von den bekannten Kaltzeit-Elementen sind *Ephedra*, *Artemisia*, *Chenopodiaceen* und *Thalictrum* streng auf diese Phasen beschränkt. Wir korrelieren:

Profil Wildhaus–Egg		Profile des Zürcher Oberlandes (WELTEN 1982b)
Kaltphase	20,70–20,49 m	Turicum 1 (T ₁)
Interstadial	20,49–20,32 m	Frühwürm-Interstadial 1a/1b: Brørup-Komplex
Kaltphase	20,32–19,40 m	Turicum 2 (T ₂)
Interstadial	19,40–18,83 m	Frühwürm-Interstadial 2: Odderade
Kaltphase	18,83–18,15 m	Turicum 3 (T ₃)
Interstadial	18,15–17,60 m	Frühwürm-Interstadial 3: Dürnten
Kaltphase	17,60– ? m	Turicum 4 (T ₄)

Dazu folgende Bemerkungen:

- Das Frühwürm-Interstadial 1a/1b (Brørup-Komplex) scheint im Profil Wildhaus–Egg gegenüber dem Frühwürm-Interstadial 2 (Odderade) zu schwächer und von geringerer Dauer. Dazu ist zu sagen, dass es in der Stratigraphie gefährlich ist, anhand der Mächtigkeit auf Dauer und Bedeutung zu schliessen.
- Die Kaltphase T₂ scheint gegenüber T₁ viel zu mächtig entwickelt. Dagegen ist einzuwenden, dass in T₂ das Sediment vorwiegend aus Kies und Sand besteht, also möglicherweise torrentieller Einschwemmung entstammt. T₂ ist beispielsweise auch in den Profilen Ambitzgi und Dürnten I (WELTEN 1982b, Diagr. 18, 15b) recht mächtig entwickelt, dazu weniger kalt und von kleinen Warmphasen unterbrochen, wie hier in Wildhaus!

- Das Frühwürm-Interstadial 2 (Odderade) ist in Wildhaus mit Vorphasen recht breit entwickelt, auch durch die Schieferkohle-Bildung in 18,81–18,84 m Tiefe vor T₃ ausgezeichnet. Man darf diese Eigenschaften nicht ohne weiteres gegen unsere Einstufung auswerten. Während der Kaltphase T₁ dürfte der eemzeitliche Hangentwässerungsgraben neben der Lokalität verlaufen sein. In der Kaltphase T₂ lag sie im Mündungs-gelände und Versumpungsgebiet der Hangentwässerung, während sich im darauffolgenden Frühwürm-Interstadial 2 eine «ruhigere» Muldenlage mit mehr Birke und Sanddorn einstellte.
- Die Kaltphase T₃ ist durch *Ephedra* und *Selaginella* gut ausgezeichnet.
- Das letzte Frühwürm-Interstadial 3 (Dürnten sensu WELTEN 1982b) fällt durch Fehlen von *Picea*, kurzes Aufgipfeln von *Pinus*, das Fehlen einer *Hippophaë*-Vorphase und durch eine geringe *Betula*-Zunahme auf. Dagegen fehlt der *Larix*-Gipfel der Typus-Lokalität Dürnten.
- Die Kaltphase T₄ fällt durch das hohe *Artemisia*-Prozent (14%) wie in unseren früheren Untersuchungen auf und begrenzt hier das Anbrechen der intensiven Glazialphase des Mittelwürms (mit Gletscherüberdekung in Wildhaus–Egg?).
- Die pollenanalytischen Untersuchungen der hangenden Schichten erwiesen sich als sinnlos, weil verschiedene Schichten Wasser und Rezentpollen führten.

Zum Schluss kehren wir an den Ausgangspunkt unserer Rekognoszierung in Wildhaus zurück. Die beiden Schürffprofile Wildhaus–Loog I und II (Diagr. 18) lassen sich nicht mit der Endphase des Eem-Interglazials (DA 8) zur Deckung bringen. Auch ist die Schieferkohle von Loog II fast ausschliesslich von Hypnaceen-Blättchen gebildet, trotz der vielen Cyperaceen. Wir halten darum das Schieferkohle-Vorkommen von Loog nach unserem Schürfungsergebnis für korrelierbar mit unserem Frühwürm-Interstadial 2 (Odderade) – in der Annahme, dass in dieser Phase der schieferkohleführende Hang in ähnlicher Entwicklung stand; die Höhenlage der Schieferkohle auf Egg bei 1061 m, im Loog auf 1062 m spricht nicht dagegen!

Die Frage, ob die abgerutschte Schieferkohle am Simmibach unten ein Teil dieser interstadialen Schieferkohle im Loog gewesen ist, oder ob sie nicht eher Teil einer echt eemzeitlichen Bildung ist, konnten wir nicht beantworten.

2.5.3 Versuche zum Erfassen von weiteren Eem/Frühwürm-Profilen aus höheren Lagen

2.5.3.1 Wildhaus–Schwendisee

Koord.: 743.426/228.114/1164; kein Diagramm

Es lag nahe, nach einer ähnlichen, hangrandlichen Stelle auf dem Gegenhang südlich von Wildhaus zu suchen. Die Voraussetzungen waren deshalb weniger günstig, weil es sich dort um die nördlichen Hänge der Churfirsten-Kette handelt, also vorwiegend um mesozoische

Gesteine mit geringerem Tongehalt, dagegen mit Karst- und Höhlenbildung, so z.B. das Wildenmannisloch (1628 m). Nach den palynostratigraphischen Untersuchungen von MÜLLER (1979, S.45–48), war diese Höhle wahrscheinlich im Frühwürm besiedelt bzw. begangen.

Ich erachtete die Vorderkante der karartigen Nische des Schwendisees für einigermassen günstig und liess an der Lokalität Grüllen, wenige Meter neben dem Nordrand des Schwendisees, bohren (Fig.9). Die Bohrung wurde durch die Firma Grundag AG, Gossau, im Oktober 1983 ausgeführt. Bohrtiefe: 22,20 m.

2.5.3.2 Ricken–Durschlagen

Koord.: 721.330/235.370/798; kein Diagramm

Nach den Ergebnissen zwischen Uznach und Kaltbrunn wäre zu erwarten, dass eemzeitliche Ablagerungen in grösserer Höhe des rechten Hanges der Linthebene zu finden wären, zudem möglicherweise auch in ähnlicher Höhenlage wie im Zürcher Oberland (500–600 m Höhe). Andererseits war der Rickenpass für Linth- und Rhein/Linth-Gletscher eine ausgesprochene Transfluenz-Schwelle nach dem Toggenburg hinüber, könnte also ähnliche Verhältnisse wie Wildhaus aufweisen. Der Rickenpass liegt im Molasse-Randgebiet (Untere Süsswassermolasse) des ostschweizerischen Alpenrandes.

Nach missglückten Verhandlungen für eine Bohrerlaubnis hart neben der Wasserfassung Gommiswald, wo See-Sedimente nachgewiesen waren, wurde eine Bohrung

durch dieselbe Firma wie in Wildhaus unterhalb des Hofes N. Hofstetter ausgeführt. Bohrtiefe 27,25 m.

2.5.3.3 Saanenmöser

Koord.: 589.840/151.250/1271; kein Diagramm

Ein vorläufig letzter Versuch der quartärgeologischen Sondierung im Randbereich von Transfluenz-Bahnen wurde im Oktober 1983 am südlichen Abhang der Wasserscheide auf den Saanenmösern ausgeführt. Geologisch liegt der Passübergang zwischen dem Flysch der Brecien-Decke im Süden und dem Flysch der Simmen-Decke im Norden. Die trockene Rotationskernbohrung wurde durch die Firma Stump, Bern, ausgeführt. Bohrtiefe: 23,90 m.

2.5.3.4 Zusammenfassung

Sowohl in Wildhaus–Schwendisee (1164 m) als auch auf dem Rickenpass (Ricken–Durschlagen, 798 m) und auf den Saanenmösern im Berner Oberland (1271 m) konnten wir aus Budgetgründen und trotz aufwendiger Bohrarbeiten bis in 22–27 m Tiefe nicht durch die Moränen-Deckschicht in darunterliegendes Sedimentmaterial gelangen.

Wir stellten aber fest, dass nicht nur die eigentliche Moräne sehr mächtig ist, sondern dass auch das seit dem Gletscherabschmelzen sekundär aufgelagerte Material viel mächtiger sein kann als erwartet.

2.6 Niederweningen

2.6.1 Einleitung

Einerseits liessen die bisher untersuchten, fast stets «havarierten» Eem-Profile aus ehemals vergletscherten Gebieten den Wunsch nach der Untersuchung von Profilen aus störungsarmen Situationen aufkommen, andererseits regten die Diskussionen um die wenigen Objekte gleicher Lage zu den Würm-Endmoränen in Süddeutschland (FRENZEL 1978, 1983, Krumbach) dazu an, weitere ähnliche Objekte zu suchen und zu untersuchen.

Gewiss ist die Vorstellung sehr berechtigt, man sollte ausserhalb der Endmoränen ungestörte Altmoore mit Eem-Sedimenten finden. Man muss sich aber bewusst sein, was auch in diesen Gegenden seit dem Ende der Eem-Warmzeit, d.h. seit mehr als 100 000 Jahren, geschehen ist: eine extreme Kaltzeit mit auch dort völliger Entwaldung und spärlicher Vegetation (Flachmoorbildungen, Pioniervegetation, offene Bodenflächen) mit Bodenfrost, Solifluktion und Lössbildung. Bei den Objekten unserer Gegenden kommt hinzu, dass die Eisfronten der Alpen-gletscher oft nur in wenigen Kilometern Entfernung gestanden haben; sie können in Einzelfällen bei extremen Vorstössen der Gletscher sogar von den Eismassen überfahren worden sein. Die wenige Meter tiefen Flachmoore neigten ohnehin zum Stillstand, zum Überfließen, zum

Eingedecktwerden bereits in der Warmzeit; wieviel häufiger wurden sie mit dem Beginn der Würm-Kaltzeit und mit den wiederholten Interstadial-Wechseln.

Eine erste Torfablagerung aus dem Würm-Vorgelände war von uns bereits 1980 auf dem Sulzberg bei Baden erbohrt und untersucht worden (WELTEN 1981b, 1982b). Dieser extramoränischen Ablagerung südlich der Lägern wird nun eine solche aus dem feuchten Gebiet nördlich der Lägern zur Seite gestellt. Die beiden Profile stammen aus dem Gebiet von Niederweningen im Wehntal (Fig. 10). Dieses nördlich des aus mesozoischen Gesteinen gebildeten Jura-Ausläufers (Lägern, 859 m) gelegene Tal liegt auf miozäner Molasse (Obere Meeres- und Obere Süsswassermolasse) und ist im Talboden von Jüngerem Quartär bedeckt; auf der nördlichen Talseite finden sich in der unmittelbaren Umgebung altpleistozäne Deckenschotter. Der Endmoränenwall, der im Osten von Schöfflisdorf die Wasserscheide bildet, wird allgemein dem grössten Würmgletscher-Vorstoss (von 20 000 B.P.?) zugeordnet.

Vorsondierungen der Gemeinde Niederweningen für die Planung von Gemeindebauten kamen meiner Rekonstruktion entgegen. Insbesondere hatte aber auch die Beschreibung der vielen Knochenfunde im Mammutloch von Niederweningen durch LANG (1892) mein Interesse für diese Lokalität geweckt.

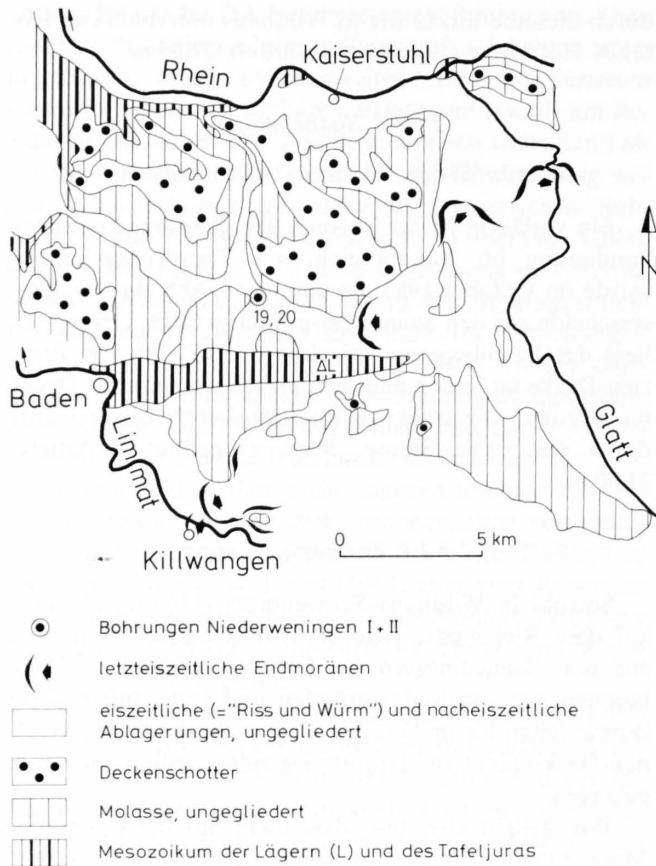


Fig. 10: Schematische geologische Kartenskizze zwischen Limmat- und Hochrheintal.

Eine erste Bohrung wurde an jener Stelle niedergebracht, wo das Geologische Büro Jäckli (Baden) durch Probebohrungen Torf festgestellt hatte; eine zweite Bohrung in der Talterrasse im Mündungsgebiet des kleinen Singelenbachs, der von den Lägern in die Talebene herunterkommt (Fig. 10). Beide Bohrungen liegen nur wenige Meter südlich des Randes des sogenannten Mammutloches entfernt, einer Entnahmestelle von Erdmaterial, das seinerzeit die Südostbahn für die Aufschüttung des Eisenbahndammes verwendet hatte. Die Entfernung zur Kulmination (492 m) des würmzeitlichen Endmoränenwalles beträgt 4 km. Die Bohrung wurde von der Firma Stump, Zürich, als trockene Schlag-Kernbohrung im Oktober 1983 ausgeführt.

Bevor wir die beiden Pollendiagramme besprechen, seien diesen einige grundsätzliche Betrachtungen zur Interpretation vorangestellt.

2.6.2 Grundlagen für die Interpretation der Diagramme

Die Quartärstratigraphie, auch die palynologische Biostratigraphie, gibt uns selten einfache und unzweideutige Interpretationsprobleme auf. Die Theorie der Interpretationslogik sucht sich die Ergebnisse zwar häufig dadurch abzusichern, dass sie für alle nicht ganz selbstverständlichen Phasen Lokalnamen verlangt. Die Korrelation der palynostratigraphischen Abschnitte wird häufig erst nachträglich versucht. Da wir sehr viele Diagramme mit jeweils vielen Phasen zu korrelieren haben, bedienen

wir uns einmal mehr des Vergleichs unserer hypothetisch vorkorrelierten Diagramme, als ob ein «denkender» Computer die wahrscheinlichste Gliederung bereits ausgedruckt hätte. Wir sind uns dabei einer möglichen Selbsttäuschung bewusst!

Wir stellen fest:

1. Mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit kann heute ein R/W-Interglazial (= Eem-Interglazial) nach seinen palynologischen Merkmalen erkannt werden – auch dann, wenn die lithostratigraphische Abfolge gestört ist (vgl. Profile Mörschwil, WELTEN 1982b). Das war vor wenigen Jahren noch nicht immer möglich.
2. In Nord- und Mitteleuropa ist heute fast durchwegs festgestellt und anerkannt, dass dem Eem ein Frühwürm-Abschnitt mit drei bis vier Interstadialen folgt, die von kalten bis sehr kalten Stadien eingfasst werden (besonders intensiv sind die Kaltphasen T_1 , T_3 und T_4 sensu WELTEN 1982b). Das erste Interstadial scheint stellenweise aus zwei Warmphasen zu bestehen, deren erste im Norden noch etwas unsicher als Amersfoort bezeichnet, deren zweite aber allorten gerne mit dem nordeuropäischen Brörup korreliert wird (vgl. die Übersicht in WELTEN 1981a). Die Trennung ist nicht immer nachweisbar, weil die kühle Trennphase oft nicht klar dazwischentritt oder lokal keine Vegetationsveränderung gebracht hat, daher etwa die Zusammenfassung unter der Bezeichnung Brörup-Komplex. Das dritte Interstadial ist scheinbar etwas kürzer, doch oft reicher an anspruchsvollen Elementen und wird mit dem nordischen Odderade verglichen. Das vierte Interstadial scheint am Nordalpenrand klarer erfassbar als im Norden und wurde von uns als Dürnten-Interstadial bezeichnet. Sein Ende bildet den Übergang vom Früh- zum Mittelwürm und dürfte altersmässig wenig früher als ca. 55000 B.P. liegen. Es ist bei uns meist kurz und mit reduzierten *Picea*-Werten und oft begleitendem *Larix*-Maximum ausgezeichnet. Das Mittelwürm beginnt mit extremer NBP-Dominanz mit viel *Artemisia*, *Ephedra*, also mit einer sehr waldfindlichen, kontinentalen Kältesteppe-Phase.
3. Das hier Dargestellte ist notwendigerweise eine schematische Reproduktion aller Diagrammbefunde. Fast genau so ist sie nur in den Profilen Uster, Sulzberg, Dürnten (WELTEN 1982b) und neuerdings in jenem von Wildhaus (Diagr. 17) erkennbar. Ordentlich angedeutet ist die Sequenz in den Profilen Uster-Esel, Uster-Wolfgrub, Ambitzgi, Schöneich und Mörschwil, gar nicht in jenen von Grossriet, Chrutzelriet und in den vielen Teildiagrammen aus dem Glütschtal und Kander-/Aaregebiet, auch nicht in den Profilen von Meikirch.

Aus einem sorgfältigen Vergleich folgt die Erkenntnis, dass alle Erscheinungen wie stratigraphische Materialelemente, absolute und relative Mächtigkeiten unter sich, sogar ihre Überdimensionierung oder auch ihr Fehlen Ausdruck der lokalsten Einflüsse und Reaktionsmöglichkeiten auf die überregionalen Klimawechsel des Frühwürms sind. Es kommt sogar vor, dass Kaltphasen durch sekundär eingeschwemmtes Sediment mit Warmphasen-Polleninhalt unkenntlich ge-

macht oder gänzlich überbrückt werden. Daher stammt eine gewisse Unsicherheit unter den Palynologen.

2.6.3 Profil Niederweningen II, Talboden

Koord.: 670.775/262.075/456; Diagr. 20

Wir nehmen dieses Diagramm voraus, weil es im unteren Bereich Aufschlüsse gibt, die in der ersten Bohrung nicht erfasst worden sind. DA 1 stellt eine 4 m mächtige feinsandig-siltige Tongyttja mit vielen recht gut erhaltenen Pollen dar, die überwiegend warmzeitlichen Charakters sind. Da sie 10–20% *Abies*, gegen 10% *Alnus* und *Corylus*, um 4% EMW, durchgehend relativ viel *Buxus* (0,6%) und Spuren von *Carpinus* und *Fagus* enthalten, neben je 25–35% *Picea* und *Pinus*, gehen wir bei der stratigraphisch tiefen Lage kaum fehl, wenn wir den Polleninhalt als endholstein 1-zeitlich ansprechen. Vorsichtig lassen wir die Möglichkeit offen, dass es sich gesamthaft auch um leicht disloziertes Holstein 1-Material handeln könnte, da minimale kaltzeitliche Spuren beigemischt sind.

DA 2 ist ausgesprochen pollenarm, sandig-siltig und im oberen Teil durch rostrote Färbung (über 2 m) als Stillstands- und Vergleungshorizont gekennzeichnet. Da er zwischen DA 1 und DA 3 eine Zeitspanne umfassen könnte, die zwischen Holstein 1(?) und Riss-Ende liegt, vermutlich auch nur die ganze Riss-Eiszeit umfassen könnte, ist er glazialgeschichtlich von grossem Interesse.

DA 3 umfasst eine wichtige Zeitmarke: Er stellt eine extreme *Artemisia*/*Ephedra*-Phase mit viel *Betula*, *Armeria*, *Botrychium* an einem *Myriophyllum spicatum*-Flachwassertümpel dar, also eine typische Spätglazial-Vegetation.

DA 4 ist stark sandig und mehr oder weniger pollenfrei und deshalb nur im Anschluss an DA 3 und DA 5 palynostratigraphisch als beginnendes Früheem zu deuten, wie es so oft verkürzt erscheint.

DA 5 – DA 10 stellen einen ziemlich stark verwitterten Alttorf-Komplex dar, den ganzen feuchten Teil des R/W-Interglazials umfassend. Im ältesten Teil (DA 5) neben *Abies* und *Picea* mit sehr viel *Alnus* und bis 7,3% *Carpinus* scheint die Bestockung (Pteridophyten, Cyperaceen!) leichter gewesen zu sein. Im mittleren Teil (DA 6) zeichnet sich ein Tannenhochwald mit etwas *Picea*-Beimischung ab. Im oberen Teil (DA 8 – DA 10) dominieren *Picea* und *Pinus* über alle übrigen Gehölze, und ein starkes Vorkommen von *Betula*, *Sphagnum*, Hochstauden und Ericaceen kennzeichnet eine feucht-kühle Eem-Endphase.

DA 11 lässt *Abies* fast ganz verschwinden, *Picea* auf 20% absinken, *Larix* (5%) erscheinen, *Corylus* als Strauch der Lichtungen(?) etwas aufkommen, *Sphagnum* Vollentwicklung erlangen (Torf leicht tonig). Ob die nur 25 cm Torf den Charakter der ersten Frühwürm-Kaltphase ungestört wiedergeben, die hier sicher vorliegt? Erscheint sie durch sekundäre Polleneinmischung nicht reduziert, ausgleichener als oft? Oder ist sie hier, noch weiter weg als Sulzberg vom Vereisungszentrum, lokal richtig wiedergegeben?

DA 12: Das Ansteigen der BP-Kurve, das Absinken der *Larix*-Kurve, die leichten Zunahmen von *Abies*, des EMW und von *Corylus* lassen in diesem noch stark torfigen Abschnitt den nachfolgenden Brörup-Komplex vermuten.

DA 13 verliert den Charakter von zersetztem Torf und geht über in leicht humosen, tonig-sandigen Silt. Die BP-Werte fallen von 85% auf 55% ab. EMW- und *Abies*-Werte gehen stark zurück. Eine starke Gehölzlichtung tritt ein ohne krasse Kaltzeit-Zeichen. Wir glauben, hier die mildeste der Abkühlungsphasen, T₂, zu erkennen, die vielleicht ein schwaches Interstadial enthält (Ambitzgi-Interstadial?).

DA 14 ist durch 70–80% BP zweifellos ein klimagünstiger Abschnitt, der sich aber durch keinen spezifischen Pollengehalt auszeichnet. Dagegen hebt er sich durch den nachfolgenden kälteren Abschnitt DA 15 gut heraus: *Larix* tritt wieder konstant auf; ein Wassertümpel mit *Potamogeton* und *Myriophyllum spicatum* mit recht vielen Cyperaceen bildet sich wieder, und schliesslich nehmen die *Artemisia*-Pollen ordentlich zu, wobei vereinzelt auch *Ephedra* und *Armeria* auftreten.

Dass DA 15 als ausgehender Frühwürm-Abschnitt zu betrachten ist, scheint uns unzweifelhaft. Dagegen fehlt ihm die gewohnte Dreigliederung T₃/Dürnten-Interstadial/T₄. Sie ist im Profil Sulzberg (WELTEN 1982b) besser ausgebildet.

Wir neigen zur Auffassung, dass von den unter DA 11 angeführten Möglichkeiten diejenige der ziemlich stark sekundären Einschwemmung von älteren Pollen in unserem Frühwürm-Diagramm kurven- und damit phasenausgleichend wirkt, da ja just von diesem Moment an die tonig-siltige Einschwemmung in diesem Talboden-Profil am Ausgang einer kleinen Bachmündung zunimmt.

2.6.4 Profil Niederweningen I, Hangfuss-Profil

Koord.: 670.730/262.072/459 m; Diagr. 19

Diese Bohrung liegt an einem relativ steilen Hangfuss hart oberhalb der neuen Strasse vom Mammutloch ins Dorf hinauf. Sie erfolgte an der Stelle, wo die Probesondierungen der Firma Jäckli (Baden) den am mächtigsten entwickelten Torf ergeben hatten. Alle übrigen Sondierstellen west- und nordwestwärts förderten nur dünne Torfschichten und liegen etwas höher, so dass man annehmen kann, dass die Torfschicht nordostwärts leicht absinkt und mächtiger wird. Es ist nicht gesagt, dass eine absolute Senkung Ursache davon ist. Es könnte sich ebenso um eine randliche Hangvernässung gehandelt haben, die in eine Hangfuss-Tümpelvernässung mündet. Die im Diagramm Niederweningen II als Tümpelabschnitte bezeichneten Stellen DA 3 und DA 15 könnten auch ganz gut den ansteigenden Wasserspiegel eines lokalen kleinen Sees bedeuten, der zeitweise die Haupttalung füllte.

Eine auffällige stratigraphische Marke des Profils I ist die 1,5 m mächtige rostrote vergleyte Ton/Sandschicht an der Basis (Bohrende), die hier zwar als jüngerer Vergleungshorizont unter der mächtigen Torfschicht des Profils gelten könnte (unter einer 1,5 m mächtigen stark graublauen Lehmschicht?), die aber wahrscheinlich eher

der alten Gleyschicht des Profils II in 14 m Tiefe synchron ist. Ich neige dazu, diese Bodenbildung als risszeitlich im weiten Sinne aufzufassen.

Die DA 5 – DA 10 mögen einigermaßen den Abschnitten in Profil II entsprechen: *Alnus/Abies*/EMW/*Carpinus* (5%)-Phase, *Abies/Picea*-Phase (mit *Typha latifolia* und mit *Drosera*) und *Picea/Pinus*-Phase.

DA 10: Neu ist in diesem Profil die auffällig graublaue Ton/Sand-Schicht von 28 cm Mächtigkeit, die hier die untere eemzeitliche Torfschicht scharf von der oberen *Betula/Corylus*- und *Sphagnum*-reichen und Ericaceen führenden Torfschicht trennt. Der engste Übergang Sand/Torf ist allerdings wegen einer technischen Panne beim Bohren verlorengegangen, der blaugraue Sandkomplex vielleicht verschmutzt worden.

DA 11 und DA 12: Die schöne, 1,4 m mächtige obere Torfschicht enthält scheinbar ziemlich kompakt die beiden grossen Frühwürm-Interstadiale Brørup und Odderade. Sie scheinen bei 788 cm durch einen kurzen Kälteeinschnitt getrennt, der wohl auch durch Sekundärpollen oder Wachstumsstillstand, wie im Profil Sulzberg, verwischt ist. *Larix* tritt deutlich erst am Ende des Odderade-Abschnittes auf.

DA 13: Der nachfolgende Kälteeinbruch wird stark akzentuiert durch eine graublaue Lehm/Sand-Schicht von fast 50 cm Mächtigkeit und eine darüberliegende graue siltige Schicht von 30 cm, beide mit geringer *Sphagnum*-Entwicklung mit nur 10–20% BP und mit ordentlich viel *Hippophaë* und *Artemisia* und Spuren von *Ephedra*, *Armeria* und *Botrychium*. Wir korrelieren diesen Abschnitt mit T₃.

DA 14: Sehr prägnant zeichnet sich in graubraunem tonig-sandigem Silt mit *Typha latifolia* und *Myriophyllum* eine wohl als Dürnten aufzufassende kurze Interstadialphase mit 25% *Pinus*, 39% *Picea* und 2% *Larix* ab (was nicht leicht als blosses Kunstprodukt von Pollenverschleppung betrachtet werden kann).

DA 15 und DA 16 werden von grauem, siltigem und noch leicht gyttjaartigem Seeboden-Material gebildet (*Potamogeton*!) – im Kontakt mit einer *Ephedra*-reichen *Artemisia*/Chenopodiaceen-Kältesteppe und Cyperaceen/*Armeria*-Feuchtrasen und wenigen Ericaceen. Die hier noch mit 2–10% vertretenen *Picea*-Pollen sind so gut wie sicher als sekundäre Einschwemmung zu betrachten, ebenso die wenigen *Abies*-, *Corylus*- und EMW-Pollen.

DA 17 ist durch seinen Polleninhalt und durch seine Verglebung als jung-postglazial charakterisiert. Die blaugraue Übergangszone von 370–260 cm dürfte lithogenetisch der kalten Würmphase um 20000 B.P. entsprechen.

2.6.5 Profile Niederweningen I und II, Mammutfunde, Zusammenfassung

Unsere palynostratigraphischen Ergebnisse bestätigen die bei den Quartärgeologen unbestrittene Auffassung, dass das Wehntal eine alte, ausgeglichene Landschaft darstellt. Innerhalb beider Bohrungen findet sich in den obersten 10 m von Hangfuss-Ablagerungen die Erdgeschichte von vielleicht 120000 Jahren: die letzte Warmzeit (Eem), die frühe Würm-Eiszeit mit drei Fichten-Interstadialen, die trockenkalte Mittelwürm-Zeit (zwischen

etwa 55000 und 25000 B.P.) und die kalte Zeit der späten Würm-Maximalphase (zwischen 25000 und ca. 16000 B.P.) – alles zusätzlich überdeckt von 2–3 m Material der frühhistorischen Rodungsphasen der aktuellen Warmzeit. Allerdings sind die oberen Teile des unteren Talboden-Hangfussprofils durch Bacherosion (Hangbäche und Surb) leicht verkürzt, die Spätwürm-Schichten des oberen Hangfussprofils durch Solifluktion wohl etwas reduziert.

Ohne alle Zweifel ist die kontinuierliche Einheit alter Torfe über die Eem- und Frühwürm-Zeit übergreifend nochmals wie in Sulzberg (WELTEN 1982b) nachgewiesen; die Ergebnisse von WEGMÜLLER (1982) in Gondiswil stimmen weitgehend überein. Daraus darf nun nicht der überholte Schluss der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts gezogen werden, dass der ganze Torfkomplex einem Interglazial zugehöre oder allenfalls in zwei bis drei Interglaziale aufzugliedern sei. Wir wissen heute, dass sich Torf- und Schieferkohle auch unter recht kalten Bedingungen als Cyperaceen- oder gar Hypnaceen-Torf bilden. Gelegentlich stellen sie auch kaltzeitliche Stagnationsfüllungen von Mulden dar.

Dieses Problem ist erneut und verstärkt in der Interpretation der Ergebnisse von Grande Pile (WOILLARD 1975) aufgetaucht – verstärkt deshalb, weil die zwei Frühwürm-Interstadial-Komplexe (St. Germain I und II) überraschend viel Pollen von Warmgehölzen aufweisen, deren Relikte bei uns aber so spärlich sind, dass an ihrer Stelle fast nur *Picea*, *Pinus* und *Betula*, dazu recht viel *Larix* zur Dominanz gelangen.

Zusätzlich zu diesen pflanzengeographisch-paläoklimatischen Fragen ist das Problem etwas festgefahren durch den zu schematischen Vergleich mit manchen Tiefsee-Bohrungen und ¹⁸O/¹⁶O-Bestimmungen in den Ozeanen, in denen vielleicht doch auch die zeitliche Feinauflösung fehlt. Auf eine Diskussion im einzelnen wollen wir hier nicht eintreten, jedoch betonen, dass die Verhältnisse auf Ozeanböden nicht einfach auf jene des eurasischen Festlandes übertragbar sind und dass andererseits Baumpollen-Summenkurven nicht bedenkenlos mit den Isotopenkurven der Tiefsee verglichen werden dürfen.

Wir haben uns bemüht, die reichlichen Knochen- und Zahnfunde aus dem Mammutloch in unsere Ergebnisse einzufügen. Als primäre Quelle hiezuhin diente die Darstellung von ARNOLD LANG im Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Zürich (1892, S. 3–35). Um Bedeutung und Fundumstände dieser ausserordentlichen Lokalität zugänglich zu machen, zitieren wir die Beschreibung von Prof. Alb. Heim aus gemeinsamen Untersuchungen mit den Geologen F. Mühlberg und L. Du Pasquier (in LANG 1892, S. 16–18):

«Zuoberst liegen 2–4 m kiesiger, erratischer Schutt... Es handelt sich keineswegs um eine Moräne in ursprünglicher Lagerung, vielmehr komme ich in Übereinstimmung mit den Geologen Mühlberg und Du Pasquier zu der Überzeugung, dass dieses obere kiesige Material von den umliegenden Jurabergen später abgeschwemmt und hier aufgelagert worden sei. Die untere Grenze der kiesigen Auflagerung ist uneben. Der Kies greift taschenförmig in den unterliegenden Lehm (Ton). Der letztere, 1–1½ m mächtig, ist vorherrschend gelb. Er wird blau in der Nähe des unterliegenden Torfes – offenbar infolge der reduzierenden Wirkung der organischen Substanz. Wahrscheinlich ist der Lehm ein Schlemmprodukt aus umliegenden Grundmoränen.»

«Nun folgt unter dem graulich fetten Lehm die Fundschicht. Dieselbe ist ein Torf, vorherrschend als Moortorf entwickelt, reich an Samen von *Menyanthes trifoliata*. (Nach C. Schröter auch *Scirpus caespitosus*, *Iris pseudacorus*, *Picea* und *Betula*-Holz ohne Strünke oder Wurzeln, nach J. Fröhlich *Climacium dendroides* L., *Hypnum trifaricum* W.u.M., *Camptothecium nitens* Schreb.)»

«Der Torf ist komprimiert, doch wenig blättrig, dunkelbraun, beim Liegen an der Luft sich schwärzend. Er hat 1 m bis 1,60 m Mächtigkeit. In den oberen Teilen finden sich einzelne Torfstreifen durch Lehmstreifen vom Hauptlager abgetrennt und, was besonders auffallend ist: der Torf zeigt eine Anzahl taschenförmiger Vertiefungen von 0,3–0,4 m Durchmesser und 0,2–0,4 m Tiefe. Dieselben sind zylindrisch, unten fast so weit wie oben. Diese Taschen sind mit dem aufgeschwemmten Ton erfüllt.» (Anmerkung A. Lang: «An einzelnen Stellen greift der Ton tief in den darunterliegenden Torf ein, so dass letzterer Mulden bis zu 1,5 m Tiefe und über 3 m Durchmesser bildet»).

«Die einzige Deutung, die ich mir für diese Taschen und in den Lehm verschleppte oder gestossene Fetzen von Torf denken kann, geht dahin, dass es die Fusstritte des Mammut im Moosmoor sind, welche bald der schlammige Bach überschwemmt hat. Das Torflager ist durch die Grabarbeiten auf eine Länge von etwa 70 m abgedeckt worden. Nach der Gestaltung der Umgebung muss angenommen werden, dass es sich um eine kleine lokale Torfbildung handelte, die, wenn auch noch etwas weiter reichend, doch keineswegs über das ganze Tal reichte.»

«Unter dem Torflager folgt hellgrauer, sandiger Lehm, Schlemmsand. Derselbe enthält auch keine Grundmoränensteine, er ist ein Schlemmprodukt, kein direkter Gletscherabsatz. Die Unterlage dieses Sandlehmes, der auf 1 m Tiefe abgedeckt worden ist, ist unbekannt.»

«Über die gegenseitige Lagerung der verschiedenen Glieder dieser Schichtreihe zu den Moränen oder jüngeren Kiesterrassen der Umgebung ist dermalen kein Aufschluss zu finden. Geologisch ist somit leider über das Alter dieser Fundstelle, ob sie unter, zwischen oder über den Moränen liege, gar nichts zu entscheiden. Die Schichten welche unter oder über dem Torf liegen, sind in keiner Richtung entscheidend und könnten irgend einem Abschnitt der Diluvial- oder zum Teil auch der Nachdiluvialzeit angehören.»

«Die Knochen liegen zum Teil ganz im Torf, zum Teil stecken sie ganz oder teilweise in dem unmittelbar darunter- oder darüberliegenden Lehm. Im Torf sind sie sehr gut erhalten, im Lehm aber meist stark verwittert. Manche Knochen, besonders Stosszähne, sind imprägniert mit Schwefeleisen, das sich darin ausgeschieden hat.»

«Dass die Knochen nicht mehr in ihrer ursprünglichen Lage gefunden werden, sondern Unzusammengehöriges beisammen liegt, Zusammengehöriges 50 und mehr Meter auseinander gestreut erscheint, hat nichts Besonderes auf sich, indem ein solches Verschleppen der Skeletteile von Tieren die Regel ist (Überschwemmungen, Raubtiere usw. und Auflösung im umgebenden Lehm).»

LANG hat aus Einzelfunden ein ganzes Mammutskelett im Geologischen Museum der ETH in Zürich aufstellen lassen, hat auch Teile eines Mammutfötus erkannt. Überdies führt er Knochenreste an von Wolf (*Canis lupus* L.), Wasserratte (*Arvicola amphibius* DESM.), Bison (*americanus*?), Pferd (*Equus fossilis*?), Grasfrosch (*Rana temporaria* L.), *Donacia*.

Diese sehr willkommenen Darstellungen liessen mich sogleich die Frage aufwerfen, ob angesichts der palynologischen Doppelstellung des Torfes (kaltzeitlicher Frühwürm-Torf über warmzeitlichem Eem-Torf) das so zahlreich angetroffene Elephanten-Material wirklich nur *Mammonteus primigenius* (BLUMENBACH) angehöre, wie LANG feststellte, oder ob nicht doch auch Material des Waldelephanten *Palaeoloxodon antiquus* (FALCONER) beigemischt sei.

Herr Dr. K. A. Hünemann vom Paläontologischen Institut und Museum der Universität Zürich schrieb mir am 29. Nov. 1983 wörtlich: «Nach Durchsicht des Materials von Niederweningen bin ich der Ansicht, dass von diesem Fundort in unserer Sammlung nur Material des echten Mammut *Mammonteus primigenius* (BLUMENBACH) vorliegt. Meine Bestimmung stütze ich vor allem auf zwei ganze Unterkiefer von ausgewachsenen Tieren. Doch auch unter dem übrigen Elephanten-Material von Niederweningen findet sich kein Rest, der für den Waldelephanten *Palaeoloxodon antiquus* (FALCONER) sprechen würde. Man kann hingegen die Mammute als urtümlich bezeichnen, d.h. – wie man in der Fachsprache so schön sagt – der Schmelz der Molaren trägt gewisse trogontheriide Züge! Aus diesen Gründen würden die Funde gut an den Beginn des Würm passen. Mammute dieses Typs treten jedoch schon im ausklingenden Riss auf. Doch diese Einstufung halte ich aufgrund der modernen Begleitfauna für unwahrscheinlich. Wahrscheinlich könnte man das Alter noch weiter einengen, wenn alle Mammutfunde unserer Gegend einmal genauer untersucht bzw. revidiert würden.»

Diese mir zugängliche paläontologische Dokumentation über das Mammutloch von Niederweningen lässt zusammen mit meinen palynostratigraphischen Befunden folgenden Schluss zu: Die Mammutfunde stammen aus dem Frühwürm, spätestens aus dem beginnenden Mittelwürm. In späteren Phasen ist das Einsinken so vieler Knochen tief in den Torf oder sogar darunter(!) kaum denkbar, da die deckende Sand/Silt-Schicht über dem Torf am Ende der Odderade-Phase auch im Talboden-Profil ca. 2 m betrug und offenbar das Dürnten-Interstadial noch nicht ganz erreicht war, das doch wahrscheinlich ein Alter vor 55 000 B.P. aufweist.

Ich bin deshalb geneigt, die zeitliche Einstufung der Mammutfunde von Niederweningen auf das Frühwürm zu beschränken. Damit glauben wir, ein Kriterium zur Diskussion Frühwürm = Interstadial? oder Frühwürm = Interglazial? beigetragen zu haben, dem sich das recht starke Vorkommen von *Larix* in T₁, Brörup, T₂, T₃ und im Dürnten-Interstadial vorzüglich an die Seite reiht, um nicht die vielen stratigraphischen Befunde früherer Untersuchungen hinzuzufügen. Der letzte wichtige Punkt, den wir aus unseren Bohrungen in Niederweningen herausheben wollen, betrifft den fast nahtlosen Kontakt mit den liegenden und wahrscheinlich sehr mächtigen Holstein-Ablagerungen. Nach Ansicht meines Freundes Christian Schlüchter lässt dieser enge Kontakt wie schon in Meikirch und z.T. auch im Thalgut die Frage aufwerfen – die man ohne palynostratigraphischen Nachweis der begrenzenden Warmzeiten Holstein 1–Holstein 2/Eem bisher überhaupt nicht stellen konnte –, was das dazwischen liegende Riss(?) für eine Entwicklung nahm und welche Ausdehnung es erreichte? Unsere Beobachtungen über eine vielleicht risszeitliche Verglebungsschicht könnte hier, wohl zusammen mit weiteren Tiefbohrungen im Wehntal, Aufschluss verschaffen. Jedenfalls berührt das Problem sehr nahe unsere bisherige Vermutung, die maximale Eisausdehnung und Tiefenerosion habe in der Mindel-Eiszeit stattgefunden.

Zusammenfassung

Der Autor hat sich in den letzten Jahrzehnten neben seinen vegetationsgeschichtlichen Studien zum Spät- und Postglazial ebenfalls sehr eingehend pollenanalytischen Untersuchungen von Ablagerungen der Interglaziale und Interstadiale gewidmet. Zahlreiche seiner pollenanalytischen Sequenzen aus dem Gebiet des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz stellten zwar vorerst nur Bruchstücke aus dem Jüngeren Quartär dar, deren Verknüpfung und chronostratigraphische Zuordnung sich über lange Zeit als fast aussichtslos erwies. Die Fülle der Untersuchungsergebnisse und insbesondere auch die sehr langen Sequenzen aus den einzigartigen Pollenprofilen von Meikirch erlaubten es ihm schliesslich, eine erste Synthese zur Palynostratigraphie des Jüngeren Quartärs von überregionaler Bedeutung vorzulegen (WELTEN 1982b).

Die vorliegende Arbeit schliesst nun eng an diese Veröffentlichung an. Sie bringt eine wesentliche Erweiterung und Vertiefung der Erkenntnisse über die vegetationsgeschichtliche Entwicklung im Mittel- und Jungpleistozän, vermittelt aber auch bedeutende Grundlagen zur Paläoklimatologie, zur Palynostratigraphie und zur quartären Landschaftsgeschichte.

Nachstehend seien die wichtigsten Ergebnisse, die M. Welten durch seine pollenanalytischen Untersuchungen von 20 Profilen aus dem Gebiet der Schweiz (Fig. 1, S. 10) erarbeitet hat, aus geologischer und botanischer Sicht zusammengefasst.

Mindel-Eiszeit

Es darf nach den vorliegenden Ergebnissen als wahrscheinlich angenommen werden, dass die Mindel-Vergletscherung oder ein noch älteres Ereignis die maximale Tiefenerosion ausgelöst hat (Profile der Linthebene, des Aaretals, von Meikirch und Grandson). Während des Mindel-Spätglazials haben denn auch enorme Akkumulationsvorgänge in den glazial stark übertieften Tälern stattgefunden.

Vegetationsgeschichtlich ist das Mindel-Spätglazial durch eine Wiederbewaldungsphase gekennzeichnet, die von einer extrem kaltzeitlichen offenen Vegetation mit *Artemisia*, *Ephedra*, *Chenopodiaceae* und *Hippophaë* zu einem subarktisch-borealen *Pinus*-Wald mit *Betula* und *Picea* geführt hat. Infolge der intensiven Akkumulationsvorgänge liegen aus diesem Zeitabschnitt häufig gestörte pollenanalytische Sequenzen vor.

Holstein-Warmzeit-Komplex

Vollständige vegetationsgeschichtliche Abfolgen dieses «langen Interglazials» finden sich in den Profilen Meikirch II, Meikirch 1981, Hirschland (Linthebene) und Grandson-Vinaigre abgebildet, bedeutende Ausschnitte mit langen Sequenzen in den Profilen des Aaretals (Thalgut, Jaberg-West) und der Linthebene.

Der Holstein-Warmzeit-Komplex ist durch eine verhältnismässig kurze Kaltphase (H_1/H_2), die durch das stärkere Hervortreten von Krautarten sowie von *Pinus* und *Picea* charakterisiert ist, zweigeteilt. Die Holstein 1-Warmzeit (sensu WELTEN) weist zu Beginn einen warmgetönten Laubmischwald mit *Ulmus*, *Quercus*, *Corylus*, *Tilia* und *Picea* sowie mit einwandernder Weisstanne auf. *Abies* und *Alnus* breiten sich dann stärker aus, und es treten auch wärmere Elemente wie *Taxus*, *Buxus*, *Ilex*, *Hedera* und zum Teil auch *Juglans* auf. Innerhalb dieser *Abies*-Phase kommt es im Aaretal zu einer markanten Ausbreitung von *Fagus* (Profil Thalgut) und zum Auftreten von *Pterocarya*, was von besonderem florensgeschichtlichem Interesse ist. Am Jurarand (Profil Grandson-Vinaigre) fehlt *Fagus* weitgehend; Einwanderung und Ausbreitung von *Pterocarya* fallen in die *Abies/Picea*-Phase.

Die Schlussphase der Holstein 1-Warmzeit ist durch die starke Ausbreitung von *Picea* und später von *Pinus* bei weitgehendem Verschwinden der wärmeliebenden Elemente gekennzeichnet.

Die Holstein 2-Warmzeit (sensu WELTEN) zeigt teils einen warmgetönten Laubmischwald ohne *Abies* (Profil Meikirch II), der später im Zuge der klimatischen Verschlechterung in einen borealen *Picea/Pinus*-Wald übergeht, teils aber auch nur einen durch *Picea* und *Pinus* dominierten Nadelwald mit einigen warmgetönten Elementen (Profile Grandson-Vinaigre, Hirschland).

Nach den palynostratigraphischen Untersuchungen stammen die Schieferkohle-Lagen vorwiegend aus dem kühlen Endabschnitt der Holstein 1-Warmzeit, geringmächtige Flöze meist aus der Kaltphase H_1/H_2 und einzelne weitere Flöze auch aus einem der durch *Picea* dominierten Frühhiss-Interstadiale. Demgegenüber sind während der Holstein 2-Warmzeit keine grösseren Flöze abgelagert worden.

Die Holstein 2-Warmzeit war klimatisch eher trockener und auch weniger warm als Holstein 1.

Riss-Eiszeit

Der vegetationsgeschichtliche Abschnitt zwischen der Holstein 2-Warmzeit und dem Eem-Interglazial ist im Profil Meikirch 1981 umfassend abgebildet. In guter Übereinstimmung mit dem Profil Meikirch II (WELTEN 1982b) lassen sich im Frühhiss insgesamt drei *Picea*-Interstadiale mit abnehmendem warmzeitlichem Charakter unterscheiden. Im jüngeren Abschnitt findet sich, nach einer ausgeprägten, durch *Artemisia* und *Ephedra* gekennzeichneten Kaltphase, ein gut entwickeltes Lärchen/Birken-Interstadial mit *Pinus* und *Picea*. Das Riss-Spätglazial schliesslich hebt sich durch eine *Betula*-Dominanz über *Pinus* und *Larix* klar ab.

Wie in den Profilen Meikirch I + II lässt die monotone lithologische Ausbildung (Seetone) keinen Schluss auf gletscherne Sedimentationsvorgänge zu. Damit wird

angedeutet, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht die der Eem-Warmzeit vorausgehende Eiszeit, also Riss im klassischen Sinne, das eiszeitlich morphogenetische Grossereignis gewesen ist, als das es herkömmlicherweise bis heute interpretiert worden ist. Erhärten werden diese Befunde durch die Profile Niederweningen II, Jaberg und Thalgut im Aaretal und von der Linthebene. Die grosse Ausräumungsphase ist vor die Holstein 1-Warmzeit zu stellen.

Eem-Warmzeit

Gut entwickelte eemzeitliche Abschnitte wurden in den Profilen Meikirch 1981, Thalgut, Wildhaus-Egg und Niederweningen I+II erfasst. Die nachgewiesene eemzeitliche Vegetationsentwicklung deckt sich mit den bereits bekannten Grundzügen dieser Warmzeit (WELTEN 1982b).

Von besonderem Interesse ist der bisher in unserem Gebiet einzig dastehende Nachweis einer eemzeitlichen vegetationsgeschichtlichen Sequenz aus 1080 m Höhe des Profils Wildhaus-Egg, welche die volle frühwarmzeitliche Waldentwicklung, dann einen Klimaabschnitt mit dichtem *Picea/Abies*-Wald und schliesslich eine kühlere und feuchtere Phase mit *Pinus/Picea*-Wäldern umfasst.

Der Nachweis einer längeren vegetationsgeschichtlichen Abfolge aus den Seetönen des Profils Thalgut (Aaretal) weist diese Ablagerung eindeutig dem Eem-Interglazial zu (vgl. WELTEN 1982b), was für die Chronostratigraphie des Jüngeren Quartärs von Bedeutung ist.

Über die besondere Dynamik der Eem-Sedimentation im Becken von Meikirch vermittelt der Vergleich der eem-

zeitlichen Abschnitte der drei Meikirch-Profile (Fig. 3, S. 15) Aufschluss.

Frühwürm

Im Profil Wildhaus-Egg (Toggenburg) wurde mit grosser Wahrscheinlichkeit die gesamte Abfolge frühwürmzeitlicher Vegetationszustände erfasst, d. h. mit drei *Picea/Pinus*-Interstadialen mit *Betula* und den dazwischenliegenden ausgeprägten Kaltphasen, die durch das Auftreten von *Ephedra*, *Artemisia*, *Thalictrum* sowie der *Chenopodiaceae* klar abgehoben sind. WELTEN korreliert die drei Interstadiale mit jenen von Nordeuropa.

Nach den palynostratigraphischen Ergebnissen der Profile Niederweningen I+II sind die bekannten Mammutfunde dem Frühwürm oder spätestens dem Beginn des Mittelwürms zuzuordnen.

Mittelwürm

Ein längerer mittelwürmzeitlicher Abschnitt wurde im Profil Niederweningen I erfasst. Die Vegetation ist durch eine *Ephedra*-reiche *Artemisia/Chenopodiaceen*-Kältesteppe und durch *Cyperaceen/Armeria*-Feuchtrasen charakterisiert.

Spät- und Postglazial

Pollenanalytische Stichproben-Untersuchungen einer 70 m tiefen Bohrung bei Bilten (Linthebene) zeigen die spät- und postglaziale Vegetationsentwicklung auf und bringen den Nachweis einer durch den würmzeitlichen Rhein/Linthebener geschaffenen tiefen Rinne.

Abstract

Results of recent palynostratigraphic investigations on the Upper Quaternary in the northern Alpine Foreland of Switzerland (Middle and Upper Pleistocene).

In close relationship with the results presented earlier (1982b) MAX WELTEN did elaborate further on the palynostratigraphy of the Upper Pleistocene. The stratigraphic reference level is given by the Holsteinian Interglacial Complex at Meikirch, Linthebene, Grandson, as well as at Jaberg and Thalgut. This «long interglacial period» is divided into two parts by a short cool interval. Of special importance is the Holsteinian at Thalgut with high percentages of *Fagus* and *Pterocarya*. From the fact that the Holsteinian Interglacial is found at the localities of the Foreland, it is concluded that the important phase of erosion in the Swiss Midlands is related to the Mindel

Glaciation or is still older. The Rissian glaciation cannot have been the important morphogenetic event which it was assumed to be, because the palynostratigraphies at Meikirch, Niederweningen and of the Linthebene point to a weak geological activity during that period of time.

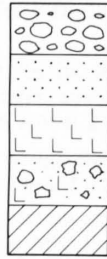
Important Eemian successions are reported from Meikirch, Thalgut and Niederweningen. Special emphasis must be given to the Eemian Interglacial recorded at Wildhaus-Egg. It is for the first time that an interglacial succession is known from higher altitudes (above 1000 m) in Switzerland. Early stadial/interstadial oscillations of the Last Glaciation are recorded at Wildhaus-Egg and at Niederweningen, where Middle Würmian cool periods have been found as well.

Literaturverzeichnis

- BAUMBERGER, E. (1923a): Die diluvialen Schieferkohlen von Eschenbach (Kt. St. Gallen). In: BAUMBERGER, E., GERBER, E., JEANNET, A. & WEBER, J.: Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. – Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 8, 449–463.
- (1923b): Die diluvialen Schieferkohlen von Wildhaus im Toggenburg (Kt. St. Gallen). In: BAUMBERGER, E., GERBER, E., JEANNET, A. & WEBER, J.: Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. – Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 8, 496–499.
- BAUMBERGER, E., GERBER, E., JEANNET, A. & WEBER, J. (1923): Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz (mit Beiträgen von W. RYTZ und Th. STUDER). – Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 8.
- BECK, P. (1922): Gliederung der diluvialen Ablagerungen bei Thun. – *Eclogae geol. Helv.* 17, 323–326.
- (1926): Eine Karte der letzten Vergletscherung der Schweizeralpen, 1:530 000. – Mitt. natw. Ges. Thun 1.
- BECK, P. & RUTSCH, R. F. (1949): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Blatt 21: Münsingen–Konolfingen–Gerzensee–Heimberg. – Schweiz. geol. Komm.
- BENDA, L. & BRANDES, H. (1974): Die Kieselgur-Lagerstätten Niedersachsens. – *Geol. Jb. (A)*, 21, 3–85.
- BROCKMANN-JEROSCH, H. (1910): Die fossilen Pflanzenreste des glazialen Delta bei Kaltbrunn (bei Uznach, Kanton St. Gallen) und deren Bedeutung für die Auffassung des Wesens der Eiszeit. – *Jb. st. gall. natw. Ges.* 1909.
- DÜCKER, A. (1969): Der Ablauf der Holstein-Warmzeit in Westholstein. – *Eiszeitalter u. Gegenwart* 20, 46–57.
- ERD, K. (1965): Pollenanalytische Gliederung des mittelpleistozänen Richtprofils Pritzwalk/Prignitz. – *Eiszeitalter u. Gegenwart* 16, 252–253 (Vortragsbericht).
- FRENZEL, B. (1968): Grundzüge der pleistozänen Vegetationsgeschichte Nord-Eurasiens. – *Erdwiss. Forsch.* 1.
- (1978): Das Problem der Riss/Würm-Warmzeit im deutschen Alpenvorland. – Führer zur Exkursionstagung des IGCP-Projektes 73/1/24 «Quaternary Glaciations in the Northern Hemisphere», 5. bis 13. Sept. 1976, Bad Godesberg, 103–114.
- (1983): Zur Gliederung der Würmeiszeit im Nordost-Teil des ehemaligen Rhein-Vorlandgletschers. – Exkursionen der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie vom 13. bis 20. September 1983 im Nördlichen Alpenvorland und im Nordalpengebiet. Führer für die Vorexkursion am 11.9.1983 (Botanisches Institut Hohenheim).
- GRÜGER, E. (1983): Untersuchungen zur Gliederung und Vegetationsgeschichte des Mittelpleistozäns am Samerberg in Oberbayern. – *Geologica bavar.* 84, 21–40.
- HANTKE, R. (1980): *Eiszeitalter (Bd. 2)*. – Ott, Thun.
- HANTKE, R. und Mitarb. (1967): Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete, 1:50 000 (2 Bl. mit Erl.). – *Vjschr. natf. Ges. Zürich* 112/2, 91–122.
- HEIM, ALB. (1919): *Geologie der Schweiz (Bd. I, S. 312–313)*. – Tauchnitz, Leipzig.
- HEIM, ALB. & HEIM, ARN. (1917): Geologisches Gutachten über die Schieferkohlen von Wildhaus (Kt. St. Gallen). – Manuskript.
- HEIM, ARN. & GAMS, H. (1918): Interglaziale Bildungen bei Wildhaus (Kt. St. Gallen). – *Vjschr. natf. Ges. Zürich*, 63.
- JEANNET, A. (1923a): Les charbons feuilletés de la vallée de la Linth entre les lacs de Zurich et de Walenstadt. In: BAUMBERGER, E., GERBER, ED., JEANNET, A. & WEBER, J.: Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. – Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 8, 106–448.
- (1923b): Les charbons feuilletés de Grandson (Vaud). In: BAUMBERGER, E., GERBER, ED., JEANNET, A. & WEBER, J.: Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. – Beitr. Geol. Schweiz, geotech., Ser. 8, 501–509.
- KELLERHALS, P. & TRÖHLER, B. (1981): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Blatt 1146 Lyss. – Schweiz. geol. Komm.
- KLÄY, J.-R. (1969): Quartärgeologische Untersuchungen in der Linthebene. – Mitt. geol. Inst. ETH u. Univ. Zürich [N. F.] 106.
- LANG, A. (1892): Geschichte der Mammutfunde. Ein Stück Geschichte der Paläontologie, nebst einem Bericht über den schweizerischen Mammutfund in Niederweningen 1890/91. – *Njbl. natf. Ges. Zürich* 94.
- LÜDI, W. (1953): Die Pflanzenwelt des Eiszeitalters im nördlichen Vorland der Schweizer Alpen. – Veröff. geobot. Inst. Rübel Zürich 27.
- MENKE, B. (1968): Beiträge zur Biostratigraphie des Mittelpleistozäns in Norddeutschland. – *Meyniana* 18, 35–42.
- MENKE, B. & TYNNI, R. (1984): Das Eeminterglazial und das Weichselfrühglazial von Rederstall/Dithmarschen und ihre Bedeutung für die mitteleuropäische Jungpleistozän-Gliederung. – *Geol. Jb. (A)*, 76, 1–117.
- MEYER, K.-J. (1974): Pollenanalytische Untersuchungen und Jahresschichtenzählungen an der holstein-zeitlichen Kieselgur von Hetendorf. – *Geol. Jb. (A)*, 21, 87–105.
- MÜLLER, E. (1979): Pollenanalytische Untersuchungen an paläolithischen und mesolithischen Höhlensedimenten aus der Schweiz und Vorarlberg. – Veröff. schweiz. Ges. Urgesch. (Antiqua) 7 (Huber, Frauenfeld).
- MÜLLER, H. (1974): Pollenanalytische Untersuchungen und Jahresschichtenzählungen an der holstein-zeitlichen Kieselgur von Munster-Breloh. – *Geol. Jb. (A)*, 21, 107–140.
- NUSSBAUM, F. (1922). Exkursionskarte der Umgebung von Bern 1:75 000. – Kümmerly & Frey, Bern.
- PENCK, A. (1912): Richard Lepsius über die Einheit und die Ursachen der diluvialen Eiszeit in den Alpen. – *Z. Gletscherkd.* VI, 161–189.
- PENCK, A. & BRÜCKNER, E. (1909): *Die Alpen im Eiszeitalter*. – Tauchnitz, Leipzig.
- SCHINDLER, C. (1982): Halt im Teufwinkel nahe Mühlehorn am Walensee. In: MAISCH, M. & SUTER, J. (Ed.): Exkursionsführer Teil A: Ostschweiz. Hauptversammlung der Deutschen Quartärvereinigung in Zürich. – *Phys. Geogr.* 6, 40–43.
- SCHLÜCHTER, CH. (1976): Geologische Untersuchungen im Quartär des Aaretals südlich von Bern. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N. F.] 148.
- (1978): Die lithostratigraphische Gliederung der letzteiszeitlichen Ablagerungen zwischen Bern und Thunersee. – Führer zur Exkursionstagung des IGCP-Projektes 73/1/24 «Quaternary Glaciations in the Northern Hemisphere», 5. bis 13. Sept. 1976, Bad Godesberg, 31–53.
- (1984): Die wissenschaftliche Kernbohrung im Aaretal bei Kiesen, Kt. Bern. – *Dissertationes Botanicae* 72 (Festschr. M. Welten), 255–273.
- SCHLÜCHTER, CH. & WELTEN, M. (1982): Quartärgeologischer Querschnitt vom Alpenrand (Linthebene) durchs Glattal bis zum Rhein. In: MAISCH, M. & SUTER, J. (Ed.): Exkursionsführer Teil A: Ostschweiz. Hauptversammlung der Deutschen Quartärvereinigung in Zürich. – *Phys. Geogr.* 6, 50–71.
- WEGMÜLLER, S. (1982): Die Schieferkohlenlager von Gondiswil-Ufhusen. In: HOLZHAUSER, H. & SUTER, J. (Ed.): Exkursionsführer Teil B: Westschweiz. Hauptversammlung der Deutschen Quartärvereinigung in Zürich. – *Phys. Geogr.* 7, 81–88.

- (1984): Zur Ausbreitungsgeschichte von *Buxus sempervirens* L. im Spät- und Postglazial in Süd- und Mitteleuropa. – Dissertationes Botanicae 72 (Festschr. M. Welten), 333–344.
- WEIDMANN, M. (1968): Analyse pollinique dans les lignites quaternaires de Grandson. – Trav. Diplôme Géobot. Univ. Lausanne.
- WELTEN, M. (1944): Pollenanalytische, stratigraphische und geochronologische Untersuchungen aus dem Faulenseemoos bei Spiez. – Veröff. geobot. Inst. Rübel Zürich 21.
- (1952): Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Simmentals. – Veröff. geobot. Inst. Rübel Zürich 26.
- (1981a): Gletscher und Vegetation im Lauf der letzten hunderttausend Jahre. Vorläufige Mitteilung. – Jb. schweiz. natf. Ges., wiss. Teil 1978, 5–18.
- (1981b): Verdrängung und Vernichtung der anspruchsvollen Gehölze am Beginn der letzten Eiszeit und die Korrelation der Frühwürm-Interstadiale in Mittel- und Nordeuropa. – Eiszeitalter u. Gegenwart 31, 187–202.
- (1982a): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizer Alpen: Bern–Wallis. – Denkschr. schweiz. natf. Ges. 95.
- (1982b): Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 156.
- WOILLARD, G. (1975): Recherches palynologiques sur le Pléistocène dans l'Est de la Belgique et dans les Vosges Lorraines. – Acta geogr. Lovaniensia 14, 1–118.
- WYSSLING, L. & WYSSLING, G. (1978): Interglaziale See-Ablagerungen in einer Bohrung bei Uster (Kanton Zürich). – Eclogae geol. Helv. 71/2, 357–375.
- ZAGWIJN, W. H. (1973): Pollenanalytic studies of Holsteinian and Saalian Beds in the Northern Netherlands. – Meded. Rijks geol. Dienst [N.S.] 24, 139–156.

Legende für die lithologische Ausbildung



Kies, Steine (gerundet – eckig)

Sand

Silt, Ton, Lehm

Moräne, moränenartige Ablagerung

Fels, Block



Schieferkohle, kompakt

dünne Lage

locker

zersetzt

stark zersetzt, z. T. gyttjahaltig

sehr stark zersetzt, z. T. als Humus oder Rohhumus

Organische Substanz, humos

Gyttja (organische Sinkstoffe, «Grob- und Feindetritus»)

Flachmoor-, Seggen-, Hypnaceen-Torf



Holz, Ästchen, Rindenstücke



Schnecken-, Muschelschalen

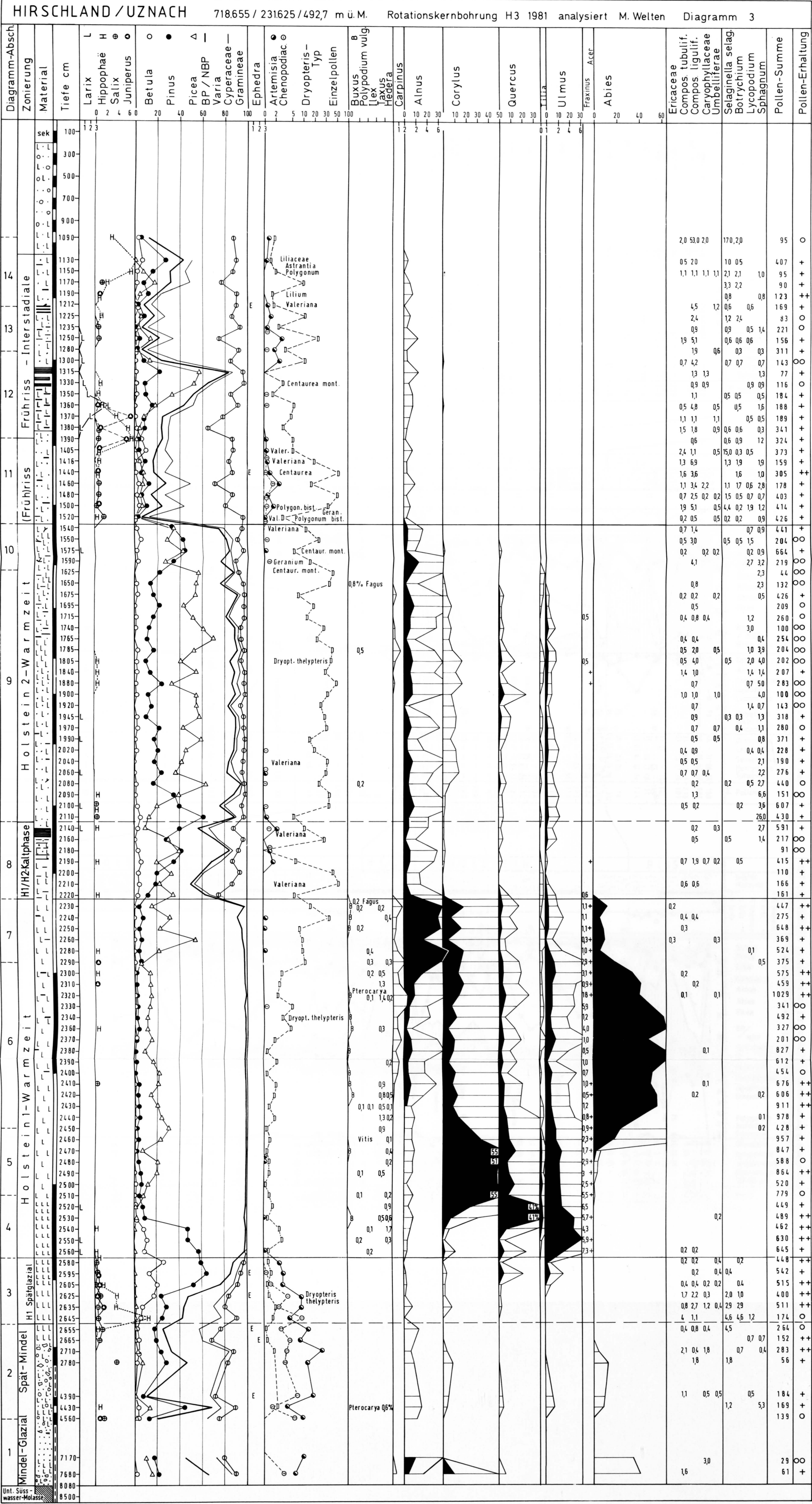


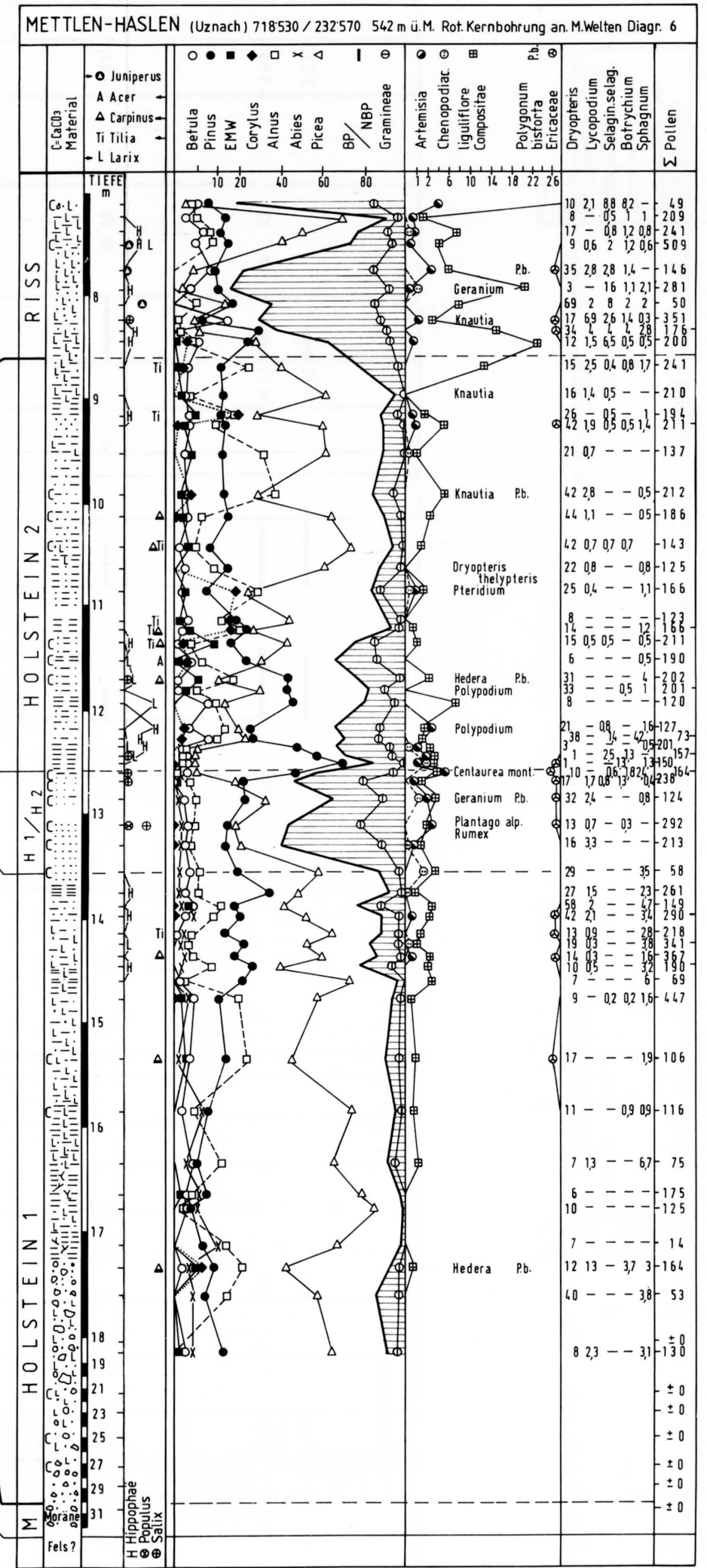
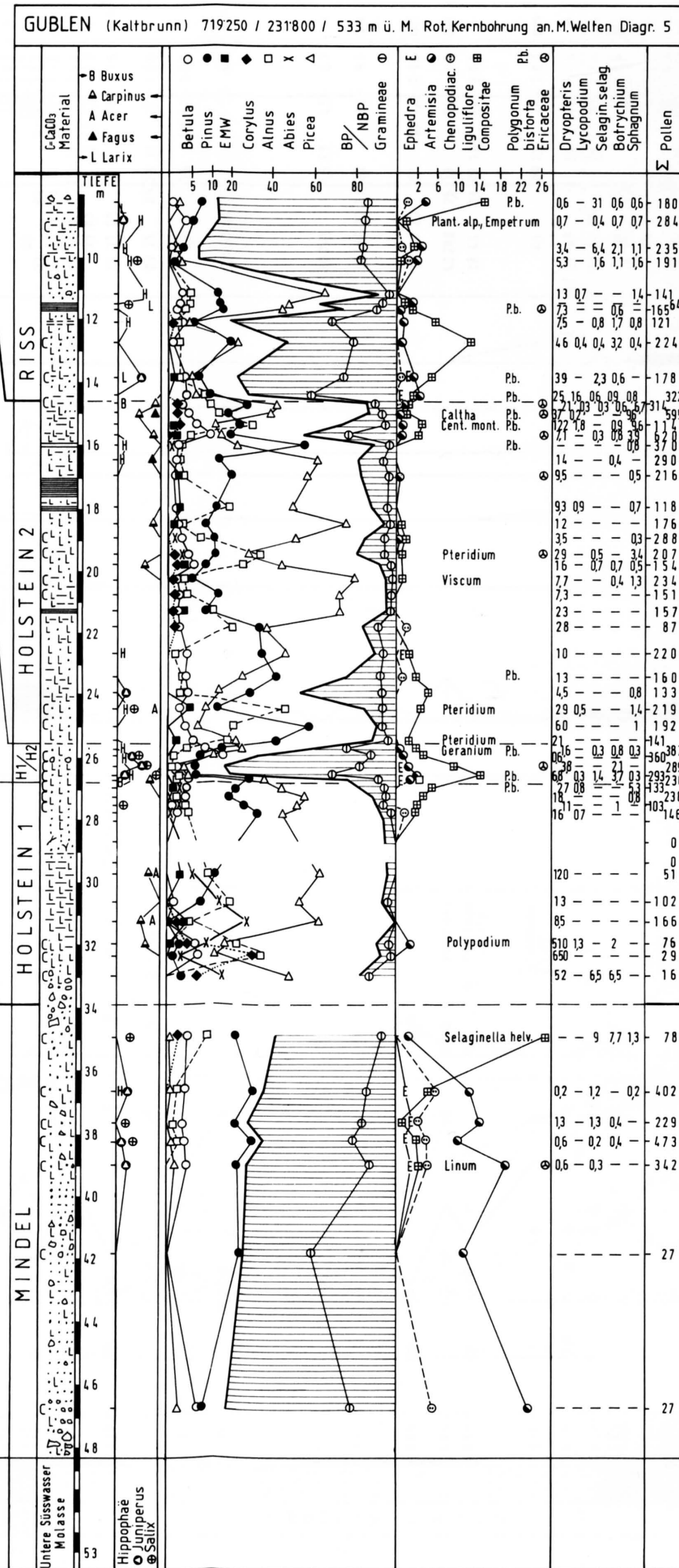
Gesteinsgrenze

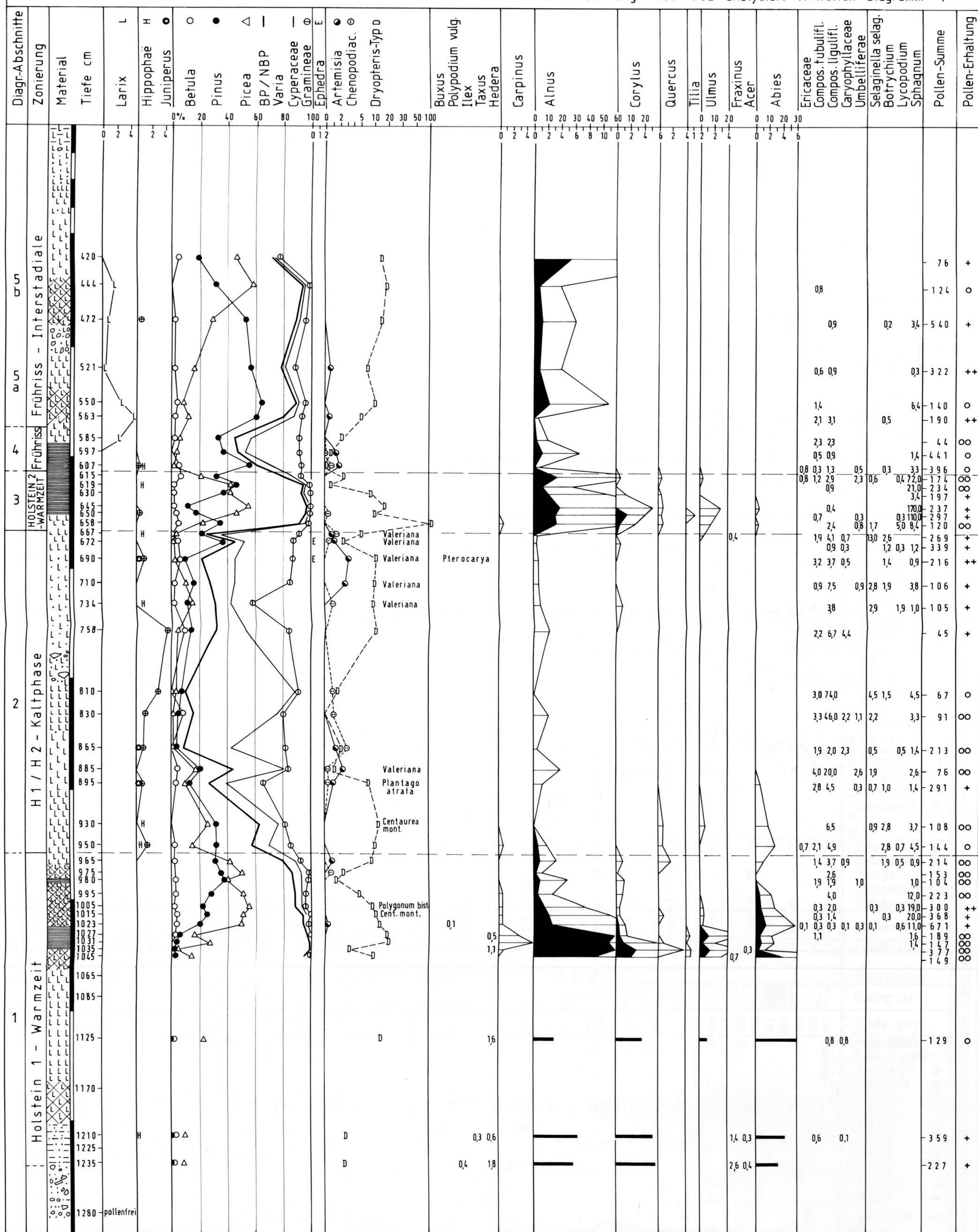


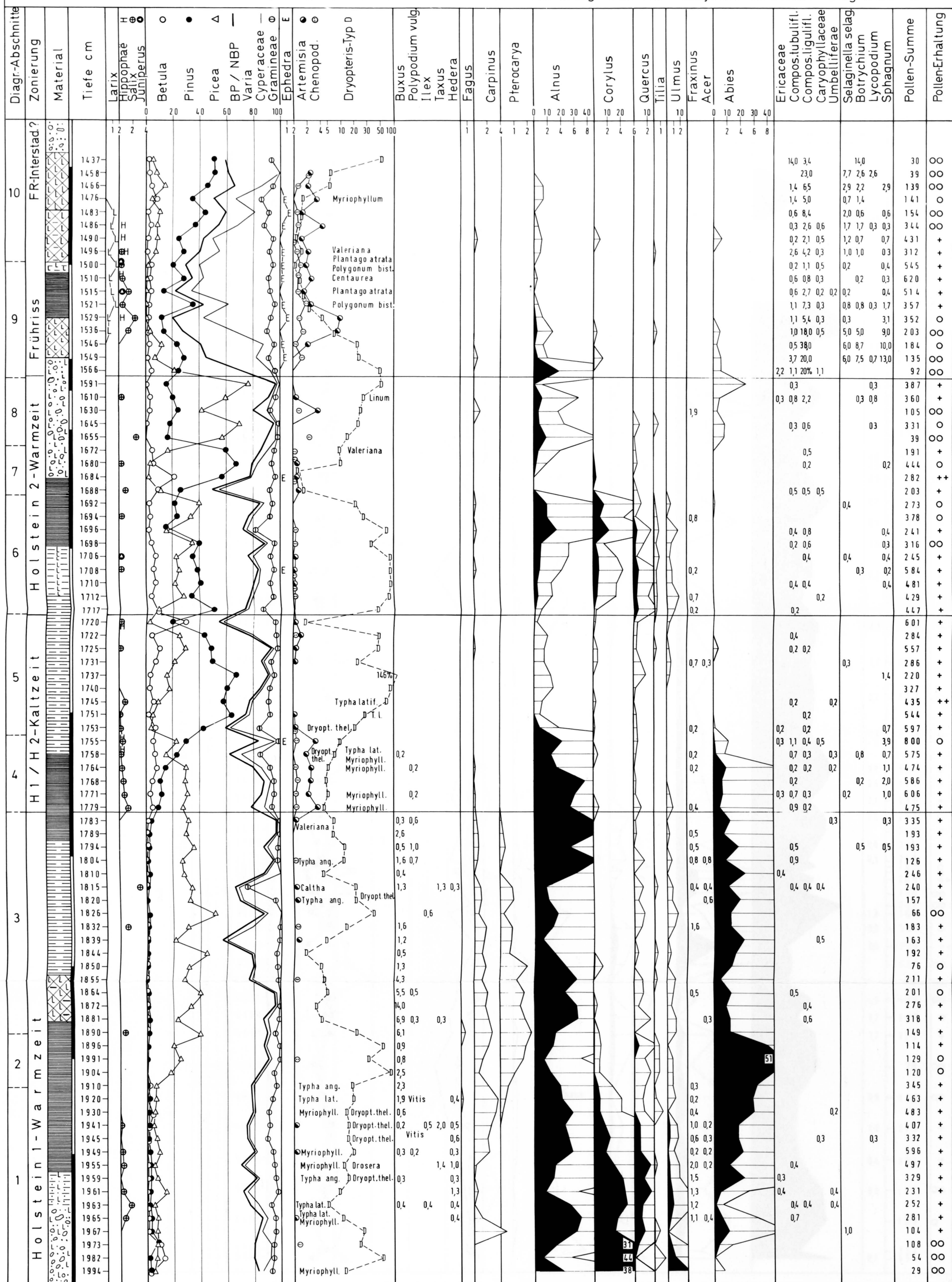
Grenze unscharf, mit Übergängen











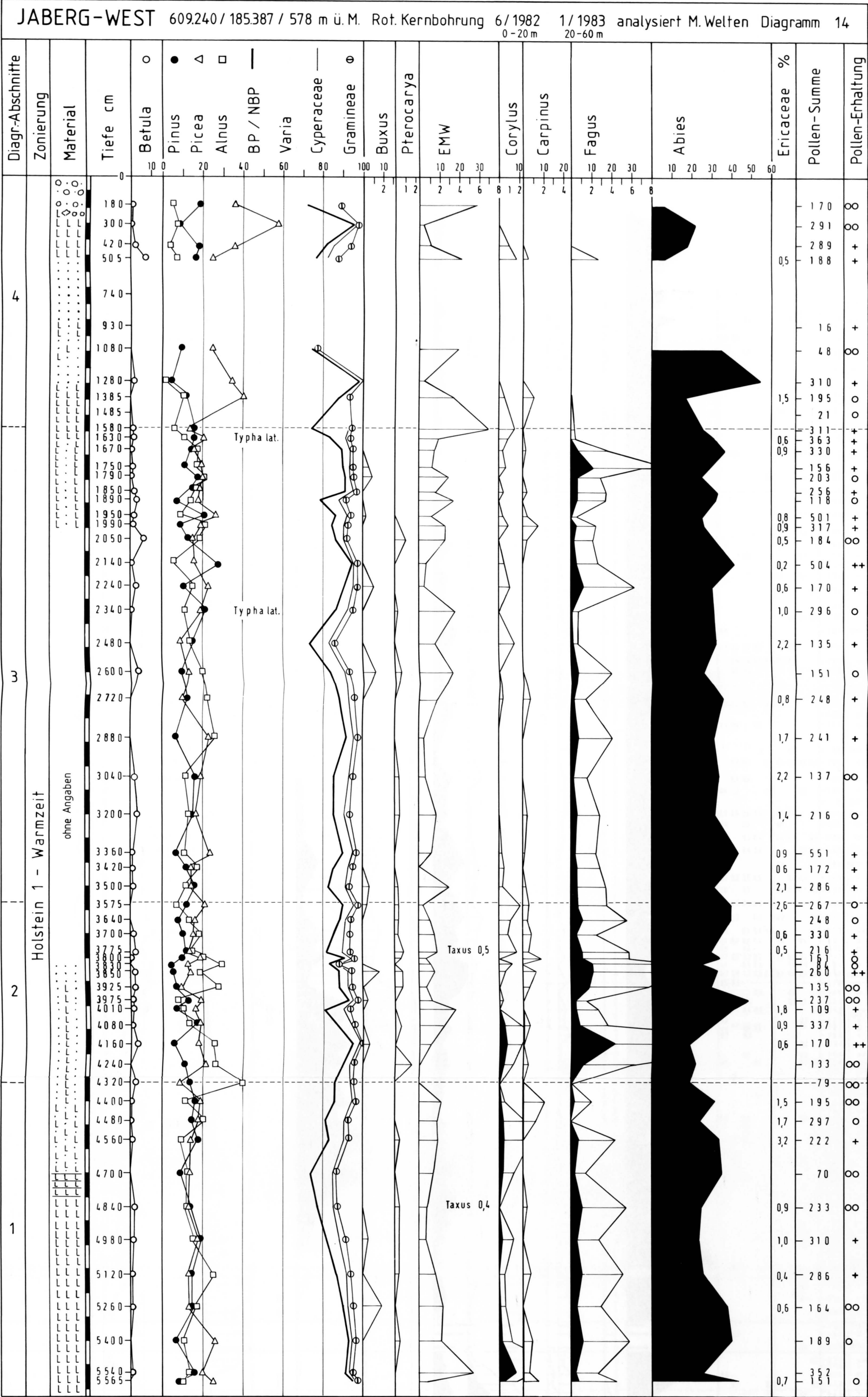


Diagramm 14

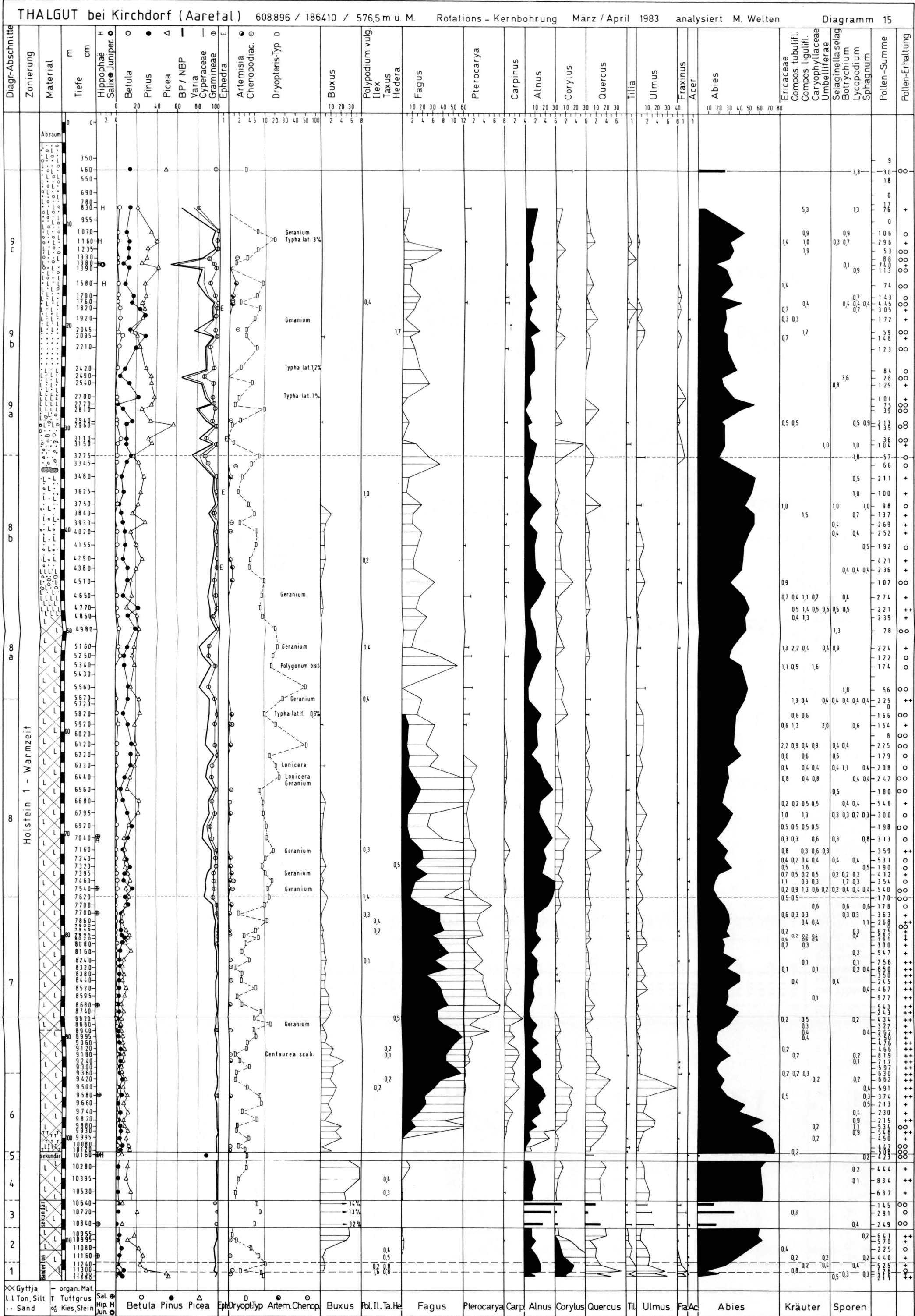


Diagramm 15

