



Ernst Müller

Pollenanalytische Untersuchungen
an paläolithischen und mesolithischen
Höhlensedimenten aus der Schweiz
und dem Vorarlberg

Ernst Müller
Pollenanalytische Untersuchungen

Antiqua 7

Veröffentlichungen der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und
Frühgeschichte

Publications de la Société Suisse de Préhistoire et d'Archéologie

Pubblicazione della Società Svizzera di Preistoria e d'Archeologia

1979

Verlag Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte Basel

Ernst Müller

Pollenanalytische Untersuchungen
an paläolithischen und mesolithischen
Höhlensedimenten aus der Schweiz
und dem Vorarlberg

1979

Verlag Huber, Frauenfeld

Satz und Druck: Huber & Co. AG, Frauenfeld
Copyright by Schweizerische Gesellschaft
für Ur- und Frühgeschichte, Basel, 1979
Alle Rechte vorbehalten / Tous droits réservés
Printed in Switzerland

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Einleitung

1. Problemstellung
2. Die Bildung der pollenführenden Sedimente in Höhlen
3. Die Eem-Warmzeit
4. Die Würm-Eiszeit
5. Methodisches

Die palynologischen Untersuchungen der einzelnen Höhlen

1. Die Höhle von Cotencher
2. Das Schnurenloch
3. Das Ranggiloeh
4. Das Chilchli
5. Les Dentaux
6. Das Wildenmannisloch
7. Das Drachenloch
8. Die Rinderhöhle
9. Die Mönchshöhle
10. Die Kastelhöhle
11. Die Birmatten-Basisgrotte

Zusammenfassende Betrachtungen über die Vegetationsgeschichte und die Besiedlung

Forderungen für zukünftige Untersuchungen

Zusammenfassung

Zitierte Literatur

Abbildungen:

Vordere Umschlagseite: Drachenloch
Hintere Umschlagseite: Kastelhöhle Nord
und Süd

Sediment-Signaturen der Pollendiagramme

	Fundsicht
	Steine
	Sand
	Lehm und Ton
	Humus
	Kalk



Vorwort

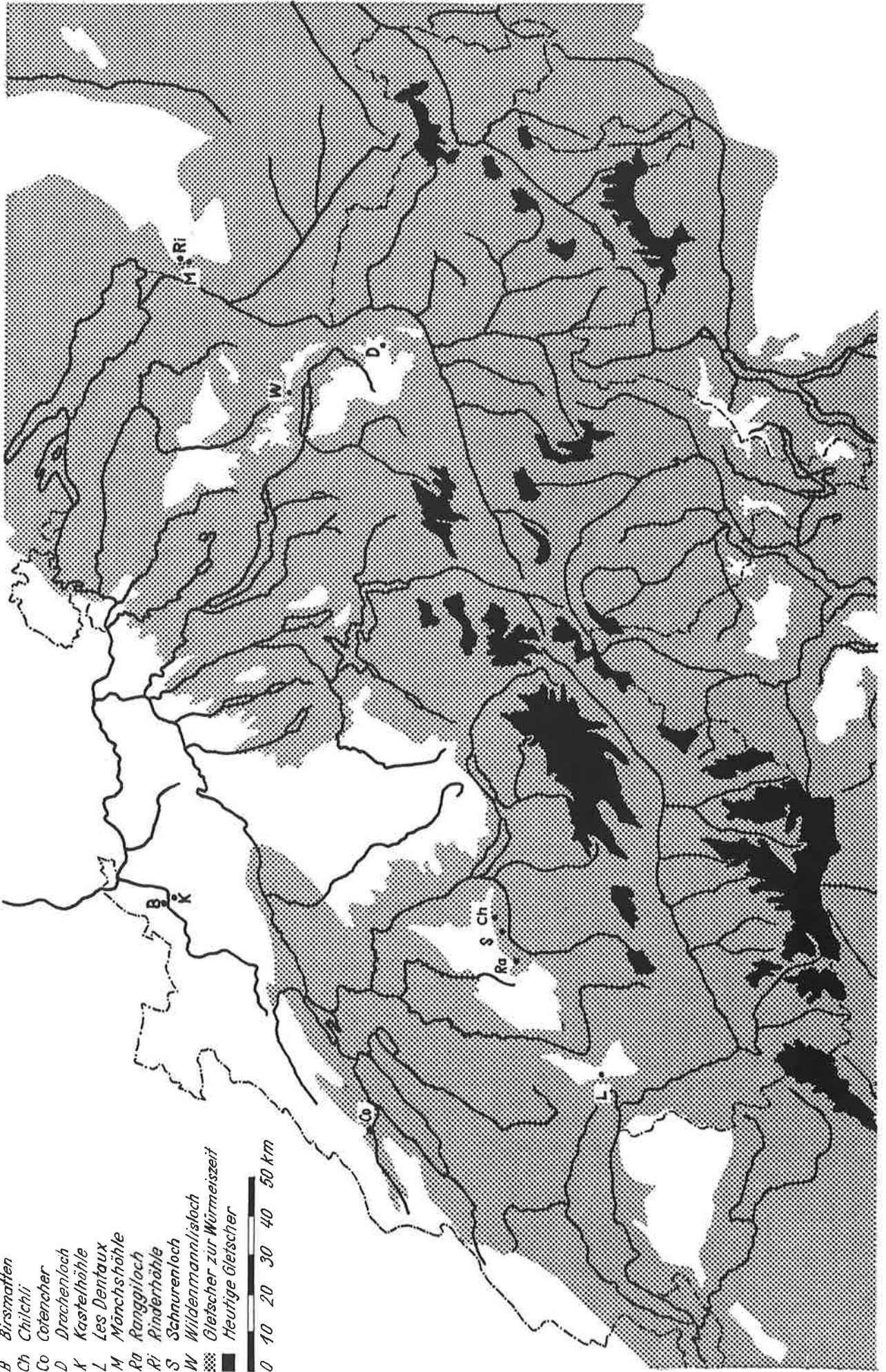
In der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte regte Herr Dr. h. c. Walter Flükiger an, die urgeschichtlichen Höhlenfundplätze mit Hilfe naturwissenschaftlicher Methoden näher zu untersuchen. Zentrales Anliegen bildete die Datierung der Höhlenbärenhorizonte. Herr Prof. Dr. R. Laur-Belart beantragte der Gesellschaft, eine Kommission für urgeschichtliche Höhlenforschung ins Leben zu rufen. Dieser Kommission gehörten die folgenden Mitglieder an: Prof. Dr. M.-R. Sauter, Genève, Präsident, Prof. Dr. H.-G. Bandi, Bern, Dr. h. c. W. Flükiger, Koppigen, Prof. Dr. E. Kuhn, Zürich, Prof. Dr. R. Laur, Basel, Prof. Dr. Elisabeth Schmid, Basel, Prof. Dr. E. Vogt, Zürich und Prof. Dr. M. Welten, Bern. Die gestellten Probleme sollten mit geologischen (sedimentanalytischen) und parallel dazu mit botanischen (pollenanalytischen) Methoden angegangen werden. Die erste Aufgabe übernahm Frau Prof. Dr. E. Schmid. Mir fielen die vegetationsgeschichtlichen Untersuchungen zu. Ursprünglich war geplant, die drei Simmentaler Höhlen zu bearbeiten. Im Verlaufe der Untersuchungen ergab sich, dass es vorteilhaft wäre, andere Stationen mit andern Bedingungen zum Vergleich und zur Ergänzung herbeizuziehen. Tatsächlich zeigte es sich, dass die Sedimente der verschiedenen Höhlen unterschiedlich geeignet waren, um Rückschlüsse zu ziehen auf das einstige Klima und die Ablagerungszeit. Schliesslich stieg die Zahl der pollenanalytisch erfassten Höhlen auf elf, so dass sich ein umfassender Überblick über paläolithische und mesolithische Fundplätze der Schweiz und der vorarlbergischen Nachbarschaft ergab. Die vorliegende Arbeit entstand am systematisch-geobo-

tanischen Institut der Universität Bern unter der Leitung meines verehrten Lehrers, Herrn Prof. Dr. M. Welten. Ich danke ihm herzlich für die Einarbeitung in die Pollenanalyse und in die Feldarbeit, für die interessanten Diskussionen der Pollendiagramme und für die wertvollen Anregungen bei der Auswertung. Herrn Prof. Dr. H.-G. Bandi danke ich für die Einführung in die urgeschichtlichen Probleme.

Bei den Probenentnahmen in den verschiedenen Höhlen, die in den Jahren 1953 bis 1956 erfolgten, erhielt ich vielseitig Hilfe: in den Simmentaler Höhlen durch die Herren Prof. Dr. M. Welten, Dr. W. Flükiger und A. Andrist; in Les Dentaux durch die Herren Prof. Dr. M. Welten und Prof. Dr. A. Jayet; in der Kastelhöhle durch Herrn Th. Schweizer; in Birmatten durch die Herren Prof. Dr. H.-G. Bandi und Prof. Dr. M. Welten; im Drachenloch und im Wildenmannisloch durch Herrn Prof. Dr. R. Laur und in den Vorarlberger Höhlen durch die Herren Univ. Dozent Dr. E. Vonbank und Prof. Dr. R. Laur. Allen, die bei den Grabungen oder deren Organisation mitgeholfen haben oder die durch Ratschläge und Diskussionen zur Lösung der Probleme beigetragen haben, danke ich bestens. Meist gleichzeitig mit der Entnahme der Pollenproben nahm Frau Prof. Dr. Elisabeth Schmid das Material für die Sedimentanalysen. Ihr gebührt spezieller Dank, kamen doch ihre geologischen Kenntnisse der verschiedenen Fundstellen der Beurteilung der pollenanalytischen Befunde sehr zugute. Fräulein Ruth Welten verdanke ich die Aufbereitung des grössten Teils der Proben und die Herstellung der Präparate.

Ernst Müller

- B Birsmatten
- Ch Chilchi
- Co Cotenzher
- D Drachenloch
- K Kastelhöhle
- L Les Dentaux
- M Mönchshöhle
- Ra Ranggiloch
- Ri Rinderhöhle
- S Schurenloch
- W Wildenmannisloch
- Gl Gletscher zur Würmeiszeit
- He Heutige Gletscher



Einleitung

1. Problemstellung

Die Unsicherheit über die Zeitstellung des «alpinen Paläolithikums», die sich trotz der wachsenden Zahl der Fundplätze, trotz grosser Mühen um die typologische Einstufung der Artefakte und trotz sorgfältiger Auswertung der faunistischen Überreste nicht wesentlich verringern liess, bildete den Anlass, die Höhlensedimente mit neuen Methoden zu untersuchen.

Erfolgversprechend waren vor allem zwei naturwissenschaftliche Methoden. Einerseits hatte sich die Pollenanalyse an Moor- und Seeablagerungen zur Klärung klimatischer und zeitlicher Probleme ausgezeichnet bewährt. Material aus Höhlen war jedoch noch selten analysiert worden. Andererseits zeitigte die durch Robert Lais begründete Sedimentanalyse an Höhlenschichten gute Resultate (Literatur in: Elisabeth Schmid 1958). Entsprechend den verschiedenen Untersuchungsobjekten waren von den beiden Methoden andersartige Aussagen zu erwarten.

Die Pollenanalyse bestimmt die verschiedenen in die Sedimente eingelagerten Pollentypen und die relativen Mengen der Pollentypen oder der Pollentypengruppen. Die Kenntnis der in einer Schicht enthaltenen Typen erlaubt, die frühere Vegetation weitgehend zu rekonstruieren. Da die Vegetation in hohem Masse klimaabhängig ist, ermöglicht die Pollenanalyse Schlüsse auf das Klima und somit auf die Ablagerungszeit.

Bei der Sedimentanalyse wird die Grösse der Sedimentteilchen (Korngrösse) ermittelt, der Gewichtsanteil der verschiedenen Korngrössengruppen errechnet und die Zusammensetzung und Beschaffenheit der Sedimente

festgestellt. Die Methode gelangt somit hauptsächlich zu Resultaten in bezug auf die Entstehung der Höhle und die Umformung des Höhlenraumes, den Vorgang der Sedimentation, die Art der Sedimente und den ortsfremden Anteil an den Sedimenten. Da die Veränderungen des Höhlenraumes und die Bildung der Höhlensedimente klimatisch bedingt sind, lässt sich aus den Ergebnissen der Sedimentanalysen auf das damalige Klima und die Ablagerungszeit schliessen.

Das zentrale Anliegen der Pollenanalyse ist die Vegetationsgeschichte und dasjenige der Sedimentanalyse die Genese der Sedimente.

Das zu lösende Problem bestimmte die Auswahl der zu untersuchenden Objekte. Es sollten zur Hauptsache durch frühere Grabungen erforschte Fundschichten analysiert werden. Zudem wurde die Gelegenheit wahrgenommen, laufende Grabungen ebenfalls zu erfassen.

Die Karte zeigt die geographische Verteilung der bearbeiteten Höhlen und ihre Lage in bezug auf die maximale Ausdehnung der Gletscher zur Würm-Eiszeit. Aus der Westschweiz wurden die Sedimente von Les Dentaux erforscht. Im Simmental befinden sich das Schnurenloch, das Chilchli und das Ranggilo. Von den ostschweizerischen Höhlen wurden Proben aus dem Drachenloch und aus dem Wildenmannsloch untersucht. Die Höhle von Cotencher, die Kastelhöhle und die Birsmatten-Basisgrotte sind Stationen im Jura. Die Mönchshöhle und die Rinderhöhle sind Fundplätze im Vorarlberg.

2. Bildung der pollenführenden Sedimente in Höhlen

Im Freiland wächst der Boden durch den Auftrag organischer Reste und durch Staub und Sand, die, vom Wind aufgeweht und verfrachtet, sich wieder absetzen. In Hanglagen wird zusätzlich durch Wasser oder die Schwerkraft Material von höhern Niveaus an Hangfüsse oder in Mulden transportiert. Innere Bodennumwälzung wird durch Bodenlebewesen, besonders durch die Regenwürmer, durch wachsende unterirdische Pflanzenteile und durch deren Verwesen verursacht (Welten 1958, 1962). Während der Bodenbildung wird der Pollenregen der lokalen und der regionalen Vegetation eingebettet. Auf diese Weise werden die Bodenschichten zu Mikroarchiven der jeweiligen Vegetation.

Der Bodenauftrag, wie er im Freien vor sich geht, ist in Höhlen weniger entscheidend. Am ehesten ist er in Balmen und wenig tiefen Höhlen wirksam. Die Sedimentation in Höhlen weist weitgehend eigene Züge auf. In Zeiten grosser Klimaschwankungen bildet der Deckenbruch den grössten Teil der Ablagerungen. Grobstückiges Höhlengestein fällt zu Boden. In oberflächennahen Höhlen – besonders wenn die Höhle infolge einer tektonischen Störung oder an einer geologischen Schichtgrenze entstanden ist – dringt mit dem Sickerwasser Feinmaterial und Blütenstaub durch Spalten oder Öffnungen der Höhlendecke und der Höhlenwände. In den hintern Höhlenabschnitten liefern die einsickernden Partikel den Hauptanteil am Sediment. Von den Hängen her rutscht Material seitlich auf den Höhlenvorplatz und in den Eingang. Aus der Umgebung der Höhle, aber auch aus entfernt liegenden Gebieten, wird feinkörniges Material als Löss in die Höhle eingeweht. Wie weit er einzudringen vermag, hängt einerseits von der Richtung und Stärke des Windes ab und andererseits von der Gestalt und der Exposition der Höhle. Gegen die Höhlenrückwand ist mit einem Luftstau zu rechnen, so dass der Löss unmittelbar an der Rückwand nur spärlich niedersinkt. In der Trauflinie tropft Wasser mit Feinmaterial auf den Höhlenboden. Der Schutt der Höhlenstirn, die durch Abwitterung bergwärts zurückversetzt wird, lagert sich im Eingangsbereich ab. Bäche können Grob- und Feinmaterial einschwemmen. Der vorbeiziehende Gletscher presst höhlenfremde Ablagerungen in den Höhleneingang. Tiere benützen die Höhlen als Wohnraum oder vorübergehenden Lagerplatz. Die im Fell der Tiere hangengebliebenen oder an den Fusssohlen klebenden Pollen werden in die Höhle eingetragen. Auch mit der Beute wird Pollen ins Höhleninnere geschleppt. Die Pflanzenfresser nehmen Pollen mit der Nahrung auf und geben ihn unverdaut mit den Exkrementen an die Höhlensedimente ab. Schliesslich trägt der Mensch zur Auflagerung bei. Mit Gras, Laub und möglicherweise mit Farnen verbessert er sein Lager. Mit Holz unterhält er die Feuerstelle.

Die günstigsten Ablagerungsverhältnisse finden sich im

Eingangsbereich der Höhlen. In dieser Zone sind die organischen Einschlüsse am zahlreichsten. Die Schichten nehmen in ihrer Mächtigkeit von vorn nach hinten ab oder keilen ganz aus, so dass im Höhleninnern in der Regel weniger Einzelheiten der Sedimentation erfassbar sind als im Eingang. Leider konnte das Probenmaterial nicht in jeder Höhle an der erfolgversprechendsten Stelle gesammelt werden. Bei einigen Höhlen ist der äusserste Teil bereits vor langer Zeit abgebrochen, in andern sind die vordersten Sedimente in den früheren Grabungskampagnen abgetragen worden.

Weitaus der grösste Teil des auf verschiedenen Wegen in die Höhlenablagerungen eingebetteten Pollens stammt direkt oder indirekt vom jeweils aktuellen Pollenregen. Die Zusammensetzung des Pollens entspricht weitgehend der Vertretung der Vegetationskomponenten in der betreffenden Region. Differenzen zwischen dem Pollenspektrum einer Probe und der synchronen Vegetation müssen jedoch erwogen werden. Die Unterschiede können ihre Ursache in der unterschiedlichen Einbettung des aktuellen Pollens, in der Beimischung von Sekundärmaterial oder in Ausfallerscheinungen haben.

Der aktuelle Pollen, der ins Sediment eingebettet wird, besitzt durch verschiedene Einflüsse eine von der Zusammensetzung der regionalen Vegetation abweichende Kombination. Seit langem ist die unterschiedliche Pollenproduktion der verschiedenen Pflanzen bekannt. Eine gewisse Bedeutung kommt dem Fernflugpollen zu. Wenn auch vereinzelt Pollentransport von Nordafrika nach Mitteleuropa, also über eine Strecke von mehr als 3000 km, nachgewiesen ist, dürfte doch die Hauptmasse des Pollens lokaler oder regionaler Herkunft sein. Verzerrungen im Pollenspektrum treten vorwiegend im Grenzbereich zweier Vegetationsstufen auf. Baumpollen beeinflusst das Pollenbild von Material, das aus der unmittelbar über der Waldgrenze liegenden Zone stammt. Die durch den Menschen und durch Tiere eingetragenen Pflanzen und Pflanzenteile stellen eine Auswahl dar aus der regionalen Pflanzengemeinschaft. Der über den Umweg über die Nahrung in die Höhle gelangende Pollen ist ebenfalls eine Auslese. Er entstammt den bevorzugten Futterpflanzen. Die Hauptaufenthaltssorte der Tiere in den Höhlen, vor allem der Höhlenbären, dürften die hintern Höhlenabschnitte und der Eingang sein. Deshalb ist vorwiegend in Proben aus diesen Bereichen mit durch Tiere eingetragenen Pollen zu rechnen.

Dem Problem des Polleneintrages durch tierische Exkremente wurde nachgegangen. Für die Analysen standen Exkremente von Steinbock, Gemse und Hirsch zur Verfügung, die Herr Dr. Otto Hegg, Bern, im Schweizerischen Nationalpark gesammelt und mir verdankenswerterweise überlassen hatte. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Steinbock/Capra ibex P. Murail, zirka 2000 m ü.M. Sommer (2. September)	2% Baumpollen	57% Gramineae	21% cf. Lotus	20% übrige Kräuter
Gemse/Rupicapra rupicapra Margunet Frühling (10. Juni)	1% Baumpollen	66% Gramineae	25% Cyperaceae	8% übrige Kräuter
Hirsch/Cervus elaphus Selva, Wald Winter (7. Dezember)	15% Baumpollen	23% Gramineae	23% Ericales	39% übrige Kräuter

Die Prozepte geben recht deutlich den Lebensraum der Tiere wieder. Am reichlichsten sind die Gramineenpollen. Die Baumpollen sind nur beim Hirsch, der ein Waldbewohner ist, von Bedeutung. Wahrscheinlich wäre das Verhältnis im Frühsommer noch stärker zugunsten des Baumpollens ausgefallen. Auch der hohe Anteil der Ericales dürfte saisonbedingt sein. Bei den Exkrementen der über der Waldgrenze äsenden Tiere, Gemse und Steinbock, übersteigt der Gräserpollen möglicherweise den durchschnittlichen Anteil am Pollenregen. Somit ist bei Pollenproben aus Höhlensedimenten in erster Linie dann an Polleneintrag durch Tiere zu denken, wenn sich auffällig grosse Mengen Gramineenpollen finden. Compositenpollen wurde in den drei Exkrementanalysen auffallend wenig konstatiert. J. Troels-Smith (1955) fand in Exkrementen aus frühneolithischen Kulturschichten der Station Egolzwil 3 (Kanton Luzern) ebenfalls wenig Compositenpollen. Dagegen stellte er viel Umbelliferenpollen (15%) fest, was mit den Analysen des Materials aus dem alpinen Gebiet des Nationalparks nicht übereinstimmt. Die Compositen- und Umbelliferenpollenmengen der Höhlenablagerungen dürften folglich wenig von der Selektion durch die Pflanzennahrung der Höhlentiere beeinflusst sein. Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass die untersuchten Exkremente von Steinbock, Gemse, Hirsch und – beim Pfahlbauneolithikum – von Schaf oder Ziege stammen. In den Schichten der paläolithischen Höhlen ist dagegen der Höhlenbär als häufigstes Tier nachgewiesen. Seine bevorzugte Pflanzennahrung ist nicht näher bekannt. Immerhin dürften seine Gebietsansprüche ungefähr den heutigen der Gemse entsprechen haben.

Der Sekundärpollen ist meist Blütenstaub, der aus alten Ablagerungen in aktuelles Material gelangt. Daher scheinen die Pollenproben älter zu sein, als es der Einbettungszeit entspricht. Der Sekundärpollen gelangt auf verschiedene Weise ins Sediment. Sickerwasser oder Höhlenbäche transportieren nicht nur rezenten Pollen in die Ablagerungen, sondern erodieren stellenweise auch anstehende Sedimente. Der Wind kann alte Sedimente aufwirbeln und in die Höhle verfrachten. Bröckelt die Höhlenstirn ab, gelangt das auf und über ihr liegende Material und der darin eingebettete Pollen auf den Boden des Höhlenvorplatzes. Frosteinwirkungen und Bodenfließen bewirken Durchmischungen älterer und jüngerer Schichten. Meist wird der Boden von innen nach aussen fließen; ist die Unterlage entgegengesetzt geneigt, ist auch die umgekehrte Fließrichtung möglich. Grosse Felsblöcke,

die sich vom Höhlengestein lösen, können eine geordnete Sedimentation verhindern. Im vordern Teil der Höhle und auf dem Vorplatz wird tiefer abgelagertes Material durch die Tätigkeit der Regenwürmer nach oben befördert. Durch Infiltration aktuellen Pollens in ältere Schichten wird deren Pollenflora verjüngt. Am intensivsten wirkt die Infiltration in der Trauflinie. In lockeren Sedimenten ist die Eindringungstiefe grösser als in kompakten. Vielleicht muss auch etwa daran gedacht werden, dass das Sediment Feuchtigkeit verlieren kann. Dadurch entstehen Spalten zwischen dem Sedimentkomplex und der Höhlenwand und Risse im Sediment selber, so dass jüngeres Material in die liegenden Schichten hinuntergelangt.

Schliesslich können Verhältnisse vorliegen, die trotz reichlicher Vegetation pollenarme oder pollenleere Sedimente bedingen. Wachsen die Höhlensedimente ausnehmend langsam, verdirbt der oberflächlich liegende Pollen. Fällt reichlich Schutt von der Höhlendecke, ist die Pollendichte im Sediment gering. Schichten können erodiert werden oder Schichtpakete können in Klüfte der Höhlensohle abrutschen, so dass der betreffende Zeitschnitt im Pollendiagramm fehlt. Ist die Höhle nach aussen verschlossen, besteht ein eventuell vorhandenes Sediment lediglich aus den Partikeln des gelösten Höhlengesteins und enthält selbstverständlich keinen Pollen. Es ist nicht ausgeschlossen, dass Abbaustoffe aus der Zersetzung organischer Sedimenteinschlüsse Pollen zerstören. Diese vielen Möglichkeiten der Verzerrung des Pollenspektrums müssen bei der Interpretation der Analyseergebnisse berücksichtigt und ihr Ausmass abgeschätzt werden. Oft ist es schwierig, solche Unregelmässigkeiten mit Sicherheit festzustellen. Gerne würde man die Sekundärpollen, aber auch die durch die Höhlenbären mit der Nahrung eingetragenen Pollen vom übrigen Pollen differenzieren und getrennt darstellen. Trotz mehrfacher Versuche war dies nicht möglich. Andererseits lehrt die Erfahrung, dass allmählich sich ändernde Diagrammschnitte im allgemeinen die regionale Vegetationsentwicklung und demnach auch die klimatischen Wechsel recht getreu wiedergeben.

Da für die Bildungszeit der paläolithischen Höhlenablagerungen die letzte Zwischeneiszeit und die letzte Eiszeit in Frage kommen, werden im folgenden für diese Zeiten die wichtigsten Kenntnisse und Vorstellungen zusammengestellt, wie sie sich aus der Literatur der letzten Jahre ergeben.

3. Die Eem-Warmzeit

Die Flora Mitteleuropas entsprach im letzten Interglazial, der Eem-Warmzeit, weitgehend der heutigen. Die warmen tertiären Elemente hatten sich infolge der verschiedenen Kaltzeiten etappenweise aus dem Gebiet entfernt. Auf Grund von Pollenanalysen, Grossrestanalysen und stratigraphischen Beobachtungen an Schichten der Eem-Warmzeit ist es möglich, die Vegetationsfolge in Europa zu ermitteln. Die Stellen, wo gut auswertbares interglaziales Material erreichbar ist, sind jedoch selten und naturgemäss in den verschiedenen Regionen Europas sehr unterschiedlich verteilt. Gute Ergebnisse liegen vor aus den ehemals vergletscherten Gebieten Nordeuropas und des Alpennordfusses und deren Randzonen. Zudem schränkt die verschiedene Dichte der untersuchten Stellen die Sicherheit der Aussagen über die Vegetation und das Klima ein.

Die folgende Gliederung stützt sich vor allem auf die Arbeiten von K. Jessen und V. Milthers (1928), W. Lüdi (1950 und 1953), P. Müller (1950 und 1961), H. Reich (1953), W. H. Zagwijn (1961), K.-E. Behre (1962), S. Th. Andersen (1965), B. Menke (1965), F.-R. Averdieck (1967), P. Filzer (1967), B. Menke und P.-H. Ross (1967), R. Paepe und R. Vanhoorne (1967), B. Frenzel (1967 und 1968) und P. Filzer und R. German (1968). Die Parallelisierung der nordischen Gliederung des Pleistozäns (Belgien, Holland, Dänemark, Nordwestdeutschland) mit derjenigen der alpinen Vergletscherungsgebiete (Schweizer Alpenvorland, Allgäu, Bayerisches Alpenvorland) stösst heute noch auf gewisse Schwierigkeiten. Die meisten der untersuchten Schichtenfolgen umfassen nur einen Teil der ganzen Eem-Warmzeit. Sedimente vom Anfang des Interglazials sind selten. Unterschiedlich verhalten sich in den beiden grossen Vergletscherungsräumen vor allem die Vegetationen der Frühphasen und dann wieder des Übergangs vom Interglazial zur Würm-Eiszeit. Die grossen Züge der Entwicklung zeigen jedoch gute Übereinstimmung.

Im Spätglazial der Riss-Eiszeit sind die Temperaturen noch niedrig. Eine kräuterreiche Pioniervegetation mit Zwerg-Birke (*Betula nana*), Strauchweiden, Sanddorn und Wacholder dringt in das von den Gletschern frei gewordene Gebiet vor. In Osteuropa überdauerten Birken, Kiefern und Fichten die Riss-Eiszeit.

Abschnitt I. Birkenzeit. Baumförmige Birken (*Betula pubescens*) beherrschen das Vegetationsbild. Die Föhren (*Pinus silvestris*) wandern ein. Am Alpennordrand konnte der Anfang der Bewaldung pollenanalytisch noch kaum gefasst werden. Möglicherweise wurden Schichten aus der Birkenphase noch nicht gefunden. Weit zurückreichende Pollendiagramme (Wurzacher Becken in Oberschwaben: P. Filzer 1968) lassen auf eine Wiederbewaldung durch die Föhre schliessen, wobei Weiden und Birken eine geringe Rolle spielen.

Abschnitt II. Birken-Föhrenzeit/Alpen: Föhrenzeit. Die Birke bleibt dominant. Die Föhre konkurriert stark mit der Birke. Die Eichenmischwaldkomponenten und die Hasel wandern ein. Am Alpennordrand wächst geschlossener Föhrenwald.

Abschnitt III. Föhren-Eichenzeit. Die Föhren und die Eichen sind die wichtigsten Waldbildner. Ulmen, Eschen und Ahorne sind beigemischt. Die Ulmenpollen weisen häufig ihr Maximum auf. Für Jütland sind thermophile Wasserpflanzen festgestellt: Rauhes Hornblatt (*Ceratophyllum demersum*), Grosses Nixenkraut (*Najas marina*), Wassernuss (*Trapa natans*). Im Bayerischen Alpenvorland nimmt die Bedeutung der Fichte zu. Die

thermophile Waldgesellschaft lässt auf ein wärmeres Klima schliessen.

Abschnitt IV. Die Dominanz des Eichenmischwaldes und wenig später (im Gegensatz zum Postglazial) die rasche und maximale Ausbreitung der weniger lichtbedürftigen Hasel belegen ein Klima, das deutlich wärmer ist als das heutige (IVa: Hasel-Eichenzeit). (In der Postglazialzeit folgte am nordwestlichen Alpenrand auf eine deutliche Corylusdominanz eine ausgeprägte Quercetum-mixtum-Phase. Dagegen gelangten im Osten und im Süden der Alpen die Hasel und der Eichenmischwald nicht halbwegs zu ähnlicher Bedeutung und auch nicht zur entsprechend prägnanten zeitlichen Folge der maximalen Ausbreitung [H. Zoller 1960 a und b, 1966]. Offenbar waren, neben wanderungsgeschichtlichen Unterschieden, die Klimadifferenzen zwischen dem Osten und dem Westen in der Postglazialzeit grösser als im Abschnitt III der Eem-Interglazialzeit.) Kurz nach dem Haselmaximum erreicht im Norden und in Bayern die Erle ihre grösste Häufigkeit.

Die Linden als Schatten ertragende Arten spielen ihre grösste Rolle erst, nachdem die Bedeutung der Hasel merklich abgenommen hat (IVb: Hasel-Lindenzeit). Die Hagebuche wandert ein. In Schleswig-Holstein (Ostrohe, Odderade und Brokenlande) und in der Lüneburger Heide (Luhe-Tal) breitet sich die Eibe stark aus. Stechpalmen- (*Ilex*) und Efeu- (*Hedera*) Pollen bezeugen eine ozeanische Klimatönung. Mistel- (*Viscum*) Pollen bekunden hohe Sommertemperaturen. Am Alpennordrand erreicht auch die Fichte hohe Werte; zudem wandert die Tanne (*Abies alba*) ein. In Grossweil (Bayern) ist *Hedera* nachgewiesen. Die Hasel-Lindenzeit bedeutet das Klima-Optimum der Eem-Interglazialzeit.

Abschnitt V. Hainbuchen-Fichtenzeit. Im Norden erreicht die Hagebuche (*Carpinus Betulus*) ihre maximale Entwicklung und gelangt regional sogar zur Dominanz. Die Fichte breitet sich stark aus und dominiert im jüngeren Teil des Abschnittes. Die Tanne ist im jüngeren Teil kontinuierlich vorhanden. Die Vegetationsentwicklung weist auf abnehmende Sommertemperaturen hin.

Am Alpennordrand verlaufen die Sukzessionen etwas abweichend. Auf das Haselmaximum des Abschnittes IV folgt die Dominanz der Fichte. Im Osten (Grossweil) gesellt sich die Hainbuche dazu, im offenbar ozeanischeren Westen die Tanne. In Wurzach dominiert die Tanne beträchtlich, so dass eine eigentliche Tannenzeit unterschieden wird (P. Filzer und R. German 1968). Allmählich wandert die Hainbuche auch nach Westen und die Tanne nach Osten.

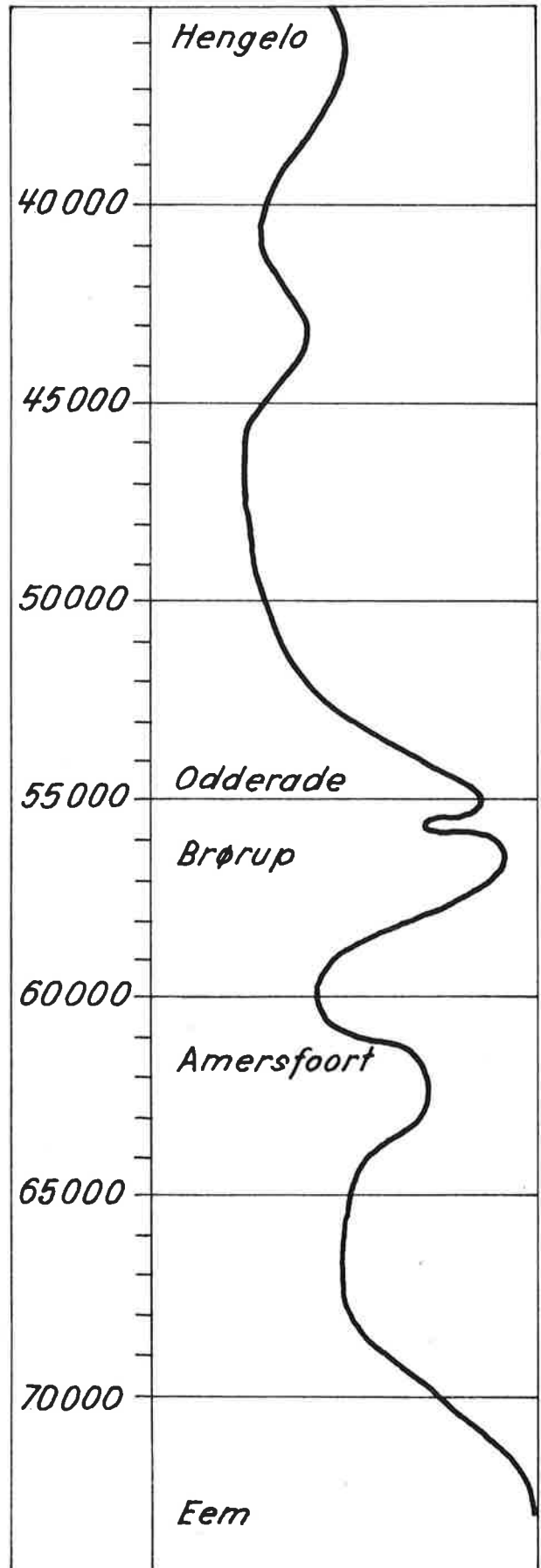
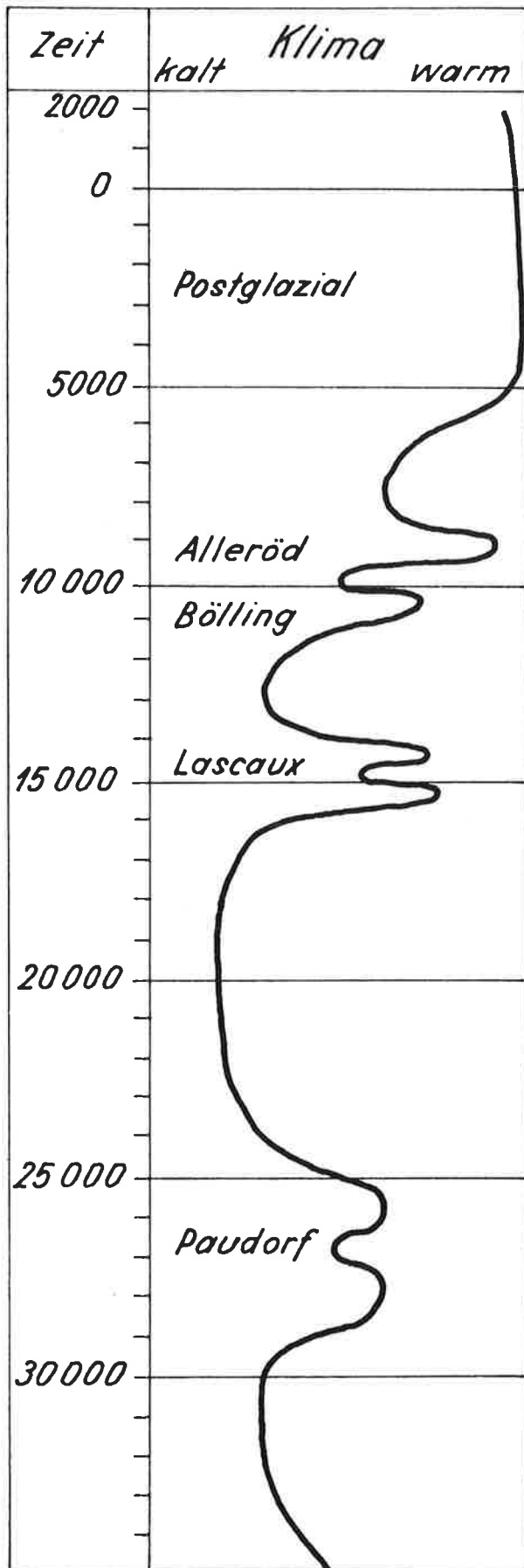
Allgemein wird angenommen, die Buche sei in Mitteleuropa in der Eem-Warmzeit nicht vorgekommen. In letzter Zeit konnte ihr Pollen jedoch vor allem in Osteuropa nachgewiesen werden (B. Frenzel 1967), aber auch in Gent/Belgien (R. Paepe und R. Vanhoorne 1967).

Abschnitt VI: Föhrenzeit. Sie stellt eine Übergangsphase zur Glazialzeit dar. Das Klima wird kühler. Im Norden verschwinden die thermophilen Laubbäume. Föhren, Fichten und Birken sind die häufigsten Bäume. *Betula nana* gelangt wieder ins Gebiet. Gegen Ende der Eem-Warmzeit gewinnen die Kräuter rasch an Bedeutung.

In den Pollendiagrammen des nördlichen Alpenvorlandes sind die Föhren- und die Fichtenpollen nahezu die einzigen Komponenten der Baumpollensumme. Die Kräuterpollen bleiben bedeutungslos. Die beiden Nadelbaumarten lösen sich in der Dominanz mehrmals ab, so dass P. Filzer eine Föhren-Fichten-Kampfzeit unterscheidet. Der Dominanzwechsel dürfte weniger auf Tem-

Klimakurve seit dem Eem-Interglazial

erstellt auf Grund von Pollenanalysen und C^{14} -Datierungen
 zusammengestellt nach Leroi-Gourhan 1965, Andersen 1961, Van der
 Hammen et al. 1967 und weiterer Literatur



peraturänderungen zurückzuführen sein, als auf Schwankungen zwischen kontinentaler und ozeanischer Klimatönung.

In diese Alternanz ist möglicherweise der grösste Teil der Schieferkohlenlager der Schweiz, die von W. Lüdi (1953) pollenanalytisch bearbeitet worden sind, zu datieren. Einige Pollendiagramme (Grandson, Pont-la-Ville, Gondiswil-Hüswil, Mörschwil) reichen wohl bis in die Tannenzeit und teilweise noch weiter zurück. Der kräuterpollenreiche Abschnitt, den P. Müller (1950, 1961 und W. Lüdi 1950) in Ablagerungen des Suhrentales festgestellt hat, mag andererseits vielleicht bereits einer stadialen Phase der Würm-Eiszeit angehören.

Die Vegetation der Eem-Warmzeit zeichnet sich durchwegs durch geschlossenen Wald aus. Der Kräuterpollenanteil ist in den Diagrammen sehr gering. Die Kräuter spielen vor allem in den gletschernahen und in den von

Gletschern überfahrenen Gebieten eine Rolle, und zwar lediglich am Übergang von der Riss-/Saale-Eiszeit zur Eem-Warmzeit und wieder in der Übergangsphase von der Warmzeit zum Würm-/Weichsel-Glazial.

Der Vegetationsablauf während der Eem-Warmzeit dokumentiert, dass sich das Klima allmählich gegen ein Klimaoptimum hin und wieder von diesem weg entwickelt hat. Grössere Klimaoszillationen sind nicht nachgewiesen. Die Eem-Warmzeit umfasst eine einzige grosse Klimaschwankung.

Am Anfang der Eem-Warmzeit sind die Veränderungen der Vegetation grösstenteils durch das Klima und die Wanderungsgeschwindigkeiten der einzelnen Arten beeinflusst. Später sind die Vegetationsphasen ebenso sehr durch die Bodenreifung und die natürliche Sukzession der Pflanzengesellschaften in Richtung auf die Klimax verursacht.

4. Die Würm-Eiszeit

Die Erforschung der Vegetations- und Klimaentwicklung während der Würm-Eiszeit ist in den letzten Jahren in einzelnen Regionen Europas stark gefördert worden. Mehrere grosse Schwankungen sind an verschiedenen Orten dokumentiert und teils durch ^{14}C -Daten zeitlich fixiert. Zukünftigen Untersuchungen ist es vorbehalten, die kleinern Oszillationen und die regionalen Besonderheiten zu ermitteln. Die kalten Abschnitte zeichnen sich in den Pollendiagrammen durch sehr wenig oder gar keinen Baumpollen aus. Die gletschernahen Zonen waren vegetationslos oder liessen lediglich Kräuter und Spaliersträucher aufkommen. Weite Flächen Mittel- und Osteuropas trugen Grassteppen. Die Bäume überdauerten die kalten Abschnitte in den Refugien Süd-, Ost- und an begünstigten Stellen Westeuropas. In den beträchtlich warmen und trockenen Interstadialen rückten die Bäume entsprechend der Temperatur und der geographischen Lage wieder gegen Mitteleuropa vor.

Das kalte Klima des Anfangs der letzten Eiszeit wurde durch mindestens drei wärmere Phasen unterbrochen. Die älteste ist das Amersfoort-Interstadial, in Dänemark mit Rodeback-Interstadial (S. Th. Andersen et al. 1960) bezeichnet. Zeitlich dürfte es um 61 500 v. Chr. die besten Bedingungen geboten haben. Um 56 500 v. Chr. gelangt die mehrere kältere und wärmere Phasen umfassende Brörup-Interstadialzeit (S. Th. Andersen 1961) zum Wärmemaximum. Nach einem kurzen kalten Abschnitt folgt das Odderade-Interstadial (Dänemark: F.-R. Averdick 1963, 1967). Diese drei Interstadiale sind nicht nur in Nordeuropa, sondern auch am Nordrand der Alpen nachgewiesen (Wurzacher Becken: P. Filzer u. R. German 1968). Es handelt sich um deutlich warm getönte Schwankungen. Die Vegetation des einzelnen Interstadials ist jedoch zu wenig spezifisch, um ein Polleninventar mit Sicherheit einer bestimmten der drei Phasen zuzuordnen. ^{14}C -Daten sind in diesem frühen Zeitabschnitt lediglich Minimumwerte, so dass sie kaum entscheiden können. Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass die drei Schwankungen nicht in allen Regionen thermisch gleich stark ausgeprägt zu sein scheinen. Meist wird die Brörup-Interstadialzeit als die ausgedehnteste und wärmste bezeichnet. Am besten gelingt die Parallelisierung mit den namengebenden Lokalitäten, wenn zwei oder sogar drei aufeinanderfolgende interstadiale Pollenfloren zu korrelieren sind, oder wenn steinzeitliche Geräte eine Einordnung in eine bestimmte Kulturepoche ermöglichen.

Nach dem Odderade-Interstadial folgt ein langer plenzialer Abschnitt. Er dauerte etwa 20 000 Jahre. Das Klima war kalt und feucht. Anzeichen für mehrere schwache Erwärmungen sind vor allem gegen das Ende des Abschnittes nachgewiesen: Poperinge-Boden um 43 600 v. Chr. (Belgien: R. Paepe und R. Vanhoorne 1967); Moershoofd-Interstadial um 43 000 v. Chr. (Holland: W. Zagwijn u. R. Paepe 1968); im würmeiszeitlichen Inn-Gletschergebiet ein kleines Torfband um 43 300 v. Chr. mit überlagernder brauner Verwitterungsrinde im begrabenen Moor bei Hörmating (Edith Ebers 1960, H. Gross 1964); Hengelo-Interstadialzeit um 36 000 v. Chr. (Holland: T. Van der Hammen et al. 1967); Podhradem-Interstadialzeit zwischen 36 300 und 31 000 v. Chr. (Mähren: R. Musil u. K. Valoch 1966). Auch in Padul, südlich von Granada, ist zwischen 44 000 und 32 000 v. Chr. eine warme Phase ermittelt worden. Wie stark ausgeprägt diese Klimaschwankungen gewesen sind und wie weit lediglich lokalklimatisch begünstigte Standorte erfasst worden sind, ist noch unsicher.

Zwischen 30 000 und 25 000 v. Chr. wird die extreme Kälte unterbrochen durch ein vielerorts festgestelltes mildes Interstadial. Meist wird es mit Paudorf-Interstadial bezeichnet. Synonym gebraucht werden Stillfried-B- (Niederösterreich), Arcy- (Frankreich), Denekamp-Interstadial (Holland). An einigen Stellen lassen sich deutlich zwei gute Klimaphasen unterscheiden, von denen die jüngere ziemlich kurz ist. Der Wald rückt in klimatisch bevorzugten Gebieten vor. Weite Areale Mitteleuropas bleiben von steppenartigen Pflanzengemeinschaften besiedelt (Frenzel 1964). Die Temperaturen sind niedriger als in den drei Frühwürm-Interstadialen.

Ein plenzialer Abschnitt erstreckt sich etwa von 23 000 bis 16 000 v. Chr. Das Klima ist extrem kalt und sehr trocken. Die meisten Forscher betrachten diesen Abschnitt als die Hauptvorstossphase der alpinen und der skandinavischen Gletscher und somit als die kälteste der ganzen Würmeiszeit, bzw. Weichseiszeit. B. Frenzel (1967) berechnete eine gegenüber der Gegenwart um mindestens 13° geringere Jahresmitteltemperatur und eine um etwa 10° kleinere mittlere Julitemperatur. Die Niederschläge erreichten jährlich knapp 300 mm.

Um 15 000 v. Chr. ist ein kurzes, aber bemerkenswert warmes Interstadial nachgewiesen (A. Leroi-Gourhan 1960 und 1965, A. u. A. Leroi-Gourhan 1964). Dieses Lascaux-Interstadial lässt sich gelegentlich in zwei von einer Kaltphase unterbrochene Teile gliedern.

Die folgende, fast 3000 Jahre dauernde, sehr kalte Phase wird im allgemeinen bereits zur Spätglazialzeit gestellt. Logischer wäre es, diese Kaltphase noch der eigentlichen Eiszeit zuzurechnen und das Spätglazial erst mit günstigeren Klimabedingungen, mit dem Bölling-Interstadial, beginnen zu lassen. Die folgende ältere Dryaszeit, die Alleröd-Interstadialzeit und die kurze jüngere Dryaszeit werden üblicherweise als Ende der Würmglazialzeit betrachtet. Gleichzeitig findet auch die kulturgeschichtliche Epoche des Jungpaläolithikums ihren Abschluss.

Wollte man den Übergang von der Glazialzeit zur Postglazialzeit analog demjenigen von der Riss-/Saaleglazialzeit zur Eem-Interglazialzeit gliedern, wären die Bölling-Interstadialzeit mit ihren günstigen Klimabedingungen und der durch Sanddorn und Wacholder eingeleiteten Baumbirken-Parkvegetation und die folgende Ältere Dryaszeit als spätglazial zu bezeichnen. In der Alleröd-Interstadialzeit dringt erstmals nach der Würmvergletscherung der Birkenwald und besonders der nachfolgende geschlossene Föhrenwald in bemerkenswerte Höhen hinauf: Berner Alpen um 1500 m (M. Welten 1958), Wallis Arven-Birkenwald in 1800–2000 m (V. Markgraf 1969), südwestlicher Jura bis 1300 m (S. Wegmüller 1966), Tessin über 1300 m (H. Zoller 1960 a). Die Phase deutlicher Wiederbewaldung, wie sie die Alleröd-Interstadialzeit darstellt, wäre in Analogie zum Beginn der Eem-Interglazialzeit bereits in die Postglazialzeit zu stellen.

Da die Klimaphasen des Postglazials besser bekannt sind und für die folgenden Untersuchungen nicht dieselbe Bedeutung haben wie das Glazial, wird auf ihre Darstellung verzichtet.

Mehrere Probleme im Ablauf der Würm-/Weichsel-Eiszeit bleiben noch offen. Die schwachen Oszillationen zwischen dem Brörup- und dem Paudorf-Interstadial sind erst exakter festzulegen, wenn sie an vielen Orten nachgewiesen sein werden. Für ein eingehendes Studium der pleistozänen Vegetationsgeschichte sei auf die umfassende Darstellung von B. Frenzel (1968) verwiesen, wo auch die Schwierigkeiten der Parallelisierung der Schich-

ten von verschiedenen Untersuchungsorten deutlich werden.

Aus den bisherigen Forschungen in Mitteleuropa resultiert ein Klimaablauf der Würm-/Weichsel-Eiszeit, wie ihn die beigegebene Kurve darstellt. Dabei ist zu bedenken, dass Beobachtungen aus verschiedenen Vereisungszonen prinzipiell nicht miteinander vermengt werden sollten; als allgemeine Orientierung ist die Darstellung jedoch zu verantworten. Auf die Bezeichnungen der Würmabschnitte (Früh-Würm, unteres Pleniglazial usw.) wird bewusst verzichtet, da die gegenwärtige Vielfalt von Gliederungen der letzten Eiszeit nicht zu einer Klärung der Verhältnisse führt. Die Datierungen sind vor allem für den älteren Teil der Kurve noch unsicher.

Der Versuch, Pollendiagrammabschnitte in bestimmte

Phasen des Klimaablaufs einzuordnen, ist stark vom jeweiligen Stand der Quartärforschung abhängig. Gegenwärtig sind die Vegetationsverhältnisse in Nordeuropa am besten geklärt. Wenn in der vorliegenden Arbeit Zuordnungen von Pollenspektren zu Klimaphasen gewagt werden, ist deshalb stets zu bedenken, dass dies aufgrund der heutigen Kenntnisse geschieht, die vor allem in Nordeuropa gewonnen worden sind. Dort hat sich das Brörup-Interstadial als klimatisch besonders günstige Phase erwiesen. Es ist bei den Einstufungen jedoch zu beachten, dass infolge allfällig möglicher Akzentverschiebungen – die Mittelwürmschwankungen lassen sich heute noch wenig eindeutig erfassen – auch andere Interpretationen durchaus wieder zu erwägen wären.

5. Methodisches

Die Materialproben wurden den Grabungswänden entnommen. Die Proben einer Serie wurden jeweils möglichst senkrecht übereinander herausgestochen. Felsblöcke, dichte Steinlagen mit lediglich spärlichem Feinmaterial oder eine spezielle Lagerung der Schichten geboten gelegentlich Abweichungen von dieser Tendenz. An Stellen, wo frühere Grabungen aufgeschlossen waren, wurden die stehen gelassenen Grabungswände ein Stück weit abgetragen, um das Material in unversehrten Sedimenten zu gewinnen. Waren die einstigen Grabungen wieder eingedeckt worden, war es oft nicht einfach, eine Stelle mit ungestörter Schichtenfolge zu finden. Die günstigsten Bedingungen boten die laufenden Grabungen. Nur bei diesen war es möglich, das Probenmaterial mit der erwünschten Genauigkeit mit den archäologischen Schichten zu korrelieren. Die Zuweisung der Pollenproben zu den archäologischen Befunden sollte stets ausserordentlich exakt erfolgen, damit die Resultate der Archäologie und der Pollenanalysen (und eventuell weiterer Spezialuntersuchungen) möglichst aussagekräftig werden. Da die Schichten oft nicht plötzlich, sondern allmählich wechseln, kann bei frühern Grabungen häufig nicht entschieden werden, in welchen Höhen der Grabungswand die damaligen Ausgräber die Schichtwechsel angenommen haben. Dadurch haftet den Korrelationen in der Nähe der Schichtgrenzen eine gewisse Unsicherheit an. Bei offenen Grabungen kann zudem die Wahl der Probenstellen zielgerechter erfolgen.

Die Proben wurden nach der im Botanischen Institut der Universität Bern damals üblichen Methode aufbereitet:

- Möglichst gleich grosse Mengen des Probenmaterials zerstossen. HCl (10%) zusetzen und kurz aufkochen. Mehrmals mit dest. Wasser auswaschen.
- Mit KOH 6 Minuten im Wasserbad erwärmen. Durch Porzellanfilter filtrieren. Wiederholt von Sand dekantieren. Mehrmals mit dest. Wasser auswaschen.
- Technische Flussäure zugeben. In Polyäthylendosen 2 bis 3 Tage stehen lassen. Flussäure abgiessen. Mit HCl aufkochen, bis alle Niederschläge der Silikatverbindungen abzentrifugiert sind. Mehrmals mit dest. Wasser auswaschen.
- Acetolyse. Mehrmals mit dest. Wasser auswaschen.
- KOH 10 Minuten kalt einwirken lassen. Zweimal mit dest. Wasser auswaschen.
- Mit wenig Glycerin erwärmen und mit Fuchsin färben.
- Herstellen eines Dauerpräparates.

Für die Analysen diente ein Leitz-Dialux-Mikroskop mit eingebauter Lichtquelle. Die Präparate wurden mit Okular 8× und Objektiv 24× (Apochromat) ausgezählt. Einzelheiten wurden mit stärkern Objektiven beobachtet: 42× (Fluoritsystem) und 90× (Immersion). Als Immersionsflüssigkeit wurde Anisol verwendet.

Zur Bestimmung der Pollentypen war die umfangreiche Präparatesammlung rezenter Pollen des Botanischen Instituts als Vergleichsmaterial sehr wertvoll. Zusätzlich fanden die Schlüssel von K. Faegri und J. Iversen (1950) und die Pollenbeschreibungen von G. Erdtman (1954) Verwendung.

Die Pollen waren mehrfach so schlecht erhalten, dass der Pollentyp nicht zu ermitteln war.

Die Ergebnisse der Pollenanalysen werden mit einer Ausnahme, wo sie in einer Zahlentabelle gegeben werden, in Diagrammen dargestellt. Die übliche Prozentdarstellung (gesamte Pollenzahl $\hat{=}$ 100%) wird nur für wenige Stationen verwendet, da die ausgezählten Pollenmengen der verschiedenen Proben innerhalb einer Probenserie enorm schwanken. Prozentzahlen sind umso zuverlässiger, je

grösser der Grundwert ist. Finden sich in einer Probe nur wenig Pollen, im Extremfall nur zwei oder sogar nur ein Pollenkorn, so wird die Prozentberechnung und dadurch der Vergleich mit guten Prozentzahlen sinnlos. Zudem muss man sich bewusst sein, dass die Pollendichte an und für sich aussagefähig ist; dies gilt in vermehrtem Mass für Diagramme, die extrem günstige und zugleich extrem kalte Klimaphasen einschliessen. Ob eine Probe 2000 oder nur 2 Pollenkörner aufweist, bedeutet entschieden nicht dasselbe, obgleich in beiden Fällen zwei Pollentypen je 50% ausmachen können.

Aus diesen Gründen wurde für die meisten Stationen die etwas ungewohnte Darstellung der Pollendichte (Anzahl Pollen pro äquivalente Präparatfläche) gewählt. Durch die Aufbereitung und die Präparateherstellung ist die verwendete Materialmenge der verschiedenen Proben kaum als genau gleich gross zu betrachten. Bei stets gleichem Vorgehen bei der Aufbereitung dürfte sie sich jedoch in engen Grenzen halten, so dass eine Auswertung nach dem absoluten Gehalt statthaft ist.

Selbstverständlich müssen bei dieser Art der Darstellung die Analysenergebnisse besonders sorgfältig interpretiert werden. Geringe Unterschiede in der Pollendichte dürfen nicht leichthin als Klimaänderung gedeutet werden. Die Geschwindigkeit des Sedimentzuwachses und die Einbetungsbedingungen sind für die Interpretation der Diagramme behutsam abzuwägen.

Mit der absoluten Darstellung ist automatisch kein Grundwert für die Prozentberechnung mehr notwendig. Die immer wieder geführte Diskussion, welche Pollen- (und Sporen-) typen die Berechnungsgrundlage bilden sollen, wird somit überflüssig. Jeder Leser kann aus den absoluten Werten entsprechend der ihm geläufigen oder der ihm im Einzelfall angezeigt erscheinenden Darstellungsart die Prozente überschlagsweise schätzen oder für besonders interessierende Probensequenzen berechnen.

Um sowohl selten, als auch häufig vorkommende Typen darstellen zu können, ist die Abszissenskala nicht linear geteilt. Für 10 bis 100 Pollen ist die gleiche Strecke abgetragen wie für 100 bis 1000 Pollen. Der Massstab ist somit gewissermassen logarithmisch. Zwischen den Skalenstrichen der Abszisse sind die Werte nicht logarithmisch, sondern linear eingesetzt, um eine leichtere Lesbarkeit der Diagramme zu erzielen. Die Baumpollensumme (AP) und die Nichtbaumpollen- oder Kräuterpollensumme (NAP) sowie die Pteridophyten (Dryopteris-Typ, Selaginella, Botrychium) sind aus Platzgründen in kleinerem Massstab gezeichnet (durch Schraffenstreifen über der Skala markiert).

Die Diagramme sind von links nach rechts in die folgenden Kolonnen gegliedert:

1. Die Tiefe der Proben an der Profilwand in cm. Das Bezugsniveau ist jeweils vermerkt.

2. Die Stratigraphie. Die Zeichen sind nicht massstäblich zu werten. Sie sollen lediglich einen Gesamteindruck vermitteln. Somit deuten grössere und kleinere Steine nur ihre relativen Dimensionen, engere und lockerere Stellung lediglich ihre relative Häufigkeit an.

3. In dieser und in den folgenden Kolonnen sind die absoluten Mengen der verschiedenen Pollentypen mit Signaturen markiert. Die Verbindungslinien zwischen den Signaturen dienen der leichteren Lesbarkeit der Diagramme. Die ihnen entsprechenden Profilstellen sind nicht analysiert, also genau genommen unbekannt. Die

Verbindungslinien sind folglich nicht in jedem Fall als Zunahme oder Abnahme des betreffenden Pollentyps zu interpretieren. Es ist durchaus möglich, dass sich zwischen zwei Signaturen ein Hiatus (Sedimentationsstillstand oder Erosion) oder ein Extremwert befindet.

Die Baumpollenkurve (AP) und die Nichtbaumpollen- oder Kräuterpollenkurve (NAP) sollen vor allem das gegenseitige Verhältnis der beiden Komponenten deutlich machen und somit Hinweise geben über die Bewaldung, respektive die Waldlosigkeit. Zudem lässt sich aus den beiden Werten leicht die gesamte Pollenmenge pro Präparat errechnen.

In der Regel wurde pro Sedimenttiefe ein Präparat analysiert. Wenn wenig Pollen vorhanden waren, wurden zwei oder drei Präparate durchgesehen. Waren die Sedimente ausserordentlich pollenreich, genügte auch ein Teil eines Präparates. Die für äquivalente Präparatflächen berechneten Pollenmengen wurden auf einen halben Pollen auf- oder abgerundet. Deshalb kann die Summe von Pollentypengruppen minim von den addierten Beträgen der einzelnen Pollentypen abweichen.

4. Die Baumpollentypen (AP), meist gruppiert in:

4.1. Bäume von Pioniercharakter: *Betula* (Birke), *Pinus* (Föhre), *Salix* (Weide).

4.2. In einigen Diagrammen sind die in der Postglazialzeit später auftretenden Bäume *Abies* (Weisstanne), *Fagus* (Rotbuche) und *Picea* (Fichte) in einer gesonderten Kolonne dargestellt, um das Kurvenbild nicht zu überlasten.

4.3. Thermophile Laubbäume: *Corylus* (Hasel), *Alnus* (Erle), *Quercetum mixtum* (Eichen-Mischwald). *Tilia* (Linde) und *Ulmus* (Ulme) sind die am häufigsten festgestellten Eichenmischwaldkomponenten. *Quercuspollen* (Eiche) wurde wegen der häufig sehr schlechten Erhaltung der Körner selten gefunden.

5. Die Nichtbaumpollentypen (NAP). Um aus den Kräuterpollen einen gewissen Zeigerwert zu erhalten, werden

sie gruppiert. Der Wert der Gruppenbildung ist naturgemäss beschränkt, da nicht Arten mit übereinstimmenden ökologischen Ansprüchen gruppiert werden, sondern Gattungen und Familien. Solch grosse taxonomische Einheiten stellen ein Konglomerat von verschiedenen phytosoziologischen Komponenten dar. Wenn ein grosser Teil der Arten einer Gattung oder Familie bestimmten Ansprüchen zuzurechnen ist, müssen die gezählten Pollenkörner nicht unbedingt solchen Arten angehören. Die einzelnen Gruppen sind deshalb nicht völlig in der entsprechenden ökologischen Richtung zu werten, deuten aber doch eine bestimmte Tendenz an.

5.1. Kräutertypen vorwiegend offener und trockener Standorte: *Artemisia* (Wermut), *Chenopodiaceae* (Gänsefussgewächse), *Compositae tubuliflorae* (röhrenblütige oder röhren- und zungenblütige Korbblütler), *Ephedra* (Meerträubchen).

5.2. Vorwiegend Hochstauden- und Rasentypen: *Gramineae* (Gräser), *Compositae liguliflorae* (zungenblütige Korbblütler), *Umbelliferae* (Doldengewächse), *Caryophyllaceae* (Nelkengewächse).

5.3. Vorwiegend Zeigertypen für Lichtung (ev. Kultureinflüsse): *Plantago* (Wegerich), *Campanulaceae* (Glockenblumengewächse), *Rubiaceae* (Krappgewächse).

5.4. *Cyperaceae* (Scheingräser).

6. Die Pteridophyten-Sporen (Farnpflanzen): Der *Dryopteris*-Typ (Farne) weist zur Hauptsache auf mässig feuchte Wald- und Waldlichtungsgesellschaften hin. *Selaginella* (Moosfarn) und *Botrychium* (Mondraute) haben heute ihr Verbreitungsschwergewicht in offenen, rasigen Assoziationen.

7. Die Anzahl der ausgezählten Pollenkörner in der betreffenden Sedimenttiefe.

8. Die Klimazonen.

Die palynologischen Untersuchungen der einzelnen Höhlen

Die geographische Verbreitung und die Höhenlage der untersuchten Höhlen ergibt sich aus der folgenden Liste.

Im Jura:

Die Höhle von Cotencher. 659 m ü.M. Westlich von Neuchâtel, im Val de Travers.

Die Birmatten-Basisgrotte. 339 m ü.M. Im Birstal, östlich von Laufen.

Die Kastelhöhle. 398 m ü.M. In einem Seitental des Birs-
tales, südlich der Birmatten-Basisgrotte.

In den Nordalpen:

Les Dentaux. 1650 m ü.M. Östlich des Genfersees, im
Massiv der Rochers de Naye.

Das Ranggiloch. 1845 m ü.M. Im Simmental, westlich
Boltigen.

Das Schnurenloch. 1230 m ü.M. Im Simmental, nördlich
Oberwil.

Das Chilchli. 1810 m ü.M. Im Simmental, westlich des
Stockhorn Gipfels.

Das Wildenmannlisloch. 1628 m ü.M. In den Churfir-
sten nördlich des Walensees.

Das Drachenloch. 2427 m ü.M. Im Pizol-Gebiet, nord-
westlich von Chur.

Die Rinderhöhle. 1330 m ü.M. Vorarlberg, südlich
Dornbirn.

Die Mönchshöhle. 1310 m ü.M. Vorarlberg, südlich
Dornbirn.

Die Birmatten-Basisgrotte und die Kastelhöhle befinden
sich im ehemals unvergletschert gebliebenen Gebiet, je-
doch nicht sehr weit entfernt von den maximalen
Gletscherständen der Riss- und der Würm-Eiszeit. Die
andern Stationen liegen im Glazialbereich. Das Drachen-
loch ragte während der Kaltzeiten über die Gletscher-
felder empor. Auch das Wildenmannlisloch, das Ranggi-
loch und das Chilchli wurden zur Würmeiszeit von den
Gletschern nicht überfahren. Die übrigen Höhlen waren
kürzere oder längere Zeit, vielleicht mehrmals, von
Gletschereis bedeckt. Über das Ausmass und die Dauer
der Gletscherstände während der verschiedenen Phasen
der Würmeiszeit ist leider für die einzelnen Stellen nichts
bekannt. Es lässt sich deshalb auch nichts Sicheres aus-
sagen, in welchem Zeitpunkt eine Höhle in den Bereich
eines Gletschers gelangt ist.

Die Stationen werden in der gleichen Reihenfolge be-
handelt wie in der sedimentanalytischen Arbeit von
E. Schmid (1958). Die Höhlen, die Geschichte ihrer Er-
forschung und die Fundschichten sind nur so weit be-
schrieben, als dies für eine allgemeine Orientierung und
für das Verständnis der Pollenanalysen nötig ist.

1. Die Höhle von Cotencher

Lage und Beschaffenheit

Die Höhle befindet sich in der Gemeinde Rochefort, im
Süden des Neuenburger Juras, und zwar in der linken
Flanke der Areuseschlucht des Val de Travers. Auf der
Landeskarte der Schweiz ist sie auf dem Blatt 242 Aven-
ches im Schnittpunkt der Koordinaten 551 620 / 201 600
eingezeichnet.

Mit 659 m Meereshöhe liegt sie in der Buchenwaldstufe.
Da der Hang (la côte des Puries) gegen Süden exponiert
und nur 5 km vom Neuenburgersee entfernt ist, dringen
Vertreter des Eichenmischwaldes weit ins Tal hinein. Bei
Cotencher spielen sie noch eine beträchtliche Rolle. So-
gar der wärmeliebende stumpfblättrige Ahorn (*Acer*
Opalus Miller) gedeiht gut. Diese warme Klimakompo-
nente findet ihren Gegensatz in den sich südlich und
nördlich des Val de Travers erhebenden Hochebenen des
Juras, die für ihre extreme Winterkälte bekannt sind.

Die Höhle führt weiter als 25 m nordwärts in den Berg
hinein. Der Höhlenmund öffnet sich an der Grenze zur
Gemeinde Boudry. An der weitesten Stelle ist die Höhle
11 m breit. Hinten steigen zwei und vorn an der Ostwand
ein Kamin in die Höhe. Der vordere Höhlenteil hat heute
die Gestalt eines Felsschirms. Da nur wenige Meter Fels
die Höhle überragen, ist sie als oberflächennahe Höhle zu
taxieren. Die zerstörenden Kräfte des durch die Felsspal-

ten rieselnden Wassers haben eine endogene Höhle ge-
staltet.

Erforschung

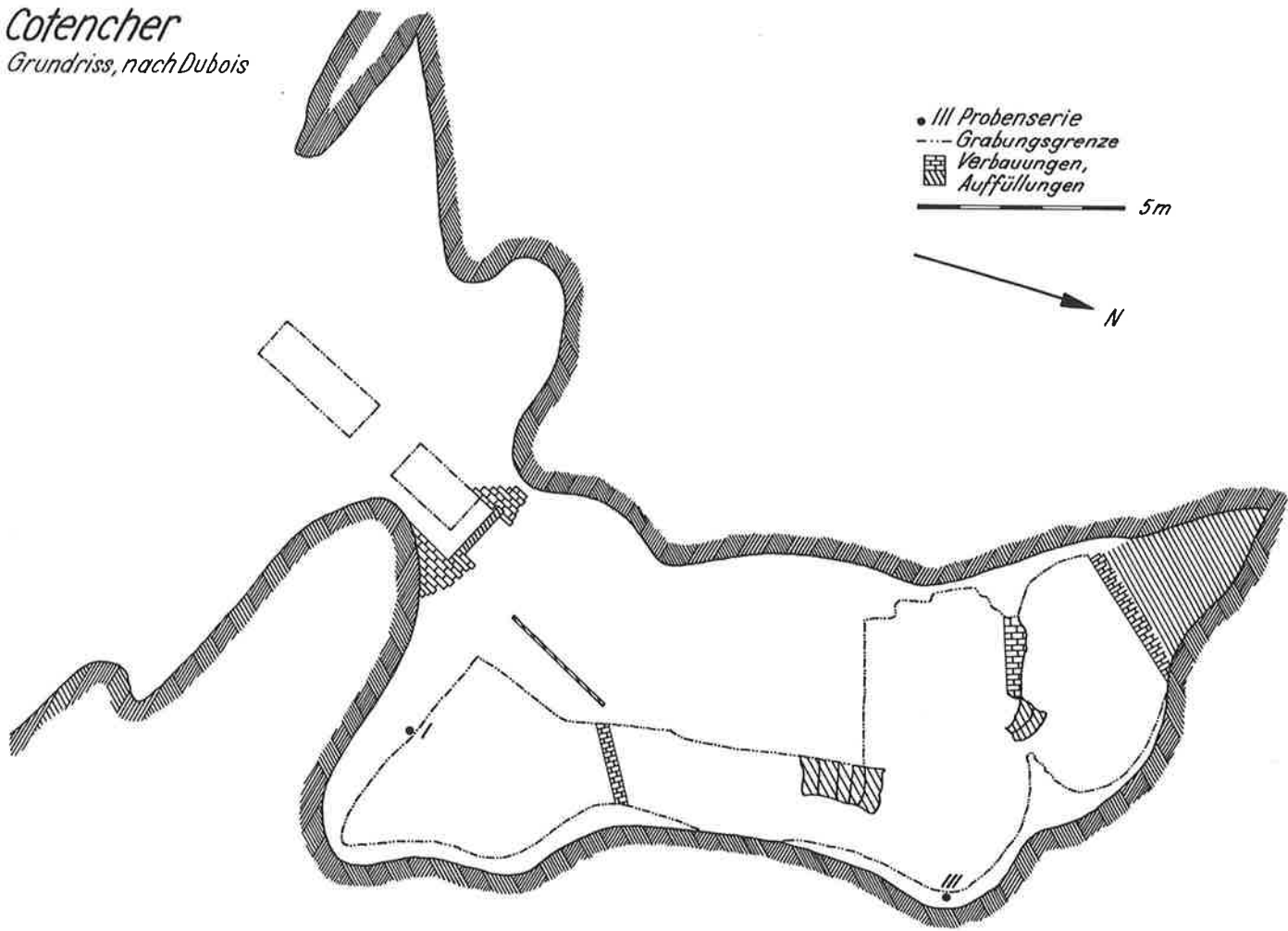
Anlässlich der ersten Grabungen im Jahre 1867 brachten
Henri Louis Otz und Charles Knab Knochen des Höhlen-
bären an den Tag. 1916 bis 1918 führten Auguste Dubois
und H. G. Stehlin die bekannten systematischen Grabun-
gen durch, wobei sie Steinwerkzeuge der Moustérienkul-
tur fanden. Sie unterschieden von unten nach oben die
folgenden Schichten:

a. L'argile du fond (argile plastique jaune). Der gelbe
Basislehm ist nur an den tiefsten Stellen der Höhle vor-
handen, wo er bis 80 cm mächtig ist.

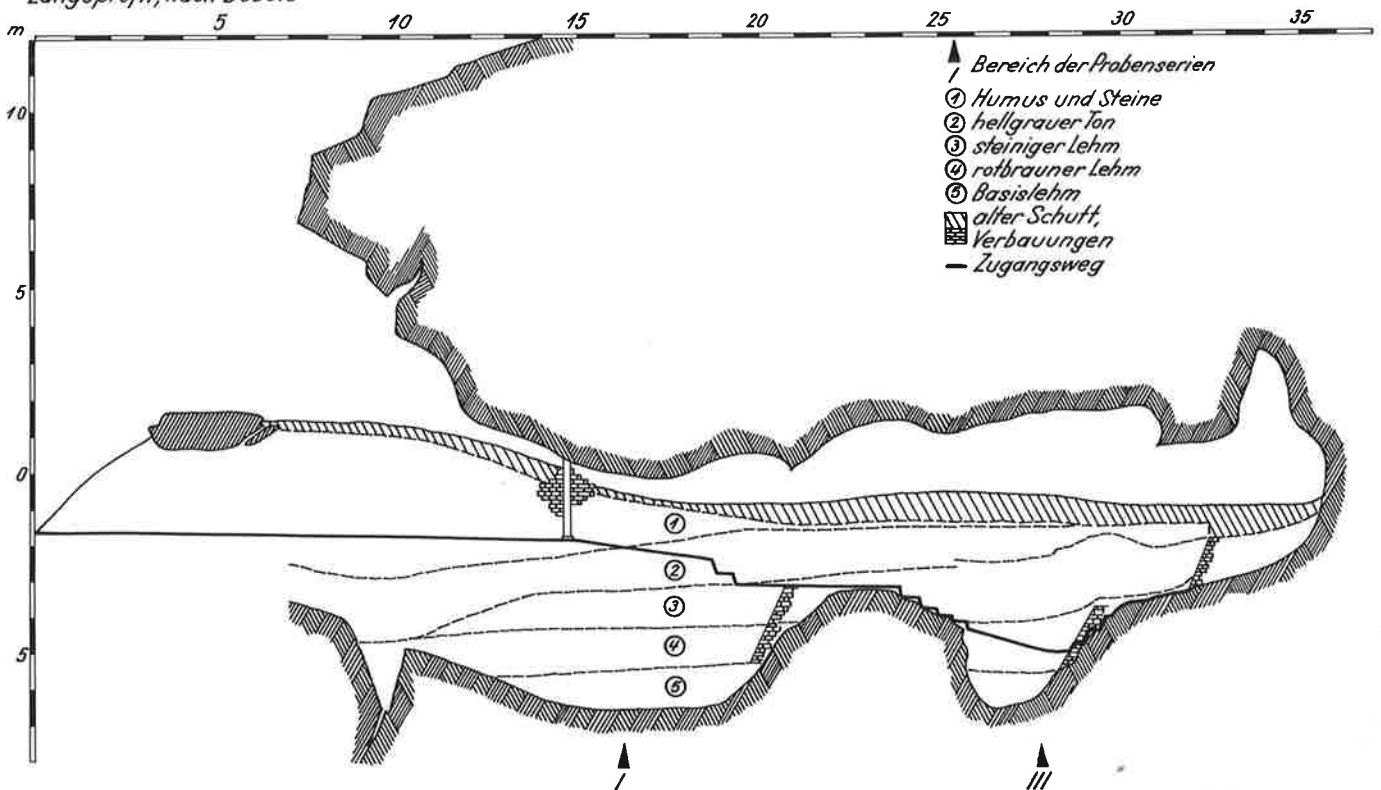
b. La couche brune (terreau brun phosphaté). Der rot-
braune Lehm, bis 150 cm mächtig, enthält die Überreste
einer vielfältigen Fauna. 95% des Knochenmaterials
stammt vom Höhlenbären. 42 Silexgeräte weisen auf
Moustérien hin.

c. La couche à galets. Der steinige Lehm erreicht an der
mächtigsten Stelle 180 cm. Unter dem Felsschirm keilt
die Schicht aus. Das faunistische Inventar unterscheidet
sich kaum von demjenigen der liegenden Schicht. Die 343

Cotencher
Grundriss, nach Dubois



Cotencher
Längsprofil, nach Dubois



gefundenen Silexwerkzeuge gehören ebenfalls ins Moustérien.

d. La couche blanche (argile blanche). Der hellgraue Ton lagert bis 170 cm hoch. Nach hinten verschwindet er ganz.

e. La stalagmite. Die Sinterschicht ist nur dünn und lediglich im hintern Höhlenteil gut entwickelt.

f. L'éboulis. Abwitterungsmaterial der Höhlenstirn, Deckenbruch und Gehängeschutt erzeugten vor allem unter dem Felsschirm eine beträchtliche, bis 4 m mächtige Deckschicht, die gegen die Höhlenmitte hin ausläuft. Die obere Zone dieser Schicht enthält viel Humus. An der Schichtbasis wurden im östlichen Höhlenteil hinter dem Abri frühromische Funde geborgen. Weiter oben kam eine im Jahre 162 geschlagene Münze des römischen Kaisers Mark Aurel zum Vorschein. Noch höher lagen einige Kupfermünzen aus dem 14./15. Jahrhundert.

Die Ausgräber legten die Ergebnisse in einer umfangreichen Publikation dar (Dubois und Stehlin 1932 und 1933).

Pollenproben

Das Material der analysierten Proben stammt von zwei Stellen im Höhleninnern. Die Probenserie I wurde an der südlichen Schichtwand herausgestochen, die von den Grabungen im Jahr 1918 stehen geblieben war. Der Felsriegel, der die Höhle in Felsschirm und Inneres gliedert, geht nicht von der Höhlendecke bis auf den Boden, sondern reicht lediglich bis in die oberste Sedimentschicht hinunter. Die Höhleneinfüllung zieht somit ungestört unter dem Felsriegel hindurch. Der Ort der Probenentnahme liegt folglich nicht am Rand einer Nische – wie es die Grundrisszeichnung vermuten lässt –, sondern in der Höhlenfläche (Schmid 1958).

Im hintern Höhlenteil blieb bei den frühern Grabungen der östlichen Felswand entlang ein schmales Stück der Sedimentfolge stehen. Daraus wurden die mit Serie III bezeichneten Proben genommen.

Probenserie I

Als Bezugslinie diente die von Dubois und Stehlin festgelegte Nulllinie in 658,94 m ü. M. Der Basislehm wurde beim Fassen der Proben leider nicht erreicht.

Der rotbraune Lehm, die untere Fundschicht, reicht bis 305 cm unter die Nulllinie hinauf. Bis 324 cm liegen viele teilweise bis 10 cm grosse Steine im Lehm. Zwischen 324 und 305 cm sind kleine Steine dicht gelagert. Der Pollen ist ausgesprochen schlecht erhalten. Während nur einige Föhren vorhanden sind, erreichen die Kräuter in mehreren Proben über 1000 Körner. Besonders stark vertreten sind die Gräser, die ligulifloren und die tubulifloren Compositen. Der Caryophyllaceentyp weist gegen 100 Pollenkörner auf. Umbelliferen und Campanulaceen sind in den tiefsten Proben häufig.

Der steinige Lehm, die obere Fundschicht, endet bei 160 cm. Stratigraphisch fällt auf, dass bis 189 cm viele kleine Steine in rotbraunem Lehm eingelagert sind (in 230 cm Tiefe fanden sich jedoch auch bis 12 cm grosse), während sie darüber grösser sind und der Lehm dunkelgraubraun ist. Bereits in den obersten Proben der untern Fundschicht ändert die Zusammensetzung des Pollens. Die Nichtbaumpollenwerte sinken beträchtlich und rasch. Dagegen beginnt die Fichte eine geschlossene Kurve zu bilden. Am Übergang zur obern Fundschicht er-

reicht die Föhre etwas höhere Werte. Pollenanalytisch lässt sich die obere Fundschicht in einen tiefern, pollenarmen Teil und einen höhern Abschnitt gliedern, der wenig unter der Zone mit den 12 cm grossen Steinen beginnt. In der höhern Partie schwellen die Nichtbaumpollenwerte an, besonders die Gramineen, die tubulifloren und die ligulifloren Compositen. Artemisia nimmt merklich zu. Beim Baumpollen dominieren die Föhren. Etwas weniger treten die Hasel, die Fichte und die Birke in Erscheinung. Die höchsten Proben sind wieder pollenarm.

Über der obern Fundschicht sedimentierte bräunlich hellgrauer Ton. Das einheitliche Material steigt bis 109 cm hinauf. Der Pollen zeichnet sich durch viel liguliflore Compositen aus. Auch die Föhrenzahlen steigen an. Zudem weist der Dryopteris-Typ erstmals ein Kurvenmaximum auf.

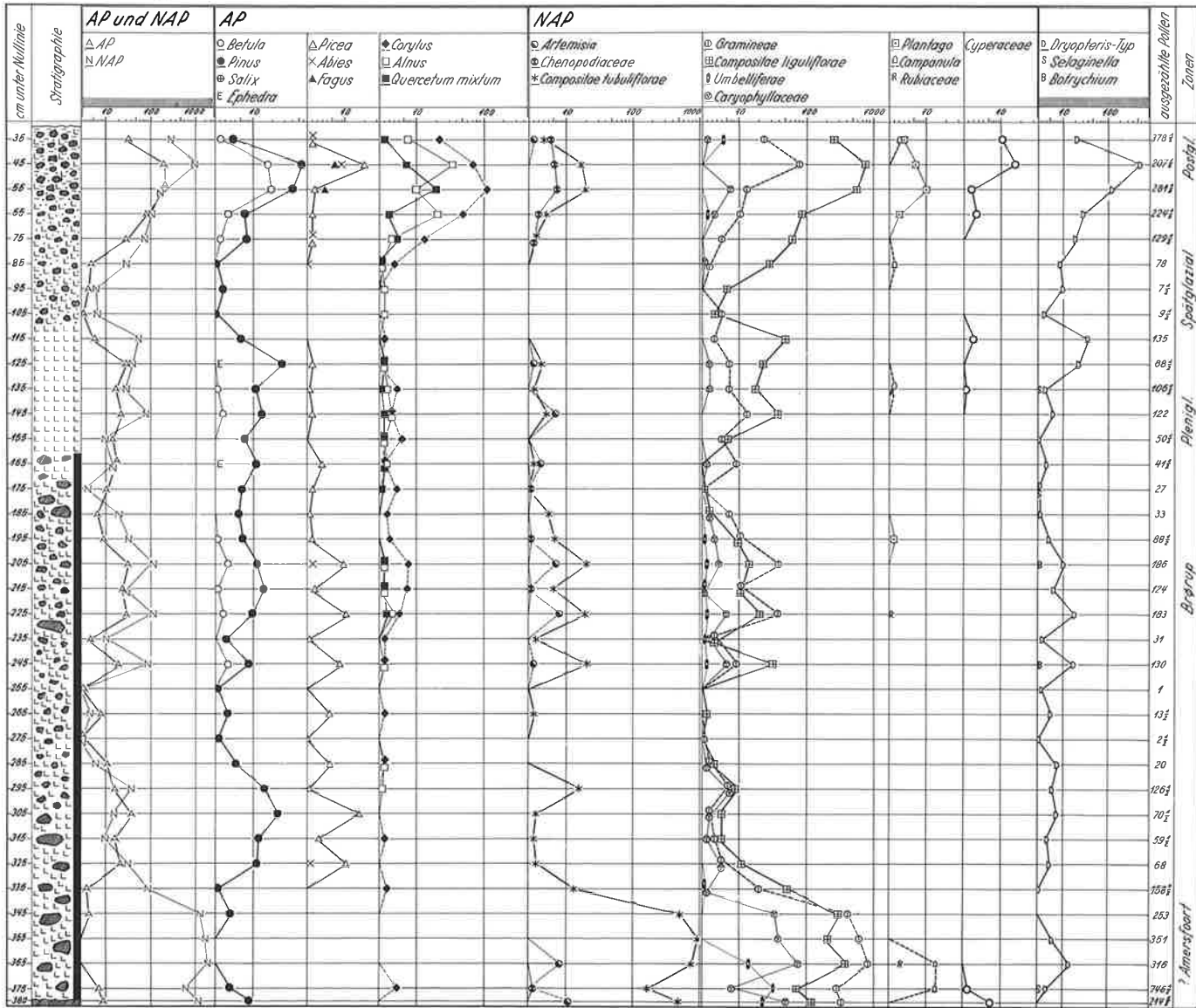
Das hellgraue sandige Material, das über dem Ton bis in 60 cm Höhe steigt, ist grösstenteils Sinter (Schmid 1958). Pollen ist äusserst spärlich vorhanden.

Die Ablagerungen enden 30 cm unter der Nulllinie. Die oberste Schicht besteht aus dunkelbraunem Humus, der stark von kleinen Steinen durchsetzt und von Wurzeln durchwachsen ist. In diesem Diagrammabschnitt steigen, mit Ausnahme der obersten Probe, alle Pollentypen stark an. Die Fichte gipfelt etwas später als die Birke, die Hasel und der Eichenmischwald. Der Nichtbaumpollen behält die Oberhand. Die Hauptmenge liefern liguliflore Compositen. Reichlich vertreten sind die Gräser und die tubulifloren Compositen. Plantago und die Cyperaceen bilden in den vier obersten Proben eine geschlossene Kurve. Der Dryopteris-Typ erreicht in der vorletzten Probe sein absolutes Maximum.

Probenserie III

Die unterste bei der Probenentnahme erreichte Schicht von 450 cm bis 348 cm unter der Nulllinie unterscheidet sich vom rotbraunen Lehm der Serie I vor allem dadurch, dass die eingeschlossenen Steine gross sind. Der Polleninhalt der drei untersten Proben ist gering. In 406 cm Tiefe gipfeln die Föhren- und die Fichtenwerte. Unter den Kräutern gelangen die Caryophyllaceen und die tubulifloren Compositen zu grössern Werten, während die ligulifloren Compositen und die Gramineen etwas weiter oben stark vertreten sind. In den drei obersten Proben dieser Schicht geht die Pollenmenge mit Ausnahme der ligulifloren Compositen wieder zurück.

Die obere Fundschicht lässt sich stratigraphisch in zwei Abschnitte gliedern. Bis in 238 cm Höhe sind in rotbraunem Lehm viele kleine Steine eingebettet, ausser in 5 cm mächtigen Bändern, in denen Steine nahezu fehlen. Der obere Abschnitt enthält zuweilen grosse Steine und etwas Sinter. Aufgrund des Pollendiagramms muss die obere Fundschicht jedoch folgendermassen unterteilt werden. Tiefer als 280 cm bleiben die einzelnen Kurven niedrig und zeigen bloss ab und zu schwache Schwankungen. Hingewiesen sei immerhin auf den erhöhten Gehalt an Fichten- und Föhrenpollen um 315 cm und auf den Kräuterpollengipfel in 295 cm Tiefe. Im obern Teil ist das Maximum des Nichtbaumpollens ausserordentlich deutlich geprägt. Dieser Diagrammabschnitt lässt sich unschwer in drei Phasen unterteilen. In der mittleren erreichen die Gramineen, die tubulifloren Compositen, Artemisia, die Chenopodiaceen und die Rubiaceen ihre Höchstwerte. Unter und über den Extremwerten dieser Pollentypen gipfeln die Kurven der ligulifloren Compositen und des Dryopteris-Typs. Vertreter der Caryophyllaceen und der Umbelliferen erlangen in jeder der drei Phasen grosse Geltung. Die Bäume sind prozentual unbedeutend.



Der hellgraue Ton bildet in der hintern Höhlenregion die oberste Schicht der Sedimente. Er umfasst die Proben zwischen 182 cm und 140 cm unter der Nulllinie. Die Pollenmenge ist gering. Die Bäume sind stärker vertreten als die Kräuter. Die Föhren dominieren. In der obersten Probe gewinnt die Hasel an Einfluss.

Vegetationsfolge und Zeitbestimmung

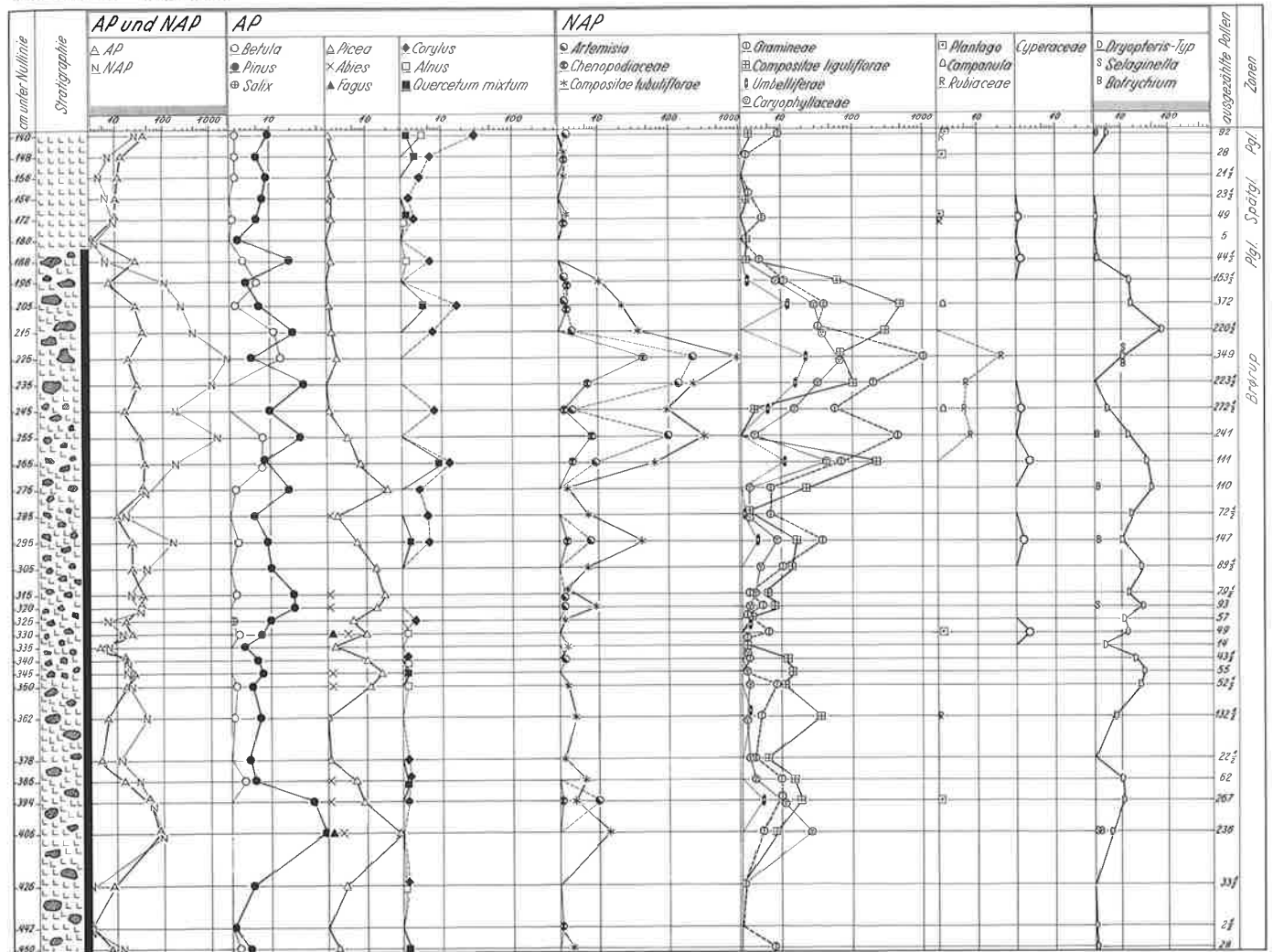
Es ist schwierig, die Fundschichten zeitlich zu fixieren. Drei Varianten fallen in der Zusammenschau der Kulturschichten von Cotencher mit denen anderer paläolithischer Stationen in Betracht:

1. Eem-Interglazial
2. Interstadial im vorgerückten Glazial
3. Interstadial zu Beginn des Glazials.

Eine ausgesprochene Warmphase mit reichlich Laubbäumen, wie sie im Riss-Würm-Interglazial bekannt ist, ist in den vorliegenden Diagrammen nicht festzustellen. Einige Pollenkörner wärmeliebender Bäume sind vorhanden. Ihre Mengen genügen aber nicht, um auf die Eem-Warmzeit zu schliessen; sie genügen auch nicht, wenn noch etwas möglicherweise bis zur Unkenntlichkeit korrodierter Eichenblütenstaub hinzuzurechnen wäre. Die Möglich-

keit, dass der untere Diagrammabschnitt dem Ende des Riss-Würm-Interglazials entspricht, ist kaum in Betracht zu ziehen: Die Werte der Föhre sind zu gering. Die Birke und die Fichte fehlen ganz.

Die schwache Entwicklung der klimatisch bessern Diagrammabschnitte spricht vielmehr für eine interstadiale als für eine interglaziale Ablagerungszeit. Die untere Fundschicht zeigt in den beiden Diagrammen ganz verschiedene Kurven. Diejenigen von Diagramm III sind in diesem Abschnitt weniger zuverlässig. Die von den Ausgräbern an der Felswand stehengelassene Sedimentfolge wird nach unten ständig schmaler, so dass von oben her dem Fels entlang leicht Fundmaterial in die autochthonen Sedimente eindringen konnte. Diese Tatsache wurde auch aufgrund der Sedimentanalysen festgestellt (Schmid 1958). Diagramm I lässt in der unteren Fundschicht beträchtliche Pollenmengen erkennen. Beide Diagramme zeigen beim Schichtwechsel sehr geringe Pollenzahlen und weisen im untersten Abschnitt der oberen Fundschicht nur noch vereinzelt Pollen auf. Die obere Fundschicht verzeichnet im oberen Teil des Diagrammes III zahlreiche Höchstwerte. Diese finden im Diagramm I deutlich ihre Parallelen, jedoch in bedeutend geringeren absoluten Werten. Da die Fundschichten in ihrer ganzen Mächtigkeit ziemlich gleichartig sind, dürfte es berechtigt sein, aus diesen beachtlichen Schwankungen der Pollen-



mengen auf die Vegetation zu schliessen. Aus den zahlreichen Pollentypen und ihren ausserordentlich grossen Mengen im Diagramm I von 380 cm bis 345 cm darf mit Bestimmtheit eine reiche Vegetation hergeleitet werden; sogar wenn mit starkem Polleneintrag durch Tiere zu rechnen wäre. Geschlossene Rasen müssen den Boden bedeckt haben. Jedoch konnte kein Wald gedeihen. Die nur spärlichen Baumpollenkörner weisen darauf hin, dass sich die Schicht in einem Abschnitt der Eiszeit gebildet hat.

Bis 255 cm im Diagramm I und bis 285 cm im Diagramm III sind die Pollenmengen so gering, dass sie für sehr ungünstige Klimaphasen sprechen. Schwierig gestaltet sich die Interpretation des Baumpollens. Seine Summe bleibt in allen Proben unter vierzig Körnern. Die Zusammensetzung schwankt etwas. Ein grosser Teil dürfte sekundär sein. Bei den Föhren und Birken, wohl etwa auch bei den Fichten, ist an Fernflug zu denken. Der Pollen des Eichenmischwaldes und des Haselstrauches könnte aus jüngeren Schichten durch Trocknungsrisse hinuntergesickert sein (einige rezente Haselkörner in Probenreihe III sind im Diagramm nicht dargestellt) oder aus interglazialer umgelagerter Material stammen. Die schlechte bis sehr schlechte Erhaltung des Pollens weist in dieser Richtung.

Der Abschnitt der obren Fundschicht, welcher im Diagramm I höher als 255 cm und im Diagramm III höher als 285 cm liegt, enthält grosse Pollenmengen und viele Pollentypen. Erneut ist zur Zeit ihrer Ablagerung eine vielfältige Vegetation gewachsen. Die ausgeprägteren Er-

gebnisse im Diagramm III können verschiedene Ursachen haben. Der Wind, der den Blütenstaub eingetragen hat, mag in der hintern Höhlenregion durch die in der Höhle vorhandene Luft geschwächt worden sein. Dadurch ist der Pollen im hintern Teil reichlicher sedimentiert. Möglicherweise waren in diesem Höhlenabschnitt mehr durchlässige Spalten im Fels als weiter vorn, so dass hier vermehrt Material von der Felsoberfläche einsickern konnte. Ein Teil des Pollens wird von den Höhlenbären eingetragen worden sein, die für ihr Lager die hinteren Höhlenräume bevorzugten. Diese und wohl noch andere Faktoren erklären die grösseren Pollenmengen im Diagramm III.

Die Kurvenmaxima des Kräuterpollens lassen sich in drei Gruppen aufteilen. Die tubulifloren Compositen, die Artemisien, die Chenopodiaceen, die Gramineen und die Rubiaceen kulminieren gleichzeitig. Vielleicht ist hier auch Botrychium (Mondraute) anzuschliessen. Eine zweite Gruppe bilden die ligulifloren Compositen zusammen mit dem Dryopteris-Typ. Die Umbelliferen und die Caryophyllaceen nehmen eine Zwischenstellung ein, indem sie ihre Höchstwerte gleichzeitig mit jeder der beiden andern Gruppen erreichen. Die zweite Gruppe dominierte sowohl vor als auch nach der Hauptentfaltung der ersten Gruppe. In der ersten Gruppe überwiegen die Vertreter eines eher trockenen Klimas, während die beiden Typen der zweiten Gruppe mässig feuchte Pflanzengesellschaften repräsentieren. Es ergibt sich der folgende Klimaablauf: Auf eine etwas feuchtere Phase folgte eine längere trockenere Zeit, die wieder von einer feuchten Periode abgelöst wurde.

Der steile Abfall der Kurven in den obersten Proben der obern Fundschicht kennzeichnet eine starke und rasche Klimaverschlechterung. Der hellgraue Ton wird unter anhaltend ungünstigen Verhältnissen durch Ritzen des Felsens eingesickert sein. Im Diagramm I wird durch die erhöhten Werte der ligulifloren Compositen und des Dryopteris-Typs eine vorübergehend etwas wärmere Phase angedeutet. Im ganzen Diagramm III und im Diagramm I bis 85 cm ist der spärliche Baumpollen weitgehend mit Umlagerungen und Fernflug zu erklären.

Über 85 cm ist der Blütenstaub der Bäume reichlich. Föhren, Birken, Haselsträucher und Vertreter des Eichenmischwaldes breiten sich aus. Etwas später folgen Fichten, Buchen und Weisstannen. Die lange Haseldominanz darf an diesem Standort nicht verwundern. Die angemessenen vertretenen Erlen runden den Charakter der Schluchtvegetation gut ab. Die mächtig aufkommenden ligulifloren Compositen, die Farne und die Cyperaceen der obersten Proben betonen die feuchten Stellen der Schlucht. Diese Entwicklung entspricht der postglazialen Waldfolge.

Der liegende hellgraue Ton ist sehr wahrscheinlich im Spätglazial sedimentiert. Die mittlere Partie, die allerdings nur im Diagramm I durch die ligulifloren Compositen, die Farne und die grösseren Föhrenpollenmengen markiert ist, könnte die Allerödschwankung darstellen. Den ersten Gipfel dieser bessern Phase der Böllingschwankung zuordnen, hiesse wohl die Aussagekraft des Diagramms überschätzen.

Die extremen Klimabedingungen des Pleniglazials, vom Ende der Frühwürminterstadiale bis zum Beginn des Spätglazials, verunmöglichten offensichtlich die Sedimentation in der Höhle. Zwischen dem hellgrauen Ton und der obern Fundschicht fehlt deshalb ein dieser langen Dauer entsprechendes Sediment.

Die starke Entwicklung des Kräuterpollens in der obern Fundschicht mag in ein Interstadial im vorgerückten Glazial, zum Beispiel ins Paudorf-Interstadial, oder in ein Interstadial zu Beginn des Glazials fallen. Die letzte Variante dürfte stärker ins Gewicht fallen. Nachdem sich das Klima derart verschlechtert hatte, dass durch Dauerfrost die Sedimentation durch Spalten verhindert war, ist im unmittelbaren Bereich des Gletschers kaum – wie in periglazialen Gebieten – mit einer bessern Phase zu rechnen, die Pflanzenwuchs ermöglicht hätte. Ich möchte deshalb diese im Pollenbild markante Klimabesserung dem Brörup-Interstadial zuordnen. Diese Ansicht wird durch die folgende Beobachtung gestützt. Die Pollenkörner der Fichte sind auffällig klein, was auf *Picea omorikoides* schliessen lässt. Diese Fichtenart ist für die Zeitdauer von der Hainbuchen-Fichtenzeit des Eem-Interglazials (Abschnitt V) bis zum Brörup-Interstadial, besonders häufig jedoch für das Brörup-Interstadial nachgewiesen worden (W. Zagwijn 1961, S. T. Andersen 1961, P. Filzer 1967). Es ist nicht völlig abwegig anzunehmen, dass der Baum in näherer oder weiterer Entfernung von der Höhle gedeihen konnte. Der autochthone Anteil am Baumpollen ist nicht zu ermitteln.

Der pollenreiche Abschnitt der untern Fundschicht muss sich folglich während der nächst ältern Wärmeschwankung in die Höhle eingelagert haben. Die niederländischen Forscher bezeichnen diesen Zeitabschnitt als Amersfoort-Interstadial. Anscheinend haben erst die grossen Temperaturschwankungen zu Beginn der Würm-Eiszeit zu ausgedehnten Frostsprengungen geführt und den Fels so weit abgetragen, dass die Höhle geöffnet wurde.

Die beiden Interstadiale, die für die nordische Vergletscherung und die Vergletscherung im süddeutschen

Alpenvorland nachgewiesen worden sind, dürfen nicht leichtfertig für die Vergletscherung am Jurasüdfuss übernommen werden. Da jedoch diese Vergletscherungen die gleichen Ursachen hatten, werden sie sich in ihren grossen Zügen ähnlich verhalten haben. Der Bestand der Arten und ihre Anteile an den Pflanzengesellschaften mögen in den verschiedenen Regionen unterschiedlich gewesen sein. An allen drei Orten jedoch ermöglichte ein besseres Klima eine reichere Entfaltung der Vegetation.

Zusammenfassung

Die einsetzende Kälte der beginnenden Würm-Eiszeit öffnete die Höhle. Die untere Fundschicht wurde im Amersfoort-Interstadial und die obere Fundschicht im Brörup-Interstadial gebildet. Diese beiden Schwankungen konnten somit erstmals im Gebiet des Rhonegletschers pollenanalytisch wahrscheinlich gemacht werden. In beiden interstadialen Zeiten wuchs eine reiche und ausgedehnte Kräutervegetation. Baumwuchs ist für das Brörup-Interstadial möglich. Zwischen den beiden Interstadialen erlaubte das rauhe Klima nur spärliche Vegetation. Mit dem endgültigen Einbruch des Glazials verliessen die Paläolithiker und auch die Höhlenbären ihren Rastplatz. Die Sedimentation setzte aus. Der Rhonegletscher rückte bis in die Gegend von Wangen an der Aare vor. Erst im Spätglazial lagerte sich der hellgraue Ton in die Höhle ein. Die Allerödschwankung zeichnet sich im Pollenbild ab. Der steinige Humus wurde in der Nacheiszeit abgelagert.

Aufgrund dieser Parallelisation liegt eine absolute Datierung der Fundschicht nahe. Die Paläolithiker suchten die Höhle in der Zeitspanne zwischen ungefähr 63 000 und 53 000 v. Chr. auf. Kontinuierliche Besiedlung ist nicht anzunehmen. Es wird sich um einen zeitweiligen Lagerplatz gehandelt haben. In der Römerzeit und im Spätmittelalter diente die Höhle wiederum als Unterschlupf.

Vergleich der pollenanalytischen mit den sedimentanalytischen Resultaten

Im wesentlichen stimmen die Ergebnisse überein. Die Fundschichten werden an Hand beider Methoden in die Frühwürm-Eiszeit datiert. Schon A. Dubois und H. G. Stehlin stellten die Fundschichten in den Anfang der Eiszeit.

Abweichend sind die Auffassungen über die Zuordnung zu den einzelnen Frühwürm-Abschnitten. E. Schmid betrachtet das Material an der Grenze von der untern zur obern Fundschicht als interstadial. Das Göttweig-Interstadial kommt heute nicht mehr in Frage, nachdem sich die Braunerde von Göttweig in Nieder-Österreich als riss-eiszeitlich erwiesen hat (B. Frenzel 1968). Jede der beiden Fundschichten zeichnet sich durch reiche Kräuterpollenspektren aus, so dass es schwer hält, an ein Interstadial zu denken ausgerechnet im pollenarmen Übergangsbereich der beiden Schichten.

In beiden Untersuchungen wird angenommen, das Pleniglazial sei auf die Ablagerung der obern Fundschicht gefolgt. Während des Pleniglazials sedimentierte kein Material auf den Höhlenboden.

Übereinstimmend wird der hellgraue Ton als spätglazial bezeichnet. Sedimentanalytisch umfasst er auch das Boreal. Da Haselpollen noch spärlich vorkommen, dürfte die Sedimentation des hellgrauen Tons bereits im Präboreal zu Ende gegangen sein. Aufgrund der Resultate beider Methoden dauert die Ablagerung des steinigen Humus bis in die Gegenwart an.

2. Das Schnurenloch

Lage und Beschaffenheit

Das Simmental, ein Seitental des Aaretals, verläuft in seinem untern Teil von Westen nach Osten. Im Norden erhebt sich die Stockhornkette. In einem Vorgipfel, dem 1384 m hohen Gsässgrind, öffnet sich nach Süden das Schnurenloch. Die Stelle befindet sich in der Gemeinde Oberwil. Auf dem Blatt 253 Gantrisch der Landeskarte liegt sie im Schnittpunkt der Koordinaten 601 100 / 168 650. Die Höhe über Meer misst 1230 m. Die Bergflanke ist mit Fichtenwald bestanden. Der Buchenwald dringt in der Talniederung weit über Oberwil hinauf ins Obersimmental vor. Häufig sind Weisstannen den Buchenbeständen beigemischt. Der ährige Ehrenpreis (*Veronica spicata* L.) weist auf wärmere und trockenere Standorte hin.

Die Höhle ist ein über 25 m langer Gang, der ungefähr in seiner Mitte um 5 m nach Osten versetzt ist. Die Breite variiert von 2 m bis 5 m. Obwohl sich der Gsässgrind 150 m über das Schnurenloch erhebt, dringt Wasser durch Ritzen und besonders durch einen grossen Längsspalt der Höhlendecke. Der Fels der Höhle ist Malmkalk. Etwa 1 km östlich des Schnurenlochs, beim Weissenburgbad, ist eine geologische Verwerfung festgestellt, die weit gegen Westen Risse im Fels verursacht hat (Bieri 1925). Ein solcher Riss wurde durch Erosion zur Höhle erweitert.

Im Jahre 1949 wurde das Schnurenloch unter Naturschutz gestellt.

Erforschung

Die Höhle wurde durch David Andrist, Walter Flükiger und Albert Andrist von 1928 bis 1941 untersucht. Sie stellten die folgenden Schichten fest:

Das unterste Material ist Ton. Ockergelbe Lagen wechseln mit schmalen grünweissen. Schmid (1958) stellte fest, dass die Tonteilchen der grünweissen Sedimente stärker verbacken waren. 14 m hinter dem Eingang stiessen die Ausgräber 2,70 m in den basalen Ton vor, ohne die Felsunterlage zu erreichen.

Die Höhlenbärenschiicht besteht aus Lehm und Steinen. Im äusseren Höhlenteil, dem Dom, war sie einfach und von braunroter Farbe. Weiter innen liess sie sich in vier nach Farbe und Struktur verschiedene Zonen gliedern. Die unterste Zone hat einen braunen Farbton. Die eingeschlossenen Steine sind stark verwittert. Die Knochen stammen zum überwiegenden Teil, wie in allen vier Zonen, vom Höhlenbären. Zudem fanden sich neben den heute noch in den Alpen lebenden Säugern Knochen des Alpenwolfs, des Moschusochsen, des Edelhirsches und des Höhlenpanthers. Ein Halbmondmesser und ein Halbbrundmesser mit Schabkerbe beweisen, dass Menschen wenigstens zeitweilig die Höhle aufgesucht haben. Beide Werkzeuge bestehen aus Quarzit. Das Halbmondmesser ist typologisch ins Moustérien einzustufen. Das Halbbrundmesser weist ebenfalls Anklänge an diese Kultur auf. Der Lehm der nächst höhern Zone zeigt einen grünen Farbton und ist sehr kompakt. Er enthält nur wenig kleine Steine, die etwas weniger stark verwittert sind als im Liegenden. Zudem lagerten sich einige grössere Blöcke ein. Die tierischen Einschlüsse lassen auf eine ebenso artenreiche Fauna schliessen wie in der braunen Zone. Speziell genannt seien Knochen des Vielfrasses, des Eisfuchses und des Edelhirsches. Das einzige aus dem grünen Lehm gehobene Werkzeug besteht aus Quarzit.

Es kann als dicke Breitspitze dem Moustérien zugewiesen werden. Über der grünen Zone sedimentierte violetter Lehm, wenig kleine Gesteine und reichlich grössere Blöcke. Neben anstehendem Malmkalk kommen auch höhlenfremde Kalke vor. Ausser dem Höhlenbären wurden nur der gemeine Fuchs, der Steinbock und das Murmeltier nachgewiesen. Die Fauna ist ärmer an Arten als in den beiden liegenden Zonen. Geräte, die auf die Anwesenheit des Menschen hinweisen, fehlen. Die oberste der vier Zonen der Höhlenbärenschiicht ist lockerer roter Lehm. Er enthält viele kantige Steine und Blöcke aus dem anstehenden Malmkalk. Das Knochenmaterial entspricht demjenigen der violetten Zone. Das einzige Werkzeug ist ein dünnes Messerchen aus Feuerstein. Die typologische Zuordnung ist schwierig. Jungpaläolithikum ist wahrscheinlich, Mesolithikum ist nicht ganz auszuschliessen. Die gesamte Höhlenbärenschiicht ist durchschnittlich 1,2 m mächtig.

Über der Höhlenbärenschiicht bildete sich eine Steinschiicht. Sie besteht aus verschiedenen grossen Malmblöcken. Die grösste Schichthöhe mass 46 cm; stellenweise fehlte sie jedoch ganz. Gegen das Ende der Höhle wird sie allgemein niedriger. Zwischen die Steine sedimentierte Streifenton. Die Tonschichtchen strichen über die Steine. Daraus ist zu schliessen, dass sich der Ton nach den Steinen abgesetzt hat. Einige Knochen von Höhlenbären konnten auch noch in dieser Schicht festgestellt werden. Geräte oder andere Hinweise auf die Anwesenheit des Menschen fanden sich nicht.

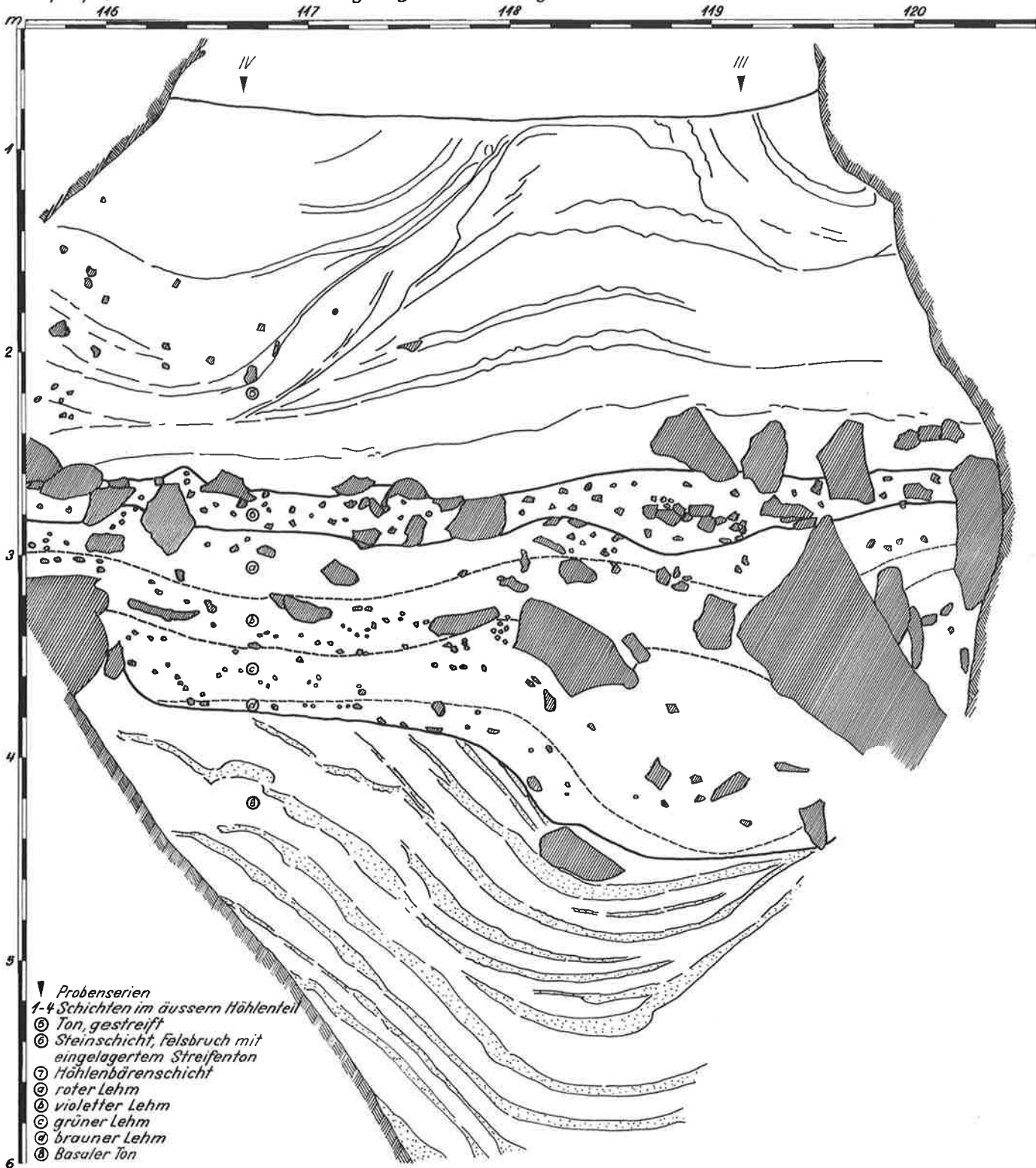
Über der Steinschiicht stand gestreifter Ton fast 2 m hoch an. Hinter dem 14. Meter vom Eingang ist der Streifenton die oberste Schicht. Er lässt sich strukturell in drei verschiedene Zonen unterteilen. In der unteren gelbgrauen Zone ziehen die Tonschichtchen zusammenhängend von einer Höhlenwand zur andern. Ein 2 cm dickes, grobkörniges, weisses Schichtchen trennt die gelbgraue von der mittleren dunkelgraubraunen Zone. Die Schichtchen dieser Zone dehnten sich in ihrer untersten Partie ebenfalls von Wand zu Wand aus. Später erhöhten sie nur den mittleren Bereich der Höhlenbreite, so dass sich ein Sedimentrücken aufbaute. Als dritte Zone sedimentierte in die zwischen Felswand und Sedimentrücken verbliebenen Räume gelblichgrauer, gröberer Ton. Im Streifentonkomplex wurden kaum Steine und keine Artefakte festgestellt. Die Ausgräber erklären die Entstehung des bizarren Gebildes, wohl mit Recht, folgendermassen. Der Ton der horizontalen, durchgehenden Schichtchen sickerte durch Spalten der Höhlendecke in einen Wassertümpel. Später ging der Tümpel ein und trüg fliessender Ton errichtete den Sedimentrücken. Zeitweilige Austrocknungen verursachten Verwerfungen in den Tonschichtchen. Als wieder mehr Wasser durch die Felsritzen drang, glich der gröbere Ton das Niveau seitlich des Sedimentrückens aus.

Im vordern Höhlenteil, vor dem 14. Meter vom Eingang, sedimentierten über dem Streifenton noch vier Schichten. Bis 80 cm ungeschichteter Ton bedeckte den Streifenton. Darüber lagerte bis 40 cm Erde, die zahlreiche bronzezeitliche Funde enthielt. Die hangende Schicht bestand aus 2–30 cm grobkörnigem Kalksinter. Wenige Zentimeter Kalksand bildeten den Abschluss der Höhleneinfüllung.

Vorläufige Berichte über die Grabungsetappen erschienen von 1929 bis 1937 im Jahrbuch des Bernischen Historischen Museums. 1964 legten die Ausgräber eine umfassende Gesamtdarstellung der Steinzeit des Simmentals vor (Andrist, Flükiger und Andrist 1964).

Schnurenloch

Querprofil, 19,5 m vom Höhleneingang, nach Flükiger



Pollenproben

Die Ausgräber bauten die Sedimente bis 19,5 m hinter den Eingang ab. Um die restlichen Ablagerungen für zukünftige Forschungen zu erhalten, schützten sie die Profilwand mit einer Balkenverschalung. Nach Entfernung der Verschalung und Abtragung von weitem 30 cm konnte aus ungestörten Sedimenten das Material für die Pollenanalysen gewonnen werden. Zwei Probenserien wurden analysiert. Zu Serie III gehören die Proben der Höhlenbärenschicht aus dem östlichen Teil des Profils.

Serie IV, die in der Westhälfte der Profilwand herausgestochen worden ist, schliesst Proben aus allen Schichten des hintern Höhlenteils ein.

Bereits im Jahre 1952 hatte M. Welten eine senkrechte Probenfolge ungefähr in der Mitte der stehengebliebenen Sedimentwand genommen und hernach analysiert. Freundlicherweise stellte Herr Professor Welten seine Pollenzählung für diese Arbeit zur Verfügung. An der gleichen Stelle wie diese Probenserie V entnahm E. Schmid im Jahre 1952 ihre Sedimentfolge III.

Probenserie IV

Da Serie IV die ganze Ablagerung umfasst, soll sie zuerst beschrieben werden. Die Tiefenangaben beziehen sich auf die von Andrist und Flükiger festgelegte Nulllinie.

Die Proben aus dem basalen Ton enthalten keinen Pollen.

Der braune Lehm der Höhlenbärenschicht reicht von 383–378 cm, der grüne bis 350 cm, der violette bis 312 cm und der rote bis 290 cm. Im ganzen Komplex ist der Krüterpollen reichlich vorhanden. Die Gräser überwiegen beträchtlich. Hohe Werte verzeichnen die tubulifloren und die ligulifloren Compositen, die Caryophyllaceen und die Umbelliferen. Die meisten Krüterpollentypen gehen im grünen Lehm etwas zurück. Die Campanulaceen und die Chenopodiaceen steigen erst im violetten Lehm an und kulminieren im roten Lehm. Die Föhre ist die einzige Baumart, die sich hat nachweisen lassen. In zwei Tiefen fand sich je ein Luftsack eines Pollenkorns.

Die Steinschicht ist an dieser Stelle nur 23 cm mächtig. Die Pollensumme ist verglichen mit derjenigen der liegenden Höhlenbärenschicht wesentlich geringer; im Vergleich mit dem hangenden Ton jedoch merklich grösser. Die ligulifloren Compositen dominieren über die Gramineen.

Sämtliches Material, das die Steinschicht überlagert, ist Streifenton. Schmid (1958, 78) verwendet den Begriff «Streifenton», um ihn vom Bänderton zu unterscheiden, der durch jahreszeitlich unterschiedliche Sedimentation in einem gletschernahen See entsteht. Der Polleninhalte des optisch stark gegliederten Streifentons ist durch den ganzen Komplex hindurch äusserst uniform. Die Pollenmengen sind sehr gering. Die Krüterpollen zeigen keine Besonderheiten. Die Föhren bilden eine geschlossene Kurve; von 165 cm bis 135 cm sind sie etwas häufiger.

Probenserie III

Der Vergleich mit Serie IV zeigt, dass hier nur die Höhlenbärenschicht erfasst ist. Auch die Probe aus 450 cm Tiefe muss der Fossilschicht zugewiesen werden, da der basale Ton pollenleer ist. Die Entwicklung des Krüterpollens entspricht derjenigen der Serie IV. Dagegen ist die Föhre besser vertreten.

Probenserie V

Die Probentiefen beziehen sich auf die Basis der Grabung.

Im basalen Ton sind die Pollen ausserordentlich spärlich. Die Höhlenbärenzonen zeichnen sich, wie in den beiden andern Probenserien, durch sehr viel Krüterpollen aus. Die Gräser dominieren drastisch. Die ligulifloren und die tubulifloren Compositen weisen ansehnliche Pollenmengen auf. Die Föhre ist schwach, jedoch in allen Proben vertreten. Von der Hasel, der Ulme, der Tanne und der Erle sind nur in der braunen und in der grünen Strate Spuren vorhanden.

Verglichen mit der Höhlenbärenschicht ist die Steinschicht pollenärmer. Die Föhrenpollen sind häufiger.

In 200 cm Höhe dominieren die ligulifloren Compositen über die Gräser.

Da der Streifenton nur das Material des Sedimentrückens enthält und die seitlichen, wohl später abgelagerten, verworfenen Tonmassen fehlen, stimmt er nur teilweise mit demjenigen der Probenserie IV überein. Die Pollendichte ist gering. Die Gräser dominieren. Beim Baumpollen ist die Föhre stets vertreten. Hasel-, Ulmen- und Linden-

pollen sind sporadisch vorhanden. Im obern Abschnitt häufen sich etwas grössere Pollenmengen. Aus den Pollenspektren lässt sich eine Parallelisierung des obern Abschnittes der Probenserie V mit den Tonen in 165 cm bis 135 cm Tiefe in der Probenfolge IV herauslesen. Diese Analogie zeigt sich auch weitgehend, jedoch nicht vollkommen, in der Zeichnung der Sedimentwand. Differenzen sind möglich, weil die Stelle der Probenentnahme 30 cm hinter dem gezeichneten Querprofil liegt. Farbunterschiede der Sedimente dürfen nicht ausschliesslich auf grossräumige Klimaänderungen zurückgeführt werden; sie können auch durch innerhalb der Ablagerungen abweichende Feuchtigkeitsverhältnisse und Verdunstungsmöglichkeiten verursacht sein.

Vegetationsfolge und Zeitbestimmung

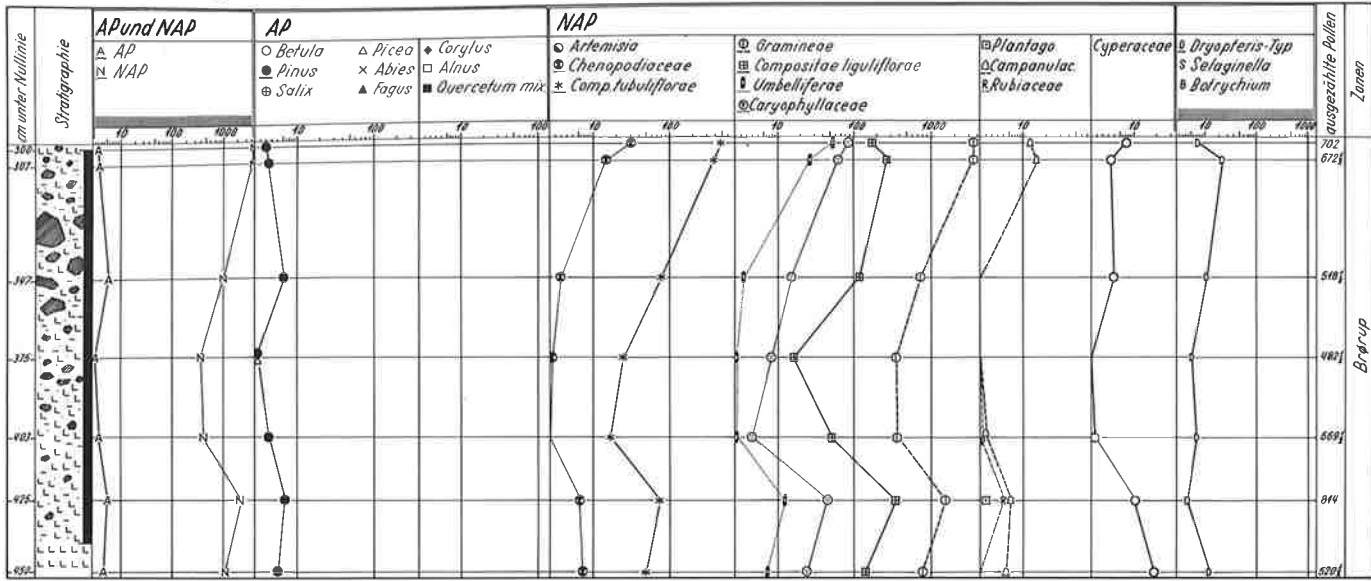
Das Fehlen des Pollens im basalen Ton lässt darauf schliessen, dass kein Blütenstaub von aussen in die Höhle eingeweht werden oder durch Ritzen des überlagernden Felsen eindringen konnte. Die Korrosion verwandelte das Höhlengestein in Ton, noch bevor die Höhle einen Ausgang besass. Die Zeit der Sedimentation ist nicht näher zu ermitteln.

Es wurde versucht, die Höhlenbärenschicht mit Radiokarbondatierungen zu fixieren. Mehr als 10 kg Lehm aus der grünen Zone und ebensoviel aus der violetten und der roten Strate dienten als Untersuchungsmaterial. Nach dem Trocknen wurden die Steine herausgelesen, da sie für die Altersbestimmungen Ballast bedeuten. Datierungen aufgrund von Knochen liefern stark verjüngte Resultate. Deshalb wurden auch alle Knochenfragmente eliminiert. Die zähen Lehmbrocken mussten im Mörser mit dem Pistill sorgfältig zerkleinert werden. Hernach wurden nochmals Steine und Knochenteilchen ausgesondert, um die Fehlerquelle möglichst klein zu halten. Schliesslich wurde der Lehm durch ein 1-mm-Drahtsieb gesiebt. In der Hoffnung, die in 10 kg Material vorhandene Pollenmenge werde für die Radiokarbondatierung ausreichen, übergab man den derart vorbereiteten Lehm dem ¹⁴C-Labor in Bern. Leider lieferten die Proben unwahrscheinlich junge Daten.

Der grosse Pollengehalt der Höhlenbärenschicht mag zum Teil auf Eintrag durch Tiere und Menschen zurückzuführen sein. Auch in diesem Fall resultiert er jedoch aus der Pollenproduktion der Umgebung. Es ist deshalb gerechtfertigt, die Analysenergebnisse weitgehend klimatisch zu interpretieren. Die spärlichen Baumpollen gestatten nicht, die Ablagerung einer Interglazialzeit zuzuweisen. Indessen muss aufgrund der vielen Krüterpollen geschlossener Rasen in der Gegend gewachsen sein, so dass eine interstadiale Entstehung sehr wahrscheinlich ist. Die Diagrammkurven verlaufen recht gleichförmig. Keines der Diagramme zeigt innerhalb der Höhlenbärenschicht eine Zäsur, so dass angenommen werden muss, die Höhlenbärenstraten seien in einem einzigen Interstadial gebildet worden. Immerhin schliessen die etwas kleineren Pollenzahlen im obern Teil des grünen Lehms im Diagramm IV die Möglichkeit von zwei Sedimentationszeiten nicht völlig aus. Eine solche Interpretation würde dem im roten Lehm gefundenen Messerchen, das man typologisch lieber jünger einstufen möchte als die drei Geräte aus den beiden untersten Straten, eher gerecht werden. Diese geringe Schwankung konnte jedoch auch dadurch zustande kommen, dass die Tiere die Höhle seltener als Ruheplatz verwendeten. Da die gefundenen Artefakte mehrheitlich auf das Moustérien hinweisen, dürfte die Höhlenbärenschicht in einem Interstadial zu Beginn der Würmeiszeit entstanden sein. Es ist schwierig

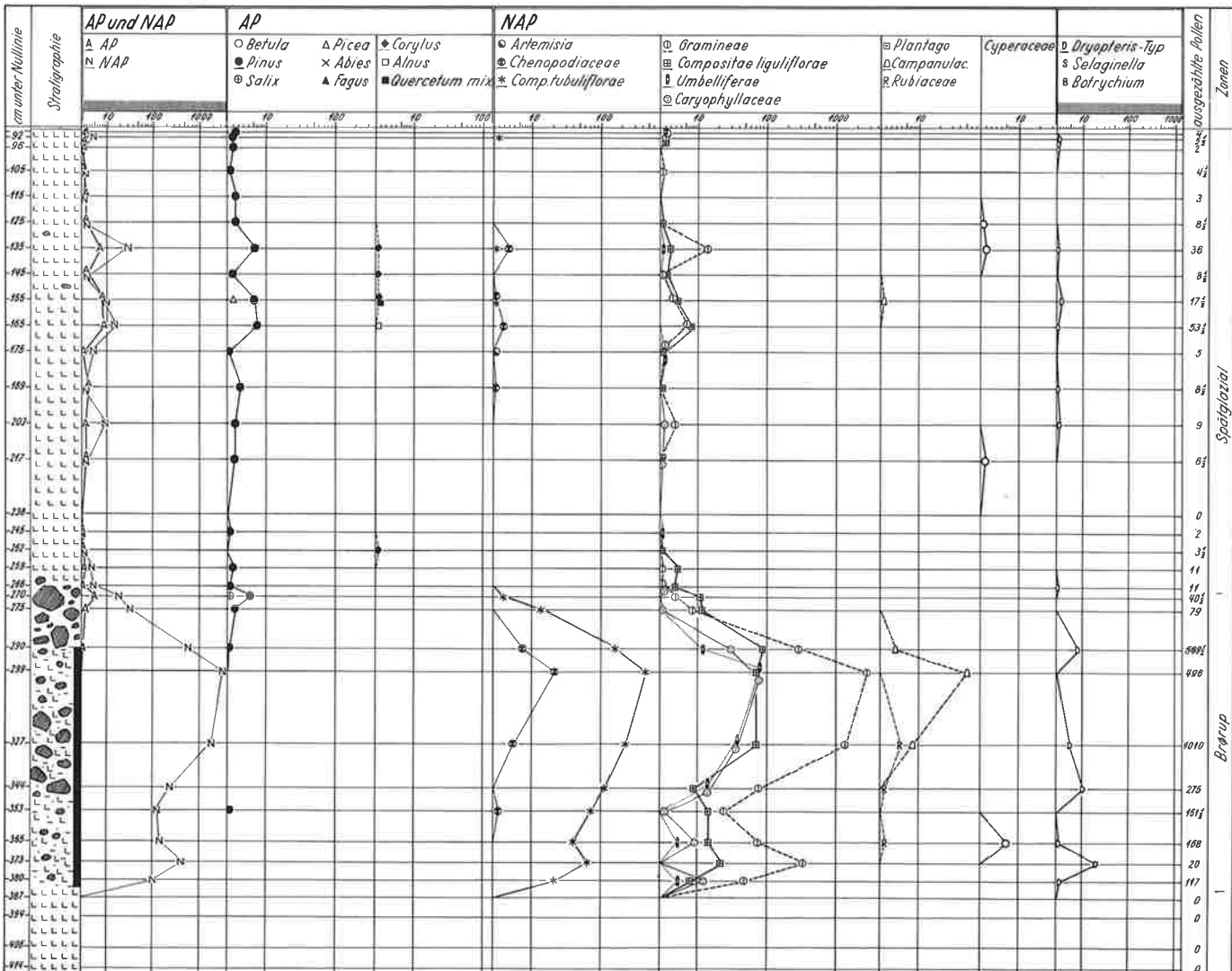
Schnurenloch Diagramm III

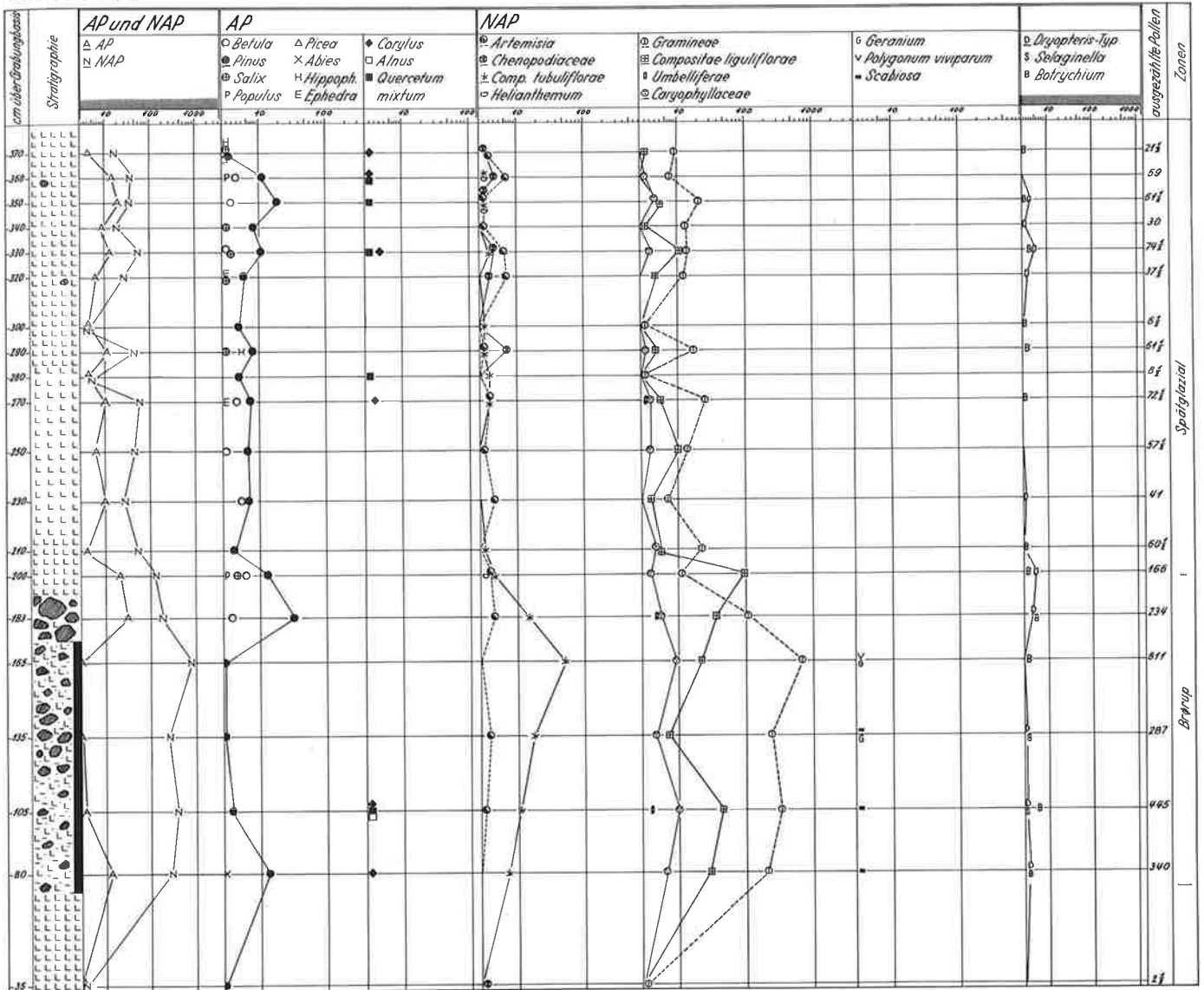
1230 mü.M.



Schnurenloch Diagramm IV

1230 mü.M.





zu entscheiden, ob es sich um das Amersfoort- oder das Brörup-Interstadial handelt. Es wäre denkbar, dass die ersten grossen Temperaturschwankungen der Würmeiszeit, wie sie am Anfang und am Ende des Amersfoort-Interstadials aufgetreten sind, die Felsen gesprengt und die Höhle nach aussen geöffnet haben. Die Höhlenbärenschicht hätte sich dann im Brörup-Interstadial aufgebaut, und mit dem Einsetzen der grossen Kälte und dem Vorrücken des Simmengletschers bis zur Vereinigung mit dem Aaregletscher hätte die Sedimentation in der Höhle ausgesetzt. Zwei weitere Interpretationsmöglichkeiten sollen noch erwähnt werden. Die Höhlenbärenschicht könnte im Amersfoort-Interstadial entstanden sein. Diese Deutung setzt voraus, dass bereits am Ende des Amersfoort-Interstadials kein Lehm mehr sedimentierte. Es dürfte jedoch wenig wahrscheinlich sein, dass die sehr ausgeprägte Brörup-Schwankung in der relativ geringen Höhe des Schnurenlochs (1230 m) keine Vegetation mehr zugelassen hätte. Will man das Diagrammbild dahin interpretieren, dass der braune und der grüne Lehm ins Amersfoort-Interstadial und die violette und die rote Zone ins Brörup-Interstadial zu stellen sind, so berücksichtigen die Kurvenmaxima recht gut den klimatisch unterschiedlichen Ausschlag der beiden Interstadiale; dagegen bleiben die Kurvenminima weit hinter den Vege-

tationsverhältnissen der dazwischen liegenden Kaltphase zurück. Die Steinschicht kann sich gut am Schluss des Interstadials abgelagert haben, als die saisonalen Temperaturdifferenzen kräftig am Gestein nagten. Diese Ansicht wird gestützt durch den faunistischen Inhalt der Schicht. Wie in der Höhlenbärenschicht fanden die Ausgräber auch in der Steinschicht Knochen des Höhlenbären. Der Höhlenbär hätte somit die Gegend zu Beginn der grossen Kälte verlassen. Die Pollenspektren des scheinbar stark gegliederten Streifentons sind durch den ganzen Komplex hindurch dermassen gleichartig, dass der Streifenton in einer klimatisch sehr einheitlichen Zeitspanne sedimentiert sein muss. Die Vegetation war noch spärlich entwickelt. In weiterer Entfernung wuchsen Föhren, vielleicht vereinzelt auch in der Nähe der Höhle. Die wenigen Körner von Laubbäumen und der Hasel werden Sekundärpollen sein. Eine starke Zunahme des Föhrenpollens im obersten Teil des Diagramms fehlt. Der Streifenton dürfte daher im frühen Spätglazial abgelagert worden sein. Eine exakte klimatische Zuordnung zu den verschiedenen Abschnitten des Spätglazials ist aufgrund der Pollenanalysen nicht möglich. Im vordern Höhlenteil wurde der Streifenton von wei-

teren Schichten überlagert. Leider war es den Ausgräbern aus technischen Gründen nicht möglich, einen Teil der vordern Höhleneinfüllung für spätere Forschungen stehen zu lassen. Der Polleninhalte hätte den weiteren Klimablauf wenigstens bis in die Bronzezeit widerspiegelt. Die dargelegte Auswertung der Pollenanalysen widerspricht meiner ersten Mitteilung (E. Müller 1964) nicht. Schon damals wurde die Fundschicht in das jüngste Interstadial vor der Hauptwürmverglätscherung datiert. Die seitherigen Forschungen haben die Existenz des Götting-Interstadials widerlegt und für den betreffenden Zeitabschnitt pleniglaziale Verhältnisse nachgewiesen. Somit sind die Frühwürm-Interstadiale die letzten Warmphasen vor den extrem kalten Abschnitten.

Zusammenfassung

Es soll lediglich die wahrscheinlichste Deutung wiederholt werden. Die grossen Temperaturschwankungen des Würmanfangs öffneten die Höhle. In einem frühen Interstadial, wohl im Brörup-Interstadial, benützten Tiere, vorwiegend Höhlenbären, die Höhle als Unterschlupf. Zeitweilig rastete der Mensch in der Höhle. Kräuter bedeckten den Boden der Umgebung. Ob Föhren in der Gegend wachsen konnten, ist unsicher. Mit dem Vordringen der grossen Kälte zogen die Höhlenbären fort, und in der Höhle hörte jede Ablagerung auf. Im Spätglazial sickerte der Streifenton durch die Spalten der Höhlendecke. Die klimatischen Verhältnisse des Endes des Spätglazials und des Postglazials ermöglichten nur noch im vordern Höhlenteil Ablagerungen. Da aus dieser Zeit keine Sedimente mehr vorhanden sind, ist eine Zuordnung zu den einzelnen Klimaphasen leider nicht mehr erreichbar.

Die Paläolithiker benützten die Höhle zwischen 58 000 und 53 000 v. Chr. Der äussere Höhlenteil wurde in der Bronzezeit nochmals bewohnt.

Vergleich der pollenanalytischen mit den sedimentanalytischen Resultaten

Übereinstimmend wird die Höhlenbärenschicht der frühen Würmeiszeit zugeordnet. Sedimentanalytisch wird nur die violette Strate in ein Interstadial eingestuft, während pollenanalytisch die ganze Schicht einem Frühwürminterstadial angehört. Aufgrund der Sedimentanalyse sind die braune und die grüne Strate Ablagerungen während eines Frühwürmvorstosses, die rote Strate während eines Vorstosses des Hauptwürms.

Es ist ein schwieriges Unternehmen, den Sedimentationsunterbruch während einer extrem kalten Phase innerhalb der Sedimentfolge zu lokalisieren. Die klimatischen Verhältnisse dürften unmittelbar vor und nach dem Unterbruch recht ähnlich sein. Daraus ergibt sich, dass das vorher gebildete Sediment dem nachfolgenden nicht nur morphologisch, sondern auch den Korngrössen und dem Polleninhalte nach stark gleichen kann. E. Schmid lässt den Sedimentationsstillstand während der Hauptwürmeiszeit auf die Ablagerung der Höhlenbärenschicht folgen. Die Steinschicht enthält jedoch eine relativ gute Pollenflora, so dass sie besser an die liegenden Höhlenbärenzonen als an den pollenarmen Streifenton angeschlossen werden kann.

Der hangende, höhlenbärenknochenfreie Ton wird sedimentanalytisch in den Zeitraum von der jüngeren Dryaszeit bis ins Atlantikum der Postglazialzeit datiert. Pollenanalytisch fehlen Hinweise auf eine entsprechende Vegetationsentwicklung völlig. Die spärlich im Ton eingeschlossenen Pollen sprechen dafür, dass sich die Sedimentbildung 19,80 m hinter dem Höhleneingang nicht einmal bis ans Ende der Spätglazialzeit hingezogen hat.

Trotzdem muss nicht angenommen werden, in der Nacheiszeit sei kein Material mehr sedimentiert. Die vier im vordern Höhlenteil über dem Streifenton abgelagerten Schichten lassen noch vielfältige Möglichkeiten offen. Die bronzezeitlichen Funde in der drittobersten Schicht dokumentieren, dass die Sedimentation über das Subboreal hinaus andauert hat.

3. Das Ranggiloch

Lage und Beschaffenheit

An der Stelle, wo das in Nordrichtung verlaufende Obersimmental ins Niedersimmental umbiegt, liegt die Gemeinde Boltigen. Die verschiedenen Gräte der Stockhornkette werden unterbrochen durch die Boltiger Klus. Nordwestlich davon, am steilen Hang des Kübligrates befindet sich in 1845 m über Meer das Ranggiloch. Es ist auf dem Blatt 253 Gantrisch der Landeskarte im Koordinatenschnittpunkt 592 375 / 164 925 eingezeichnet. Die wenig tiefer liegende Waldgrenze wird vom Fichtenwald gebildet. Vereinzelt wachsen Arven in der Umgebung der Höhle.

Das Ranggiloch ist heute keine eigentliche Höhle mehr, sondern ein Abri. Der Lagerplatz ist 15 m breit und nur 11 m lang, wovon gegenwärtig lediglich knapp die hintere Hälfte von Fels überdacht ist. Die Oberfläche des kleineren südöstlichen Teils der Balm liegt ungefähr 2½ m höher als diejenige des nordwestlichen. Zahlreiche Malm-Steinblöcke, die sich von der Decke gelöst haben, liegen auf dem Boden zerstreut. Der felsige Grund bildet eine Mulde. Obwohl die steile Felswand, in der sich der Abri gegen Nordosten öffnet, für eine oberflächenferne Höhle spricht, ist dies nur bedingt richtig. Durch zahlreiche Ritzen dringt Wasser in die Balm ein. Das Wasserregime kann sich jedoch zur Bildungszeit der Sedimente vom heutigen abweichend verhalten haben.

Erforschung

Auch diese Station wurde von David Andrist, Walter Flükiger und Albert Andrist ausgegraben. In den Jahren 1932, 1933 und 1946 erforschten sie den nordwestlichen und eine Partie des südöstlichen Höhlenteils. Die Sedimentfolgen der beiden Teile sind recht unterschiedlich.

Die Ausgräber verzeichneten im nordwestlichen Höhlenabschnitt die folgenden Schichten:

Im Quadratmeterfeld 64 liegt hellbrauner sandiger Lehm auf dem Felsen.

Mit Ausnahme dieses Quadratmeters bedeckt bunter Lehm den felsigen Grund. Er besteht aus fünf verschiedenfarbigen Zonen, die fein geschichtet sind. Die wenigen eingeschlossenen Steine besitzen keine Verwitterungsrinde. Dies weist darauf hin, dass der Lehm nicht durch intramontane Korrosion entstanden, sondern von aussen eingetragen worden ist. Die Schicht misst maximal 120 cm. Nach hinten und gegen den Eingang keilt sie aus. Die Ausgräber beobachteten, dass die drei mittleren Zonen stellenweise diskordant an die oberste Zone sties- sen. Zudem konstatierten sie, dass in den bunten Lehm und in den hangenden gestreiften Ton der normal höher lagernde gelbe steinige Lehm eingefaltet war. Diese Feststellungen sprechen für Erosionsvorgänge und für Bodenfließen von den mehr oder weniger ansteigenden Muldenrändern her gegen die Mitte. Zwei Arven- und ein Fichtenstämmchen steckten verkehrt im bunten Lehm. Ihre oberen Enden ragten in den hangenden Streifenton. Das ¹⁴C-Labor der Universität Bern datierte das Holz auf 2800 v. Chr. Im Neolithikum, als die Waldgrenze höher verlief als heute, müssen die Bäume vom Hang in die Balm hinuntergestürzt sein.

Etwas nordwestlich der Mitte des Abrieinganges lagert rotbrauner steiniger Lehm im bunten Lehm. Ein stattlicher Teil der Steine ist höhlenfremd. Einige haben Schrammen. Die Schicht stammt offensichtlich von einer Moräne, die sich von aussen in den bunten Lehm eingepresst hat.

Über dem bunten Lehm und an einer Stelle über dem rotbraunen steinigen Lehm sedimentierte gestreifter Ton. Er ist höchstens 100 cm hoch. Auch diese Schicht keilt gegen den Eingang und gegen die Hinterwand aus. Stellenweise kann sie in sieben verschiedenfarbige Zonen gegliedert werden. Diese sind fein gestreift. Vereinzelt ist Moränengeschlebe eingeschlossen. Die Berührungsfläche zwischen dem Streifenton und dem Liegenden ist vor allem gegen aussen und am Übergang vom nordwestlichen zum südöstlichen Abriteil gestört.

Im westlichen Bezirk der Balm fand sich weisser steiniger Lehm. Er erreicht höchstens 50 cm Mächtigkeit. Die Steine sind grösstenteils höhlenfremd.

Die untere Fundschicht besteht aus gelbem steinigem Lehm. Die grösste Höhe misst 50 cm. Der Gesteinsbruch ist mittel- bis kleinstückig; 30% sind ortsfremd. Zahlreiche Steine haben die Form von Grundmoränengeschlebe. Die eingebetteten Knochen sind stark zertrümmert und sehr zerstreut. 98% stammen von Höhlenbären. Die übrigen gehören zu Braunbär, Wolf, Höhlenpanther, Luchs, Steinbock, Gemse, Schaf, Murmeltier, Maulwurf und einer Drosselart. Die Ausgräber halten für möglich, dass der Schafwirbel aus einer jüngeren Schicht heruntergerutscht ist. Das einzige Werkzeug wurde oben in der Schicht gefunden. Es ist ein Kernkratzer aus grünem Radiolarit.

Die obere Fundschicht ist schwarzbraune steinige Erde. Sie erreicht höchstens 55 cm Höhe und keilt gegen die Abriwände hin aus. Das Steinmaterial enthält viel groben Felsbruch und häufig Blöcke. Ortsfremdes Gestein ist selten. Das faunistische Inventar ist ebenso zertrümmert und zerstreut wie in der untern Fundschicht. Die Anzahl der Knochen ist nur wenig kleiner. Vertreten sind Höhlenbär, Wolf, Steinbock, Gemse, Murmeltier, Wühlmaus, Maulwurf und eine Vogelart. Der grösste Teil der vom Menschen zurückgelassenen Geräte besteht aus grünem Radiolarit: ein Hohlschaber, eine Spitze, ein Stichel/Viereckschaber, eine Pfeilspitze, ein Kernkratzer und ein Splitter mit einer tiefen Kerbe. Dazu kommen ein zweischneidiges Messer aus Flyschquarzit und eine Klinge aus Sandkalk (?). Es ist schwierig, aus den wenigen und nicht typischen Geräten eine bestimmte Kulturstufe abzulesen. Die Ausgräber halten mesolithisches Alter für wahrscheinlich, schliessen jedoch Jungpaläolithikum für einzelne Artefakte nicht aus. Holzkohlen aus zwei Feuerstellen wurden den ¹⁴C-Laboratorien in Bern und in Groningen zum Datieren übergeben. Die Ergebnisse stimmen recht gut überein. Der Mittelwert aus drei Messungen beträgt 3226 v. Chr.

In der Deckschicht können zwei Zonen unterschieden werden. Unten lagern dunkle Erde und viele Steine. Knochen fehlen. Im hintern Viertel der Balm ist die Schicht grau und sintrig. Die obere Zone ist nur in der hintern Abrihälfte vorhanden. Sie besteht aus schwarzer Erde mit reichlich Exkrementen von gelegentlich im Ranggiloch weilenden Schafen, Ziegen und Gamsen. Die Deckschicht ist stellenweise nur 10 cm dick, kann jedoch auf 45 cm zunehmen.

Da die Sedimentfolge im südöstlichen Balmabschnitt stark von derjenigen im nordwestlichen abweicht, muss sie gesondert dargestellt werden.

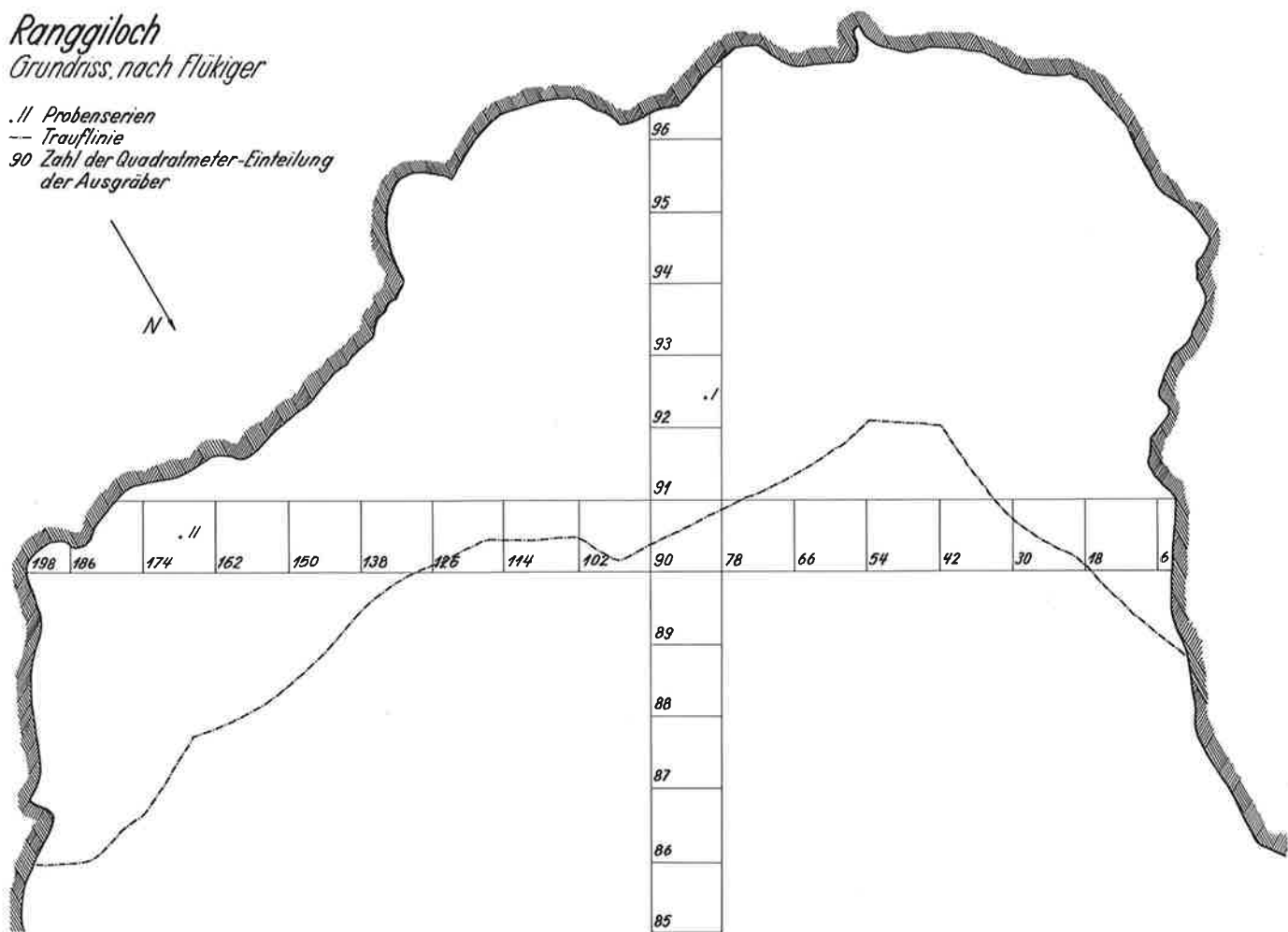
Das unterste ergrabene Material ist Lehm. Unten ist er braun und sandig und enthält Streifentonverbackungen; darüber ist er weiss bis hellbraun und steinig. Er schliesst mit einer 3 cm dicken, rotbraunen Lehmlage ab.

Die einzige Fundschicht ist dunkelbrauner, sehr steiniger Lehm. Er enthält gerundete Steine. Es sind Holzkohlen und Knochen eingeschlossen. Das einzige Objekt, das auf

Ranggiloch

Grundriss, nach Flükiger

. II Probenreihen
 - - Trauflinie
 90 Zahl der Quadratmeter-Einteilung
 der Ausgräber



die Anwesenheit des Menschen hinweist, ist ein blaugrüner Radiolarit. Er hat die Form eines Kielkratzers. Über der Fundschicht liegt eine braune Geröllzone. Die Steine sind stark kantengerundet. Dazwischen findet sich sehr wenig Feinmaterial. Die Geröllzone wird überlagert von kantigem Felsbruch mit sehr wenig Feinmaterial. Knochenfragmente sind von der Fundschicht her eingearbeitet worden. Eine hellbraune, kleinstückige Steinschicht enthält viel Feinmaterial. Hellgraubrauner, steiniger Lehm liegt über der Steinschicht. Die Oberflächenschicht ist sehr steinig und von lilagrauer Farbe. Über die erste Grabungsetappe wurde im Jahrbuch des Bernischen Historischen Museums berichtet (Andrist und Flükiger 1933. Tschumi 1934). Ausführlich ist die Erforschung des Ranggilochs in der bereits erwähnten Simmentaler Monographie dargestellt (Andrist, Flükiger und Andrist 1964).

Pollenproben

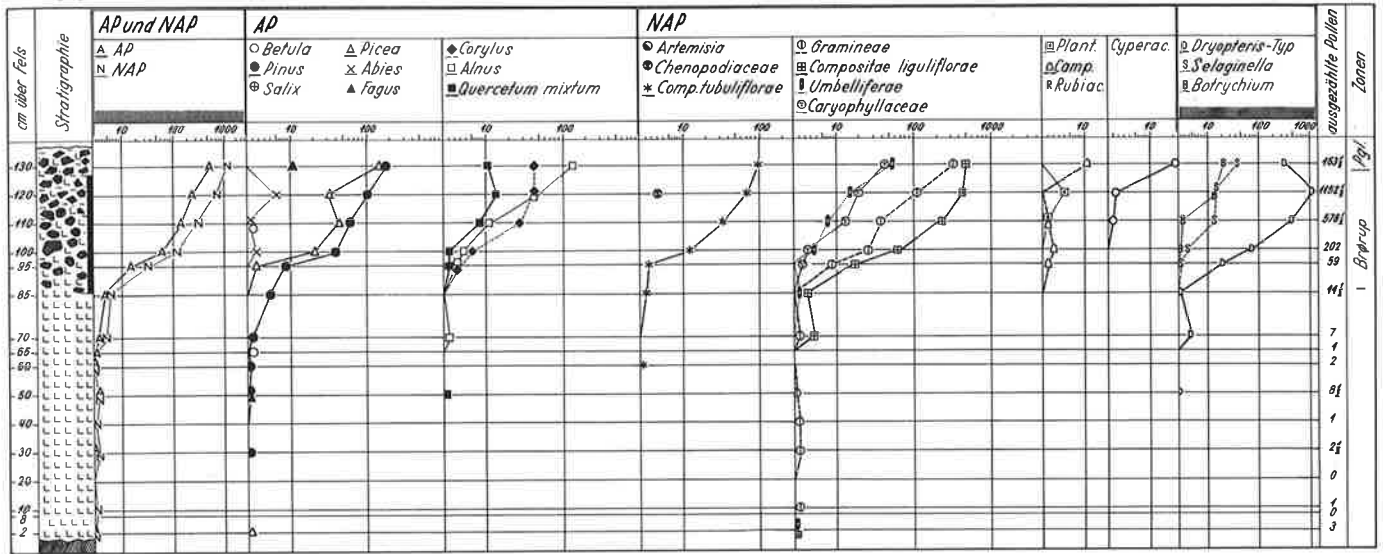
Die Probenreihen wurden den Wänden frisch ausgehobener Gräben entnommen. Die Stelle der Serie I befindet sich im nordwestlichen Balmteil, 2 m hinter der Trauflinie. Sie liegt im Quadratmeterfeld 92. Probenreihe II wurde in der südöstlichen Abripartie, ein Meter von der Felswand entfernt, im Quadratmeter 174, herausgestochen.

Probenreihe I

Der Graben reichte bis auf den anstehenden Fels hinunter. Die Tiefe ist in cm über dem Felsen vermerkt. Der bunte Lehm und der gestreifte Ton umfassen die untersten 85 cm der Sedimente. 2 cm dick liegt gelber Lehm der Felsunterlage auf. Darüber lagert blauer Lehm. Oberhalb 9 cm ist der Lehm wieder gelb. Gelegentlich ist er von weissen Streifen durchzogen. In 35 cm Tiefe wurden ziemlich viele weisse Schmitzen beobachtet. Pollen ist sehr spärlich vorhanden. Die untere Fundschicht ist an der Stelle der Probenentnahme braun und steinig. Die Pollenmenge steigt nach oben stark an. Die Körner sind schlecht erhalten. Bei den Bäumen weisen die Föhren die grössten Werte auf. Die Fichten folgen bald nach. Die Hasel, die Erlen und der Eichenmischwald dringen etwas später vor. Die Nichtbaumpollen dominieren über die Baumpollen. Die ligulifloren Compositen behalten ständig die Oberhand. Gramineen und tubuliflore Compositen spielen eine grosse Rolle. Der Dryopteris-Typ zeigt ähnliche Werte wie die ligulifloren Compositen. Die Probe in 110 cm gehört noch zur untern Fundschicht. In der darüber lagernden oberen Fundschicht liegen die Steine dichter und die Farbe der Schicht wird dunkler. Die Pollenmengen steigen fast durchwegs weiterhin beträchtlich an. Die Deckschicht weist nochmals eine Zunahme der Pollen auf. Die Werte des Eichenmischwaldes, der Hasel, der ligulifloren Compositen und des Dryopteris-Typs bleiben stationär oder gehen etwas zurück.

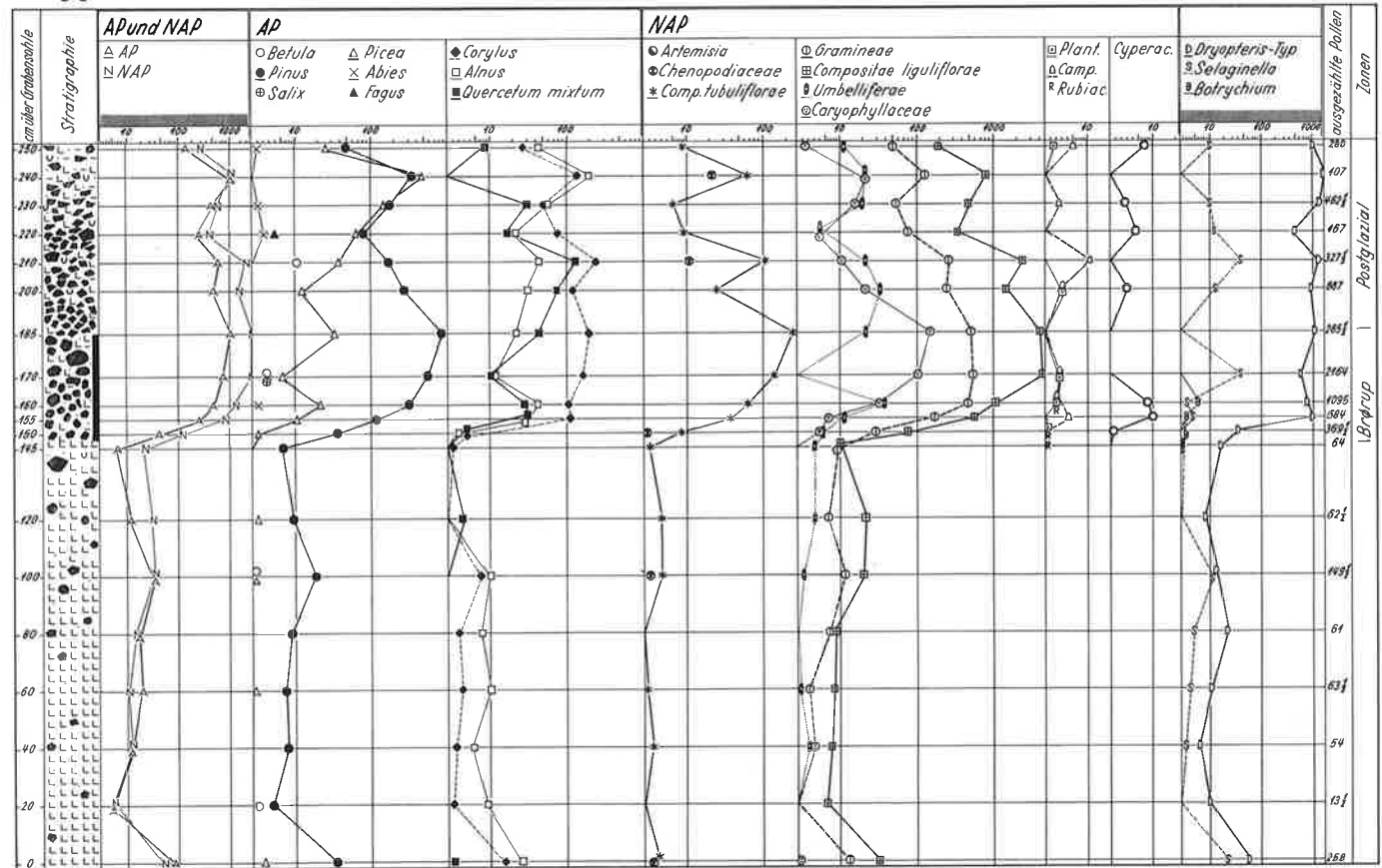
Rangiloch Diagramm I

1845mü.M.



Rangiloch Diagramm II

1845mü.M.



Probenserie II

Bei der Grabung für die Probenentnahmen wurde die Felsunterlage nicht erreicht. Die Tiefen der Proben wurden von der Sohle der Grabung nach oben gemessen. Bis in 148 cm Höhe liegt gelber Lehm. Selten sind kleine Steine eingebettet. Von 130 cm an sind die Steine grösser. Die Pollenmengen sind klein, wenn auch etwas höher als im entsprechenden Abschnitt des Diagramms I. Föhrenpollen ist kontinuierlich vorhanden. Bei den Kräuterpollen dominieren die ligulifloren Compositen. Die Pollen sind allgemein schlecht erhalten.

Die Fundschicht reicht von 148 cm bis 185 cm. Sie ist graubraun und enthält viele kleine und einige faustgrosse Steine. Von 170 cm bis 185 cm liegen gerundete Kalksteine von 2 cm, bisweilen 10 cm Durchmesser. Die Pollenmengen steigen mit zunehmender Höhe beträchtlich an. Die absoluten Werte sind erheblich höher als in der Fundschicht der Probenserie I. Der Baumpollen beträgt ungefähr ein Viertel des Kräuterpollens. Die Föhren dominieren stark. Die Fichten erreichen die Pollenzahlen der Hasel, der Vertreter des Eichenmischwaldes und der Erlen nicht. Die ligulifloren Compositen machen 60% bis 80% des Kräuterpollens aus. Reichlich vertreten sind

die Gramineen und die tubulifloren Compositen. Auch die Caryophyllaceen erreichen höhere Zahlen. Der Dryopteris-Typ steigt auf 1000 Körner und bleibt auf dieser Höhe.

Der kantige Felsbruch über der Fundschicht reicht bis 200 cm hinauf. Die Pollenmengen sind in der Probe 200 cm nur halb so gross wie in der obersten Probe der Fundschicht. Der geringe Betrag der Baumpollen ist vorwiegend durch die kleinern Werte der Föhren bedingt. Unter den Kräuterpollen sind die niedrigen Zahlen der tubulifloren und der ligulifloren Compositen und der Caryophyllaceen auffällig.

Bis in 233 cm Höhe lagern viele kleine flachliegende und einige eckige faustgrosse Steine. Das Material enthält reichlich Sinter. Die Werte der meisten Pollentypen nehmen weiterhin ab. Eine Ausnahme bilden die Fichten, die sich stärker ausbreiten. In der Probe 230 cm besitzen auch die Umbelliferen und die Caryophyllaceen wieder grössere Anteile.

Die Oberflächenschicht ist dunkelgrau. Vorübergehend sind die Pollenzahlen etwas grösser; sie fallen jedoch in der obersten Probe beträchtlich.

Vegetationsfolge und Zeitbestimmung

Die Pollenmengen der Lehmschichten unter den Fundhorizonten sind verglichen mit denen der hangenden Schichten so gering, dass nicht auf die Vegetation geschlossen werden kann. Möglicherweise hatte das Ranggiloach zur Zeit der Ablagerung des Lehms noch keine weite Öffnung nach aussen. Die grössere Pollenzahl in der Probenserie II in 0 cm Höhe weist immerhin darauf hin, dass wenigstens zeitweise Material von aussen in die Höhle eindringen konnte, sei es durch Ritzen im Höhlendach oder durch einen kleinen Durchbruch von der Talseite in den Höhleninnenraum. Obschon im obersten Abschnitt des Lehms die Kräuter über die Bäume dominieren, darf daraus zufolge der geringen Pollenfrequenz kaum eine Kräutervegetation in der Umgebung des Ranggiloaches vermutet werden. Noch weniger wage ich, die tiefen Abschnitte der Lehmschichten einem Interstadial oder einem Interglazial zuzuweisen.

Die Diagramme der Fundschichten weisen auf eine gut entwickelte Vegetation hin. Obwohl die Polleninventare der beiden Probenserien in ihren absoluten Werten voneinander abweichen, ist in der Entfaltung der Kurven so viel Gemeinsames, dass aufgrund der Pollenanalysen angenommen werden muss, die Fundschichten der beiden Höhlenteile seien gleichzeitig sedimentiert. Zu Beginn der Ablagerung der Fundschicht war die Vegetation noch spärlich. Sie entwickelte sich bald sehr stark. Zur Zeit der Sedimentation des obern Teils der Fundschicht bedeckte wohl eine reiche Vegetation die Umgebung des Ranggiloachs. Die Masse der Nichtbaumpollen lässt auf geschlossenen Rasen schliessen. Die reichlich vertretenen tubulifloren Compositen, Umbelliferen und Caryophyllaceen, zusammen mit dem Dryopteris-Typ, weisen zudem auf Hochstaudenfluren und auf Pflanzengesellschaften auf Schutt, Alluvionen und Fels. Die Baumpollenwerte sind im Verhältnis zu denjenigen des Kräuterpollens zu klein, um Wald in der Höhe des Ranggiloaches anzunehmen. Im klimatisch begünstigten Talkessel von Boltigen wird Wald gewachsen und ein schönes Stück weit in die Boltiger Klus emporgestiegen sein. Er bestand vorwiegend aus Föhren. In geringerer Zahl waren Fichten, und auch Bäume des Eichenmischwaldes, Erlen und Haselsträucher vorhanden. Die Föhren und Fichten werden die Talflanken besiedelt haben, während die andern

Bäume vorwiegend die Talniederungen und die Einmündungen von Seitentälchen besetzt haben werden.

Der Anfang der Fundschicht ist demnach in den Anlauf einer klimatisch günstigen Phase zu stellen. Das folgende Material sedimentierte in einem Interstadial. Da sich in den Diagrammen vor dem Spätglazial kein weiteres Interstadial mehr abbildet, dürfte es sich um das letzte Interstadial handeln, bevor die Eismasse endgültig vorgerückt ist. Wenn der Simmengletscher zur Zeit der Paudorf-Schwankungen nicht wesentlich zurückgeschmolzen ist, was nicht entschieden ist, betrifft dies das Brörup-Interstadial, andernfalls den Paudorf-Komplex.

Die Ausgräber differenzieren in ihrer Simmentaler Monographie die obere Fundschicht der nordwestlichen Höhlenregion sehr stark von der untern, indem sie letztere vorwiegend entsprechend den faunistischen Funden in den Anfang der Würmeiszeit, die obere aufgrund der ¹⁴C-Bestimmungen an Holzkohlen der Feuerstellen ins Mesolithikum verweisen. Die Entwicklung der Pollenbilder verläuft in beiden Diagrammen sehr organisch, und zwar bis an die obere Grenze der Fundschichten. Die Probe aus der obern Fundschicht und die Proben aus dem obern Abschnitt der Fundschicht des südöstlichen Balmteils fallen nicht aus dem Rahmen der Vegetationsfolge der liegenden Fundschichtabschnitte. Die Diagramme zeigen keinen Hiatus innerhalb der Fundschichten. Aufgrund der Ergebnisse der Pollenanalysen müssen die Höhlenbärensichten in einem einzigen Interstadial sedimentiert sein. Die gefundenen Steingeräte sprechen kaum gegen diese Zuordnung; sind sie doch so wenig typisch, dass die Ausgräber lange altsteinzeitliches Alter der Artefakte angenommen haben. Hingegen widersprechen die Resultate der ¹⁴C-Bestimmungen dem pollenanalytischen Befund. Es darf deshalb auf die Möglichkeit hingewiesen werden, dass die Feuerstellen in die vorhandenen Sedimente eingetieft und daher nicht gleichzeitig mit dem umgebenden Material entstanden sein könnten. Dieses Problem muss wohl offen bleiben.

Der krasse Wechsel im Polleninventar von der Fundschicht zum Felsbruch spricht nicht für eine allmähliche Änderung der Vegetation, beziehungsweise des Klimas, sondern für einen Hiatus. Der vorstossende Gletscher hat die Sedimentation im Ranggiloach vehement zum Stillstand gebracht. Die Kälte der klassischen Würmeiszeit hat für lange Zeit die Vegetation zurückgehalten und die Ablagerung unterbunden. Erst die Temperaturschwankungen des Postglazials sprengten den Fels und lösten Steine vom Höhlendach, die eine neue Schicht aufbauten. Das wenige eingelagerte Feinmaterial reichte nicht, um eine Probe für die Pollenanalyse zu gewinnen.

Die postglazialen Pollenzonen sind im Kurvenbild des Hangenden wenig markant. Immerhin widerspiegeln sich im Diagramm II die grossen Züge der postglazialen Vegetationsentwicklung. Die Pinusdominanz in 200 cm Höhe dürfte wohl ins Boreal fallen. Der erste Felsbruch könnte somit bereits im Präboreal auf die Fundschicht hinuntergefallen sein. Es ist kaum anzunehmen, dass in dieser Höhe ausgedehnte Vegetation noch früher gedeihen konnte. Das Corylus- und das Eichenmischwaldmaximum in der folgenden Probe wird dem Atlantikum angehören. In diesem Klimaabschnitt stiegen diese Holzarten am höchsten hinauf (vgl. Welten 1952). Das Verhältnis des Baumpollens zum Kräuterpollen in den beiden Proben in 200 cm und 210 cm Höhe ist demjenigen der Fundschicht sehr ähnlich. Dies weist darauf hin, dass die massenhaften Nichtbaumpollen der Fundschicht nicht unbedingt von den Höhlenbären in die Höhle eingetragen sein müssen. In 240 cm Höhe erreichen die Baumpollen die Bedeutung des Kräuterpollens. Wald, wenn

auch ziemlich offen, gelangte in die Höhenstufe des Ranggiloches. Das Überwiegen der Fichten spricht für subboreales Klima. Die starke Beimischung von Erlen in der obersten Probe und die relative Abnahme der Baumpollensumme, die auf die sinkende Waldgrenze hinweist, passen gut ins Bild des Subatlantikums.

Die oberste Probe der Serie I ist wahrscheinlich noch zur Fundschicht zu nehmen. Eine Zuordnung ins Postglazial, vielleicht in die subboreale Zeit, scheint nicht ganz ausgeschlossen.

Es mag auffallen, dass die Polleninventare der Fundschichten des Ranggiloches und des Schnurenloches stark abweichen.

Trotzdem können sie in das gleiche Interstadial gestellt werden. Die Differenzen sind nicht ohne weiteres zu erklären. Sie können verschiedene Ursachen haben. Die geographischen Lagen der beiden Höhlen und ihre Höhe über Meer weichen beträchtlich ab. Ihre Expositionen sind beinahe entgegengesetzt. Die Probenserien des Schnurenlochs wurden weit hinten in der gangförmigen Höhle genommen, während diejenigen des Ranggiloches von eingangsnahen und dem Wind gut zugänglichen Stellen der Balm stammen. Zudem ist es möglich, dass die Fundschichten der beiden Höhlen nicht im genau gleichen Zeitabschnitt desselben Interstadials sedimentiert sind.

Zusammenfassung

Die liegenden Lehme enthalten wenig Pollen. Die Höhle dürfte zur Zeit ihrer Ablagerung noch keine oder nur eine bescheidene Öffnung nach aussen aufgewiesen haben. Die Bildung der Fundschicht fällt in den Beginn und in die warme Phase des letzten Interstadials vor dem endgültigen Vorrücken des Simmengletschers. Die Steinzeitmenschen hielten sich im vorgerückten Interstadial zeitweise im Ranggiloch auf. In der Umgebung der Höhle bedeckten geschlossene Rasen den Boden. Wald, vor allem Föhrenwald, wuchs tiefer unten an den Tallehnen. Die klassische Würmvergletscherung unterband die Sedimentation für Jahrtausende. Erst im Präboreal erlaubte das Klima wieder Vegetation in der Höhe der Höhle. Seither bildeten sich die hangenden Schichten.

Vergleich der pollenanalytischen mit den sedimentanalytischen Resultaten

Infolge der verworrenen Sedimentverhältnisse im Ranggiloch sind Abweichungen der Ergebnisse nicht verwunderlich. Aufgrund der spärlichen Pollenmengen lässt sich lediglich aussagen, dass die Höhle zur Bildungszeit der liegenden Lehme noch keinen grösseren Durchlass nach aussen gehabt hat. Für den bunten Basiston ergibt sich auch sedimentanalytisch keine Datierungsmöglichkeit. E. Schmid betrachtet den rotbraunen steinigen Lehm als risseiszeitlich, den Streifenton stellt sie in die Rückzugsphase und den steinigen Ton ins Riss-Würm-Interglazial.

Beide Untersuchungen folgern, dass sich das Ranggiloch nach aussen geöffnet hat, bevor die Höhlenbärenschicht abgelagert worden ist. Die sedimentanalytische Arbeit ordnet die Höhlenbärenschicht einem Frühwürm-Vorstoss, einem Würm-Interstadial und dem Vorstoss der Haupt-Würmvereisung zu. Die Pollendiagramme zeigen auf, dass die Höhlenbärenschicht in einer einzigen klimatisch günstigen Phase, wohl im Brörup-Interstadial, entstanden ist. Nachdem die zahlreichen Temperaturschwankungen zu Beginn der Würmeiszeit Felssprengungen und dadurch die Öffnung der Höhle verursacht hatten, gedieh allmählich Vegetation in der Umgebung. Die Pollenspektren legen dar, dass der Übergang zur extremen Kaltzeit relativ rasch erfolgt ist.

Die Sedimentanalyse lässt offen, ob die Höhlenbärenschicht des südöstlichen Abteils mit der gesamten Höhlenbärenschicht des nordwestlichen Teils oder lediglich mit deren oberen Partie korrespondiert. Die entsprechenden Pollenkurven stimmen so gut überein, dass sie eindeutig zugunsten der ersten Variante entscheiden.

Beide Bearbeiter nehmen nach der Ablagerung der Höhlenbärenschicht den Sedimentationsunterbruch während der pleniglazialen Phasen an. Keine der beiden Methoden liefert Hinweise für jüngere Stadiale oder Interstadiale.

Das grobsteinige hangende Material wird sedimentanalytisch dem Spätglazial und nur die Oberflächenschicht dem Postglazial zugeordnet. Die Untersuchung der Pollen ergibt, dass sich erst in der Nacheiszeit wieder Vegetation einstellte. Die dunkle oberste Schicht dürfte seit dem Neolithikum sedimentiert sein.

4. Das Chilchli

Lage und Beschaffenheit

Ungefähr in der Mitte des Nordersimmentals liegt die Gemeinde Erlenbach. An die nördliche Talflanke schliesst sich in 1600 m bis 1700 m Höhe eine höckerige Hochfläche an, die im Norden vom 2190 m hohen Stockhorn abgeschlossen wird. Sie wird noch knapp von den obersten Fichten erreicht. In einem Grat, der die Hochfläche westlich begrenzt, befindet sich in 1810 m ü. M. das Chilchli. Auf dem Blatt 253 Gantrisch der Landeskarte messen die Koordinaten 605 325/170 925.

Die Höhle öffnet sich gegen Nordosten. Sie liegt im Malmkalk. Der Übergang zum Neokom ist sehr nahe. Im Gebiet sind viele geologische Verwerfungen bekannt. Brüche bildeten auch den Ursprung der Chilchlihöhle. Die überlagernde Felsbank ist nur wenige Meter dick. Hinter der Mitte strebt das Höhlendach zu einer etwa 4 m hohen Kuppel empor, was die Bezeichnung Chilchli veranlasst haben mag. Am Eingang ist die Bodenfläche 6 m breit. Sie steigt gegen hinten an und verbreitert sich auf 9 m. Die Distanz von der Trauflinie bis zur Hinterwand misst gut 8 m. Ein zweiter, nur 1 m breiter Durchgang führt in der hintern Hälfte in nordwestlicher Richtung nach aussen gegen eine Hangrunse. In der Südwestecke setzt sich die Höhle mit einem 6 m langen, niedrigen Gang in den Fels hinein fort.

Erforschung

Das Chilchli ist die dritte Simmentaler Höhlenbärenstation, welche die Brüder David und Albert Andrist und ihr Freund Walter Flükiger zusammen erforscht haben. In den Jahren 1942, 1943 und 1945 untersuchten sie einen Teil der vordern Höhlenhälfte und des Vorplatzes und grosse Partien des vorgelagerten Hanges.

Im folgenden werden die Schichten kurz aufgeführt.

Der anstehende Malmfels bildet keinen ebenen Höhlenboden, sondern einen keilförmigen Spalt. Am Vorplatz verläuft die Basis schwach schief; am Hang wird sie steiler, so dass die äusserste ergrabene Stelle (12 m ausserhalb der Trauflinie) 11 m tiefer liegt als der Felsboden 3,5 m innerhalb der Trauflinie. Da am Hang der Fels schichtweise abgebrochen ist, ist eine obere und eine untere Mulde entstanden. Die Basisschichten sind nur in der Höhle und auf dem Vorplatz vorhanden. Das unterste Material ist blaugrüner Ton. 1 m hinter der Trauflinie steht er 50 cm hoch an. 1 m ausserhalb der Höhle keilt er aus. Gegen hinten wird er rasch niedriger. Es sind nur wenige, stark verwitterte Gesteinsbrocken eingebettet.

Ockergelber Ton bedeckt bis 40 cm hoch den blaugrünen Ton. Die Schichtbasis enthält viele mit Kalkspatkrystallen überzogene Kalkblöcke. Oben in der Schicht liegen verwitterte Kalke.

Eine dunkelbraunrote Braunsteinzone reicht von 2,5 m innerhalb bis 1,7 m ausserhalb der Trauflinie. Ganz verwitterte Hornsteine, Kiesel- und Hornsteingerölle, Kalkspattrümmer und Limonit finden sich in dieser dünnen Schicht.

Von der Trauflinie zieht dunkelgelber Lehm gut ein Meter weit nach hinten. Der Lehm ist körnig. An der Grenze zum Hangenden liegen Kieselgerölle.

3,5 m hinter der Trauflinie lagert 30 cm hoch gelber Lehm. Gegen aussen wird er dunkler und keilt an der Trauflinie aus. Im Quadratmeterfeld 53 stellten die Ausgräber Kanäle von Regenwürmern bis 120 cm unter der Oberfläche fest.

In der Gegend der Trauflinie und an zwei Stellen weiter

hinten lagert eine dünne Schicht dunkelgelben Lehms, die viel eckige und gerollte Steinchen aufweist. Ausserhalb der Trauflinie vereinigt sich die Schicht mit dem untern dunkelgelben Lehm.

Sandig-lehmige, ockerbraune Erde bildet die untere Fundschicht. 3,5 m hinter der Trauflinie ist sie 50 cm mächtig. Nach vorn wird sie niedriger und verschwindet 1 m hinter der Trauflinie. In der oberen Hangmulde besteht die untere Fundschicht aus grössern und kleinern kantigen Blöcken. Die Zwischenräume sind teilweise mit Lehm gefüllt. Die gefundenen Knochenfragmente stammen von Höhlenbär, Höhlenpanther, Gemse und Dohle. Steingeräte wurden keine festgestellt.

Die mittlere Fundschicht besteht aus lehmiger Erde von violetter, brauner, grüner oder grauer Farbe. Diese und die hangenden Schichten waren auf dem ganzen ausgegrabenen Areal vorhanden. Die Mächtigkeit erreicht im Höhleneingang 90 cm. Kantige und gerundete Steine sind ungleich im Sediment verteilt. Höhlenfremdes Material kommt vor. Die Verwitterung der Steine nimmt von unten nach oben ab. Die Fauna ist vertreten durch Höhlenbär, Höhlenlöwe, Wolf, eine kleine Wolfsform, Iltis, Gemse, Maus und Alpendohle. Am Übergang von der untern zur mittleren Fundschicht war ein Knochenfragment des Braunbären eingebettet. Die violette, lehmige Erde ist reicher an Knochen als die übrigen Zonen. Die Ausgräber fanden sechs Geräte, nämlich drei Kratzer aus Hornstein, zwei Viereckschaber aus Quarzit, eine Kerbklinge aus Radiolarit und eine Spitze aus Hornstein. Sie ordnen das Inventar in den Übergang vom Alt- zum Jungpaläolithikum ein. Die Kerbklinge, die sie nur 2 cm tief in der Schicht gefunden haben, stellen sie ins Mesolithikum. Das Berner ¹⁴C-Laboratorium datierte Höhlenbärenknochen aus der mittleren Fundschicht mit 22 000 Jahren.

Die obere Fundschicht wird durch steinige, hellbraune Erde gebildet. Stellenweise ist sie 40 cm mächtig. Beim Höhleneingang und am Hang ist sie lehmig. Neben den zahlreichen Kalksteinen sind auch ortsfremde Gesteine vorhanden. Ausser den Höhlenbärenknochen, die im Chilchli 98% der Skelettfunde ausmachen, enthält die obere Fundschicht Knochenstücke von Iltis, Steinbock, Gemse, Edelhirsch, Schaf, Kuh und Maus. Die Knochen von Schaf und Kuh wurden nahe an der oberen Schichtgrenze gefunden. Ihre Farbe lässt vermuten, dass sie rezent in den Boden eingearbeitet worden sind. Mehr als die Hälfte aller gefundenen Skelettreste sind Fussknochen und Zähne. An der Grenze von der untern zur obern Fundschicht fanden sich zwei Breitschaberchen und ein Stichel aus Hornstein. Aus der obern Fundschicht wurden neun Werkzeuge geborgen: drei Klingentypen, zwei Stichel, eine Pfeilspitze, ein Pfriemen, ein Kratzer und ein Spitzchen. Das Material ist Hornstein, Radiolarit und Quarzit. Grösstenteils dürften die Geräte mesolithisch sein. Die Kerbklinge kann älter sein. Eine ¹⁴C-Bestimmung an Höhlenbärenknochen ergab ein Alter von 17 500 Jahren.

Schwarzbraune Humuserde überdeckt die obere Fundschicht. In der Höhle und auf dem Vorplatz ist sie 15 cm hoch. Am Hang erreicht sie stellenweise 50 cm. Beim Eingang und in der Höhle liegen auf der Humuserde zahlreiche kleinere Blöcke, die sich von der Decke gelöst haben.

Die Ausgräber sondierten auch in der Runse ausserhalb der hintern Höhlenöffnung. Überraschenderweise fanden sie an dieser Stelle Knochen von Höhlenbären.

Über das Chilchli erschienen erste Meldungen in der Ur-Schweiz (Flükiger 1942) und im Jahrbuch des Bernischen

Historischen Museums (Tschumi 1943, auch 1944). In ihrer Simmentaler Monographie haben die Ausgräber ihre Forschungen umfassend dargelegt (Andrist, Flükiger und Andrist 1964). Die ersten pollenanalytischen Untersuchungen wurden in einem vorläufigen Bericht festgehalten (Welten 1944).

Pollenproben

Um gute Proben zu erhalten, wurde an den Grabungswänden, die von den Ausgrabungen her noch vorhanden waren, 30 cm Material entfernt. Die Proben stammen aus der vordern Höhlenhälfte. Probenserie AB wurde 1,70 m hinter der Trauflinie, im Quadratmeterfeld 58 gewonnen. Die Ausgräber untersuchten die Höhlensedimente bis 4 m hinter die Trauflinie. Dort hinten, an der Grenze der Quadratmeter 71/72, wurden die Proben der Serie D entnommen.

Da der Felsuntergrund nicht ergraben werden konnte, wurden die Probentiefen für beide Serien in cm unter der Oberfläche gemessen.

Probenserie AB

Der blaugrüne Ton reicht bis 175 cm hinauf. Er enthält sehr wenig Pollen.

Die gelben Tone sedimentierten bis 125 cm. An der Basis sind Kalkspatkristalle eingebettet. Der Pollengehalt ist ebenso gering wie im Liegenden.

Der ockerbraune Lehm der untern Fundschicht umfasst die folgenden 25 cm. Die Pollensummen sind etwas höher. Die ligulifloren Compositen machen sich bemerkbar.

Der mittleren Fundschicht gehören die Proben zwischen 100 cm und 33 cm an. Die ganze Schicht ist pollenreich. Weit aus der grösste Teil ist Kräuterpollen. Die Baumpollen beanspruchen nicht einmal 10% der Pollenmenge. Stark vertreten, vor allem in der untern Schichthälfte, sind die Föhren. Die Haselsträucher, die Eichenmischwaldtypen und die Erlen nehmen gegen oben absolut und relativ zu. Im obersten Drittel besitzen auch die Fichten merklichen Anteil am Baumpollen. Die Vegetation der Kräuter wird von den ligulifloren Compositen beherrscht. Die Gräser sind reichlich vorhanden. Die zahlreichen übrigen Pollentypen weisen auf eine bunte Vegetation hin. Die Pteridophyten sind im obern Drittel häufig.

An der Grenze zur obern Fundschicht ist ausnehmend wenig Pollen eingebettet. Bei den Bäumen ist das vollständige Fehlen der laubtragenden auffällig. Die Fichten bleiben praktisch weg. Die Kräuter und die Sporenpflanzen zeigen deutliche Minima. 10 cm höher gelangen Föhren, Hasel und Eichenmischwald zu Höchstwerten. Der Kräuterpollen überbietet den Baumpollen erheblich. Die ligulifloren Compositen stehen an erster Stelle. Die Gräser haben ihr Maximum, ebenso der Dryopteris-Typ.

Die Probe in 5 cm Tiefe stammt aus der Humuserde. In ihr dominiert der Fichtenpollen. Bei den Nichtbaumpollen haben nur die Cyperaceen einen grössern Anteil als in der obern Fundschicht.

Probenserie D

Bis 170 cm lagert blaugrüner Ton. Die gelben Tone sind 10 cm mächtig. Graugelber Lehm steht bis 147 cm an. Er enthält Blöcke mit Calcitkristallen. In allen diesen Basischichten ist äusserst wenig Pollen enthalten.

Die untere Fundschicht enthält vereinzelt Blöcke. Sie reicht bis 107 cm hinauf. Die Pollenmenge ist gering. Die ligulifloren Compositen und der Dryopteris-Typ sind in der obersten Probe markant.

Der mittleren Fundschicht gehören die Sedimente bis in 26 cm Höhe an. Verglichen mit dem Liegenden sind die Pollenmengen grösser. Die Werte bleiben jedoch hinter denjenigen der Probenserie AB zurück. Die Kräuterpollen sind zehnfach häufiger als die Baumpollen. Gesamthaft dominieren die Föhren über die Haseln, Fichten und den Eichenmischwald. Die Hauptmasse der Kräuter sind liguliflore Compositen. Der Dryopteris-Typ ist ordentlich vorhanden.

Die obere Fundschicht hebt sich von der mittleren deutlich ab. Die Baumpollen, wie auch die Kräuterpollen, haben in diesem Abschnitt ihre absolute Dominanz. Die ligulifloren Compositen besitzen eine enorme Bedeutung. Die übrigen Nichtbaumpollen werden durch die Gräser dominiert. Dryopteris und Selaginella weisen Höchstwerte auf.

Die Oberflächenprobe zeigt das Polleninventar der Humuserde. Die Pollendichte ist nur noch halb so gross wie in der oberen Fundschicht. Die Haseln, die Eichenmischwaldkomponenten und die Erlen gehen stark zurück. Die Fichte ist die dominierende Baumart. Die Föhren nehmen prozentual zu. Die Kräuter sind im Vegetationsaspekt tonangebend. Die Cyperaceen klettern auf ihr Maximum.

Vegetationsfolge und Zeitbestimmung

Die Tone unter dem Fundschichtenkomplex sind äusserst pollenarm. Zur Zeit ihrer Sedimentation bestand noch kein wesentlicher Kontakt mit der Aussenwelt. Die wenigen Pollenkörner drangen wohl mit dem Sickerwasser durch die Spalten der Höhlendecke ins Innere. Pollenanalytisch können die Tone nicht datiert werden.

In der untern Fundschicht sind die Pollenquantität und die Pollenqualität im Verhältnis zu den liegenden Schichten auffällig besser. Die Höhle bot nun gute Bedingungen für den Eintrag von Pollen. Der pollenanalytische Befund stützt die durch die Sedimentanalysen gewonnene Annahme, der Felskopf des Chilchli sei abgebrochen und die Höhle dadurch nach aussen geöffnet worden. Nachdem die Höhle einen Eingang bekommen hatte, suchten Höhlenbären und andere Tiere darin Schutz. Die Gegend dürfte zum mindesten Pionierassen getragen haben.

Das Klima dürfte zur Bildungszeit der mittleren Fundschicht nochmals etwas günstiger geworden sein. Wenn auch das Verhältnis der Baumpollen zu den Kräuterpollen ungefähr gleich geblieben ist, so nimmt doch die gesamte Pollenmenge zu.

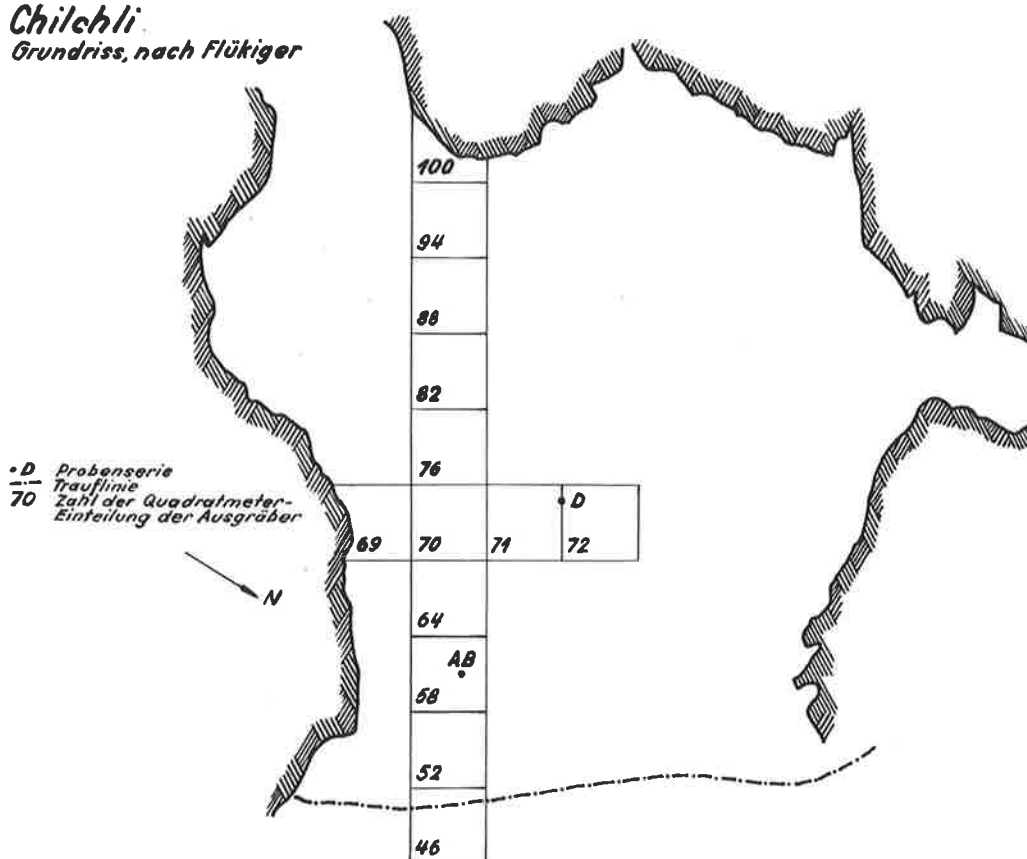
Die Tatsache, dass die Werte im Diagramm AB grösser sind als in der Probenserie D kann verschiedene Ursachen haben. Die Stelle D liegt 2,7 m weiter innen, wo die Einwehungen schwächer sind. Der Grund kann auch in lokalen morphologischen Bedingungen der Höhlendecke oder des Bodens liegen.

Wald drang nicht bis in die Region des Chilchlis hinauf. Die Baumpollen wurden vom Simmental, vielleicht sogar vom Aaretal her, in die Höhle hinaufgeweht.

In der Hochlage des Chilchli wuchsen geschlossene Rasen und Hochstauden. Die ausserordentlich vielen Compositenpollen lassen vermuten, dass die Korbbblütler in den meisten Pflanzengesellschaften tonangebend waren.

Da Wald fehlte, konnte sich die Ablagerung nicht in einem Interglazial gebildet haben. Die reiche Kräutervegetation in dieser Höhenlage könnte jedoch auf eine inter-

Chilchli
Grundriss, nach Flükiger



stadiale Bildung schliessen lassen. Die untere Fundschicht wäre somit im Anlauf zu diesem Interstadial sedimentiert. In einer vorgerückten Phase wäre die mittlere Fundschicht entstanden. Andeutungen für eine Vegetationsfolge sind nur im Diagramm AB zu erkennen. Die Föhren verlieren nach oben zugunsten der Fichten an Bedeutung. Letztere werden wieder durch die Laubhölzer etwas zurückgedrängt. Die Unterschiede sind jedoch zu wenig ausgeprägt, um aus dieser Folge mit Sicherheit eine Klimabesserung abzulesen. Die Zeitstellung des Interstadials kann nicht direkt aus den Diagrammen ermittelt werden. In Frage kommt das Brörup-Interstadial oder eine der Paudorf-Schwankungen. Die Einstufung der Feuersteingeräte in die Zeitspanne Ende Altpaläolithikum/Anfang Jungpaläolithikum passt in diesen Rahmen.

Die gut entwickelte Vegetationsphase wird am Übergang zur obren Fundschicht stark gestört. Die Probe der Serie AB in 30 cm Tiefe weist auf einen bedeutenden Klimarückschlag. Dieser Wechsel an der Grenze von der untern zur obren Fundschicht ist so deutlich, dass hier ein Unterbruch in der Vegetation gut denkbar ist. Die zunehmende Kälte der Würmeiszeit bedingte diese Verhältnisse.

Die grossen Pollenmengen der folgenden Proben sprechen für eine reiche Vegetation. In der Gegend des Chilchli gediehen wieder Rasen. Ins Tal drang nicht nur der Föhrenwald, sondern auch der Hasel- und der Eichenmischwald vor. Deutlich zeichnen sich Züge der postglazialen Waldentwicklung ab. Da diese Laubtragenden sehr rasch aufgetreten und zu hohen Prozentsätzen gelangt sind, kann seit dem Glazial nur eine kurze Zeitspanne verstrichen sein. Daher ist anzunehmen, dass die spätglazialen Klimabedingungen in dieser Höhenlage noch keine Vegetation gestattet haben. Erst im Verlaufe des Präboreals gelangten Kräuter und Gräser in die Umgebung der Höhle.

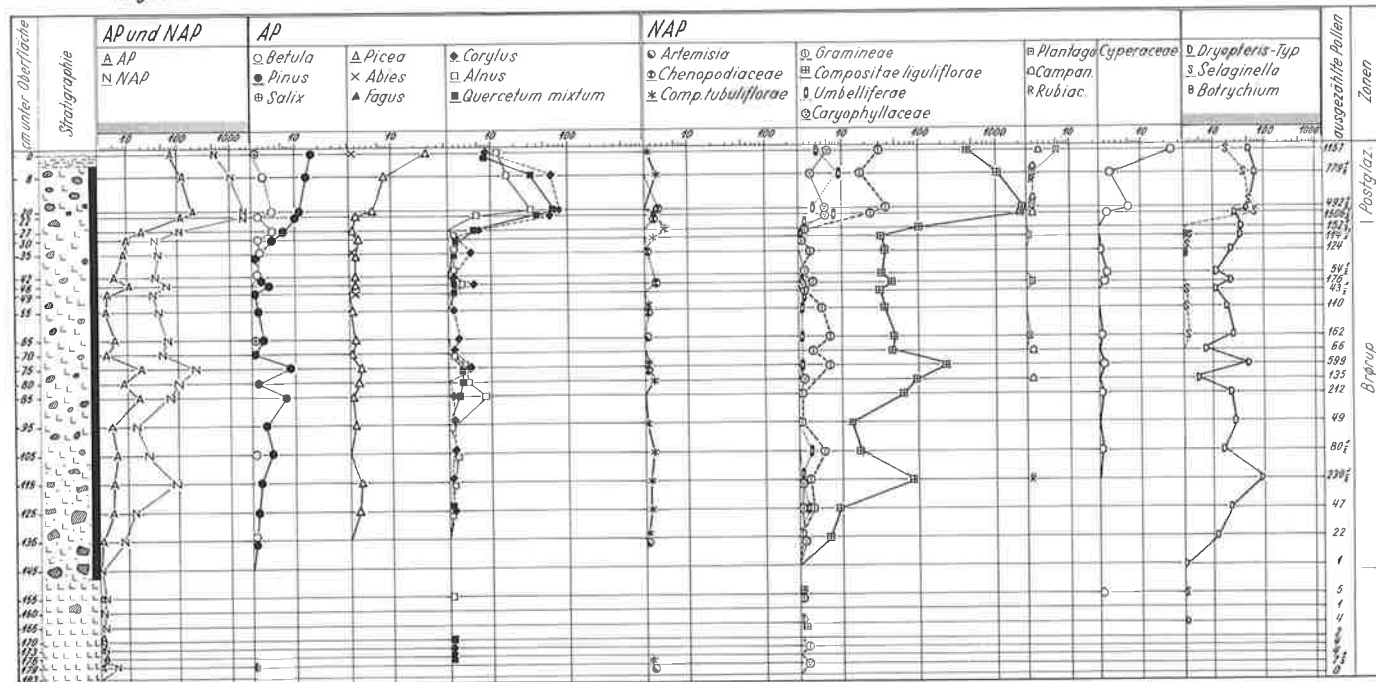
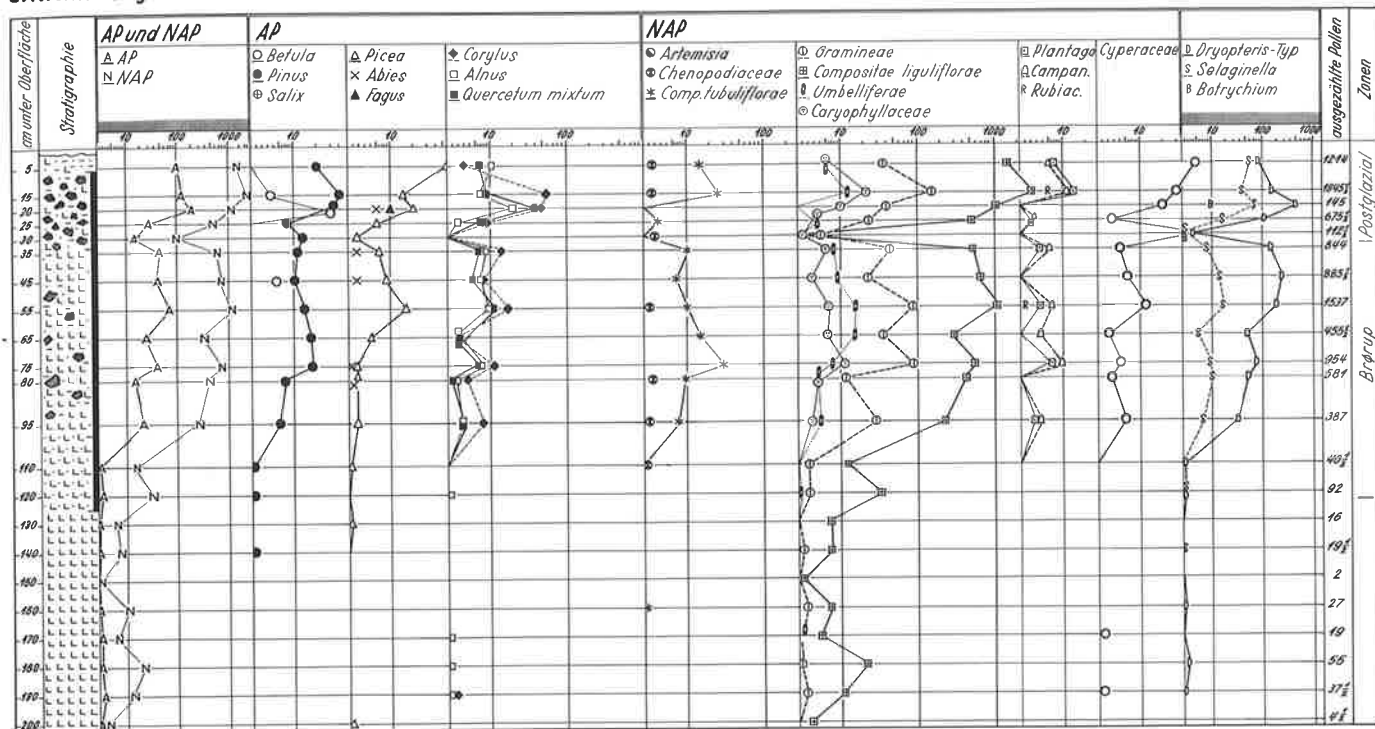
Nicht recht ins Bild passen will die relativ gut vertretene Fichte. Vermutlich ist ihr Pollen sekundär ins Sediment hineingekommen. Es ist nicht anzunehmen, dass die Fichtenpollen – und nur diese – aus der Humuserde in die Fundschicht eingesickert sind. Einschwemmung hätte eine ziemlich gleichmässige Verschiebung aller Pollentypen ergeben, was nicht der Fall ist. Weit wahrscheinlicher ist die Annahme, älteres Material sei mit postglazialem gemischt worden. Somit wird auch verständlich, dass Knochen des Höhlenbären in der Schicht gefunden worden sind. (Die ¹⁴C-Datierung von 17 500 Jahren muss, da sie an Knochenmaterial ausgeführt worden ist, als Mindestalter gewertet werden.) Was zur Vermengung der Sedimente geführt hat, ist ungewiss. Bodenfließen könnte sehr wohl die Ursache gewesen sein. Möglicherweise ist durch die nordwestliche Öffnung der Höhle Material von der Runse her eingeschwemmt worden, wie dies Schmid (1958) vermutet. Bekanntlich fanden die Ausgräber bei einer Sondierung in der Runse Knochenfragmente von Höhlenbären.

Die Einordnung der obren Fundschicht in den Anfang des Postglazials wird gefestigt durch die gefundenen Geräte, die mehrheitlich mesolithisches Aussehen aufweisen.

In den Proben aus der Humuserde weisen die zurückweichenden Laubbäume und die dominierenden Fichten auf die jüngsten Phasen der Nacheiszeit.

Zusammenfassung

Die geringen Pollenmengen der Proben aus den liegenden Tonen erlauben keine Schlüsse auf die Vegetation während ihrer Ablagerung. Die Höhle wurde durch das Ausenklima noch nicht beeinflusst. Die untere Fundschicht bildete sich am Anfang einer wärmeren Zeit. Nun gediehen in der Umgebung Rasen. Höhlenbären und ande-



re Tiere suchten in der Höhle Unterschlupf. Die mittlere Fundschicht fällt in eine vorgerückte Phase dieser wärmeren Zeit. Die Vegetationsdecke war geschlossen. Unten im Tal wuchsen Laubbäume. Die Paläolithiker suchten die Höhle als Rastplatz auf. Ob es sich um das Brörup- oder das Paudorf-Interstadial handelt, ist unsicher; zwar ist kaum anzunehmen, dass sich unter den klimatischen Bedingungen der Paudorf-Schwankungen – zwischen den beiden pleniglazialen Abschnitten – in der

Höhenlage des Chilchli Vegetation entfalten konnte. Zwischen die mittlere und die obere Fundschicht schiebt sich der Vegetationsunterbruch der extremen Kaltphase. Erst das wärmere Klima des Präboreals erlaubte wieder Pflanzenwuchs. Mesolithiker verweilten zeitweise im Chilchli. Verschwemmungen brachten ältere Ablagerungen mit Fichtenpollen und Höhlenbärenknochen in die obere Fundschicht. Von der Mittelsteinzeit bis heute wurden nur noch wenige Zentimeter Humuserde aufgelagert.

*Vergleich der pollenanalytischen
mit den sedimentanalytischen Resultaten*

Die Gegenüberstellung will nicht leicht gelingen, da in der Arbeit von E. Schmid die Schichten nicht gleich bezeichnet und nicht genau gleich abgegrenzt werden wie in der Darstellung der Ausgräber.

Aufgrund der Sedimentanalysen ist der blaugrüne Ton nicht datierbar. Die gelben Tone werden einem Frühwürmvorstoss zugeordnet. Die wenigen Pollen im blaugrünen und in den gelben Tönen lassen nicht auf die Vegetation und somit auch nicht auf eine Zeitphase schließen.

In den Auswertungen beider Methoden wird angenommen, die Höhle sei vor der Sedimentation der Höhlenbärensichten nach aussen durchgebrochen. E. Schmid unterscheidet zwischen einer unteren und einer oberen Fundschicht, während D. Andrist, W. Flükiger und

A. Andrist drei Fundschichten differenzieren. Sedimentanalytisch wird die untere Fundschicht in ein Würm-Interstadial gestellt. Die untere und die mittlere Fundschicht der Ausgräber, die weitgehend mit der untern Fundschicht von E. Schmid identisch sind, sind aufgrund des Polleninhalts am Anfang und im vorgerückten Abschnitt eines Interstadials, vermutlich des Brörup-Interstadials, sedimentiert.

In beiden Darstellungen ergibt sich am Übergang von der untern zur obern Fundschicht ein Sedimentationsunterbruch, der dem Pleniglazial zugeschrieben wird.

E. Schmid datiert die obere Fundschicht, deren Untergrenze sie etwas tiefer festlegt als die Ausgräber, in die Spät- und in die Nacheiszeit. Der rasche Anstieg der Pollenkurven legt nahe, dass die obere Fundschicht erst im Postglazial sedimentierte. Beide Untersuchungen lassen die Ablagerung bis in die Gegenwart andauern.

5. Les Dentaux

Lage und Beschaffenheit

Die Höhle befindet sich in der Gemeinde Villeneuve, die östlich der Einmündung der Rhone in den Genfersee liegt. Auf der Landeskarte ist sie auf dem Blatt 262, Rochers de Naye, im Koordinatenschnittpunkt 563 600/141 500 verzeichnet. Vom See her zieht ein Gebirgskamm gegen Nordosten zu den 2042 m hohen Rochers de Naye empor. Les Dentaux sind einige Felszacken dieses Kammes. Als im Jahre 1919 ein neuer Weg zum Gipfel der Rochers de Naye gebaut wurde, kam die Höhle zum Vorschein. Der Eingang war bis dahin durch einen Bergsturz verschüttet. Die Höhle liegt am steilen Südosthang in 1650 m ü. M., etwa 750 m über dem Tal der Tinière, die bei Villeneuve in den Genfersee fliesst. Entsprechend der heute klimatisch günstigen Lage am See steigen der Eichenmischwald und der Buchenwald weit am Berg empor. Die Waldgrenze, die durch die Fichte gebildet wird, verläuft kaum 100 m über der Höhle. Ein fast 100 m langer und 5–8 m breiter, mehrmals abgewinkelter Gang führt in den aus Malmkalk bestehenden Fels hinein. Die Öffnung der Höhle ist gegen Südosten gerichtet. Die überlagernde Gesteinsschicht ist nur wenig mächtig. Die Entstehung der Höhle ist auf die Erweiterung eines Spaltensystems zurückzuführen. Die Höhlendecke zeigt mehrere Spalten. Auch der felsige Grund scheint sich in einer Kluft zu verlieren.

Erforschung

Als J. Jacot-Guillarmod in den Jahren 1920 und 1921 im vordern Höhlenviertel grub, entdeckte er in 1,25 m Tiefe eine Schicht mit Knochenbruchstücken von Höhlenbären. 1944 und 1945 zogen A. Jayet und E. Constantin 18 m hinter dem Eingang einen Schnitt quer durch die Höhle und sondierten an verschiedenen Stellen.

Die Ablagerungen lassen sich in die folgenden Schichten gliedern.

Auf dem Felsen liegt hellbrauner Ton. In abnehmender Mächtigkeit bedeckt er auch die Höhlenwand, an der er bis 20 cm unter das gegenwärtige Gehniveau hinaufsteigt. Einzelne Kalksteinchen sind in den Ton eingeschlossen.

Die Fundschicht besteht aus steinigem Lehm. Zahlreich sind kleine und grosse Kalksteine und -blöcke eingelagert, die sich von der Höhlendecke gelöst haben. Ausser Kalk kommen auch etwa Hornsteinstücklein vor. Die Steine sind kantig oder gerollt. Einen grauen Quarzit mit Retuschen deuten die Ausgräber als mutmassliches Werkzeug. Sie fanden ihn zusammen mit Höhlenbärenknochen an der Oberfläche in einem rückwärtigen Höhlenteil, wo der Fundschichtenkomplex nicht durch steriles Material überlagert ist. Der Quarzit zeigt Ähnlichkeiten mit Werkzeugen, die in der Höhle von Cotencher gefunden worden sind. Die Mächtigkeit der Schicht nimmt gegen die Mitte hin zu. In der Mittelachse des Höhlenganges erreicht sie einen Meter. Die Fundschicht lässt sich in zwei Zonen unterteilen. Aus der graubraunen unteren wurden Knochen von Höhlenbär, Gemse, Hirsch (?) und Dohle gehoben. Die braune obere Zone enthält nur wenig Knochenüberreste. Ihre Oberfläche verläuft annähernd horizontal.

Über der Fundschicht liegt gelber Lehm. Er enthält nur wenige kleine Kalksteine. Knochen fehlen. Die Schicht ist höchstens 30 cm mächtig.

Eine dünne Sinterlage bedeckt den gelben Lehm und überzieht die Höhlenwände.

Erdiger hellgrauer Lehm bildet die oberste Schicht. Er ist steinig und sintrig.

Die Grabungsberichte erschienen im Bulletin de la Société vaudoise des Sciences Naturelles (Jacot-Guillarmod 1921) und im Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Urgeschichte (Jayet et Constantin 1945).

Pollenproben

Die Grabungswand, die beim Querschnitt der letzten Grabung stehengeblieben war, wurde etwas zurückverlegt, um in ungestörte Schichten zu gelangen. 18,7 m vom Höhleneingang entstand ein neues Querprofil. In der Mittelachse des Höhlenganges kam ein über anderthalb Meter grosser Felsblock zum Vorschein, der die normale Sedimentation an der Profilstelle wesentlich gestört haben musste. Rechts vom Felsblock zeigte sich keine unberührte Einfüllung. Die Pollenproben wurden deshalb der linken Profilhälfte entnommen.

Probenserie

Die Tiefen der Probenstellen werden in cm unter der Sedimentoberfläche verzeichnet.

Die Grabung stiess nicht zum Felsboden vor. Die Probe in 130 cm Tiefe stammt aus dem hellbraunen Ton. Es sind sehr wenig Pollen im Ton.

Die Probe in 120 cm Tiefe wurde an der Grenze zur Fundschicht herausgekratzt. Die folgenden Proben bis hinauf zu 33 cm gehören zur Fundschicht. In der untern Schichtzone sind die eingelagerten Steine kleiner als in der obern. Die Pollenmengen sind in der ganzen Fundschicht grösser als im liegenden Ton. Auffällig hohe Werte ergeben die Proben aus 68 cm und 56 cm Tiefe. Die beiden Proben der obern Fundzone (47 cm und 33 cm) sind wieder weniger reich an Pollen. Der Baumpollen ist im Gesamtpollen schwach vertreten. Die Föhren sind kontinuierlich vorhanden. Sie besitzen ihr Maximum in 68 cm Tiefe. Die Haseln dominieren unter den Baumarten von 100 cm bis 68 cm. In den beiden folgenden Proben werden sie von den Erlen abgelöst. Die Nichtbaumpollen sind bis zu 85 cm hinauf mässig vertreten. Nachher gelangen sie zu Höchstwerten. Die Umbelliferen, die ligulifloren Compositen und die Gramineen haben die grösste Bedeutung. Auch die Farnkurve zeigt einen Gipfel. In der obersten Probe der Fundschicht sind die Kräuterpollen in geringer Menge vorhanden.

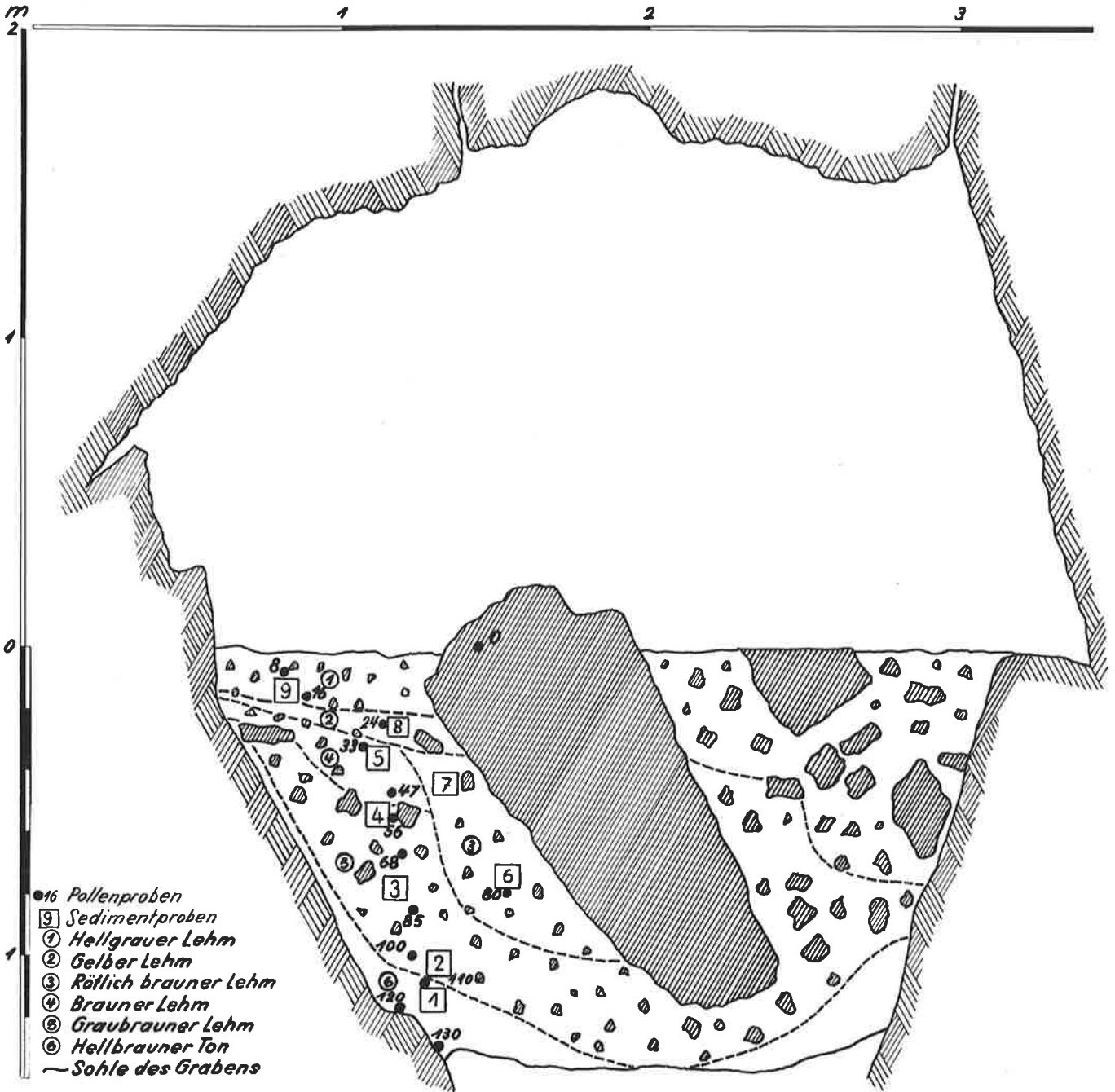
Die Fundschicht schliesst nicht horizontal ab wie beim Querschnitt, den Jayet und Constantin ergraben haben. Die Oberfläche der Schicht liegt gegen die Höhlenwände hin höher als gegen den Felsblock. Möglicherweise sind die Schichten an dieser Stelle ein Stück weit in das Spaltensystem der Felsunterlage abgerutscht. Die so entstandene Vertiefung ist mit rötlich braunem Lehm aufgefüllt. Dieser enthält eher wenig Pollen (Probe aus 80 cm Tiefe). Die Haseln dominieren über die Föhren. Bei den Kräuterpollen sind die Umbelliferen und die Gramineen am häufigsten.

Als horizontale Lage folgt nach oben gelber Lehm mit vielen kleinen Steinen (Probe 24 cm). Die Pollenmengen sind etwas grösser als in der obersten Probe der Fundschicht, was durch die Nichtbaumpollen verursacht wird. Die Cyperaceen besitzen hier ihr relatives und absolutes Maximum.

Die Sinterlage, die Jayet und Constantin in ihrem Profil eingezeichnet haben, war an der Stelle der Probenserie

Les Dentaux

Querprofil, 18,7m vom Höhleneingang



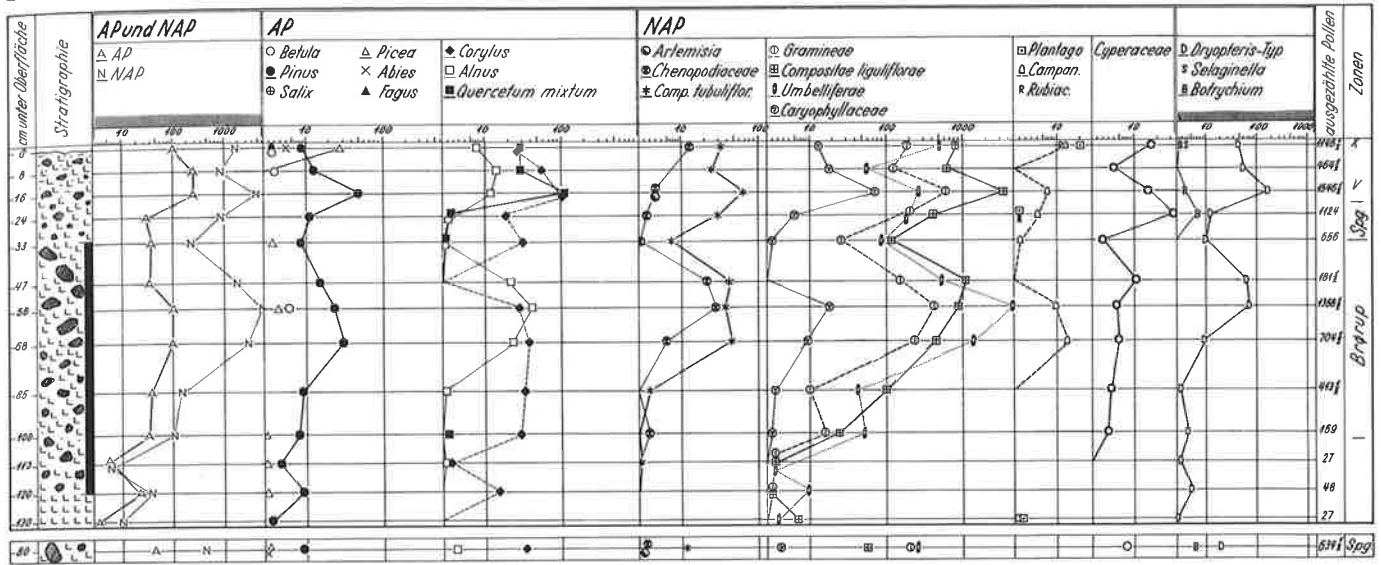
nicht festzustellen. Vielleicht ist der Sinter eine lokale Erscheinung.

Der erdige, hellgraue Lehm lieferte die drei obersten Proben. In 16 cm Tiefe gipfeln die Föhren, die Haseln und der Eichenmischwald. Erst in der Oberflächenprobe ist Fichtenpollen zu finden. Die ligulifloren Compositen machen den Hauptanteil an den Nichtbaumpollenmengen aus. Die Gramineen und in der Oberflächenprobe die Umbelliferen sind am zweithäufigsten.

Vegetationsfolge und Zeitbestimmung

Bei der Beurteilung der untersten Proben muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Pollenmengen im logarithmischen Massstab eingetragen sind. Da die Mass-

einheiten für kleine Pollenzahlen gross sind, werden im Diagrammbild die Differenzen der Pollenmengen stark abgeschwächt. Die kleinen Werte werden überbetont. Die Pollen der drei untersten Proben sind deshalb nur scheinbar bemerkenswert. Im Vergleich mit den übrigen Proben sind so wenig Pollen gefunden worden, dass Infiltration aus dem Hangenden angenommen werden darf. Der hellbraune Ton enthält demnach praktisch keinen Pollen. Er sedimentierte folglich in einer vegetationslosen oder in einer äusserst vegetationsarmen Zeit. Die zeitliche Einstufung ist nicht eindeutig, da zwischen der Sedimentation des Basistons und derjenigen der Fundschicht eine Ablagerungslücke denkbar ist. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass der hellbraune Ton in der der Auflagerung der Fundschicht vorangehenden Kaltphase gebildet worden ist.



Der untere Teil der Fundschicht (Proben 100 cm und 85 cm) ist gegenüber dem liegenden Ton merklich pollenreicher, so dass er in den Anfang einer klimatisch günstigen Phase zu stellen ist. Als sich die Vegetation optimal entwickelte, sedimentierte der obere Teil der untern Fundzone (Proben 68 cm und 56 cm). Wenn die Pollenmengen auch sehr gross sind, so darf gleichwohl nicht auf ein Interglazial geschlossen werden. Der Baumpollenanteil ist zu gering, als dass man annehmen könnte, Wald sei in dieser Höhenstufe gewachsen. (Die von W. Lüdi [1953] untersuchten und mit einiger Wahrscheinlichkeit ins Riss/Würm-Interglazial eingestuft Sedimente aus der Gegend von Genf enthalten alle bedeutend mehr Baumpollen als die Fundschicht von Les Dentaux. Zudem spielen an den meisten Fundstellen die Fichten eine grosse Rolle.) Etwas Blütenstaub von Föhren und Haseln, die sich in der Talniederung und an den Hängelehnen ausbreiteten, wurde in die Höhle hinaufgeweht. In der Umgebung der Fundstelle gediehen geschlossene Rasen, in denen die Umbelliferen, die ligulifloren Compositen und die Gramineen tonangebend waren. Einen Teil des Nichtbaumpollens (vielleicht auch Alnuspollen) trugen Höhlenbären und andere Tiere am Fell und mit der Nahrung ein. Möglicherweise ist die Übergipfelung der ligulifloren Compositen durch die Umbelliferen auf diese Weise zu deuten. Das Maximum der Chenopodiaceen darf sicher mit der Begehung der unmittelbaren Umgebung der Höhle erklärt werden.

Man könnte einwenden, der Kräuterpollen sei zum grössten Teil durch Tiere in die Höhle eingebracht worden und dadurch werde eine Waldvegetation verdeckt. Da die Menge des Kräuterpollens vierzigmal grösser ist als diejenige des Baumpollens, ist es kaum denkbar, dass die Tiere die Hauptursache für die Pollenzusammensetzung darstellen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass die Tiere mit ihrem Futter und an ihrem Fell bestimmt auch Baumpollen in die Höhle getragen hätten, wenn sie ein bewaldetes Areal bewohnt hätten. Vielmehr ist daran zu denken, dass bestimmte Tiere gewisse Futterpflanzen bevorzugen. Daraus resultieren eher veränderte Mengenverhältnisse der Pollentypen innerhalb des Kräuterpollens als abweichende Beziehungen zwischen Baum- und Kräuterpollen. In dieser Richtung sind die Umbelliferenpollen interpretiert worden.

Aus dem Pollenbild der obern Fundzone ist wohl eine

mässige Verschlechterung des Klimas abzulesen. Bereits der Dominanzwechsel *Corylus*/*Alnus* und die Abnahme der Föhrenpollen weisen in dieser Richtung. Auffällig sind die steilen Abstiege der Kräuterpollenkurven.

Die Fundschicht ist vermutlich in einem Interstadial der Würmeiszeit gebildet worden. Es dürfte dies die letzte Warmphase betreffen, bevor das Eis des Rhonegletschers die Höhle verschlossen und überdeckt hat. Im Rhonetal gediehen Haseln, Föhren und Erlen, was einer Wiederbesiedlung nach einer glazialen Phase entspricht, ähnlich der Initialphase im Postglazial. Die untere Hälfte der Fundschicht sedimentierte am Anfang des Interstadials. Der obere Teil der untern Fundzone fällt in den klimatisch besten Abschnitt der Warmphase. Die obere Fundzone gehört der Zeit der abnehmenden Wärme an.

Das Interstadial gehört bestimmt der Würmeiszeit an. Eine nähere zeitliche Zuordnung bleibt jedoch unsicher. Der Rhonegletscher ist wohl kaum während eines der klimatisch wenig günstigen Interstadiale des Pleniglazials so weit zurückgeschmolzen, dass sich in der Höhe von Les Dentaux eine dichte Vegetation hätte ausbreiten können. Es ist eher anzunehmen, das Klima des Brörup-Interstadials habe eine Pflanzendecke ermöglicht, wie sie für die Fundschicht nachgewiesen ist.

Am Übergang von der Fundschicht zum gelben Lehm sind die Pollenmengen sehr gering. Beachtet man den logarithmischen Massstab, so werden die Differenzen zum Liegenden und zum Hangenden erst recht deutlich. Somit ist zwischen die beiden Schichten der Vegetationsunterbruch der extrem kalten Würmphase einzufügen, in welcher der Rhonegletscher den Felsgrat von Les Dentaux überdeckte. Dass die Pollenzahlen nicht auf Null sinken, ist verständlich. Einerseits setzte die Sedimentation im Pleniglazial aus, andererseits befindet sich das Material mit dem minimalen Pollengehalt nur höchst zufälligerweise ausgerechnet an einer Probestelle. Zudem kann Infiltration aus der höher liegenden Schicht die spärliche Vegetation verschleiern.

Nach dem Rückzug des Gletschers setzt die Sedimentation wieder ein. Der gelbe Lehm lagert sich auf. Die Vegetation der Kräuter entfaltet sich massiv. Bäume siedeln sich noch nicht an, wenigstens nicht in der Höhenstufe der Höhle. Wahrscheinlich ist als Bildungszeit des gelben Lehms das Ende des Spätglazials anzunehmen.

Die Brandspuren, welche Jayet und Constantin am

Grunde des gelben Lehms gefunden haben, wären demnach offenbar von Magdalénien-Leuten zurückgelassen worden. Die Ausgräber erwähnen diese Möglichkeit ebenfalls, halten sie jedoch für sehr fraglich (Jayet et Constantin 1945). In einer Balm, die sich nahe bei der Höhle befindet, wurde bei den Sondierungen in den zwanziger Jahren eine knöcherne Speerspitze gefunden. H. G. Stehlin und F. Sarasin stufen das Objekt ins Magdalénien ein (Bandi 1947). Die Datierung der Brandschicht der Höhle in die gleiche Epoche bestärkt die Möglichkeit dieser zeitlichen Zuordnung der Speerspitze.

Obwohl die Bäume im Pollenbild des hellgrauen Lehms etwas schwach vertreten sind, weisen ihre Kurven auf postglaziale Vegetationsverhältnisse hin. Das Material in 16 cm Tiefe sedimentierte im Boreal. Die reichlichen Fichtenpollen der Oberflächenprobe wurden in historischer Zeit abgelagert. Die Fichte dringt erst im Subatlantikum ins Wallis vor (Welten 1958). Das Verhältnis des Baumpollens zum Kräuterpollen zeigt, dass sich die Höhle in der Nacheiszeit wenig unter der Waldgrenze befunden hat. Es ist anzunehmen, dass auch in dieser Zeit Tiere die Höhle aufsuchten.

Die Sedimentation dauerte also bis in die Neuzeit an. Die Vermutung von J. Jacot-Guillarmod (1921), ein prähistorischer Bergsturz habe die Höhle bis zum Wegbau im Jahre 1919 verschlossen, trifft folglich kaum zu. Der Bergsturz ist relativ jung oder muss wenigstens die Höhle bis in neuere Zeit so weit offen gelassen haben, dass Pollen eingeweht werden konnte. Diese Ansicht wird auch durch die Mitteilung gestützt, dass 1919 bei der Öffnung der Höhle oberflächlich ein Schädel eines Braun-Bären gefunden worden ist. Die letzten Braun-Bären wurden im Waadtland und im Wallis in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts erlegt (Baumann 1949).

Ein eigenes Problem stellt der rötlich braune Lehm dar. Aus der Zeichnung des Querprofils ist ersichtlich, dass sich dieser Lehm nur so weit erstreckt, als er vom Felsblock überdacht ist. Man könnte deshalb vermuten, es sei Fundschichtmaterial, das durch seine besondere Lage anders verfärbt worden sei. Auf Grund der Pollenanalyse entspricht die Probe aus 80 cm Tiefe recht gut dem Polleninventar, wie es im graubraunen Lehm in ungefähr gleicher Tiefe ermittelt worden ist. Die Pollentypenzusammensetzung passt jedoch auch zu derjenigen des gelben Lehms. Die Siebanalyse der entsprechenden Sedimentprobe (Nr. 6), die E. Schmid ausführte, ergab ein ungleich feinkörnigeres Material als dasjenige der Fundschicht. Daraus muss geschlossen werden, dass der rötlich braune Lehm im Spätglazial die Vertiefung in der Fundschicht aufgefüllt hat. Die grosse Ähnlichkeit des Pollenspektrums der Probe aus 80 cm mit demjenigen der Fundschicht mag darauf hinweisen, dass Fundschichtmaterial durch Bodenflüssen zur Bildung des rötlich braunen Lehms beigetragen hat.

Eine Vermischung von Material verschiedener Schichten, ebenso das Fehlen eines Schichtteils ist an Höhlensedimenten, die unter zahlreichen Ablagerungseinflüssen gebildet worden sind, nur in günstigen Fällen mit Sicherheit zu ermitteln.

Zusammenfassung

Der hellbraune Ton ist auf Grund des geringen Pollengehalts in eine Kaltphase, möglicherweise zu Beginn des Würmglazials, einzustufen. Die Fundschicht wurde im letzten klimatisch günstigen Abschnitt vor der extremen Würmkaltzeit abgelagert. Geschlossene Rasen wuchsen in der Umgebung. Im Tal bildeten Föhren, Haseln und Erlen offenbar initiale Wälder. Höhlenbären suchten den Schlupfwinkel auf. Paläolithiker rasteten gelegentlich in der Höhle. Der untere Teil der Fundschicht sedimentierte am Anfang des Interstadials. Die obere Fundzone ist in einen bereits etwas ungünstigeren Abschnitt der wärmeren Phase zu stellen.

Die zunehmende Kälte liess vermutlich keine Vegetation mehr gedeihen, und schliesslich überdeckte Eis den Bergkamm. Die Sedimentation kam zum Stillstand. Im Spätglazial ebnete unter Solifluktionerscheinungen der rötlich braune Lehm das Terrain aus. Am Ende des Spätglazials legte sich der gelbe Lehm über die alten Schichten. In der postglazialen Zeit bildete der hellgraue Lehm die Deckschicht.

Vergleich der pollenanalytischen mit den sedimentanalytischen Resultaten

Die beiden Methoden haben zu recht ähnlichen Ergebnissen geführt. Sie stimmen darin überein, dass die Fundschicht nicht im Interglazial, sondern in der Würmeiszeit abgelagert worden ist. Die Vegetationsgeschichte ergibt eine nähere Zuordnung der Fundschicht innerhalb des Glazials. Die in der oberen Fundzone sedimentanalytisch festgestellte prozentuale Zunahme des Materials «grösser 20 mm Durchmesser» und das daraus gefolgerte Herannahen der Kaltzeit wird durch die Schwächung der Vegetation unterstrichen. Der Sedimentationsunterbruch während des Pleniglazials wird in beiden Arbeiten nach der Ablagerung der Fundschicht angenommen; diese Ansicht vertraten schon die Ausgräber.

Während der Basiston sedimentanalytisch nicht datierbar ist, geht aus dem spärlichen Polleninhalte immerhin hervor, dass er in eine Kaltphase einzustufen ist, wahrscheinlich in eine Frühwürm-Kaltphase.

Abweichend sind die Deutungen des gelben Lehms. Auf Grund der Zuordnung des rötlich braunen Lehms in das späte Endglazial bis frühe Postglazial wird sedimentanalytisch geschlossen, der gelbe Lehm sei nacheiszeitlich entstanden. Das Polleninventar zeigt wohl einen kräftigen Anlauf der Ausbreitung von Kräutern an; dagegen gelangen die Bäume erst im Hangenden zu ansehnlichen Werten. Daraus darf mit grosser Wahrscheinlichkeit abgeleitet werden, der gelbe Lehm sei spätglazial sedimentiert.

Der Beginn der Ablagerung des hellgrauen Lehms fällt entsprechend der zeitlichen Fixierung des Liegenden unterschiedlich aus. Nach beiden Methoden resultierte eine Sedimentation bis in die historische Zeit.

6. Das Wildenmannlisloch

Lage und Beschaffenheit

Zwischen dem 2502 m hohen Säntis und den nördlich des Walensees aufragenden Churfürsten fliesst in Ost-West-Richtung die Thur durch das obere Toggenburg. Im Höhenzug, der zum 2205 m hohen Selun, einem der zahlreichen Gipfel der Churfürsten, führt, befindet sich das Wildenmannlisloch. Das Gebiet gehört zur Gemeinde Alt St. Johann. Die Höhle ist auf dem Blatt 237, Walenstadt, der Landeskarte der Schweiz im Schnittpunkt der Koordinaten 737 740/225 650 eingetragen.

Der Fichtenwald steigt heute am steilen Nordhang der westlichen Churfürsten bis durchschnittlich 1500 m ü. M. empor. Die Waldgrenze verläuft so tief, weil das von dieser Höhe an nur noch schwach geneigte Gelände im Mittelalter für ausgedehnte Weiden gerodet worden ist. Einzelne Fichten und Baumgruppen, im östlichen Teil der Churfürsten mit Arven vermischt, wachsen an steilen und felsigen Stellen noch in 1800 m bis 1900 m ü. M. Dieser Höhenbereich wird ungefähr der effektiven Waldgrenze entsprechen.

Das Wildenmannlisloch öffnet sich in 1628 m Höhe gegen Nordosten. Ein Gang, dessen mittlerer Teil um etwa 6 m parallel nach Nordwesten versetzt ist, führt mehr als 160 m weit in den Seewerkalk hinein. Die tiefsten Partien der Höhle verlieren sich in einer Kluft, die in den liegenden Gaulthorizont hinunterreicht. Die Schichten über der Höhle sind so wenig mächtig, dass das Wildenmannlisloch als oberflächennahe Höhle zu bezeichnen ist. Dies ist anlässlich der Probenentnahmen augenscheinlich geworden: Starker Regen brachte 40 cm hoch Wasser in den als Kammer bezeichneten Höhlenabschnitt. Unregelmässigkeiten bei der Gebirgsbildung erzeugten zwei parallele Querbrüche durch den Selunerruck. Das Sickerwasser löste den Seewerkalk auf und erweiterte sie zur heutigen Höhlenform.

Erforschung

Im Jahre 1903 fanden Emil Bächler und Otto Köberle bei der Suche nach Kalkspaten in der Kammer des Wildenmannlislochs in einem Meter Tiefe Höhlenbärenknochen. 1923 sondierte Theodor Schweizer und stiess ebenfalls auf Höhlenbärenknochen. Emil Bächler führte von 1923 bis 1927 systematische Grabungen durch. Er stellte die folgenden Schichten fest.

Die untere helle Lehmschicht liegt dem karrigen Felsboden auf. Sie besteht aus hellgrauem bis hellgelbem Lehm. Er enthält sehr wenig Steine. Die Schicht ist 1,4–2,2 m mächtig.

Rotbrauner Lehm lagert 45–65 cm hoch auf dem hellen Lehm. Die wenigen eingeschlossenen Steine weisen eine dünne Verwitterungsrinde auf. 99 Prozent der gehobenen Knochenstücke von grösseren Säugern gehören zu Höhlenbären (an Höhlenbärenschädeln kamen fünf im Endschlauch und einer im Höhlenschlauch hinter der Höhlenkammer zum Vorschein; im fündigsten Höhlenabschnitt, der Höhlenkammer, fand sich kein Höhlenbärenschädel); zudem wurden Überreste von Höhlen-Löwe, Wolf, Fuchs, grossem Wiesel, Gemse, Edelhirsch, Murmeltier und Schneehase bestimmt. Auf die Anwesenheit des Menschen zur Zeit der Sedimentation des rotbraunen Lehms weisen die Steinwerkzeuge (gegen dreissig) hin, die ausnahmslos in der Höhlenkammer gefunden worden sind. Sie bestehen aus höhlenfremdem Ölquarzit. Ein einziges Stück ist ein roter Radiolarienhornstein. Das Rohmaterial für die Steinwerkzeuge fanden die Bewoh-

ner offensichtlich in den Ablagerungen des Rheingletschers in der Gegend von Wildhaus. Ein Seitenarm des Rheingletschers hatte in der Risseiszeit die Geländeschwelle von Wildhaus (heute 1030 m ü. M.) überschritten und war bis Unterwasser ins obere Toggenburg vorgestossen (Tappolet 1922). Es sind einfach zugeschlagene Abschlaggeräte. Die häufigsten Formen sind dreieckige Breitklingen, rechteckige Breitklingen und schmale Klingen. Am Höhleneingang stellten die Ausgräber in 2,5 m Tiefe angebrannte Höhlenbärenknochen und Kohlen von Fichtenholz fest.

Die obere helle Lehmschicht ist weiss bis hellgrau. Sie besteht aus sintrigem Lehm und wenig Steinen. Sie erreicht 25–42 cm Höhe.

Die Oberflächenschicht ist 55–80 cm mächtig. In dunkelgrauer bis schwarzbrauner Erde sind viele kleine, kantige Steine, einige Blöcke und stellenweise weisse Kalksinterbildungen eingelagert. Die untersten 15–20 cm der Schicht sind etwas kompakter und heller. Knochen des Edelhirsches und kleiner Säuger weisen darauf hin, dass die Höhle wieder von Tieren aufgesucht worden ist.

Bächler publizierte seine Forschungsergebnisse über das Wildenmannlisloch im Jahre 1934. 1940 erschien seine Monographie über die ostschweizerischen Höhlen Wildkirchli, Drachenloch und Wildenmannlisloch. Die Vegetation des Obertoggenburgs wurde von Margrit Vogt (1921) dargestellt.

Pollenproben

Es wurden zwei Probenreihen analysiert. Ungefähr in der Mitte zwischen dem Höhleneingang und dem engen westlichen Seitengang, 8,40 m vom Eingangsnullpunkt (in der Grundrisszeichnung mit A festgehalten), wurde aus einem Querprofil die Probenreihe I gewonnen. Das mit Probenreihe VI bezeichnete Material stammt aus dem hintersten Höhlenabschnitt, dem sogenannten Endschlauch. Dieser wird durch einen grossen Sturzblock versperrt, so dass zwischen der Oberfläche des Blockes und der Höhlendecke nur ein halber Meter Zwischenraum frei bleibt. 2 m hinter dem Block wurden aus dem nur 50 cm breiten Querschnitt die Proben entnommen.

Probenreihe I

Die Tiefen der Probenstellen sind in cm unter einer frei gewählten Nulllinie gemessen. Die Oberfläche der Sedimente verläuft 16 cm tiefer.

Die beiden Höhlenwände nähern sich gegen unten. In der Felsunterlage dringt eine 30 cm breite Kluft in die Tiefe. Die Kluft und der Höhlengang sind mit rotbraunem Lehm gefüllt. Dieser Lehm stellt die Fundschicht dar. Sie enthält nur wenig Steine. Die Einsenkung der Schichtoberfläche über der Kluft lässt vermuten, dass Material in den Felsspalt nachgerutscht ist. Die Pollenmengen sind sehr gross. Der Anteil des Baumpollens ist gering. Die Föhren dominieren. In 187 cm Tiefe folgen in abnehmender Häufigkeit Erlen, Haseln und Fichten. Beim Schichtwechsel (147 cm nach Probenprotokoll) sind die Laubtragenden schwächer vertreten. Unter dem Kräuterpollen dominieren in der untersten Probe die Umbelliferen; in den beiden folgenden Proben sind die ligulifloren Compositen und die Gramineen reichlicher vorhanden. Die Mengen des Dryopteris-Typs und von Selaginella sind beachtlich.

Wildenmannlisloch

Grundriss, nach Bächler

.1 Probenserien
 A Eingang
 Sturzblock
 10 m



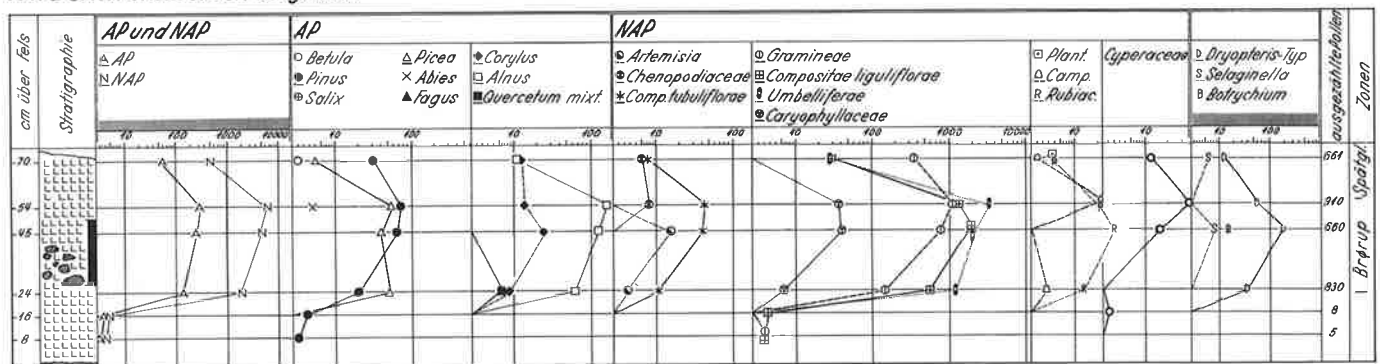
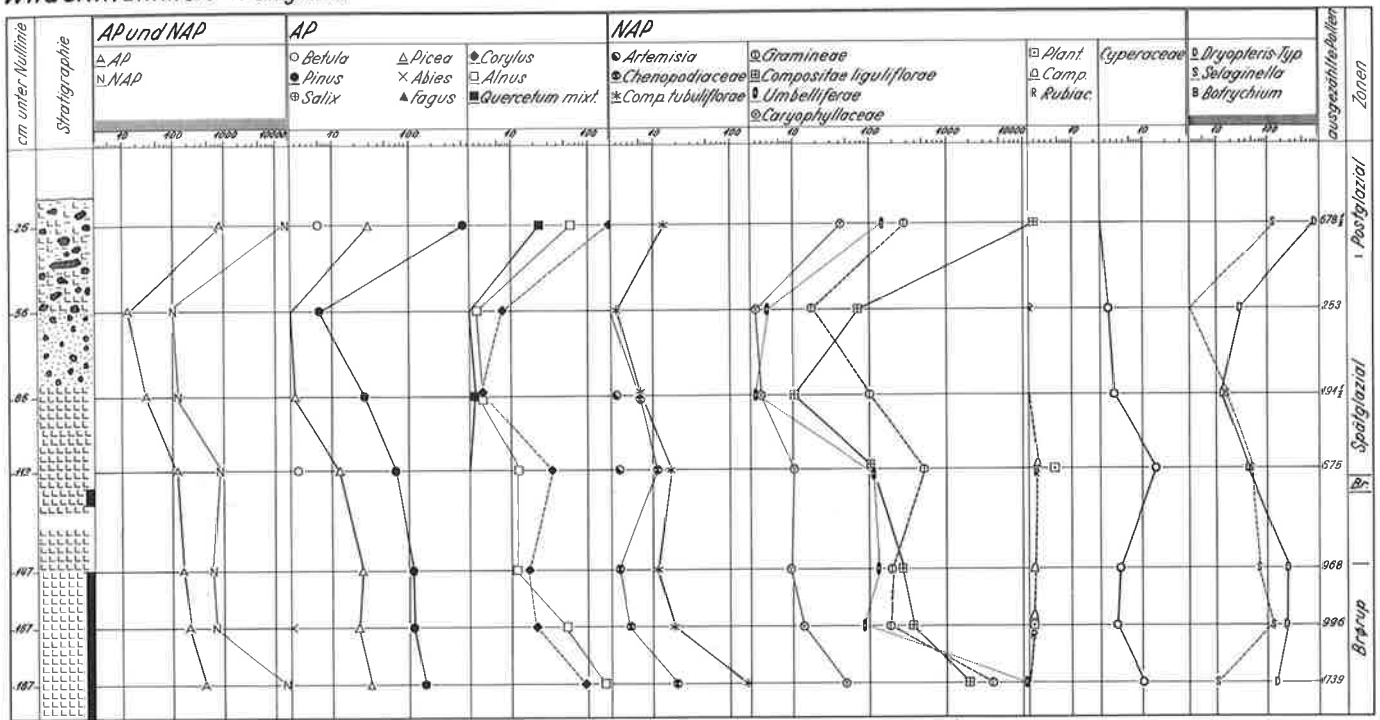
Wildenmannlisloch

Querprofil, 8,4m vom Höhleneingang



Die obere helle Lehmschicht, welche die Fundschicht überlagert, setzt sich an der Profilstelle aus verschiedenen Zonen zusammen. In der ganzen Breite des Schnittes bedeckt grauer Lehm die Fundschicht. In der rechten (südöstlichen) Hälfte liegt über Felsbruchstücken, die auf

einer Felsbank ruhen, noch ein Teil der Fundschicht. Ebenfalls in der rechten Hälfte bedeckt weissgrauer Lehm in geringer Ausdehnung und Mächtigkeit den grauen Lehm. Wieder in der ganzen Schnittbreite folgt nach oben hellgrauer Lehm. Grauer, steinig-sandiger



Grus bildet die oberste Zone der Schicht. Die Pollenproben dieser und der hangenden Schicht wurden aus der rechten Hälfte der Grabenwand herausgestochen. Der Polleninhalt der Probe aus dem grauen Lehm stimmt noch recht gut mit demjenigen der tiefern Probe überein. Die Proben aus dem hellgrauen Lehm und aus der Schichtgrenze weisen sehr wenig Pollen auf. Interessant ist die Dominanz der Gräser in den Proben aus 112 cm und 86 cm Tiefe.

Die Oberflächenschicht besteht aus rotbraunem, steinigem Grus. Er enthält Humus, kleine Steine und grosse Blöcke. Pollen ist in grosser Menge eingebettet. Der Baumpollen bleibt beträchtlich hinter dem Kräuterpollen zurück. Die Föhren dominieren über die Haseln. Erlen, Eichenmischwaldvertreter und Fichten sind mässig vertreten. Die ligulifloren Compositen stellen den Hauptanteil des Kräuterpollens. Die Gramineen, Umbelliferen und Caryophyllaceen erreichen nur bescheidene Werte. Zahlreich vorhanden sind der Dryopteris-Typ und Selaginella.

Probenserie VI

Die Masse geben die Distanz der Probenstellen vom Felsgrund an.

Die unterste Schicht ist gelblich hellgrauer Ton. Die eingeschlossenen Pollen sind nicht von Bedeutung.

Die Fundschicht besteht in ihrer unteren Partie aus dicht gelagerten Steinen, deren Zwischenräume mit Lehm gefüllt sind. Darüber sedimentierte brauner Lehm. Auf Grund des Pollenbildes wird deutlich, dass auch die unmittelbar angrenzenden Proben aus 24 cm und 54 cm Tiefe zur Fundschicht zu rechnen sind. Die Proben sind pollenreich. Erlen, Föhren und Fichten sind gut vertreten. Die Haseln weisen nur kleine Werte auf. Die Kräuterpollen übertreffen die Baumpollen vielfach. Die häufigsten Typen sind die Umbelliferen. Zahlreich sind die ligulifloren Compositen und die Gramineen. Der Dryopteris-Typ erreicht in der oberen Partie sein Maximum.

Die Pollenmengen entsprechen auffällig gut denjenigen der Probenserie I. Wären die Pollen durch den Höhlen-

gang mit seinen vielen Krümmungen bis in den Endschlauch hineingeweht worden, müssten die Pollenmengen in den hintern Höhlenteilen beträchtlich kleiner sein. Die gute Übereinstimmung zeigt, dass die Pollen vielmehr vorwiegend von der Vegetationsdecke her durch Spalten und Ritzen des Seewerkalkes in die Höhle eingesickert sind. Ein Teil mag durch Tiere eingetragen worden sein.

Der hellgraue Ton bildet im Endschlauch die oberste Schicht. Eine dunklere Oberflächenschicht fehlt. Die Pollenmenge ist kleiner als in der Fundschicht. Die Föhren sind nur noch halb so häufig, und die übrigen Bäume sinken auf recht niedrige Werte. Bei den Kräuterpollen dominieren die Gramineen bedeutend über die ligulifloren Compositen und die Umbelliferen.

Vegetationsfolge und Zeitbestimmung

Die untere helle Lehmschicht wurde nur in der Probenserie VI erfasst. Der Polleninhalte ist verschwindend klein. Die wenigen Körner dürften aus dem Hangenden eingesickert sein. Ob der Lehm zu einer Zeit sedimentierte, als die Höhle nach aussen verschlossen oder als die Vegetation spärlich entwickelt war, lässt sich nicht entscheiden.

Der rotbraune Lehm muss in einer klimatisch günstigen Phase abgelagert worden sein. Die grossen Pollenmengen weisen ganz in dieser Richtung. Geschlossene artenreiche Rasen gediehen in der Umgebung der Höhle. Die hohen Werte der Umbelliferen, der ligulifloren Compositen und des Dryopteris-Typs können teilweise auf Hochstaudengesellschaften zurückgeführt werden. Da in der jüngsten Probe des Diagramms I die Umbelliferen nicht dominieren, ist zu vermuten, dass Umbelliferenpollen auch durch die Höhlenbären in die Höhle eingetragen worden sind. In der Talniederung wuchsen Wälder. Am häufigsten drang Blütenstaub von Föhren, Fichten und Erlen in die Höhe hinauf. Vereinzelt oder in Gruppen werden Fichten und Föhren an den steilen Nordhang unterhalb des Wildenmannslochs emporgestiegen sein. Die Fundschicht der Probenstelle I lässt sich recht gut mit derjenigen der Serie VI parallelisieren; wenn auch nur in grossen Zügen, da das Material der Stelle I ein Stück weit in die Kluft abgerutscht und dadurch wohl etwas vermischt worden ist. Die gute Entwicklung der Vegetation, das Pollenspektrum und das starke Überwiegen des Kräuterpollens über den Baumpollen datieren die Fundschicht in ein Interstadial. Es hält schwer, an ein Interstadial im mittleren Abschnitt der Würmeiszeit zu denken. Die mittleren Juli-temperaturen wurden für diesen Abschnitt in Holland 8° tiefer als in der Gegenwart geschätzt (Van der Hammen et al. 1967). Die Temperaturdifferenz dürfte für das Gebiet der Churfürsten nicht wesentlich abgewichen sein. Die Hochalpen Selamatt und Breitenalp, in deren Gebiet sich das Wildenmannsloch befindet, werden gegenwärtig nur 35 Tage im Sommer mit Vieh bestossen. Die höchstgelegenen ständig bewohnten Höfe sind in 1200 m ü. M. (Vogt 1921). Die Höhe der Höhle, 1628 m ü. M., lockt also heute nur zu kurzem Aufenthalt. Die Verhältnisse dürfen natürlich nicht bedenkenlos verglichen werden. Die heutige Bevölkerung betreibt Milchwirtschaft und Viehzucht, während die einstigen Bewohner des Wildenmannsloches primitive Wildbeuter waren. Immerhin zeigen die Tatsachen, dass das Klima heute recht bescheiden ist. Nimmt man eine um etwa 8 °C tiefere Temperatur an, so ist ein längeres Verweilen des Menschen oder auch nur ein kurzer Sommerhalt höchst unwahrscheinlich. Die Bedingungen für eine Besiedlung der Höhle waren in einem Frühwürminterstadial weit besser. Von den

beiden Interstadialen wird sich die klimatisch günstigere Brörupzeit bis in die Höhenlage des Wildenmannslochs ausgewirkt haben. Die Fundschicht ist deshalb am ehesten in dieses Interstadial zu stellen. Offen bleibt die Möglichkeit, sie einem mittleren Würmabschnitt (Paudorf-Interstadial) zuzuweisen, falls sich dieser im Gebiet nachweisen lässt.

Die Pollenzahlen der oberen hellen Lehmschicht sind beträchtlich kleiner als im rotbraunen Lehm, so dass das Klima zur Zeit der Sedimentation schlechter gewesen sein muss. Vielleicht ist vorwiegend mit Fernflugpollen zu rechnen. In Analogie zu andern Höhlen ist zwischen die Fundschicht und den hellen Lehm ein Vegetationsunterbruch einzufügen, währenddessen die Höhle von Schnee überdeckt war. Es scheint aber durchaus möglich, dass die Lehmzonen in mittleren Würmphasen sedimentiert sind und erst der sandige Grus im Spät- oder Frühpostglazial entstanden ist. Die unregelmässige Oberfläche lässt vermuten, dass die obersten Teile des Gruses verschwemmt worden sind.

Aus dem Dominanzwechsel im Kräuterpollen an der Grenze zur Oberflächenschicht im Diagramm I ist auf eine neue Klimaphase, das Postglazial zu schliessen. Die grossen Pollenmengen der obersten Probe lassen an dieser Deutung keinen Zweifel. Da das Material durch die erneute Begehung durch Tiere und Menschen, sowie durch die früheren Grabungsarbeiten nicht ganz unberührt zu sein scheint, darf das Überwiegen des Kräuterpollens über den Baumpollen nicht verwundern.

Zusammenfassung

Die untere helle Lehmschicht ist zu pollenarm, um sie zeitlich zu fixieren. Die Fundschicht sedimentierte in einem Interstadial. Aus klimatischen Gründen kommt eher das Brörup-Interstadial als ein Mittelwürminterstadial in Frage. Die Vegetation war im Gebiet geschlossen. Im Tal wuchs Wald. Zeitweise weilten Menschen in der Höhle. Die Bedingungen sagten auch den Höhlenbären zu. Im Hochglazial und im Spätglazial entstand die obere helle Lehmschicht. Die Auflagerung der steinigen Oberflächenschicht mit den grossen Blöcken erfolgte im Postglazial.

Vergleich der pollenanalytischen mit den sedimentanalytischen Resultaten

Nach beiden Methoden sedimentierte die Fundschicht im Würmglazial vor dem maximalen Gletschervorstoss. Sedimentanalytisch wird der Beginn der Begehung der Höhle durch die Höhlenbären in der Zeit angenommen, als die Waldgrenze in den Bereich der Höhle herabgerückt war. Nach den Pollendiagrammen fällt die Kulturschicht in eine Warmphase der Würmeiszeit. Die Vegetation scheint gut entwickelt gewesen zu sein, so dass ein klimatisch günstiger Abschnitt dieses Interstadials eher in Frage kommt als das Initial- oder das Endstadium.

Die hellen Lehme, in denen E. Schmid Löss nachgewiesen hat, lagerten sich auf Grund beider Untersuchungen im Spätglazial ab.

Die Blockablagerung erfolgte nach den Sedimentanalysen noch im Spätglazial, während sie pollenanalytisch, zusammen mit der steinigen Oberflächenschicht, bereits dem Postglazial zuzuweisen ist.

7. Das Drachenloch

Lage und Beschaffenheit

Im östlichen Teil der Glarner Alpen erheben sich die Grauen Hörner. Südlich davon fliesst im Calfeisental die Tamina gegen Osten. Beim Dorf Vättis biegt sie nach Norden um und mündet bei Ragaz in den Rhein. Ein südlicher Ausläufer der Grauen Hörner ist der Drachenberg, in welchem sich das Drachenloch befindet. Auf der Landeskarte der Schweiz ist die Höhle auf dem Blatt 247, Sardona, im Schnittpunkt der Koordinaten 750 440/199 060 vermerkt.

Entsprechend dem steilen Anstieg von Vättis (943 m ü. M.) zum nur 3 km entfernten Drachenberg (2605 m ü. M.) folgen die verschiedenen Waldstufen sehr nah aufeinander. Im Tal wachsen noch einige Eichenmischwaldbestände. In den unteren Teilen der Talflanke und weit ins Calfeisental hinauf gedeihen Buchen. Die Waldgrenze wird im Gebiet von Fichten, Lärchen und Legföhren, im Hintergrund des Calfeisentals auch von Arven gebildet. Sie verläuft gemäss der zerklüfteten Felsunterlage wenig geschlossen. Sie erreicht nur stellenweise 1800 m ü. M. Die mühsam zugänglichen Weiden werden lediglich von Schafen und Ziegen genutzt, so dass die natürliche Waldgrenze durch Rodungen nur unbedeutend tiefer gelegt worden ist.

Über den Alpweiden des Gelbbergs steigt der felsige Kamm des Drachenbergs in die Höhe. Das oberste Schichtpaket ist Teil einer zwischen das autochthone Tertiär und die grossen helvetischen Schubmassen der Glarner Verrucano-Decke eingestossenen parautochthonen mesozoischen Falte. Einer der Brüche in der Falte wurde durch die korrosive Wirkung des Sickerwassers zum Drachenloch erweitert. Die Höhle öffnet sich auf 2427 m ü. M. (nach der Landeskarte; alte Angabe 2445 m) gegen Osten. Verengungen des Höhlenganges unterteilen ihn in sechs Räume. Der Gang dringt 70 m in den Seewerkalk ein. Dieser überragt die Höhle lediglich ungefähr 70 m, so dass sie als oberflächennahe Höhle betrachtet werden muss. Der Seewerkalk wird von einer 5 m dicken, grauschwarzen Gaultschicht unterlagert. Die Höhle reicht nirgends in diesen Horizont hinunter.

Erforschung

Im Juli 1917 grub Theophil Nigg aus Vättis im Drachenloch die ersten Höhlenbärenknochen aus. Im Verlaufe der Jahre 1917 bis 1923 leitete Emil Bächler die systematische Ausgrabung, in der alle Höhlenräume erfasst wurden. In den Räumen 2 und 3 war die Stratigraphie am deutlichsten. Die Ausgräber unterschieden die folgenden sechs Schichten.

Eine weisse bis weisslich graue Tonschicht lagert auf dem karrigen Fels. Sie erreicht eine Mächtigkeit von 1,3–1,8 m.

Deutlich unterscheidet sich eine hellbraune bis wenig rötlich braune Erdzone vom Basiston. Sie enthält stark verwitterten Deckenabbruch. Da Knochen von Höhlenbären eingebettet sind, ist sie zur Fundschicht zu rechnen. Die rötlich braune Erde ist 25–40 cm hoch.

Die Hauptzone der Fundschicht ist eine hellrötliche bis rotbraune Erde. Seewerkalkplatten liegen an mehreren Stellen dicht übereinander. Die Mächtigkeit misst 60–90 cm.

Eine rotbraune bis dunkelrötliche erdige Zone bildet den obersten Teil der Fundschicht. Das Material ist stark erdig. Die Zone ist 35–55 cm dick.

Die Überreste von Höhlenbären entsprechen mehr als 90

Prozent des gesamten in der Fundschicht ausgegrabenen Knochenmaterials. Sie stammen meist von jüngeren Tieren. Die übrigen Knochen verteilen sich auf Höhlen-Panther, Wolf, Fuchs, Edel-Marder, Hermelin, Steinbock, Gemse, Murmeltier, Schneehase und Schneemaus.

In den Höhlenräumen 2 und 3 sind in der Fundschicht einige Seewerkalkstücke ausgegraben worden, die stark an Steingeräte erinnern. Sie sind mousteroiden Werkzeugen sehr ähnlich. Da in der Umgebung kein besseres Material zur Herstellung von Steinwerkzeugen vorhanden ist, scheint die Verwertung des Seewerkalks naheliegend.

Über der Fundschicht lagert hellgraue bis weisse Sintererde. Die helle Farbe trennt sie klar vom Liegenden. Die Steine sind wenig verwittert. Die Schicht ist 15–25 cm mächtig.

Die Oberflächenschicht ist grauschwarz, mulmig und sehr locker. Knochen von Nagetieren und Alpengvögeln sowie Schneckenhäuschen stammen von der rezenten Fauna. Die Schicht misst 25–30 cm.

Bächler berichtete in den Jahren 1921 und 1923 über die Ausgrabungen im Drachenloch. In der Monographie über das alpine Paläolithikum (Bächler 1940) legte er die Ergebnisse ausführlich dar.

Das Drachenloch ist wohl die umstrittenste paläolithische Station der Schweiz. Die sogenannten Knochenwerkzeuge scheiden als Beweis für die Anwesenheit des Menschen in der Höhle aus, da sie auch ohne Bearbeitung durch den Menschen entstanden sein können (vgl. z. B. Andrist et al. 1964). Bestenfalls lässt das stellenweise gehäufte Vorkommen des gleichen Skeletteils von Bären an menschliches Tun denken. Solche Mengenbeobachtungen bleiben jedoch stets relativ. Ebenso könnten die bekannten Steinkisten aus dem stark plattig sich teilenden Seewerkalk als natürlich entstanden erklärt werden. Weniger einfach ist es, die gleiche Orientierung der in einer Steinkiste gefundenen Höhlenbärenschädel ohne Zutun des Menschen zu deuten. Ein ausserordentlich seltenes Naturereignis wäre es, wenn sich ein Femur um ein Viertel seiner Längsachse dreht und gleichzeitig unter dem Jochbogen eines Höhlenbärenschädels hineinschlüpft. Diese vorgefundene Kombination lässt schon sehr an eine Handlung des Menschen denken. Die als Werkzeuge angesprochenen Steine bestehen aus Seewerkalk, also keinem höhlenfremden Gestein. Sie sind deshalb auch nur mit Vorbehalt als Artefakte zu werten. Das zuverlässigste Indiz für die Anwesenheit des Paläolithikers im Drachenloch dürften die beiden Feuerstellen sein, die am Eingang zum zweiten, beziehungsweise zum dritten Höhlenraum freigelegt worden sind. Sie enthielten Holzkohlen von Legföhren und angebrannte Knochen von Höhlenbären. Wenn auch die Funde und Befunde der Kritik der heutigen urgeschichtlichen Forschung nicht standhalten, genügt die Gesamtheit des Beobachteten doch, um einen wenigstens kurzen Aufenthalt von Menschen zur Altsteinzeit zu folgern.

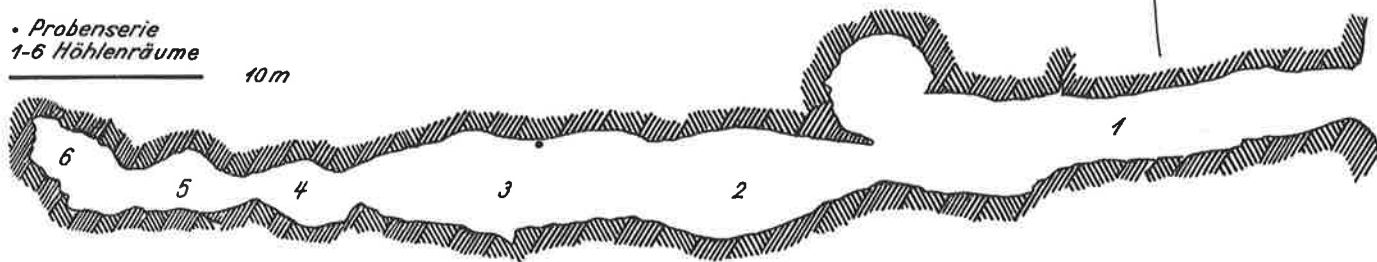
Pollenproben

An mehreren Stellen der Höhle wurden Probenreihen gewonnen. Die Sedimentanalysen (Schmid 1958) zeigten, dass nur die Ablagerungen aus dem Höhlenraum 3 noch ungestört waren. Die Probenstelle befindet sich etwas vor der Mitte des Raumes 3. Die Entfernung vom Höhleneingang misst 43 m. In einer Nische der nördlichen Höhlenwand waren die bekannten Schichten vorhanden. Ihre gesamte Mächtigkeit betrug nur 60 cm. Da in den vorderen Höhlenräumen reichlich Material für die Analysen ge-

Drachenloch

Grundriss, teilweise nach Bächler

• Probenserie
1-6 Höhlenräume



nommen worden war (welches sich nachträglich leider als unzulänglich erwies), wurden an dieser Stelle nur vier Proben aus den Sedimenten herausgestochen.

Probenserie

Die Probestiefen sind im Diagramm nicht exakt massstäblich eingetragen. Aus diesem Grund sind auch die Signaturen für die Stratigraphie nicht kontinuierlich gezeichnet.

Die tiefste Schicht wird von hellem graubraunem Ton gebildet. Probe Nr. 1 wurde aus diesem Ton genommen. Sie enthält nur spärlich Pollen. Wahrscheinlich sind die wenigen Kräuterpollen und die Sporen aus der hangenden Schicht eingesickert.

Die Fundschicht ist braun und lehmig. Die eingebetteten Knochen stammen von Höhlenbären. Die Schicht lässt sich an dieser Stelle nicht in Zonen gliedern. Die Proben Nr. 2 und Nr. 3 weisen grosse Pollenmengen auf. Der Baumpollen macht jedoch nicht einmal 1 Prozent der Pollensumme aus. Er besteht aus Föhren-, Erlen-, Weiden- und wenig Hasel- und Fichtenpollen. Die Kräuter sind in der oberen der beiden Proben stärker vertreten. Weitaus am häufigsten sind die ligulifloren Compositen. Auffällig hohe Werte erreichen die Umbelliferen und in der oberen Probe auch die Campanulaceen. Reichlich sind die Caryophyllaceen, die Gramineen und die tubulifloren Compositen vertreten. Sporen sind wenig vorhanden.

Über der Fundschicht sedimentierte graubrauner Lehm. Die gesamte Ablagerung war dicht mit Schneckenhäuschen überdeckt. Unter diesen Nahrungsresten der Alpendohlen bestimmte E. Schmid unter anderen auch drei Gehäuse von *Zebrina detrita* Müll., einer östlichen Art, die erst im Neolithikum nach Mitteleuropa eindrang. Die Probe Nr. 4 enthält reichlich Pollen, jedoch wesentlich weniger als die Fundschicht. Die Baumpollen bleiben weiterhin unbedeutend. Das Spektrum der Kräuterpollen entspricht gut demjenigen der beiden tieferen Proben. Augenfällig ist die unverhältnismässig kleine Anzahl der Umbelliferenpollen.

Vegetationsfolge und Zeitbestimmung

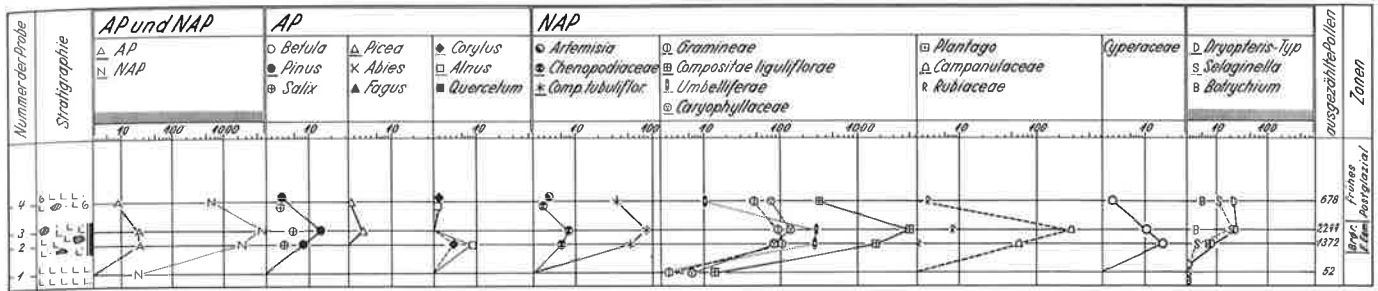
Da für die Auswertung nur die wenigen Proben aus der einen ungestörten Sedimentfolge des Höhlenraumes 3 verblieben sind, stützen sich die Analyseergebnisse gegenseitig nur wenig. Andererseits sind die Resultate deutlich ausgefallen, so dass eine Interpretation gewagt werden darf.

Der Basiston kann auf Grund des Polleninhaltes zeitlich nicht eingestuft werden. Da Pollen sozusagen fehlen, muss der Ton in einer vegetationsarmen Phase sedimentiert sein. Das Sickerwasser muss jedoch durch die Felsschichten geflossen sein. In Betracht fällt vielleicht der Anfang des Würmglazials oder der Übergang vom Rissglazial zur Eem-Warmzeit.

Der Polleninhalt der Fundschicht deutet auf eine reichliche und vielgestaltige Vegetation hin. In der Umgebung wuchsen ausgedehnte Rasen. Die spärlichen Baumpollen werden wohl aus dem Tal zum Drachenberg hinaufgeweht worden sein. Die zeitliche Fixierung der Fundschicht ist schwierig. In den Eiszeiten stiess der Tamina-Gletscher durch das Calfeisental vor und vereinigte sich bei Vättis mit einem Arm des Rheingletschers, der von Süden über den Kunkelspass ins Vättner Tal vorrückte. Die obersten Bündner Erratika fand Bächler in etwa 1900 m ü.M. Weder der Gelbberg (2070 m ü.M.) noch der Drachenberg wurden folglich vom Gletscher überfahren. Ihre Fels- und Schuttmassen ragten als Nunatakr über die Eismassen empor. An Vegetation ist unter diesen extrem ungünstigen Bedingungen nicht zu denken. Da in den Interstadialen im mittleren Abschnitt der Würmeiszeit die Temperaturen nur wenige Grad höher waren, dürfte die durch das Pollenbild ausgewiesene ansehnliche Vegetation auch nicht in dieser Zeit gewachsen sein. Die grössere Wärme der Frühwürmphasen bot vielleicht die Voraussetzung, dass sich Rasen ansiedeln konnten. Am ehesten kommen die günstigen Bedingungen des Brörup-Interstadials in Frage. Eine zeitliche Einstufung in die ausgehende Eem-Warmzeit ist auch nicht von der Hand zu weisen. Jedenfalls sprechen die pollenanalytischen Ergebnisse nicht dagegen. Den besten Abschnitten der Eemzeit kann die Fundschicht nicht zugeordnet werden. Die Baumpollen hätten in dieser Zeit grössere Werte erlangt.

Auf Polleneintrag durch Tiere könnten die relativ vielen Umbelliferenpollen hinweisen.

Die Pollenmenge des hangenden Lehms ist um soviel kleiner, dass das Klima zur Zeit seiner Sedimentation nicht ausgesprochen günstig gewesen sein kann. Da im Höhenbereich des Drachenlochs Wald zu allen Zeiten gefehlt hat, ist die Ablagerungszeit pollenanalytisch kaum näher zu bestimmen. Im Hochglazial wuchs keine Vegetation, und Material, das Sedimente hätte bilden können, sickerte zufolge des Tiefenfrostes nicht durch die Höhlendecke. Diese Sedimentationslücke ist zwischen der Fundschicht und dem graubraunen Lehm zu vermuten. Der Lehm setzte sich wahrscheinlich im frühen Postglazial ab.



Zusammenfassung

Der Basiston sedimentierte in einer vegetationsarmen Phase. Die Fundschicht bildete sich, als ausgedehnte Rasen die Gelbbergalp bedeckten. Es mag dies im Brörup-Interstadial oder am Ende der Eem-Warmzeit möglich gewesen sein. Damals holten sich die Paläolithiker Holz von den Legföhren unten an den Tallehnen, um an ihrem Rastplatz ein Feuer zu unterhalten. Das hochglaziale Klima verdrängte Flora und Fauna. Im Postglazial lagerte sich der Decklehm auf.

Vergleich der pollenanalytischen mit den sedimentanalytischen Resultaten

Der Basiston lässt sich weder sedimentanalytisch noch pollenanalytisch datieren. Die Höhlenbärenschiicht wird

aufgrund ihrer Sedimente einer frühen Phase der Würmeiszeit, eventuell noch dem vollen Eem-Interglazial zugeschrieben. Die Pollenuntersuchungen lassen auf das Ende des Eems oder auf das Brörup-Interstadial schliessen. Interglaziales Alter kommt infolge des geringen Baumpollen-Prozentes kaum in Frage. Somit dürfte die Höhlenbärenschiicht am Übergang vom Interglazial zum Glazial entstanden sein.

Beide Untersuchungen nehmen an, dass auf die Ablagerung der Höhlenbärenschiicht die pleniglazialen Abschnitte gefolgt sind, und dass in dieser Zeit die Sedimentation ausgesetzt hat. Der hangende Lehm wird sedimentanalytisch noch dem Spätglazial zugerechnet. Die einzige untersuchte Pollenprobe aus dieser Schicht ist nicht beweiskräftig. E. Schmid konnte anhand der an der Oberfläche gefundenen Schalen der Schnecke Zebraia detrita nachweisen, dass mindestens bis ins Neolithikum Material aufgelagert wurde.

8. Die Rinderhöhle

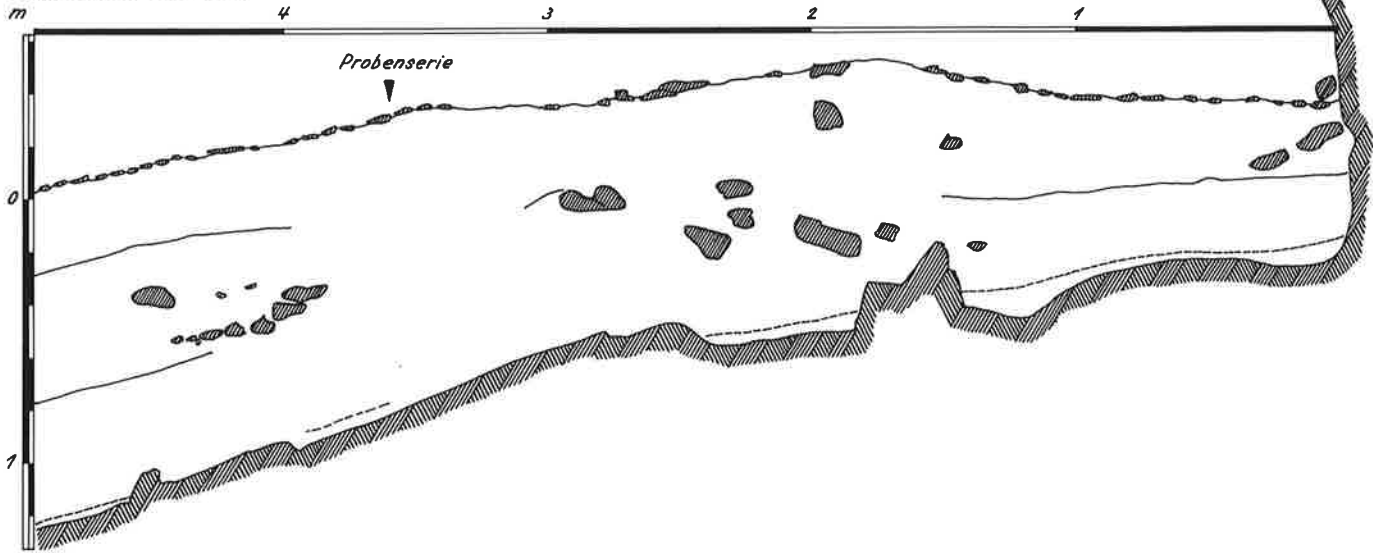
Lage und Beschaffenheit

Die Rinderhöhle und die Mönchshöhle befinden sich im Gebiet der Vorarlberger Gemeinde Dornbirn. Im Tal des Bruderbaches, der von Westen in die Ebniter-Dornbirner Ache mündet, liegt auf 1075 m über Meereshöhe der Weiler Ebnit. In der nördlich von Ebnit aufsteigenden Kreide-Antiklinale des 1532 m hohen Schönen Mannes öffnen sich die beiden Höhlen. Die Rinderhöhle liegt in 1330 m.

vom Westen transfluieren Eiszungen des Illgletschers zwischen den Nunatakkern ins Gebiet und begruben den Ebniterache-Gletscher. Vom Schönen Mann stiess ein Lokalgletscher vor. Eine schmale Zunge des Rheingletschers drang vom Rheingletscher her bei Dornbirn weit ins Tal hinauf. Catharina Smit Sibinga-Lokker gibt die Eisoberfläche des südlich des Schönen Mannes transfluierenden Gletscherarmes zur Zeit des Würmhochstandes mit mindestens 1475 m über Meereshöhe an (1965). Die Rinderhöhle wurde demnach vom Gletscher

Rinderhöhle

Längsprofil, nach Vonbank



Der Fichtenwald bildet die natürliche Vegetation der subalpinen Stufe. Durch Rodungen an den weniger stark geneigten Stellen sind grosse Weideflächen entstanden. Die Waldgrenze ist zugunsten der Alpwirtschaft herabgesetzt worden. In kleineren Lichtungen gedeihen üppige Hochstaudenfluren. Auch die Vegetation der unmittelbaren Umgebung der Höhle bildet einen Hochstaudenbestand. Der Platz ist ausgezeichnet durch *Aconitum Napellus* (Blauer Eisenhut), *Aconitum vulparia* (Gelber Eisenhut), *Adenostyles glabra* (Grüner Alpendost), *Stellaria nemorum* (Wald-Sternmiere), *Saxifraga rotundifolia* (Rundblättriger Steinbrech), *Lamium maculatum* (Gefleckte Taubnessel), *Geranium Robertianum* (Ruprechtskraut), *Urtica dioeca* (Grosse Brennnessel) und reichlich *Dryopteris Filix-mas* (Gemeiner Wurmfarne).

Die Höhle ist gegen Südosten exponiert. Der Hauptgang misst 114 m. Er steigt gegen innen stark an, so dass er schliesslich nahe an die Oberfläche hinaufreicht. Etwa in der Mitte der Höhle zweigt ein ungefähr 12 m langer Seitengang ab.

Verwerfungen, wie sie im Gebiet nachgewiesen sind, könnten Anlass zur Entstehung der Rinderhöhle gegeben haben. Glaziale Schmelzwasser mögen das Spaltensystem im Schratenkalk zur Höhle ausgeweitet haben.

In der Würmeiszeit blieben die Gipfel der das Tal der Ebniter-Dornbirner Ache umgrenzenden Berge eisfrei (Catharina Smit Sibinga-Lokker 1965 und 1966). Auch der Schöne Mann ragte aus dem Eis empor. Im Tal bildete sich der Ebniterache-Gletscher. Vom Süden und

überfahren (von Catharina Smit Sibinga-Lokker 1968 brieflich bestätigt). Da sie nur etwa 145 m unter der Eishöhe lag, wird sie bald nach der maximalen Ausdehnung des Gletschers eisfrei geworden sein.

Erforschung

Im Raum, der sich an der Verzweigungsstelle im Höhleninnern gebildet hatte, waren Knochen von Höhlenbären ausgehoben worden. Dies veranlasste E. Vonbank, im Jahre 1955 systematisch zu sondieren. Da der Boden des Höhlenganges nach aussen abwärts geneigt ist, dürfte einsickerndes Wasser die Höhlensedimente zum Fliessen gebracht haben. Im Innern ist dadurch wenigstens teilweise mit umgelagerten Schichten zu rechnen. Am ehesten ist in den vordersten fünf Metern der Höhle, wo sie etwas breiter ist, eine unverdorben Stratigraphie zu vermuten. E. Vonbank führte deshalb den Sondierschnitt im vordersten Höhlenteil aus.

Die Schichtgrenzen waren im Schnitt nicht markant. Auf dem Fels sedimentierte sandiger Lehm. Er ist stark von grossen kantigen Steinen durchsetzt. Im hintern Teil des Schnittes waren bis 40 cm grosse Blöcke eingeschlossen.

Der sandige Lehm wird bedeckt von braunem Lehm mit gerundeten Steinen verschiedener Grösse.

Brauner humoser Lehm, in den vor allem im untern Teil gerundete Steine eingebettet sind, bildet die Deckschicht.

Die Oberfläche ist von rezenten Feuern stellenweise geschwärzt.

Pollenproben

Die analysierte Probenserie wurde aus der Westwand des Sondierschnittes herausgekratzt. Die Stelle der Probenentnahme befindet sich 3,60 m vor der den vordersten Höhlenteil abschliessenden Felswand oder 1,20 m hinter dem beim Höhleneingang gewählten Nullpunkt.

Probenserie

Die einzelnen Proben wurden von der für die Sondiergrabung festgelegten Nulllinie aus eingemessen. Da die Existenz einer Höhlenbärenschicht oder einer Kulturschicht nicht feststeht, werden die Analysenergebnisse nicht in einem Diagramm, sondern in einer Tabelle zusammengestellt. Abweichend von den Darstellungen für die andern Höhlen sind hier (und für die Birmatten-Basisgrotte) die Pollenmengen in Prozente der Summe aller Pollen umgerechnet. Die Sporen sind nicht in die Summe einbezogen.

An der Stelle der Probenserie stiessen die Ausgräber 77 cm unter der Nulllinie (oder 107 cm unter der Oberfläche) auf den anstehenden Fels. Der sandige Lehm reicht bis 47 cm hinauf. Das unterste Material ist bräunlich-weiss. Von 68 cm an ist der Lehm hellgelbbraun und enthält bis 12 cm grosse Steine. Die Analyse der untersten Probe ergibt geringe Mengen Baumpollen. Am häufigsten sind Föhren, Haseln und der Eichenmischwald. Die Kräuterpollen überwiegen beträchtlich, wozu hauptsächlich die ligulifloren Compositen beitragen. Die beiden Proben aus dem hellgelbbraunen Lehm weisen grössere Baumpollenprozente auf; in der obern Probe dominieren die Baumpollen sogar über die Kräuterpollen. Bei den Bäumen sind die Föhren und der Eichenmischwald tonangebend.

Der braune steinige Lehm erstreckt sich von 47 cm bis 16 cm. Der Baumpollen ist häufiger als der Kräuterpollen. Die Föhrenprozente gehen zurück. Die Hasel und der Eichenmischwald gelangen zu ihren Höchstwerten. Gegen den Schichtwechsel zu gewinnt die Erle an Bedeutung. Bei den Kräuterpollen dominieren weiterhin die ligulifloren Compositen, obwohl ihre Werte beträchtlich kleiner sind als im Liegenden. Die Gramineen sind reichlich vorhanden. Auffällig sind die hohen Prozente des Dryopteris-Typs.

Der humose Lehm ist von 16 cm unter bis 3 cm über der Nulllinie steinig. Der Schichtteil darüber enthält nur wenig Steine. Das Polleninventar der beiden Teile ist unterschiedlich. Unten dominieren die Baumpollen. Alnus weist in der untersten Probe ihren Höchstwert auf. Picea erreicht ebenfalls ihr Maximum. Die Gramineen sind immer noch gut vertreten. Getreidepollen ist nachgewiesen. Im obern Schichtteil überwiegen die Kräuterpollen. Die ligulifloren Compositen nehmen nach oben beträchtlich zu, während der Dryopteris-Typ stark zurückgeht.

Vegetationsfolge und Zeitbestimmung

Die Schichten umfassen im Bereich des Sondierschnittes keine Kulturschicht. Auch die Sedimente mit den Höhlenbärenknochen, die weiter hinten geborgen worden sind, sind nicht vorhanden. Einen Hinweis auf die Möglichkeit von Resten einer Höhlenbärenschicht gibt Elisabeth Schmid. Aufgrund des hohen Phosphatgehal-

Zonen	X	IX	VIII	VII	VI	V	IV	spätglaz./IV od. älter
ausgezählte Pollen	419	482	244½	262½	173½	97½	112½	194½
Botrychium	+	+	—	—	½	1	—	½
Selaginella	½	—	—	1	1	3	1	½
Dryopteris-Typ	108	262	716	328	504	678	711	131½
Varia	7½	3½	3½	3½	8	4	1	2½
Cyperaceae	3½	½	½	—	—	—	—	½
Rubiaceae	—	+	—	—	—	—	—	—
Campanulaceae	½	—	—	—	—	—	—	—
Plantago	1½	1½	1	2½	1½	—	—	—
Caryophyllaceae	½	½	—	—	1	—	1	—
Umbelliferae	3	2½	2	3	½	—	2	½
Compositae liguliflorae	56	36	21½	20	34	27½	26	59
Gramineae	9	14	14½	15½	10	15½	11½	4½
Compositae tubuliflorae	1½	1½	½	1	1	—	1	½
Chenopodiaceae	+	½	1	—	—	—	—	—
Artemisia	—	—	—	½	—	—	1	—
Quercetum mixtum	1	2	½	1½	3	7	3½	6½
Alnus	3	7½	9½	13½	10½	8	9	4
Corylus	4	5½	8	7½	7	10½	10	4
Fagus	—	—	1½	—	1	—	1	—
Abies	—	+	—	½	½	—	—	2
Picea	3½	14½	24	20½	14	15½	17½	26
Salix	—	—	—	—	—	—	—	—
Pinus	5½	10	12	10	8	12	16	12
Betula	+	—	½	—	—	—	—	½
NAP	83	60½	44	46	56½	47	43½	44
AP	17	39½	56	54½	43½	53	56½	56
cm unter/über Nulllinie	+ 20	+ 10	0	— 10	— 30	— 40	— 50	— 60
								— 70
								83½
								16½

Rinderhöhle Pollensumme = 100 %

tes der untersten Probe hält sie es für denkbar, dass ein kleiner Rest einer Höhlenbärenschicht unmittelbar über der Felsunterlage vom Wasser, das aus dem Höhlengang herausfloss, nicht weggeschwemmt oder aber aus dem Innern herangetragen worden ist.

Die unterste Probe enthält so reichlich Krüuterpollen, dass an eine waldfreie Vegetation, etwa im Spätglazial, zu denken ist. Andererseits sind bereits wärmeliebende Arten vertreten, wie die Haseln und der Eichenmischwald (Linden und Ulmen), die eine so frühe Einordnung des Sediments nicht gestatten. Möglicherweise ist das Material eine Kombination: Ältere Lehme, vielleicht aus einer Höhlenbärenknochen einschliessenden Schicht, mögen vorwiegend die Krüuterpollen geliefert haben, während jüngere die wärmeliebenden Komponenten beigetragen haben. Elisabeth Schmid konnte in allen Schichten Humus nachweisen. Daraus schliesst sie auf Infiltration bis auf die Felsunterlage. Es muss deshalb die Möglichkeit offen bleiben, Corylus- und Quercetum-mixtum-Pollen sei nachträglich in den sandigen Lehm infiltriert.

Als der obere Teil des sandigen Lehms abgelagert wurde, wuchs Föhrenwald in der Umgebung der Höhle. Eine frühe Einwanderung der Fichte ist am östlichen Rand unseres Untersuchungsgebietes begreiflich. Wahrscheinlich spielt aber, wie auch bei der Hasel und dem Eichenmischwald, die Infiltration mit. Zeitlich kann der obere Schichtteil etwa ins Präboreal eingestuft werden.

Der steinige Lehm ist zur Zeit der stärksten Ausbreitung der Hasel und des Eichenmischwaldes entstanden. Der Rückgang der ligulifloren Compositen und die Zunahme der Gramineen kann im Zusammenhang mit dem Dichterwerden und der Belaubung des Waldes gesehen werden. Die untere Hälfte der Schicht dürfte zeitlich dem Boreal zugeordnet werden. Die zunehmende Rolle, die Alnus im obersten Abschnitt spielt, weist diesen dem Atlantikum zu. Möglicherweise gediehen in der Gegend Erlenbruchwälder.

Der humose Lehm zeigt gegenüber dem Liegenden ein verändertes Bild. Die reichste Entfaltung der Erle mag in die Wende vom Atlantikum zum Subboreal passen. Ein Getreidepollen, kontinuierliches Vorkommen von Plantago und von Umbelliferen machen Ackerbau wahrscheinlich; wohl nicht für die Umgebung der Höhle, aber für günstig gelegene tiefere Stellen. Im Agathazeller Moor östlich von Immenstadt (Allgäu) treten die frühesten Getreide- und Kulturbegleiterpollen am Anfang des Subboreals beziehungsweise im Spätneolithikum auf (Schmeidl 1962). Obwohl die Rinderhöhle 45 km von die-

sem Moor entfernt und 600 m höher liegt, werden die ersten Anzeichen für den Ackerbau zeitlich zusammenfallen. Die zunehmend hohen Nichtbaumpollenwerte der beiden obersten Proben zeigen Waldrodungen für den Alpbetrieb der historischen Zeit an.

Alle Lehmschichten sind somit im Postglazial gebildet worden. Für die Datierung des Höhlenbärenmaterials haben sich nur Vermutungen ergeben. Eine genauere zeitliche Zuordnung ist nur aufgrund von neuen Grabungen, die Höhlenbärenschichten aufschliessen, möglich.

Zusammenfassung

In den analysierten Sedimenten der Rinderhöhle liegen keine Überreste einer Höhlenbärenschicht vor. Möglicherweise sind Spuren eines solchen Sediments unmittelbar auf dem Felsboden vorhanden. Sie könnten aufgrund der vielen Krüuterpollen aus einem Abschnitt der Würmeiszeit stammen. Durch Infiltration aus dem Hangenden sind Pollen jüngerer Klimaphasen miteingebettet worden.

Alle übrigen Sedimente sind in der Nacheiszeit abgelagert worden. Die grossen Züge der Vegetationsentwicklung zeichnen sich gut ab; wenn sie auch durch die Infiltration etwas verwischt sind. Föhrenwald wuchs in der Nähe, als sich der sandige Lehm bildete. Es war die präboreale Klimaphase. Zu Beginn der Sedimentation des steinigen Lehms gediehen Haseln und Eichenmischwald. Die Fichte war ins Gebiet vorgedrungen. Später breiteten sich die Erlen stärker aus. Die Bildung der Schicht dürfte vom Boreal bis ins jüngere Atlantikum gedauert haben. Vom Spätneolithikum bis zu den mittelalterlichen Rodungsphasen und in die Neuzeit lagerte sich der humose Lehm auf.

Vergleich der pollenanalytischen mit den sedimentanalytischen Resultaten

Die beiden Methoden gelangen zu übereinstimmenden Resultaten. Es scheint wahrscheinlich, dass der unmittelbar auf dem Felsuntergrund lagernde Lehm Teile der Höhlenbärenknochen führenden Schicht enthält. Im übrigen sind alle Ablagerungen postglazial. Sedimentanalytisch ergibt sich keine weitere Gliederung, während pollenanalytisch die verschiedenen Schichten in die nacheiszeitlichen Klimaphasen eingestuft werden können.

9. Die Mönchshöhle

Lage und Beschaffenheit

Wie die Rinderhöhle befindet sich auch die Mönchshöhle in den Flügen des Schönen Mannes. Die Höhe über Meer misst 1310 m (Catharina Smit Sibinga-Lokker 1965).

Der steile Hang trägt ebenfalls Fichtenwald, der jedoch nicht so dicht ist wie bei der Rinderhöhle. Die unmittelbare Umgebung zeigt Hochstaudencharakter. Zu den bei der Rinderhöhle aufgeführten Arten gesellen sich noch *Lunaria rediviva* (Wilde Mondviole) und *Solidago Virgaurea* (Gemeine Goldrute). *Urtica* (Brennnessel) gedeiht reichlich.

Die Höhle hat die Form einer grossen Balm. Die Strecke von der Rückwand bis zur Trauflinie misst 9 m. Die Öffnung ist 20 m breit und mehr als 10 m hoch. Die beiden hintern Ecken weisen kurze, grottenartige beziehungsweise gangartige Nischen auf. Der Höhlenmund ist gegen Südosten gerichtet. Dank den grossen Dimensionen ist die Höhle stark den klimatischen Einflüssen ausgesetzt. Sie dürfte ähnlich entstanden sein wie die Rinderhöhle; jedoch muss bei der Vergrösserung des ursprünglichen Spaltensystems die Abwitterung von aussen bedeutend stärker mitgewirkt haben.

Auch die Mönchshöhle war, wie die glazialgeologischen Forschungen von Catharina Smit Sibinga-Lokker zeigen, zur Zeit des Würmhöchststandes durch den Gletscher verschlossen. Entsprechend der gegenüber der Rinderhöhle um 20 m tieferen Lage ist sie wenig später eisfrei geworden.

Erforschung

Gleichzeitig mit den Arbeiten in der Rinderhöhle leitete E. Vonbank auch die Grabungen in der Mönchshöhle. Ein Längsschnitt reichte von der hintern Felswand bis über die Trauflinie hinaus.

Im hintersten Drittel der Höhle fällt der Felsuntergrund leicht nach aussen. Der mittlere Abschnitt verläuft nahezu horizontal. Im Bereich der Trauflinie erreichte die Grabung den anstehenden Fels nicht mehr.

Die untere Hälfte der Sedimente besteht aus bis halbmetergrossen Blöcken, die dicht liegen. Das Zwischenmaterial ist Lehm. Die Oberfläche der Schicht ist gegen aussen geneigt.

Die obere Hälfte der Höhleneinfüllung ist Lehm. Im tieferen und im mittleren Teil des Lehms sind viele grosse Steine eingebettet. Vor allem der mittlere Teil ist stark versintert. Nach oben wird die Schicht humos und enthält nur noch stellenweise kantige Steine. Die Schichtmächtigkeit nimmt gegen die Höhlenöffnung hin zu. Die Oberfläche fällt leicht gegen aussen.

Pollenproben

Analysiert wurde eine Probenserie. Sie wurde der Westwand des Längsschnittes entnommen. Die Stelle befindet sich 4,30 m vor der Höhlenrückwand.

Probenserie

Die Probentiefen werden in cm unter der Sedimentoberfläche angegeben.

Der Fels wurde an der Probenstelle in 2,26 m Tiefe erreicht. Bis 101 cm hinauf lagen grosse Blöcke und braun-

grauer Lehm. Pollenanalytisch zeichnet sich der Lehm durch hohe Kräuterpollenmengen aus. Extrem viel Kräuterpollen enthalten die beiden untersten Proben. Den Hauptanteil beanspruchen die Gramineen, die ligulifloren und die tubulifloren Compositen. Die Umbelliferen sind nur in der untersten Probe häufig. Die drei oberen Proben sind beträchtlich pollenärmer. In 168 cm und 136 cm Tiefe fand sich je ein Ephedrapollen.

Der hangende Lehm war bis 86 cm Tiefe braungrau. Das Steinmaterial ist nicht mehr so grob wie in der Blockschicht. Die vielen grossen Steine liegen dicht. In den folgenden 30 cm ist der Lehm heller. Die Steine sind etwas kleinstückiger. Grosse Steine fehlen jedoch nicht. Von 56 cm bis 42 cm ist der Lehm gelb und sintrig. Er enthält viele kantige Steine. Den Abschluss bildet braunschwarze Erde. In der ganzen Schicht dominieren die Kräuterpollen beträchtlich. Während in der lehmigen Blockschicht verschiedene Pollentypen in grösseren Mengen den Kräuterpollen zusammensetzen, machen im steinigen Lehm die ligulifloren Compositen allein 74% bis 99% des Gesamtpollens aus. Die Baumpollen steigen nie über 16% der Pollensumme. Trotzdem sind einige Änderungen in der Vegetation abzulesen. Im untern Teil sind die Föhren etwas zahlreicher. Die Haseln und die Erlen gelangen im humosen Teil zu grösseren Mengen. In der obersten Probe ist die Anzahl der Baumpollen wieder geringer. Die Kurve des *Dryopteris*-Typs steigt in der untersten Probe der Schicht leicht an. In den höhern Proben erreichen die Farne eine bemerkenswerte Präsenz.

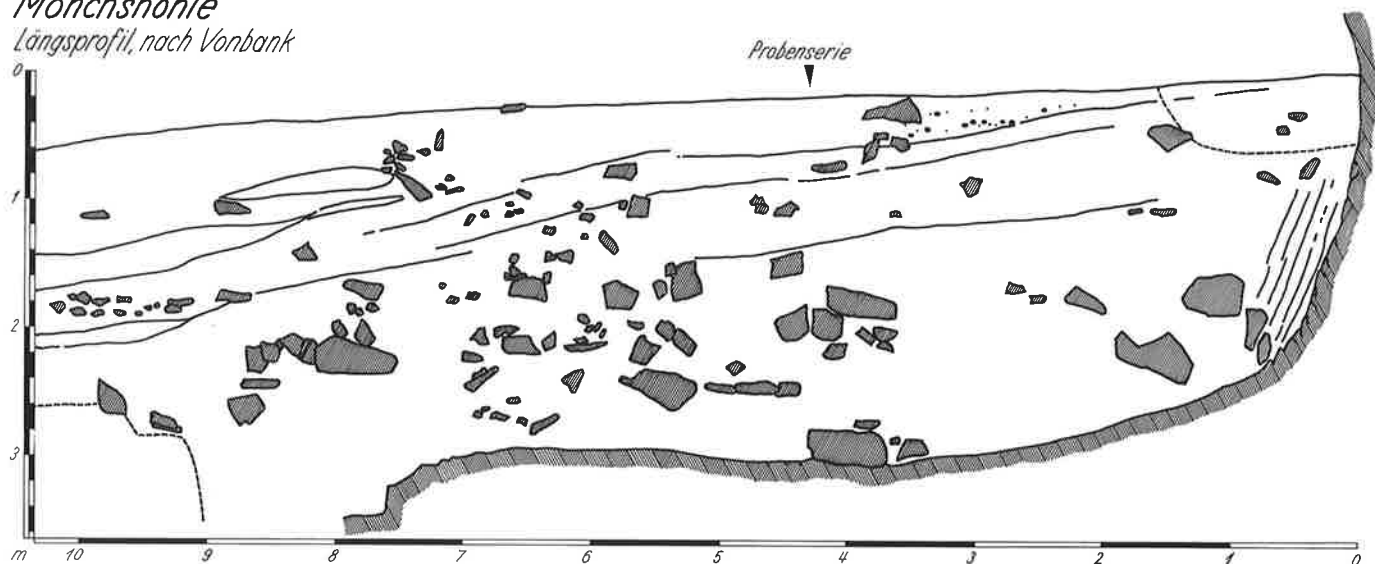
Vegetationsfolge und Zeitbestimmung

Die ungewöhnlich grossen Pollenmengen der beiden untersten Proben, die zudem fast nur Kräuterpollen enthalten, können kaum als Vegetationsanlauf nach dem Maximalstand der Würmeiszeit interpretiert werden. Viel eher dürfte eine bessere Phase innerhalb des Glazials in Frage kommen. Da die Höhle im Würmhöchststand nur etwa 165 m unter der Eisoberfläche gelegen ist und deshalb kaum während der ganzen Würmeiszeit vom Gletschereis verschlossen gewesen ist, ist in erster Linie an das letzte Würm-Interstadial zu denken, das in dieser Lage eine waldlose Vegetation gestattete. Es scheint möglich, dass die Umgebng der Mönchshöhle im Paudorf-Interstadial entsprechende klimatische Bedingungen geboten hat. Im untersten Teil des Lehms haben die Ausgräber Knochen geborgen. Elisabeth Schmid stellte in den Sedimentproben etwas Humusgehalt und einen erhöhten Phosphatgehalt fest. Sie vermutet Reste einer «Höhlenbärenschicht». Die Höhle wäre demnach im Würmglazial, möglicherweise im Paudorf-Interstadial, von Tieren aufgesucht worden. Die Blöcke werden sich grösstenteils in der Übergangszeit vom Hochglazial zum Interstadial vom Felsdach getrennt haben. Im Interstadial wird der überwiegende Teil des Materialauftrags in Form von Lehm erfolgt sein, wenn auch Steine und Blöcke nicht ganz gefehlt haben mögen. Ein artenreicher Vegetationsteppich drang in die Gegend der Höhle vor.

Das steile Sinken der Kurven von der zweituntersten zur drittuntersten Probe zeigt, dass das folgende lehmige Blockmaterial unter wesentlich andern klimatischen Bedingungen abgelagert worden ist. Die Vegetation war spärlich. Sie hatte Pioniercharakter. Dies wird unterstrichen einerseits durch die Funde von Ephedrapollen und andererseits durch die minimalen Mengen des *Dryopteris*-Typs. Für Ephedra, die heute in den alpinen Längstä-

Mönchshöhle

Längsprofil, nach Vonbank



lern noch Refugien besitzt, ist eine starke Entfaltung im Spätglazial bekannt (Welten 1957 und 1958). Es scheint demnach, dass zwischen dem untersten und dem obren Abschnitt der Blockschicht die vegetationslose Phase des Würmmaximums anzunehmen ist. Nach dem Rückgang der Gletscher und dem Ansteigen der Schneegrenze gelangten die Pioniergrasrasen der Spätglazialzeit ins Gebiet. Die zunehmende Wärme löste die Blöcke vom Höhlendach und von den Höhlenwänden.

Der steinige Lehm sedimentierte in der Nacheiszeit. Der unterste Teil, aus dem die Probe mit dem grössten absoluten Föhrenwert stammt, wird im Präboreal abgelagert worden sein. Die ligulifloren Compositen bestimmten den Aspekt der Kräutervegetation. Der extreme Wert in 72 cm Tiefe ist wohl auf lokale Ursachen zurückzuführen. Die vielen Haselpollen in 40 cm Tiefe können sehr gut im Boreal in den Lehm gelangt sein. Dryopteris-Arten wuchsen reichlich in den Wäldern. Der dunklere Humus bildete sich vom Atlantikum bis heute. In diesem wärmern Zeitabschnitt war der Sedimentzuwachs nur noch gering. Die Profilzeichnung zeigt, dass er in den vordern Höhlenteilen etwas grösser war.

Da sich die beiden Ebener Höhlen geographisch nahe beieinander befinden, nur 20 m Höhendifferenz aufweisen, sich in der gleichen Gebirgsflanke öffnen und dieselbe Exposition aufweisen, sind ähnliche Resultate zu erwarten. Trotzdem weichen die Ergebnisse stark ab. Es zeigt sich an diesem Beispiel sehr ausgeprägt, dass in Höhlen viele Faktoren die Sedimentation beeinflussen und die lokalen Bedingungen bedeutungsvoll sind. Die Mönchshöhle ist weit offen, so dass Pollen leicht eingeweht werden kann. Die Rinderhöhle entspricht viel mehr dem Typus der Ganghöhle, so dass der Pollen vor allem durch Felsritzen einsickert und weniger vom Wind eingeweht wird. Die Oberfläche des Höhlensediments fällt in der Rinderhöhle beträchtlich von innen nach aussen. Dadurch gleiten die Lehme auswärts. Materialvermischungen und Zusatz von älterem Pollen sind möglich. Das untersuchte Material aus der Rinderhöhle hat sich als postglaziale Ablagerung erwiesen. Die Einfüllung der Mönchshöhle ist zum grössten Teil interstadial und spätglazial. Demnach bleiben keine grossen Vergleichsmöglichkeiten mehr. Im Postglazial, das für beide Höhlen festgestellt ist, ergibt sich eine auffällige Parallelität, indem auf eine Haselzeit eine Phase mit starker Ausbrei-

tung von Erlen folgt. Schwierig zu deuten ist im Diagramm der Mönchshöhle die Dominanz der Kräuterpollen im Postglazial. Vielleicht ist die Erhaltungsfähigkeit des Pollens mit im Spiel.

Zusammenfassung

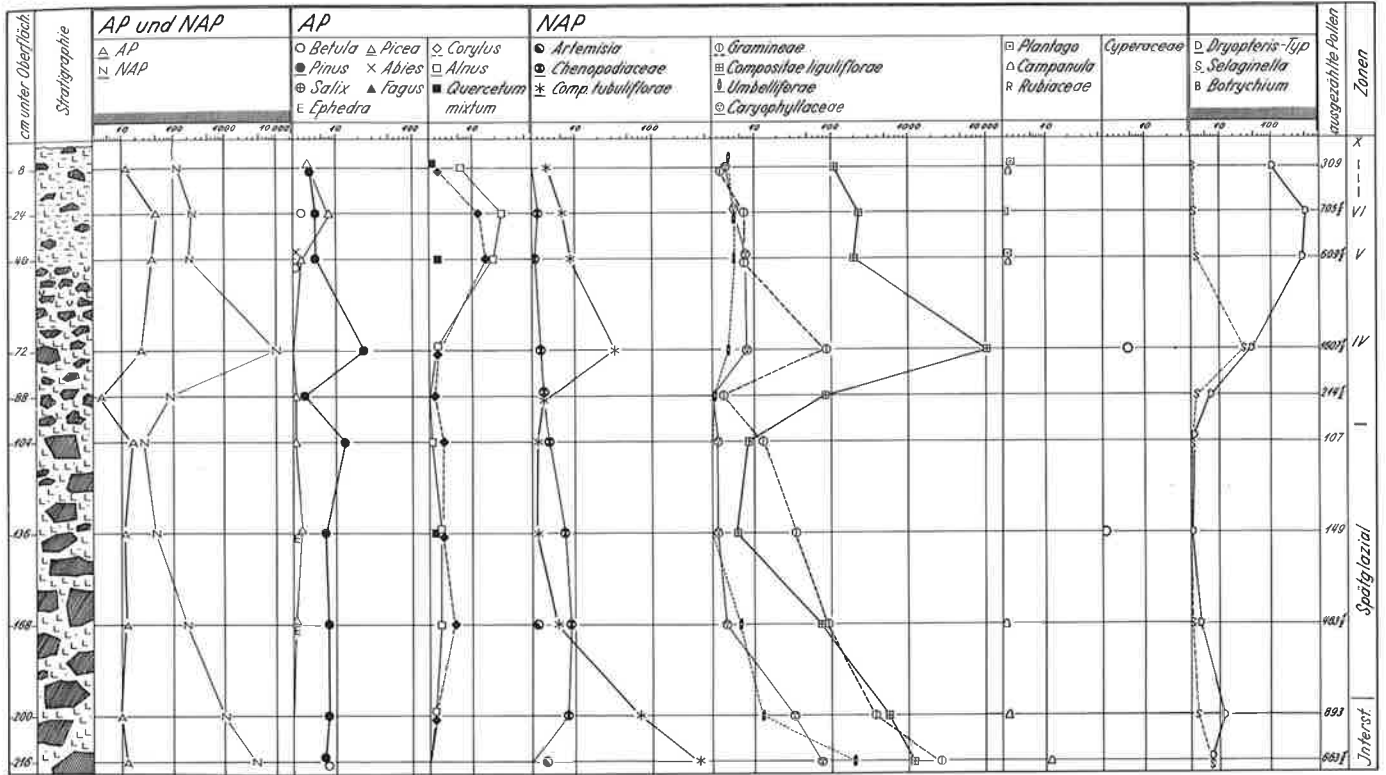
Die breite und hohe Höhle war stets den Einflüssen des Klimas stark ausgesetzt. Dadurch ist der Schuttanteil am Sediment relativ gross. Zur Zeit grosser Temperaturwechsel am Ende der glazialen Phase dürfte erstmals eine Ablagerung in der Mönchshöhle möglich geworden sein. Grosse Blöcke lösten sich von der Höhlendecke. Im anschliessenden Interstadial sedimentierte zudem Lehm. Artenreiche Wiesen bildeten eine geschlossene Pflanzendecke. Für Wälder war das Klima zu ungünstig. Tiere hielten sich in der Höhle auf. Diese gute Phase ist zeitlich nicht mit Sicherheit zuzuordnen. In Betracht kommt das letzte Interstadial vor dem Höchststand der Würmvereisung, das Vegetation erlaubte. Es ist denkbar, dass das Paudorf-Interstadial im Gebiet der Mönchshöhle die entsprechenden Bedingungen geboten hat.

Nach der Maximalvereisung stieg die spätglaziale Flora ins Gebiet hinauf. Tauen und Gefrieren halfen mit am Aufbau der grobstückigen Schicht. Im Postglazial nahm die Temperatur zu. Der Schutt wurde kleinstückiger. Föhren breiteten sich aus. Im Boreal drang die Hasel ins Gebiet. Die folgende geringe Bodenbildung dauert bis in die Gegenwart an.

Vergleich der pollenanalytischen mit den sedimentanalytischen Resultaten

Übereinstimmend wird nach beiden Methoden der Würmhöchststand über dem untersten, Tierknochen enthaltenden Teil der lehmigen Blockschicht festgelegt. Das unterste Sediment wird ähnlich eingestuft: pollenanalytisch in ein Interstadial, möglicherweise in das Paudorf-Interstadial; sedimentanalytisch in das vorrückende Hauptwürm.

Die hangenden Sedimente werden verschieden interpretiert. Die Ablagerung der Blockschicht dauerte aufgrund der Sedimentanalysen bis ans Ende des Präboreals, wäh-



rend sie sich pollenanalytisch kaum über das Spätglazial hinaus auszudehnen scheint. Elisabeth Schmid stuft den Lehm ins Boreal bis Subboreal ein. Pollen anspruchsvoller Bäume wurden kaum gefunden, so dass der Lehm

im Präboreal sedimentiert sein dürfte. Für den dunkleren, humosen Lehm verbleibt sedimentanalytisch das Subatlantikum. Der Polleninhalt spricht dafür, dass dieser oberste Schichtteil seit dem Boreal sedimentiert ist.

10. Die Kastelhöhle

Lage und Beschaffenheit

2,3 km oberhalb der Stelle, wo die Birs von ihrem West-Ost-Verlauf nach Norden, gegen Basel, abbiegt, mündet der Ibach ein. Er durchfliesst gegen Norden das Chaltbrunnental, das sich durch mehrere Höhlen mit Magdalénien-Kulturschichten auszeichnet. Der Bach bildet die Grenze zwischen den Kantonen Bern und Solothurn. Die Kastelhöhle befindet sich im Gebiet der östlich des Ibachs gelegenen solothurnischen Gemeinde Himmelried. Die Koordinaten messen 609 850/253 000 (Landeskarte der Schweiz Blatt 1087, Passwang).

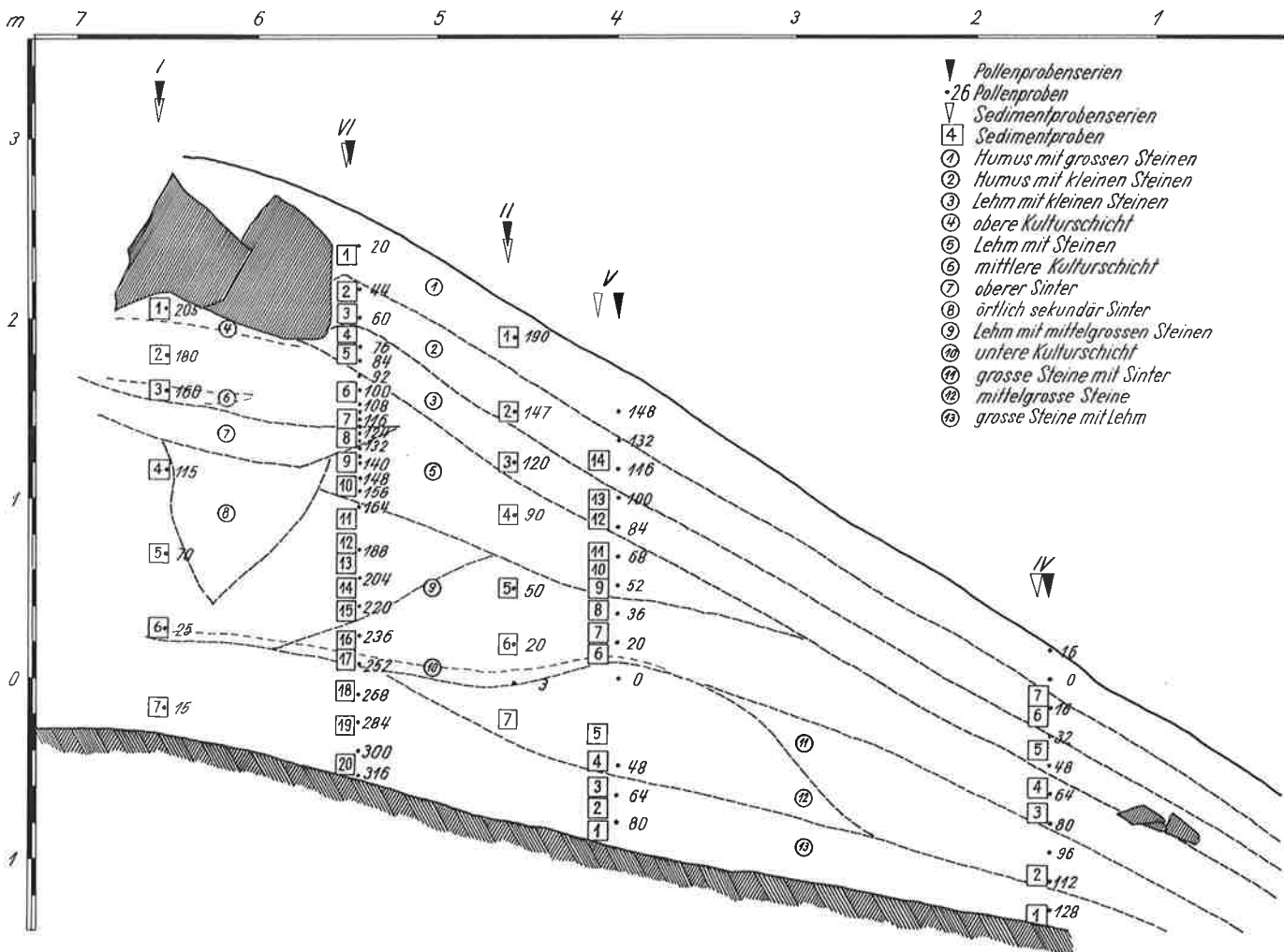
Die Kastelhöhle liegt 398 m ü. M. Die Umgebung ist mit Buchenwald bestanden, der mit Fichten durchforstet ist. Talabwärts nimmt die Vegetation stellenweise Schluchtwaldcharakter an. Im Birstal wächst vorwiegend an den südexponierten Hängen Eichenmischwald.

2,50 m an die Trauflinie heran. Die gesamte Breite misst 23 m. Die geringe Tiefe von 9 m und die wenig mächtige Felsüberdeckung ermöglichen dem Wasser einen grossen Einfluss auf die Höhle. Die Abwitterung von aussen her hat im Laufe der Zeit die Höhle gebildet.

Erforschung

Theodor Schweizer und Walter Kellenberger führten im Jahre 1948 die ersten Grabungen aus. Sie begannen ihre Arbeit im klimatisch begünstigteren Nordraum und fanden eine Kulturschicht mit Geräten des Magdalénien und mit mehreren Feuerstellen. 1949 und 1950 setzte Schweizer die Grabungen fort, wobei eine ältere Magdalénien- und noch tiefer eine Moustérien-Kulturschicht erfasst wurden.

Kastelhöhle Nord Längsprofil



Über der mit Bäumen bewachsenen Schutthalde der rechten Talseite, 22 m über dem Ibach, ist aus der nahezu senkrechten Malmfelsbank die Höhle herausgewittert. Die Öffnung ist gegen Westen gerichtet. Die Höhle besteht aus zwei nebeneinanderliegenden Räumen, weshalb sie von Th. Schweizer anfänglich Zwillingshöhle genannt worden ist. Die unterteilende Felswand reicht bis etwa

Die folgende Beschreibung stellt die Schichtenfolge des Nordraumes vorwiegend ausserhalb der Trauflinie dar. Der Felsboden senkt sich schwach nach aussen. Er ist stark aufgesplittert. Die unterste Schicht besteht aus kantengerundeten Steinen. Sie sind bis faustgross und liegen locker aufeinander. Dazwischen ist brauner Lehm. Von 3 m bis 5 m innerhalb des frei gewählten Null-

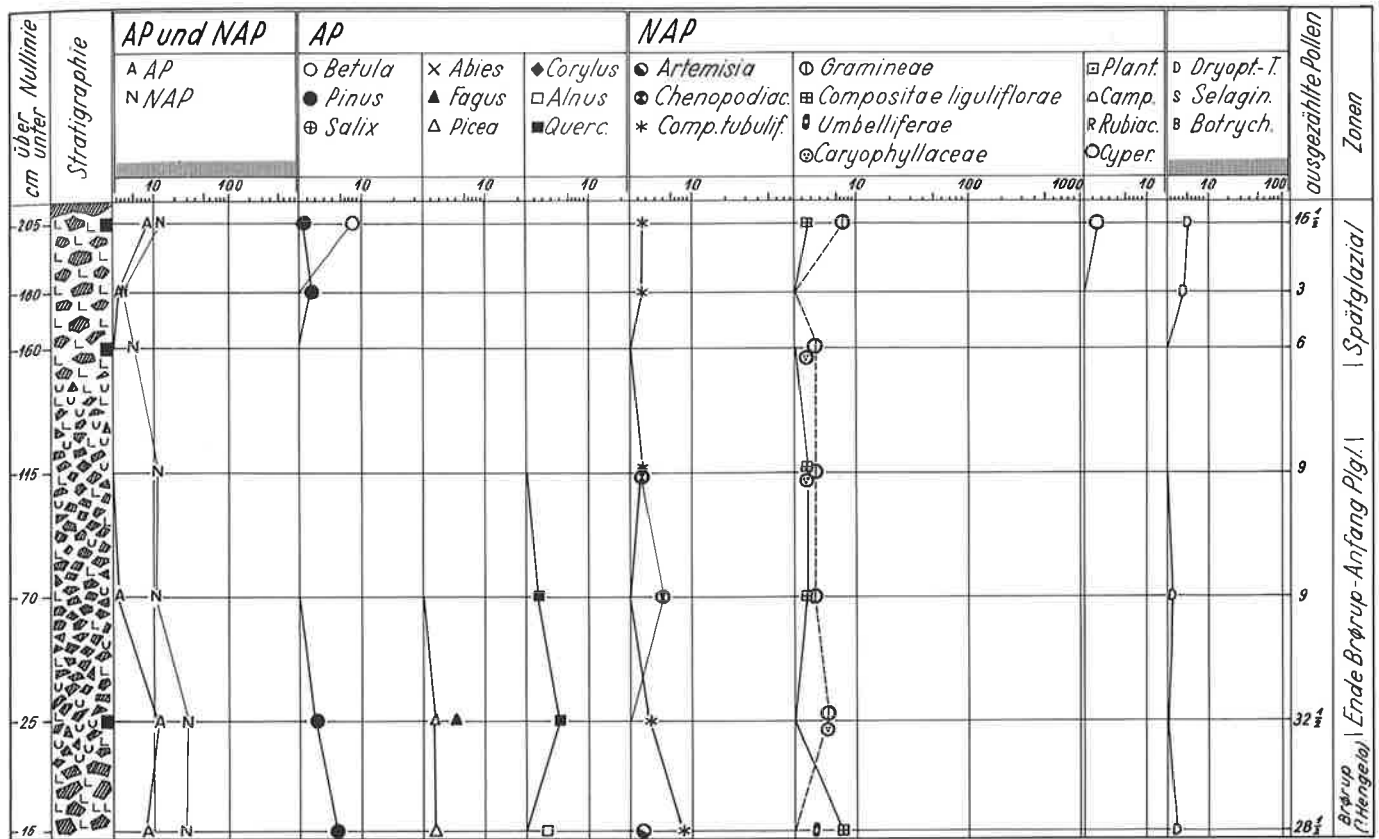
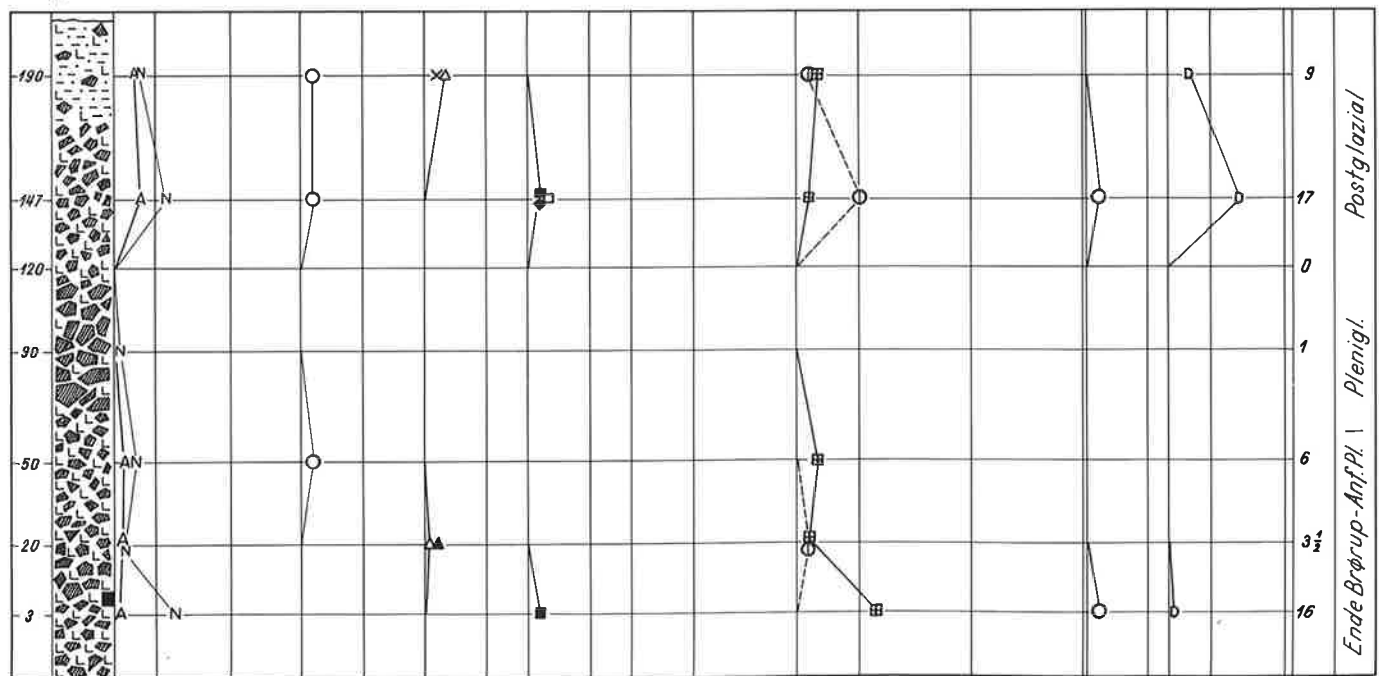


Diagramm II



punktes lagert auf den untern Steinen sehr lockerer Schutt aus grossen und mittleren Steinen. In den Lücken fehlt der Lehm. Die Höhe der gesamten Schicht misst 50 bis 100 cm.

Eine harte Sinterbank bedeckt bis 4 m über die Traufflinie hinaus (etwa 4 m hinter dem Nullpunkt) die Steinschicht. Die Fortsetzung nach aussen besteht aus grossen ge-

rundeten Steinen, in deren Zwischenräumen viel weisser Kalksinter vorhanden ist. Die untere Kulturschicht ist hart in die Sinterbank verkittet. Die Silex- und Quarzitwerkzeuge sind in eine Spätphase des Moustérien einzuordnen. Die faunistischen Überreste, die H.R. Stampfli bestimmte (Schweizer et al. 1959), gehören vorwiegend zu Höhlenbären (30% der Gesamtindividuenzahl). Be-

Kastelhöhle Nord

Diagramm IV

398 mü.M.

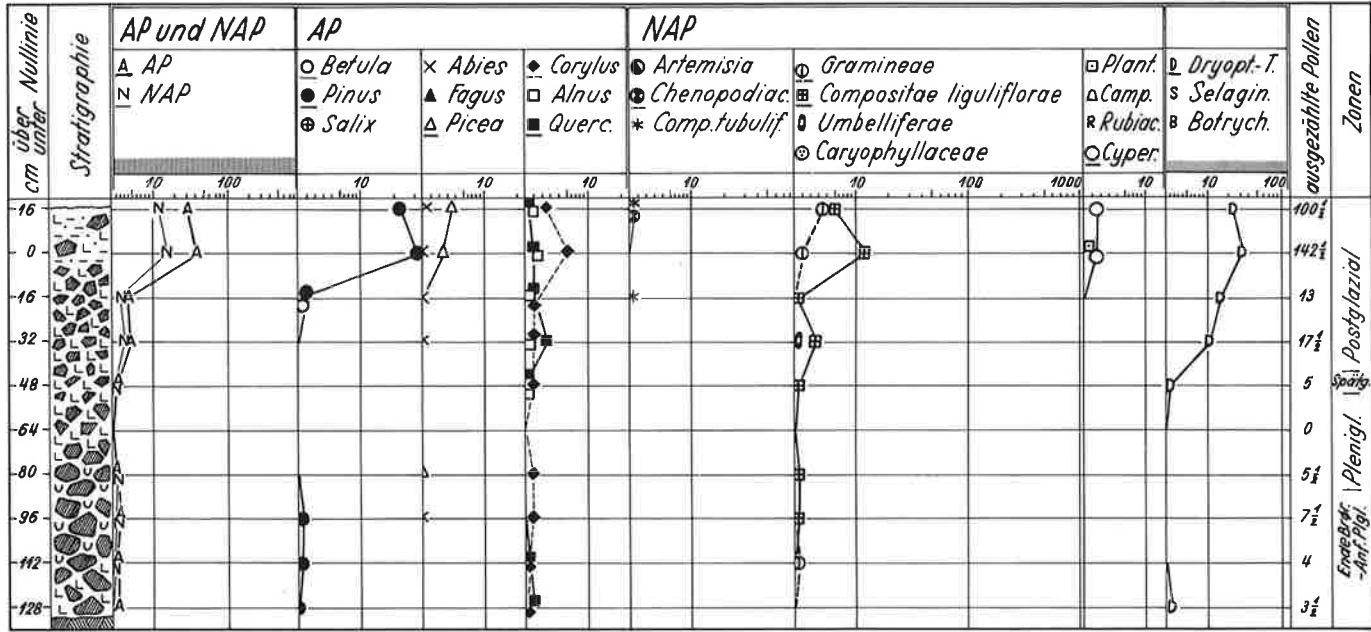
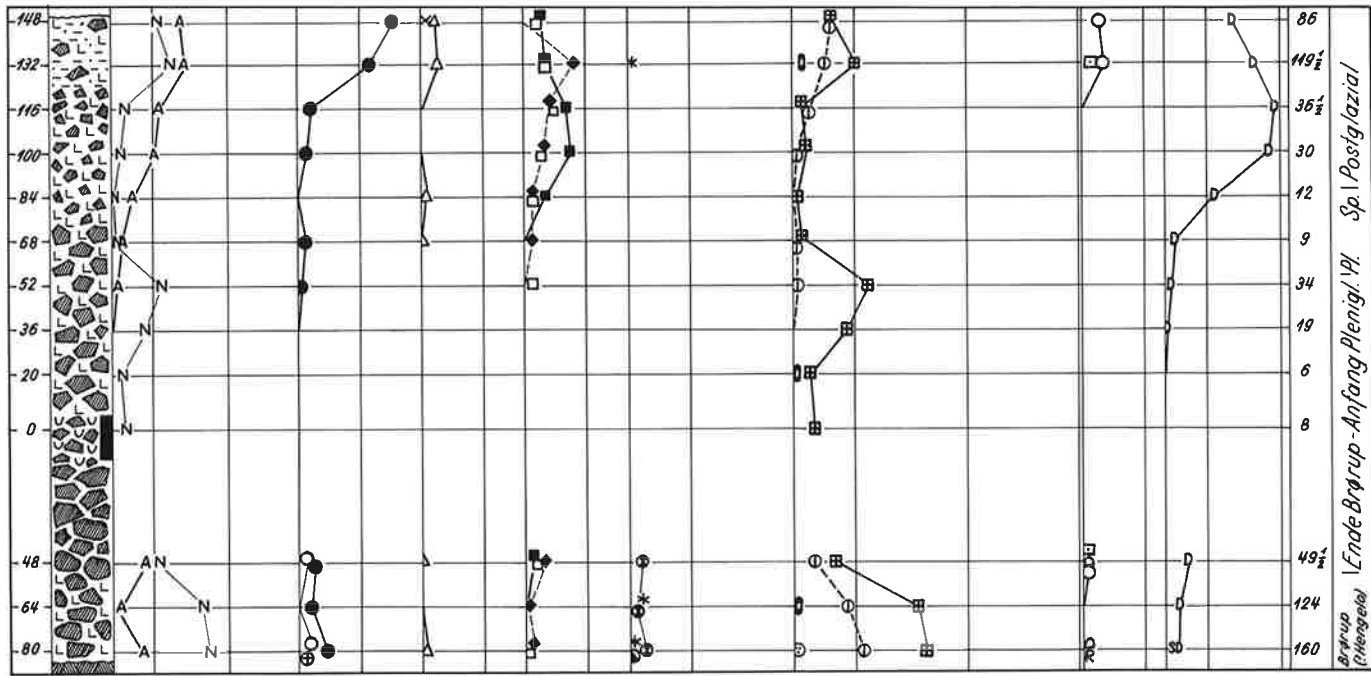


Diagramm V

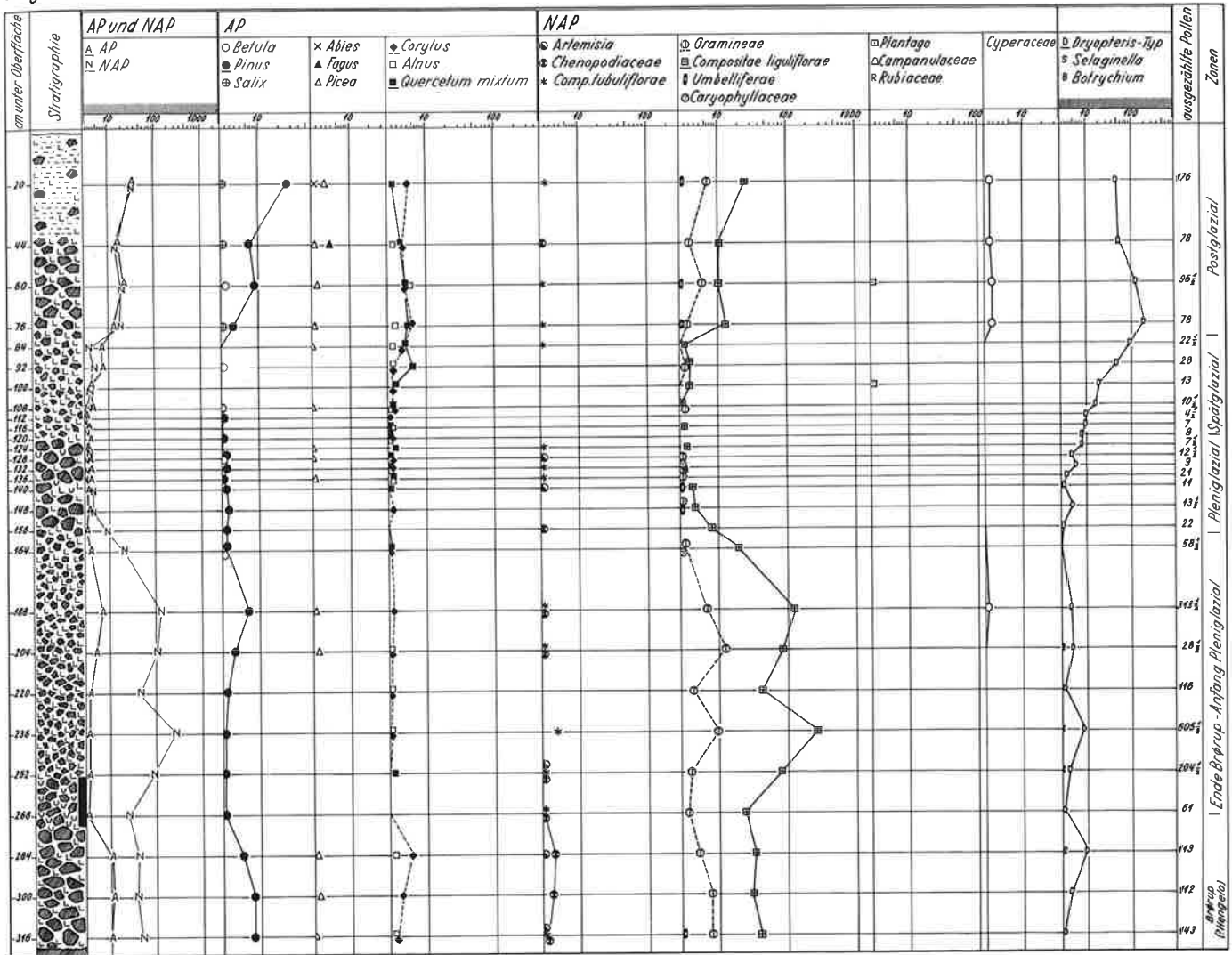


merkenswert sind noch eine andere Bärenart, Eisfuchs, Ren, Steinbock, Wildpferd und Moor-Schneehuhn. Mittlere und kleine kantige Steine und hellgelb-brauner Lehm sedimentierten über der untern Kulturschicht. Am Hang ist die Schicht nur 30 cm mächtig; gegen die Trauflinie nimmt sie auf 1,10 m zu.

Bis 3 m ausserhalb der Trauflinie erstreckt sich eine harte Sinterbank. Bei Meter 6 hinter dem Nullpunkt ist Sinter auch im Liegenden festzustellen.

Die mittlere Kulturschicht bildete sich über dem Sinter. Ihre Dicke misst höchstens 10 cm. Die Schicht ist nur

stellenweise zu erfassen und reicht nur bis 2 m über die Trauflinie hinaus. R. Bay, der die Werkzeuge der Kastelhöhle typologisch bearbeitet hat (Schweizer et al. 1959), weist das Geräteinventar einer Frühphase des Magdalénien zu. Knochen wurden nur wenige geborgen. Nachgewiesen sind Höhlenbär, Schneehase, Ren, eine Schneehuhnart und wahrscheinlich die grosse Sumpfschnepfe. Zwischen der mittleren und der oberen Kulturschicht findet sich eine Schicht aus groben kantigen Steinen und Lehm. Sie ist 30 cm mächtig und keilt 5 m ausserhalb der Trauflinie aus.



Die obere Kulturschicht dehnt sich bis 1 m vor die Höhlenwand und bis 2,6 m ausserhalb der Trauflinie aus. Die grosse Menge der Silexgeräte erlaubte R. Bay eine statistische Auswertung. Die Funde zeigen grosse Übereinstimmung mit der mittleren Kulturschicht der Station Villepin in der Dordogne, die als spätestes Magdalénien (VI/2) eingestuft ist. Die grosse Menge der ausgegrabenen Knochen von Ren, Schneehase, Gebirgs- und Moor-Schneehuhn lässt annehmen, dass diese Tiere die vorherrschende Nahrung der Besiedler dargestellt haben. Arktische und alpine Tiere sind prozentual schwach vertreten (Eisfuchs, Halsband-Lemming, nordische Wühlmaus, Murmeltier, Schneemaus, Steinbock, Steinadler, Alpen-Dohle). Steppentiere sind der rötliche Ziesel und der Hamster. Erwähnt seien weiter Wildpferd, ein grosser Bovide, Edelhirsch, Wolf, Luchs und Fische. Über der Kulturschicht folgt gelbbrauner Lehm mit kleinen Steinen. Selten sind faustgrosse Stücke vorhanden. 2 m ausserhalb der Trauflinie liegen einige grosse Blöcke. Die Schicht ist etwa 20 cm hoch. Eine rotbraune humose Steinschicht bildet die folgenden ungefähr 25 cm mächtigen Sedimente. Im Höhleninnern fand sich in dieser Höhe weisser Sintergrus. Die oberste Schicht besteht aus braunschwarzem Humus. Sie enthält grosse kantige Steine und ist stark durchwurzelt. Die Schichtdicke misst 25 bis 35 cm. Im Innern des Nordraumes konnte sich kein Boden bilden. Es wur-

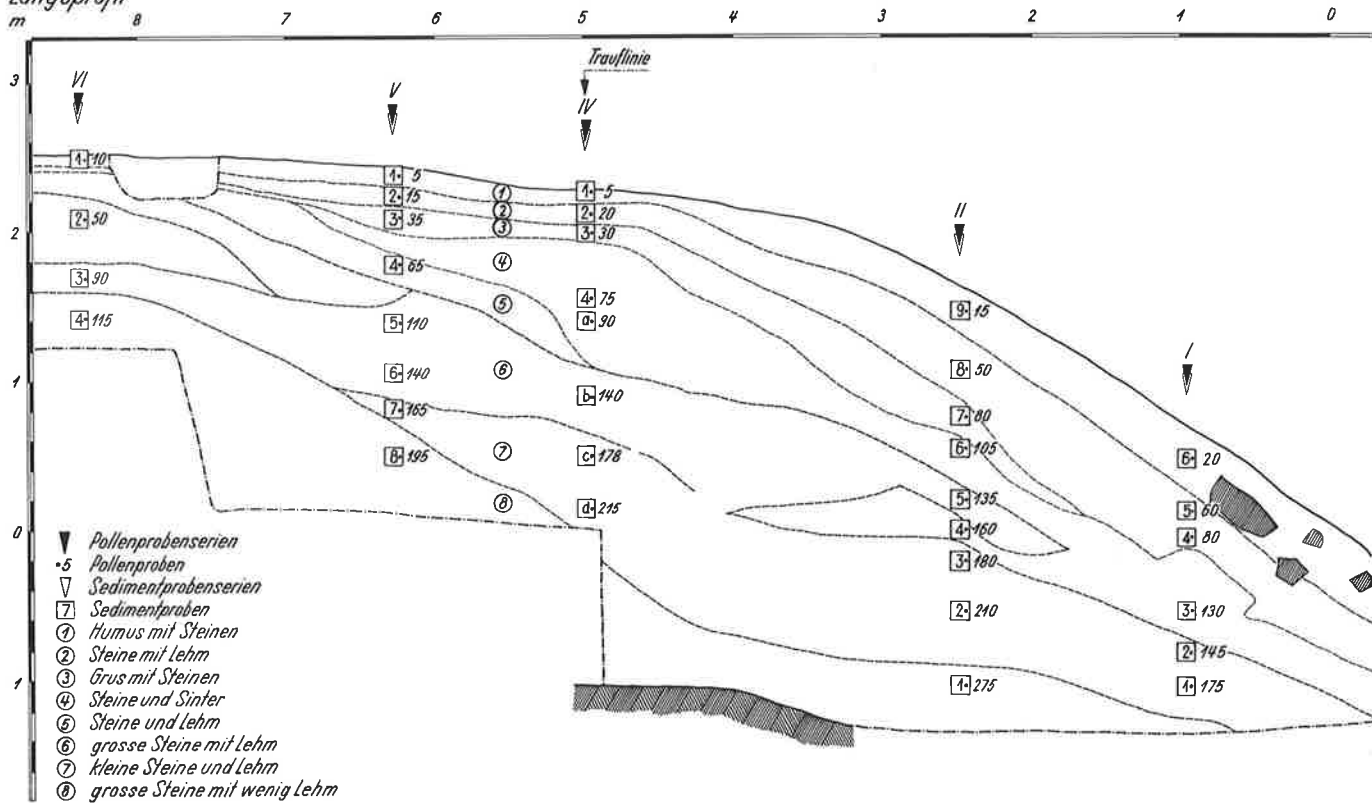
de grauweisser Sintergrus aufgelagert, der mit kantigen Steinen überdeckt wurde. Die ersten Meldungen über die Ausgrabungen in der Kastelhöhle erschienen 1949 (Schweizer) und 1950 (Wyss). Die Auswertung der Grabungen wurde ausführlich im Jahrbuch für Solothurnische Geschichte (Schweizer et al. 1959) dargestellt.

Pollenproben

Um Material für die Analysen zu gewinnen, wurde der nach Abschluss der Grabungen eingedeckte Schnitt II des Nordraumes von Theodor Schweizer wieder ausgehoben und vergrössert. Der Schnitt führte vom Höhlenvorge-lände ungefähr senkrecht zur Trauflinie in die Mitte des Höhlenhintergrundes. Der südlichen Wand des Schnittes wurden die Probenreihen IV, V und VI entnommen. E. Schmid hatte bereits anlässlich der eigentlichen Grabungen Probenmaterial für Sedimentanalysen geholt. Von diesen Sedimentproben durften kleine Mengen für die Pollenanalysen abgezweigt werden. Für dieses Entgegenkommen sei Frau Professor Schmid bestens gedankt. Analysiert wurden die Probenreihen I und II des Schnittes II (Nordraum) und die Serien I, II, IV, V und VI des Schnittes III (Südraum), der sich vom Hang bis fast zur hinteren Wand des Südraumes erstreckt hatte.

Kastelhöhle Süd

Längsprofil



Die Probenreihen des Nordraumes

Die Probtiefen sind in cm vermerkt, bezogen auf eine frei gewählte Nulllinie, ausgenommen diejenigen der Probenreihe VI, bei welcher die Distanz von der Oberfläche her angegeben ist.

Da die Diagramme gut übereinstimmen, wird vorwiegend die am intensivsten untersuchte Probenreihe VI beschrieben. Auf die andern Diagramme wird nur gelegentlich hingewiesen.

Über dem Felsboden lagern grosse Steine. Es ist denkbar, dass der Lehm in den Gesteinslücken nicht gleichzeitig mit den Steinen, sondern später sedimentierte. Der Lehm enthält vor allem Kräuterpollen. Am häufigsten sind die ligulifloren Compositen. Der Baumpollen macht etwa 20% des Gesamtpollens aus. Er besteht aus Pollen von Föhren und Haseln. Schwach beteiligt sind die Fichten und die Erlen.

Im lockeren Schutt zwischen Meter 3 und 5 war so wenig Feinmaterial vorhanden, dass keine Proben genommen werden konnten. Deshalb fehlen im Diagramm V zwischen 48 cm und 0 cm Tiefe die Kurven.

Die untere Kulturschicht ist stark versintert. Baumpollen ist nur in Spuren eingeschlossen. Die Kräuterpollen sind etwas zahlreicher als im Liegenden. Diese Zunahme wird vorwiegend durch die ligulifloren Compositen verursacht.

Der steinige Lehm (im Diagramm VI die Proben 236 cm bis 164 cm) enthält reichlich Pollen. Die Baumpollen dürften Fernflugpollen sein. Bei den Kräuterpollen überwiegen die ligulifloren Compositen. In der obersten Partie ist die Pollenmenge geringer.

Mit dem obern steinigen Lehm (im Diagramm VI die Proben 156 cm bis 92 cm) sedimentierten äusserst wenig Pollen. Er setzt sich aus Baum- und Kräuterpollen zusammen. Bemerkenswert sind die nach oben zunehmenden Mengen des Dryopteris-Typs.

Der Lehm mit den kleinen Steinen (im Diagramm VI die Proben 92 cm bis 76 cm) enthält wieder etwas mehr Pollen. Die ligulifloren Compositen sind stärker vertreten. Der Dryopteris-Typ erreicht sein Maximum.

Die Pollenmengen der beiden Humusschichten sind grösser als im Liegenden. Die Baumpollen dominieren über die Kräuterpollen (besonders in den Diagrammen IV und V). Die Föhren sind mit beträchtlichen Pollenzahlen ausgewiesen. Die Laubtragenden sind subdominant. Fichten- und Tannennpollen sind hauptsächlich im braunschwarzen Humus eingeschlossen.

Vegetationsfolge und Zeitbestimmung

Die Kastelhöhle ist eine ausserordentlich günstige Station für die Parallelisierung der typologischen mit den pollenanalytischen Resultaten, schliesst sie doch drei Kulturschichten ein: Moustérien typique évolué, Magdalénien ancien und Magdalénien final. Es ist sehr zu bedauern, dass nicht mehr Pollen eingebettet worden bzw. erhalten geblieben sind. Hoffentlich werden weitere typologisch so gut gegliederte Stationen gefunden, die aber ein reichlicheres Polleninventar aufweisen.

Die Steinschicht über dem Fels wurde in einer Zeit abgelagert, als Vegetation in der Umgebung der Höhle wuchs. Der Anteil des Baumpollens am Gesamtpollen ist zu klein, um auf geschlossenen Wald zu schliessen. Immerhin dürften stellenweise Föhren gestanden haben.

Haseln bildeten lichtetes Unterholz. In fast allen Diagrammen sind vereinzelte Fichtenpollen verzeichnet. Möglicherweise haben die Fichten den Juranordfuss knapp noch erreicht. Die Zeitstellung der Schicht ist nicht eindeutig. Die Dominanz des Kräuterpollens lässt kaum an interglaziale Verhältnisse denken. Wahrscheinlich sedimentierten die Pollen in einem Interstadial. In

Kastelhöhle Süd

Diagramm IV

398 m.ü.M.

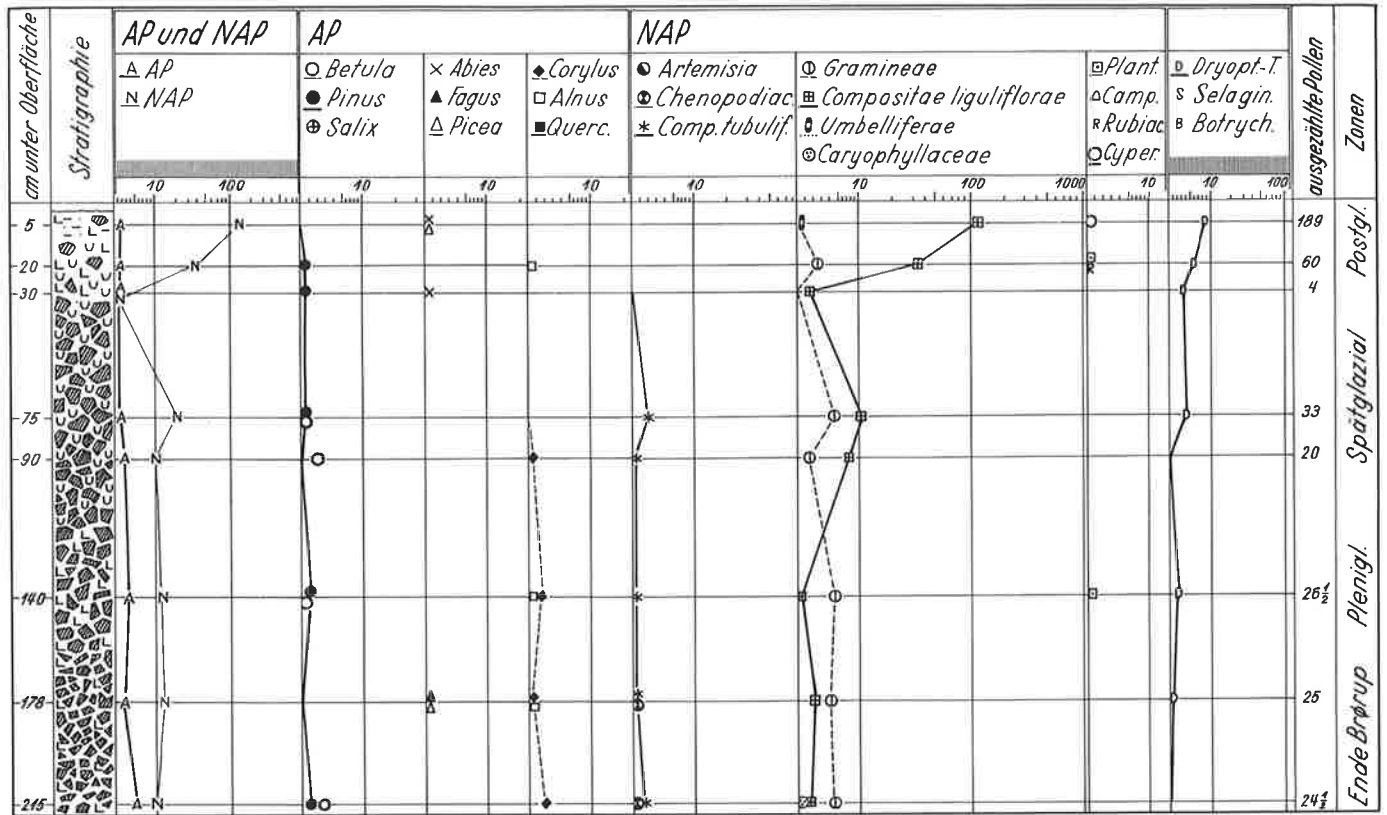


Diagramm V

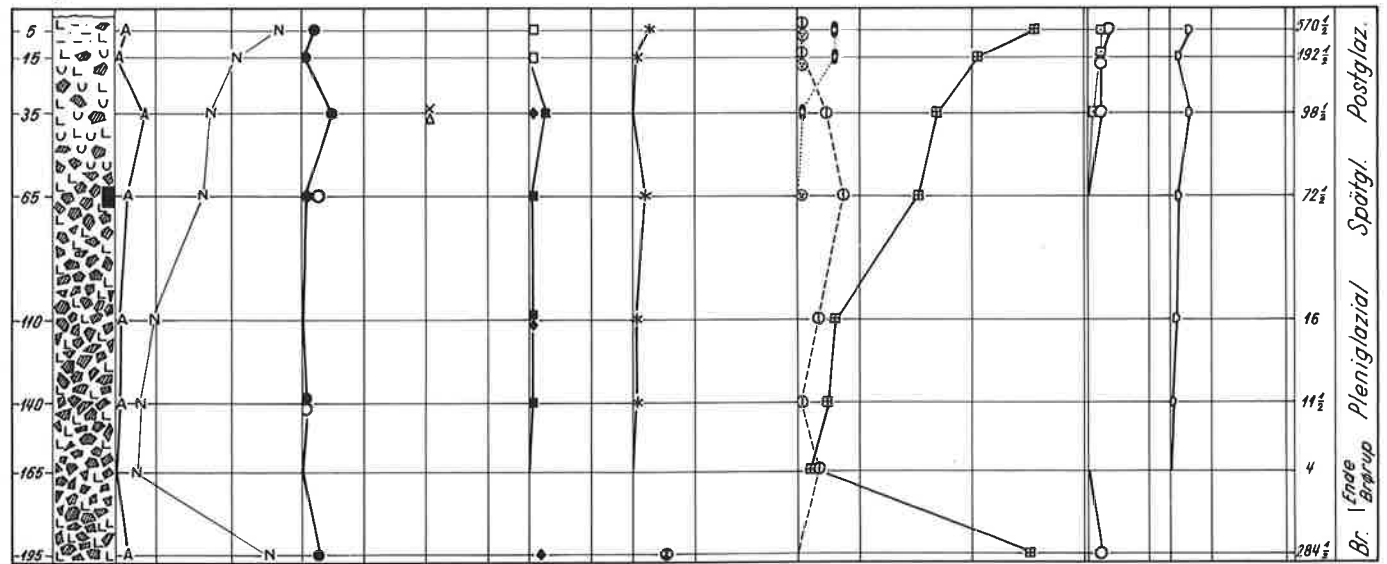
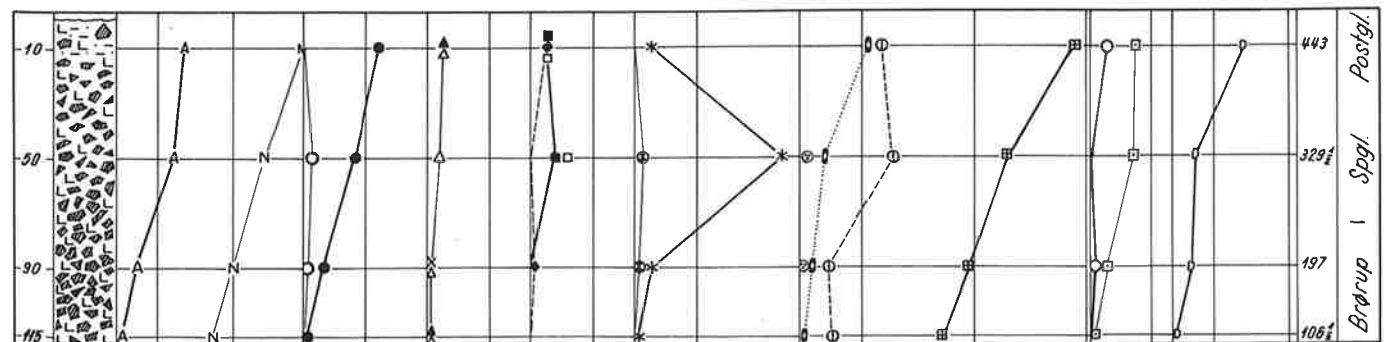


Diagramm VI



Betracht fallen die Frühwürminterstadiale und das Hengelointerstadial. Das Paudorfinterstadial ist nicht zu berücksichtigen, da es jünger ist als die hangende untere Kulturschicht. Da sich die Kastelhöhle im periglazialen Raum der würmzeitlichen Vergletscherung befindet, könnte sich das Hengelointerstadial im Vegetationsbild abzeichnen. Bis jetzt ist jedoch dieses Interstadial in der Schweiz nirgends nachgewiesen worden. Es ist deshalb etwas unwahrscheinlich, dass sich diese wärmere Phase in den relativ pollenarmen und deshalb für den Nachweis einer schwachen Klimaschwankung ungünstigen Sedimenten der Kastelhöhle belegen lässt. Die Einstufung in das Brörupinterstadial liegt näher. Diese Zuweisung betrifft das Feinmaterial zwischen den Steinen. Mit den Pollenanalysen wird naturgemäss nur das Feinmaterial vegetationsgeschichtlich erfasst. Die Steine selber können gleichzeitig oder am Ende des vorhergehenden Frühwürmabschnittes abgelagert sein.

Unsicher ist die Zuordnung der Schicht mit den grossen Steinen und dem Sinter (im Längsprofil der Nordhöhle Nr. 11). Die Pollenmengen der beiden Proben aus 96 cm und 112 cm Tiefe (Diagramm IV) sind sehr gering. Trotzdem ist die Schicht kaum anders als gleichzeitig mit dem lockeren Schutt (Schicht Nr. 12) und der untern Kulturschicht zu betrachten.

Die untere Kulturschicht bildet pollenanalytisch den Übergang zum steinigen Lehm. Da beide Schichten sehr wenig Baumpollen einschliessen, dürften sie in einem Zeitabschnitt entstanden sein, der klimatisch ungünstiger war als das Liegende. Kräuter und Gräser bildeten wohl eine ziemlich geschlossene Vegetationsdecke. Die in den Diagrammen verzeichneten Bäume können Relikte der lockeren Bestände des Frühwürminterstadials sein. Wahrscheinlicher ist die Deutung, der Baumpollen sei, wie bereits erwähnt, aus grösseren Distanzen hergeweht worden. Diese Ansicht wird erheblich gestützt durch die Sedimentanalysen. E. Schmid wies nach, dass die Zone über der untern Kulturschicht eingewehter Löss ist. Die beträchtliche Pollenmenge erlaubt keine Zuordnung in eine ausgesprochene Kaltphase. Die Sedimentation dürfte im Übergang vom Brörupinterstadial zur maximalen Würmkaltzeit erfolgt sein. Auch die Auffassung, die beiden Schichten seien im Hengelointerstadial (Van der Hammen et al. 1967) entstanden, wäre vertretbar. Möglicherweise manifestiert sich diese nur wenig wärmere Phase in dieser Gegend lediglich in einer bessern Entwicklung der Kräutervegetation und nicht in einer initialen Bewaldung. Diese Interpretation bedingt jedoch, dass in der extremen Kaltphase zwischen dem Brörup- und dem Hengelointerstadial die Sedimentation ausgesetzt hat, was an diesem weit vom Gletscher entfernten Ort kaum anzunehmen ist. Trifft die erste Version zu, also das endinterstadiale Alter, so ist die untere Kulturschicht mit den Funden aus dem Spätmoustérien in den Beginn der abnehmenden Wärme des Brörupinterstadials einzuordnen.

Zum folgenden Schichtenkomplex gehören der obere steinige Lehm, die obere Sinterbank, die mittlere und die obere Kulturschicht. Die Baumpollen mögen ungefähr gleich häufig sein wie die Kräuterpollen. Trotzdem ist nicht damit zu rechnen, dass die Sedimentation in einem wärmeren Zeitabschnitt erfolgte; die gefundenen Pollen sind allzu spärlich. Sie dürfen als Sekundärpollen, teilweise vielleicht auch als Fernflugpollen interpretiert werden.

Vergleicht man das Pollenbild des Schichtenkomplexes mit demjenigen des Liegenden und des Hangenden, so scheint sich hier doch wohl die klimatisch ungünstigste Stelle der gesamten Ablagerung zu befinden. In den oberen Proben des Komplexes gelangt der Dryopteris-Typ

zu stets grösseren Werten. Dies könnte auf eine leichte Klimabesserung hindeuten.

Das pollenarme Material des untersten Teils des oberen steinigen Lehms und der oberen Sinterschicht dürfte im Pleniglazial sedimentiert sein. Da sich die Kastelhöhle im periglazialen Raum befand, war wohl Sedimentation im Pleniglazial möglich, wenn vielleicht auch nicht in grossem Ausmass. Die Vegetation hatte damals offenbar bestenfalls Pioniercharakter.

Der Polleninhalt der Proben aus 64 cm und 80 cm Tiefe der Probenserie IV ist sehr gering. Das Material ist deshalb dem untern Teil des oberen steinigen Lehms gleichzusetzen und nicht dem untern steinigen Lehm, wie es an der Profilwand geschienen hat.

Die mittlere Kulturschicht, der obere Teil des oberen steinigen Lehms und die obere Kulturschicht mögen bereits dem Spätglazial angehören. Dadurch werden die Frühmagdalénien-Funde ins frühe Spätglazial datiert. Die Schicht mit den Einschlüssen aus dem Spätmagdalénien ist ins Ende des Spätglazials einzustufen. Eine exaktere Zeitbestimmung ist leider nicht möglich, da sich anhand der Diagramme das Spätglazial nicht gliedern lässt.

Der Polleninhalt der drei obersten Schichten deutet auf eine Waldvegetation hin. Der Beginn des Postglazials scheint nicht genau mit der optischen Schichtgrenze zusammenzufallen. Er dürfte im untern Bereich des kleinstückigen Lehms anzunehmen sein. Merkwürdigerweise dominieren die Corylus- und die Eichenmischwaldpollen vor den Pinuspollen. Vielleicht ist ein Teil dieser Wärmeliebenden sekundär. Die Zunahme der Piceapollen im obersten Dezimeter zeigt, dass die Bodenbildung bis in die neuste Zeit hinein anhält.

Die Probenserien des Südraumes

Die Verhältnisse des Südraumes weichen von denjenigen des Nordraumes ziemlich ab. Stratigraphisch sind die Schichten der beiden Räume nicht ohne weiteres zu parallelisieren.

Über dem Fels liegen grosse Steine. In den Gesteinslücken befindet sich wenig Feinmaterial. Im folgenden hellbraunen, steinigen Lehm fand E. Schmid in der Probe aus 175 cm Tiefe der Probenserie I Kulturreste. Somit lässt sich dieser Horizont der untern Kulturschicht des Nordraumes gleichsetzen. Im oberen Teil des steinigen Lehms und im hangenden braunen, grobsteinigen Lehm ist sedimentanalytisch Löss nachgewiesen. Die sinterhaltige Steinschicht wird etwa gleichzeitig mit der oberen Sinterbank und dem oberen steinigen Lehm des Nordraumes sedimentiert sein. E. Schmid führt die Verteilung des braunen, grobsteinigen Lehms mit der sinterhaltigen Steinschicht auf Rutschung zurück. Den Abschluss bilden zwei sintrig-sandige, lehmige Steinschichten und die steinige Humusaufgabe.

Das Probenmaterial ist – wie bereits erwähnt – den Sedimentproben entnommen worden. Die Tiefe der Proben wird in cm unter der Oberfläche angegeben. Analysiert wurden alle im Längsprofil eingezeichneten Probenserien.

Die Diagramme I und II stimmen in den Pollenverhältnissen und im Kurvenverlauf gut mit denjenigen des Nordraumes überein; lediglich die Pollenmengen sind kleiner. Eine Darstellung erübrigt sich deshalb.

Nur die Serien IV, V und VI werden als Diagramme gegeben. Die grossen Probenabstände erlauben keine exakten Aussagen. Im grossen und ganzen entsprechen die Resultate denjenigen des Nordraumes. Abweichend ist in den drei dargestellten Diagrammen der grosse Anteil des

Kräuterpollens. Dass die untere Kulturschicht nicht versintert ist wie im Nordraum, lässt vermuten, Sinterbildung werde eher durch lokale als durch grossklimatische Faktoren verursacht. Die beiden untersten Proben im Diagramm VI sind wegen der vielen Kräuterpollen jünger als die untere Kulturschicht einzustufen. Dasselbe gilt für die tiefste Probe des Diagramms V, wenn der hohe Wert der ligulifloren Compositen nicht als lokale Erscheinung gewertet wird. Die mittleren Proben sind ziemlich pollenarm. Sie sind zeitlich dem Ende des Frühwürminterstadials, dem Pleniglazial und dem Spätglazial zuzuordnen. Eine genaue Einstufung der einzelnen Proben ist nicht möglich. Die grössere Anzahl der ligulifloren Compositen in 65 cm Tiefe in der Probenserie V mag teilweise durch die Begehung der Höhle durch die Magdalénien-Leute verursacht sein. Die Deckschichten weisen am meisten Pollen auf. Zudem sind die Baumarten zahlreicher. Obwohl die Baumpollenmengen merkwürdig niedrig sind, dürften die Schichten im Postglazial entstanden sein.

Zusammenfassung

Die unterste Schicht stammt aus einem Interstadial. Auch im periglazialen Raum dürfte sich vor allem das Brörupinterstadial auf die Vegetation ausgewirkt haben. Die grossen Steine sedimentierten möglicherweise früher. Als sich die Baumbestände zu lichten begannen, die Kräutervegetation aber immer noch kräftig entwickelt war, bildete sich die Kulturschicht des Spätmoustérien. Nachdem die Paläolithiker die Höhle verlassen hatten, blieb die Vegetation noch eine Zeitlang ziemlich unverändert. Wohl erst zur Zeit der Ablagerung des obern steinigen Lehms verschlechterte sich das Klima so sehr, dass nur noch eine Tundravegetation gedeihen konnte. Schwache wärmere Phasen innerhalb des Pleniglazials vermochten sich anscheinend nicht auf die Vegetation der Umgebung der Höhle auszuwirken.

Die langsame Klimabesserung des frühen Spätglazials gestattete den Magdalénien-Leuten einen Aufenthalt in der Kastelhöhle. Im vorgerückten Spätglazial benutzten nochmals Renjäger für längere Zeit die Höhle als Wohnplatz. In der Nacheiszeit bildete sich der humose Waldboden.

Vergleich der pollenanalytischen mit den sedimentanalytischen Resultaten

Die Ergebnisse der beiden Methoden stimmen in den wesentlichen Punkten überein, weichen jedoch in Einzelheiten voneinander ab. Der Einstufung der groben Steine über dem Felsen ins Frühwürm steht pollenanalytisch nichts entgegen. Das Feinmaterial weist hingegen genügend Baumpollen auf, dass es einem Interstadial zugewiesen werden darf. Die Moustérien-Kulturschicht gehört nach beiden Untersuchungsmethoden ins Ende des Frühwürms. Ein Interstadial am Anfang des Hauptwürms, wie es für die Versinterung der untern Kulturschicht mit Hilfe der Sedimentanalysen angenommen wird, zeigt sich im Pollenbild nicht. Sinter dürfte sich jedoch auch in einer nicht ausgesprochen interstadialen Phase bilden können, wenn die Niederschläge zeitweilig aussetzen.

Der steinige Lehm wird sedimentanalytisch dem Hauptwürm zugeordnet. Der untere steinige Lehm enthält reichlich Kräuterpollen, so dass er wohl eher im Übergang vom Interstadial zum Pleniglazial sedimentiert ist. Der untere Teil des obern steinigen Lehms ist fast pollenleer; er ist folglich auch pollenanalytisch ins Pleniglazial einzustufen.

Die Auswertung der Sedimentanalysen ergibt auch für den obern Sinter eine Wärmeschwankung. E. Schmid weist sie dem Spätglazial zu. Die Pollenanalysen zeigen dieselben Verhältnisse wie im Liegenden. Es besteht deshalb kein Grund, die Sinterbank nicht als pleniglaziale Ablagerung zu betrachten. Bestenfalls könnte die geringfügige Zunahme des Dryopteris-Typs in der Probe 124 cm (Diagramm VI) auf das herannahende Spätglazial hindeuten. Eine interstadiale Vegetation liess sich, trotz der engen Probenfolge, nicht ermitteln.

In Frage käme das von A. Leroi-Gourhan (1965) nachgewiesene Lascaux-Interstadial, das in Lascaux selber 50% Baumpollen ergab. Diese Schwankung ist in unserer Gegend noch nirgends festgestellt worden. Es ist fraglich, ob sie sich hier abgezeichnet hat oder sich nur so schwach ausgewirkt hat, dass sich eben noch Sinter bilden konnte, aber die Vegetation nicht zu verändern vermochte.

Beide Methoden weisen die Magdalénien-Kulturschichten dem Spätglazial und die Deckschichten dem Postglazial zu.

11. Die Birmatten-Basisgrotte

Lage und Beschaffenheit

Der Talkessel von Zwingen verengt sich 2 km oberhalb der Einmündung des Ibaches in die Birs zu einem schmalen Durchlass. Auf der Nordseite dieses Engpasses befindet sich etwa 10 m über der Birs, in 339 m über Meer, die Basisgrotte. Die Birmatten gehören zur bernischen Gemeinde Nenzlingen. Die Koordinaten der Fundstelle messen 608 350/254 875 (Landeskarte Blatt 213, Basel). Die rezente Vegetation der unmittelbaren Umgebung ist ein Laubmischwald, der in Richtung des Querceto-Carpinetums entwickelt ist. Auf den felsigen Partien der Gegend wächst *Pinus silvestris*.

Die Grotte befindet sich an der Basis eines kurzen, hier vorspringenden Kalkfelsbandes. Sie ist nach Süden exponiert. Am Eingang ist sie 8 m breit und reicht lediglich 3,8 m unter den Fels hinein. Wahrscheinlich ist sie durch die Erosion der Birs und durch Abwitterung entstanden. Das über der Grotte schief aufsteigende Felsdach ist wenig mächtig, so dass leicht Material vom Hang in die Höhle eindringen konnte.

Erforschung

Im Jahre 1940 entdeckte Carl Lüdin den mesolithischen Jägerrastplatz Birmatten-Basisgrotte. Bis 1945 führte er vorwiegend im westlichen Teil der Grotte mehrere Sondierungen aus. Er wies die Geräte der unteren Fundschichten dem Sauveterrien zu und diejenigen der oberen der Tardenois-Kultur. Einzigartig war der Fund des Skelettes eines Mesolithikers. 1955 und 1956 leitete H. G. Bandi die systematischen Grabungen des Bernischen Historischen Museums, wobei die gesamte Grotteneinfüllung sorgfältig und eingehend untersucht wurde.

Die Ausgräber bezeichneten die Schichten von oben nach unten mit A bis G.

Auf dem anstehenden Kalkfels ruhte gelblicher, kleinstückiger Schotter. Diese G-Schicht barg keine kulturhistorischen Einschlüsse.

Die Schicht F bestand aus gelbgrauem sandigem Lehm. In ihrem untern Teil zeugten Lehmtaschen von den letzten Einschwemmungen durch die Birs. Der obere Teil war mit bis zu 5 cm grossen Steinen durchsetzt. Die ausgegrabenen Tierknochen wurden von Elisabeth Schmid ausgewertet. Über 80 Prozent stammen von Wildschweinen und Edelhirschen. Andere grosse Säuger sind nur in geringer Zahl festgestellt: Biber, Edelmarder, Fuchs, Dachs und Reh. In der oberen Schichthälfte waren die ältesten mesolithischen Geräte eingebettet. H. G. Bandi und Ch. von Graffenried bearbeiteten das lithische Inventar. Es gehört, zusammen mit demjenigen der beiden folgenden Schichten, in den Kulturkreis des Sauveterrien. Die Hälfte der Steingeräte sind Mikrolithen. Charakteristisch sind Spitzen, Dreiecke und Kantenmesserchen. Artefakte aus organischem Material fehlen.

Lehmiger Schutt bildete die Schicht E. Die grösseren Steine massen 7 cm. Dunkelgelbroter Lehm füllte die Zwischenräume. Knochen wurden wesentlich mehr gefunden als in der liegenden Schicht. Neu traten auf: Braunbär, Wildkatze, Wolf, Rind, Feldhase und Fischotter. Die Knochen des Braunbären erreichen nahezu 4% aller bestimmten Knochen der grossen Säuger, während sie in den hangenden Schichten unbedeutend sind. Die Silices waren nahezu fünfmal häufiger als im Liegenden. Die Mikrolithik ist noch stärker betont. Neue Typen sind

die nadelförmige Spitze und die Doppelspitze. Zahlreich sind die Segmente. Auch einige Gegenstände aus organischem Material wurden geborgen.

Im gelbroten Lehm der Schicht D waren kleinere Steine eingebettet. Die Schicht war nur 10 cm mächtig und keilte noch innerhalb der Trauflinie aus. Die faunistischen Überreste weichen von denjenigen des lehmigen Schuttes nur unbedeutend ab. Der Edelhirsch macht 33% aller bestimmten Knochen der grossen Säuger aus gegenüber 21% im Liegenden. Zum Fundhorizont des gelbroten Lehms wird auch der unterste Teil der Schicht C (Kleinschicht C₅) gerechnet. Das Geräteinventar weist die gleichen Typen in recht ähnlichen Verhältnissen auf wie der lehmige Schutt. Die Kantenmesserchen haben zu-, die Segmente abgenommen. Ob die Bestattung des Mesolithikers während der Ablagerung der Schicht D oder C erfolgte, war nicht zu entscheiden. Das Skelett stammt von einem 155–160 cm grossen Erwachsenen. Er war in gestreckter Rückenlage in Nord-Süd-Richtung bestattet worden.

Der sinterreiche C-Komplex konnte in fünf Zonen aufgeteilt werden, die abwechselungsweise von hellgrauer und braungrauer Farbe waren. Im Innern der Grotte war er 50 cm mächtig, keilte aber noch innerhalb der Trauflinie aus. Spuren von Feuereinwirkung deuteten auf Herdstellen. Die Knochen der grossen Säuger verteilen sich auf die einzelnen Arten fast wie im gelbroten Lehm. Wildschweine und Edelhirsche sind beide mit 39% gleich häufig vertreten. Ein Knochen einer Gemse bereichert die von den tiefern Schichten her bekannte Fauna. Auffällig ist das Vorkommen der Gelbhalsmaus, die ein ausgeprägtes Waldtier ist, und allgemein die grosse Menge der kleinen Nager. Bemerkenswert sind die verschiedenen Kleinvögel, die in den untern Horizonten beinahe fehlten. Überreste von Froschlurchen und Fischen wurden erst ab Schicht C in merklichen Mengen gefunden. Elisabeth Schmid schliesst aus dem faunistischen Inventar auf eine Änderung in der Ernährung der Mesolithiker und auf stärkern Schluss des Waldes. Obschon das lithische Material ziemlich mit demjenigen der tiefern Schicht übereinstimmt, zeigt es doch Abweichungen, die auf eine neue, eine tardenoisienartige Kultur weisen. Die mikrolithischen Geräte sind ungefähr gleich häufig wie die makrolithischen. Dreiecke und Kantenmesserchen sind zahlreicher als die Spitzen. Ein neuer Typus sind die Trapeze. Spitzen mit Oberflächenretouche sind selten, aber bemerkenswert. Unter den Makrolithen dominieren mit 31% die gekerbten Klingen. Als bedeutende Neuerung sind die Harpunen aus Hirschhorn zu werten.

Braunschwarzer Humus mit wenig Steinen bildete sich über der Sinterschicht. Der Humushorizont war lehmig und enthielt noch etwas Sinter. Die Mächtigkeit mass in der Grotte 25 cm. Mehr als die Hälfte der Knochen stammen von Edelhirschen. Im übrigen entspricht die Fauna derjenigen der tiefern Schicht. Die makrolithischen Geräte sind fast viermal zahlreicher als die mikrolithischen. Unter den letztern dominieren die Spitzen über die Kantenmesserchen, Trapeze und Dreiecke. Bei den Makrolithen sind die gekerbten Klingen am häufigsten. In der Schicht B spielen erstmals Klingen mit langen Kerben eine Rolle. Auch die Messer sind zahlreicher als in den tiefern Horizonten. Wiederum wurden Harpunen und einige andere bearbeitete Objekte aus organischem Material gefunden.

Braunschwarzer Humus mit mittelgrossen Steinen bildete den obern Abschluss der Sedimente. Innerhalb der Grotte war die Schicht A 25 cm mächtig. Ausserhalb der Trauflinie war sie nicht mehr klar von der Schicht B zu

unterscheiden. Die beiden Schichten wurden als ein Fundhorizont zusammengefasst. Dies ist umso gerechtfertigter, als spätere Benützung der Grotte und ältere Grabungen die natürliche Lage der Sedimente beträchtlich gestört haben. H. G. Bandi nimmt an, dass in Birmatten das Mesolithikum mit der Ablagerung der Schicht B zu Ende geht. Vereinzelt Funde aus dem Neolithikum, der Bronzezeit, der helveto-römischen Epoche und dem Mittelalter weisen auf spätere Benützung der Grotte hin. Erste Berichte über die Grabungen erschienen 1954 (Bandi und Lüdin) und 1956 (Bandi). Nach Abschluss der Auswertungen erfolgte eine umfassende Monographie (Bandi u. a. 1963).

Pollenproben

Zur Orientierung über die Stratigraphie der Sedimente wurde zu Beginn der systematischen Grabungen vom Hang her in nordwestlicher Richtung gegen das Grotteninnere ein Sondierschnitt angelegt. Die Probenserien I und II stammen aus der Ostwand (Profil 1) des Sondierschnittes und Serie VI aus der Westwand (Profil 2). Ein westlich an den Schnitt anschliessendes Quadratmeterfeld wurde speziell eingehend abgetragen, um Detailprobleme abzuklären. An der Nordwestwand dieses «Quadratmeterpfeilers», 20 cm von Profil 2 entfernt, wurde das Material der Serie VIII herausgekratzt. Alle Stellen der Probenserien befinden sich innerhalb der Trauflinie.

Die Pollenmengen sind in den Diagrammen nicht absolut dargestellt, wie bei den übrigen Höhlen, sondern relativ. Die Summe aller Pollen ist als 100% gewertet. Der *Dryopteris*-Typ ist aus der Pollensumme ausgeschlossen; er wird in bezug auf die Pollensumme verzeichnet.

Probenserie I

Die Tiefen der Probenstellen wurden in cm von der Sedimentoberfläche gemessen.

Das tiefste ausgehobene Material ist graugelber sandiger Lehm mit vielen kantigen, bis 8 cm grossen Steinen. Die Schicht F reicht bis zu 136 cm hinauf. Die Föhrenpollen dominieren bei den Baumpollen. *Corylus* ist bereits kontinuierlich vorhanden. Die Kräuterpollen schwanken um 60% des Gesamtpollens. Der weitaus grösste Teil des Kräuterpollens sind liguliflore Compositen.

Die Schicht E umfasst die folgenden 30 cm. Die Föhrenpollen sind bedeutend weniger zahlreich als im Liegenden. Die *Corylus*-Kurve steigt auf ihr Maximum und drängt die Krautpollenprozentage zurück. Der Eichenmischwald tritt auf. Im oberen Teil der Schicht ist erstmals *Plantago* vorhanden.

Die Proben aus 95 cm und 105 cm Tiefe stammen aus dem steinigen gelbrotten Lehm. Da zum Fundhorizont 3 ausser der Schicht D auch die Kleinschicht C₅ gerechnet wird, ist die Probe aus 85 cm hier mitzuberücksichtigen. Die Pollenfrequenzen aller drei Proben sind sehr gering. *Corylus* scheint immer noch der wichtigste Pollenproduzent zu sein. Die Kräuterpollen überwiegen.

Die Oberkante der sinterreichen Schicht C liegt in 61 cm Tiefe. Die Pollenmengen bleiben weiterhin gering. In der Probe 65 cm fehlen die Baumpollen.

Anlässlich der Probenentnahme war die obere Grenze des braunschwarzen Humus in 33 cm Tiefe wahrzunehmen. Pollenanalytisch möchte man gerne die Probe aus 40 cm Tiefe noch dem Hangenden zurechnen. Neben der dominierenden *Corylus* bereichern Vertreter des *Quercetum mixtum* und *Fagus* den Wald. *Abies*pollen findet

sich nur in Spuren. Der Kräuterpollen beträgt immer noch gut 60%.

In der Schicht A steigt die Pollenfrequenz beträchtlich. Die Baumpollen nehmen zu. Die Föhre erringt die erste Stelle. Die Hasel ist noch stark vertreten. In der obersten Probe dominiert sie wieder. Eichenmischwaldkomponenten sind stets vorhanden. Tannen-, Buchen- und Fichtenpollen finden sich in fast allen Proben; ihr Prozentwert beträgt nie mehr als 5%. Die Kräutervegetation geht eher etwas zurück. Unter den Kräutern sind die ligulifloren Compositen wieder häufig. Die Umbelliferen sind in allen Proben vertreten. Bei den Gramineen sind von dieser Schicht an Getreidepollen anzutreffen. *Plantago* ist vorhanden. Die Flora ist allgemein artenreicher.

Probenserie II

Die Proben wurden in cm von der Oberfläche gemessen. Die Stelle dieser Probenserie befindet sich weiter aussen als diejenige der ersten Serie, etwa 30 cm innerhalb der Trauflinie. Da die sintrige Schicht C wenig weiter innen auskeilt, konnte sie in der Probenreihe II nicht mehr erfasst werden.

Die Schicht F reichte bis 105 cm hinauf. Sie enthielt fast keine Steine. Das Polleninventar ist demjenigen der Serie I sehr ähnlich. Die Kräuterpollen machen mehr als die Hälfte des Gesamtpollens aus. Die Föhrenpollen dominieren stark. In den oberen Proben steigt die Haselkurve an.

Der lehmige Schutt lagerte von 105 cm bis 83 cm Tiefe. Der Gehölzpollen ist bedeutend häufiger als der Kräuterpollen. Die Föhrenprozentage sind zurückgegangen. Die Hasel erreicht ihr Maximum. Der Eichenmischwald kommt auf. Die *Chenopodiaceen* sind von dieser Schicht an konstant vorhanden.

Die Probe aus 75 cm Tiefe stammt aus dem obersten Teil des gelbrotten Lehms. Auffällig sind die hohen Werte der ligulifloren Compositen und der Gramineen.

Die Schicht B erstreckte sich von 74 cm bis 45 cm Tiefe. *Pinus* und *Corylus* sind beim Baumpollen am stärksten vertreten. *Abies* und *Fagus* treten auf.

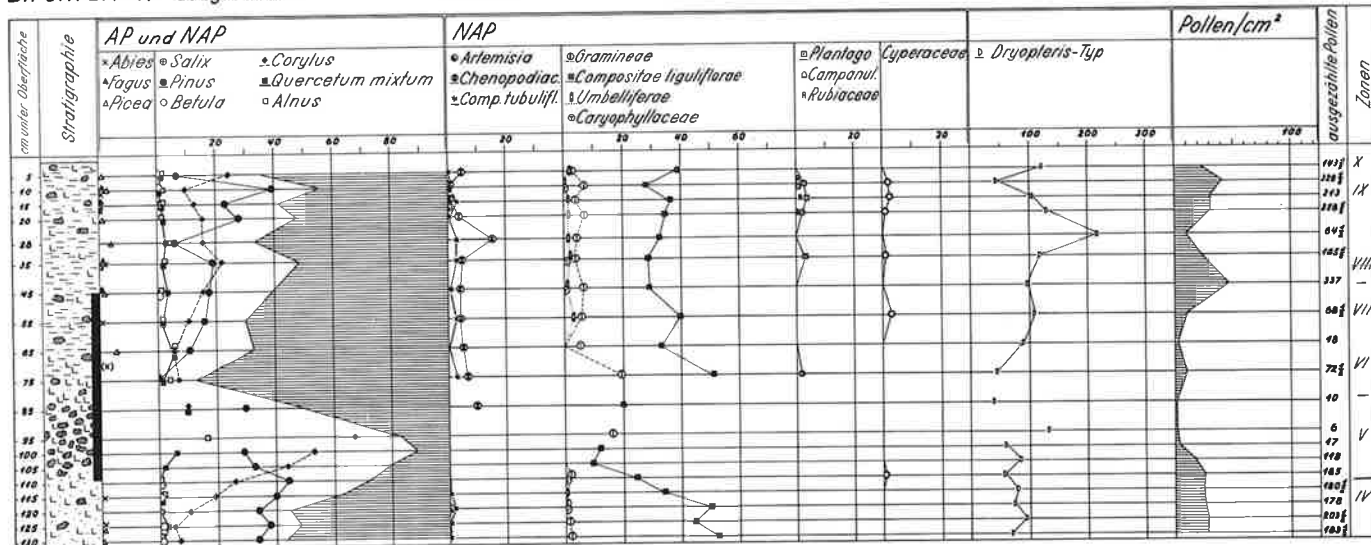
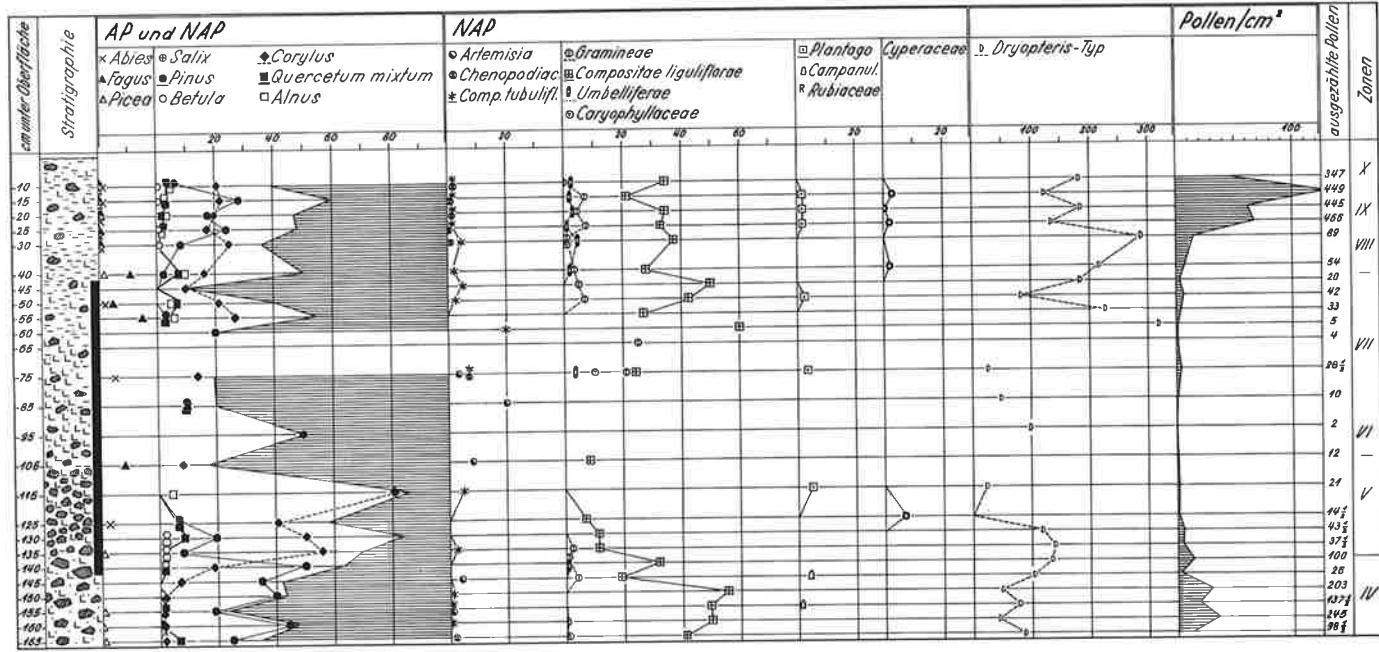
Der Humus der Schicht A war nur im oberen Teil steinig. Die Föhren dominieren. In der obersten Probe sind die Haselpollen am zahlreichsten. Fichtenpollen kommt in allen Proben dieser Schicht vor. Die Farnsporen sind zahlreich.

Probenserie VI

Die Probentiefen werden wieder in cm von der Oberfläche angegeben. Der Nullpunkt für die drei untersten Proben entspricht nicht genau demjenigen der oberen Proben, da die drei untersten der Profilwand erst entnommen wurden, nachdem die Oberfläche bereits abgetragen war. Deshalb ist die Diagrammzeichnung durch einen kleinen Zwischenraum unterbrochen. Die Probenstelle ist etwas westlicher und wenig näher der Trauflinie als Serie I. Die Probenserie VI sollte über die untersten Schichten Auskunft geben.

Bis in 175 cm Tiefe wurde Schotter abgelagert. In den Proben aus 220 cm und 180 cm dominiert der Föhrenpollen. Die mittlere Probe zeigt eine andere Zusammensetzung; sie dürfte durch sekundäres Material oder durch Verunreinigungen gestört sein.

Der sandige Lehm enthielt im untern Teil kaum Steine. Gegen die Schichtgrenze, in 137 cm Tiefe, lagen die Steine dichter. Wie in den andern Diagrammen besteht der Baumpollen fast ausschliesslich aus Föhrenpollen.



Im lehmigen Schutt dominieren die Haselpollen über die Föhrenpollen, die jedoch noch gut vertreten sind. Die ligulifloren Compositen und die Farnsporen verlieren oben an Bedeutung. Die Gramineen werden dominant.

Die Proben aus 107 cm und 101 cm Tiefe stammen aus den Schichten D und C. Die Pollenfrequenz ist gering. Corylus ist immer noch der stärkste Pollenproduzent.

Probenserie VIII

Die Probentiefen wurden in cm über dem anstehenden Fels gemessen. Die Stelle der Probenentnahme befand sich nahe der Serie VI, etwas mehr gegen die Trauflinie. Bis in 45 cm Höhe lag Birsschotter mit wenig sandigem Zwischenmaterial. Das Polleninventar ist sehr einheitlich. Etwa 80% des Gesamtpollens sind Föhren. Die drei obersten Proben bestehen aus sandigem Lehm.

Die Föhren bilden weiterhin den Wald. Die Kräuterpollen sind besonders durch die ligulifloren Compositen sehr reichlich vertreten. Auffällig sind die grossen Werte des Dryopteris-Typs.

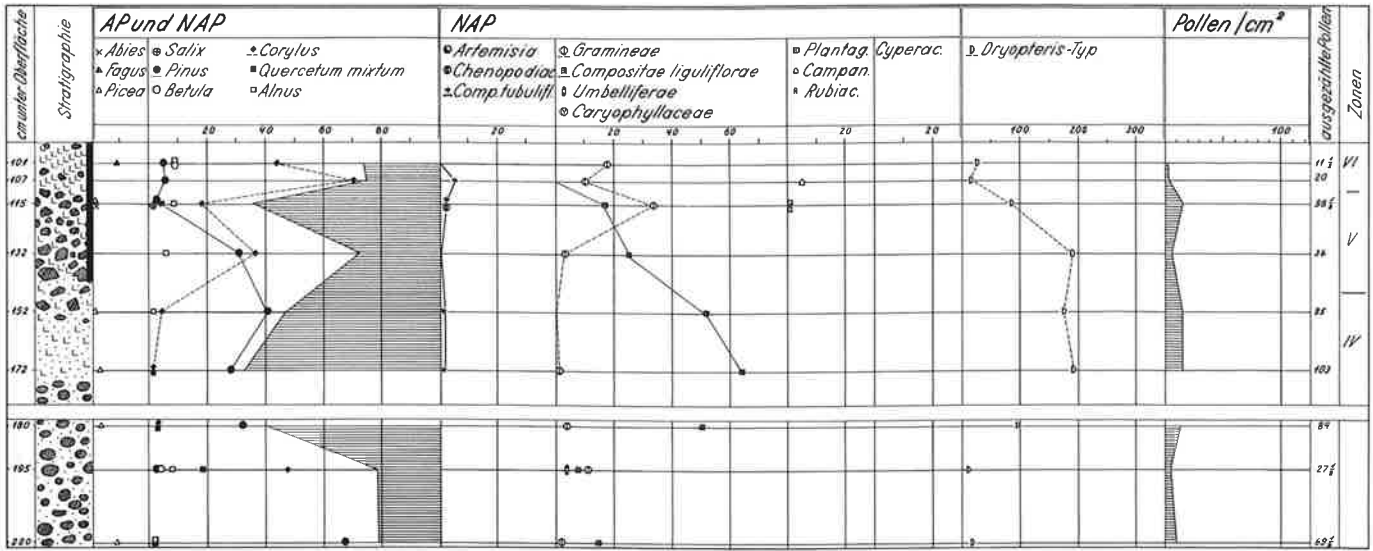
Vegetationsfolge und Zeitbestimmung

Pleniglaziale oder interstadiale Sedimente fehlen der Birsmatten-Basisgrotte. Die Ablagerungen sind spät- und postglazial entstanden.

Die Allerödzeit wird mit den untersten Proben kaum mehr erfasst; jedenfalls fehlt im Diagramm ein deutlicher Birkengipfel, wie ihn M. Welten in der nahen Brügglihöhle (Bandi u. a. 1952/53) gefunden hat. Die ausgesprochen grossen Pinuswerte der Schottererschicht mögen dadurch zustande gekommen sein, dass der anemogame Baum verhältnismässig viel Pollen auf den Fluss niederlegen liess, der dann in der Uferlage der Grotte ange-

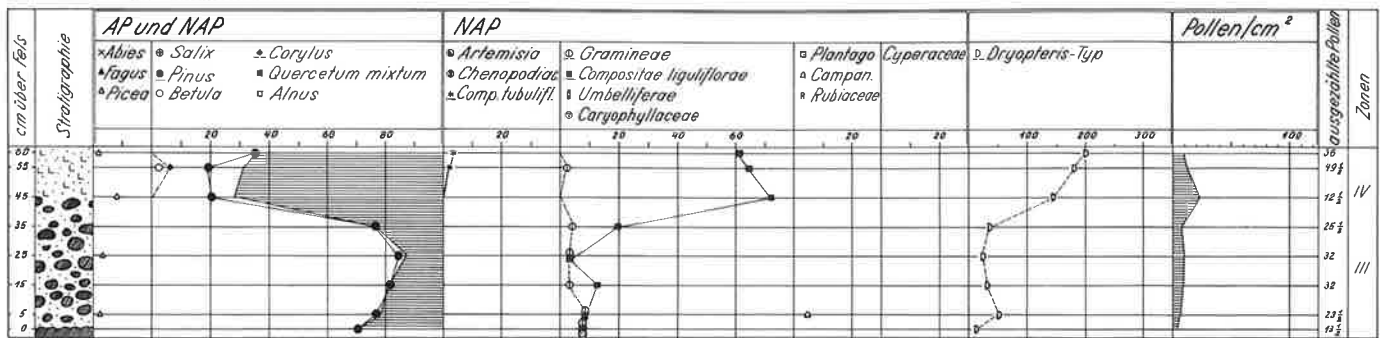
Birmatten Diagramm VI

339 mü.M.



Birmatten Diagramm VIII

339 mü.M.



schwemmt wurde. Der nach unten absteigende Ast der Föhrenkurve im Diagramm VIII deutet darauf hin, dass das unterste Material wohl aus der jüngeren Dryaszeit stammt. Die Schicht G dürfte sich über die jüngere Dryaszeit hinaus erstrecken, wurde also etwa bis 7500 v. Chr. abgelagert. Eine grössere Sedimentationslücke zwischen dem Schotter und dem sandigen Lehm ist aus den Diagrammen nicht herauszulesen. Daraus folgt, dass die Schotteroberfläche im Grotteninnern das Höchstmass der Aufschotterung anzeigt. H. Müller-Beck (in Bandi 1963) gibt das Niveau mit 337,50 m über Meereshöhe an. Die folgende starke Erosion durch den Fluss erstreckte sich fast ausschliesslich auf den ausserhalb des spätern Wohnplatzes liegenden Teil der Schotterterrasse. Kleine, lokal begrenzte Abtragungen mögen durch die unebene Oberfläche der Schotterterrasse angezeigt werden.

Die Zunahme der Pollenfrequenz und des Kräuterpollens und der dadurch bedingte Rückgang der Föhrenprozentage am Anfang des sandigen Lehms weisen deutlich auf ein etwas feuchteres Klima hin. Dies wird betont durch die hohen Werte des Dryopteris-Typs und der ligulifloren Compositen. Die Ablagerung der Schicht F dauerte wohl bis zum Ende des Präboreals (zirka 6800 v. Chr.) oder noch etwas länger. Im oberen Teil des Lehms waren die ersten mesolithischen Geräte eingebettet. Das Sauveterrien begann somit in der Birmatten-Basisgrotte um 6800 v. Chr., wahrscheinlich etwas später. Der lehmige Schutt gehört entsprechend dem Corylus-

Maximum ins Boreal (6800–5500 v. Chr.). Der Haselanstieg erfolgt 10–20 cm unterhalb der Schichtgenze F/E. Der oberste Teil der Schicht F ist deshalb wohl bereits dem Boreal zuzuweisen. Im obersten Teil des Deckenschuttes fällt die Haselkurve schroff ab, so dass in den letzten cm der Schicht E das Boreal zu Ende gegangen ist.

Der gelbrote Lehm dürfte anschliessend im älteren Atlantikum (5500–4000 v. Chr.) sedimentiert worden sein. Der Übergang zum jüngeren Atlantikum ist infolge der minimalen Pollenfrequenz nicht mit Sicherheit festzulegen. Der unterste Teil der Schicht C, die Kleinschicht C₃, enthielt die jüngsten Sauveterrien-Funde. Siedlungsgeschichtlich ist er also der Schicht D zuzurechnen. Leider verhindert die geringe Pollenmenge, diesen Horizont eindeutig ins ältere oder jüngere Atlantikum einzustufen. Trotzdem darf angenommen werden, dass die Sauveterrien-Leute um 4000 v. Chr. die Grotte verlassen haben.

Die Schicht C bietet wegen der extremen Pollenarmut besondere Schwierigkeiten. Sicher darf nicht auf eine Klimaverschlechterung und einen dadurch bedingten Vegetationsrückgang geschlossen werden. Die Bereicherung der Flora durch das Auftreten von Abies und Fagus spricht gegen eine solche Interpretation. Diese Bäume weisen wohl auf das jüngere Atlantikum hin (4000–2500 v. Chr.). Da sich die Schicht C nur innerhalb der Trauflinie findet, also im eigentlichen Wohnareal der Mesolithiker, liegt es nahe, die Pollenarmut in Beziehung zu setzen zur mesolithischen Besiedlung. Es ist möglich, dass durch

die Begehung und Benützung die jeweils obersten cm des Sediments ab und zu wieder gelockert und umgelagert wurden. Dadurch wurden die Pollen leichter zerstört, da sie länger der Luft ausgesetzt waren beziehungsweise später eingebettet wurden. Auch durch Feuer – Brandstellen sind nachgewiesen – mag ein Teil des Pollens vernichtet worden sein. Möglicherweise hat auch das Fremdmaterial, das, wie Elisabeth Schmid vermutet, zur Verbesserung der Herdstellen vom Birsufer herbeigetragen worden ist, zur Verarmung des Sediments an Pollen beigetragen.

In Schicht B werden Buchen- und Tannepollen häufiger. Im nahen Schwarzwald wird der Beginn der Buchen-Tannen-Zeit mit zirka 3000 v. Chr. datiert (Lang 1955). Somit dürfte im obersten Teil der Schicht das Subboreal (2500–600 v. Chr.) beginnen. Die jüngsten mesolithischen Funde werden der Schicht B zugerechnet. Mit dem Ausgang des jüngeren Atlantikums wird in der Birsmaten-Basisgrotte auch das Tardenoisien zu Ende gegangen sein.

Bemerkenswert ist das relativ reichliche Vorkommen der Haselpollen durch alle Fundschichten hinauf. Es ist deshalb nicht völlig von der Hand zu weisen, dass die Mesolithiker die Ausbreitung und Erhaltung des für sie wichtigen Strauches förderten oder doch durch Nutzung der anderen Holzarten begünstigten. Die schlechte Erhaltungsfähigkeit des Eichenpollens mag mitverantwortlich sein, dass die Haselprozentage im Atlantikum so hoch ausgefallen sind.

Noch in der unteren Hälfte der Schicht A geht *Corylus* wieder zurück, und *Pinus* nimmt zu. Diese Föhrenzunahme, die hier durch Rodung des Buchenwaldbodens für Kulturzwecke betont wird, ist eine oft festgestellte Erscheinung der jüngsten Abschnitte der Waldentwicklung. Wahrscheinlich weist das stetige Vorkommen von *Plantago* auf Rodungen hin. *Plantagopollen* findet sich schon in der borealen Schicht E, braucht dort allerdings nicht als Zeiger für Rodungen gedeutet zu werden, da er nur in Spuren vorhanden ist (Welten 1952). Getreidebau konnte durch Cerealien-Pollen nur in dieser Schicht nachgewiesen werden. Die obersten Proben der Serien I und II dürften sich den Verhältnissen der Gegenwart nähern. Die Schicht A sedimentierte demnach im Subboreal (der Anfang des Subboreals fällt vielleicht noch in die Zeit der Ablagerung des obersten Teils der Schicht B), im ältern und im jüngern Subatlantikum. Die Zonengrenzen sind aus den Diagrammen nicht exakt zu bestimmen.

Chr. Gfeller bestimmte das Alter der Fundschichten mit der ¹⁴C-Methode. Da die Ergebnisse von den pollenanalytisch ermittelten Zeitmarken abweichen, sollen sie hier diskutiert werden. Leider standen für die Untersuchungen nur Knochen – und diese nur in kleinen Mengen – zur Verfügung. Die sieben Proben lieferten die folgenden Werte:

Fundhorizont	Schicht	Alter in ¹⁴ C-Jahren v. Chr.	
		angekohlte Knochen	nicht angebrannte Knochen
1	A–B		3400 ± 120
2	C ₁ –C ₄	5250 ± 600	3360 ± 240
3	C ₅ –D	5530 ± 200	5020 ± 120
4	E		5720 ± 120
5	F		5510 ± 160

Chr. Gfeller betrachtet die Daten der nicht angebrannten Knochen als jüngere Grenze. Die Zusammenstellung zeigt die grossen Differenzen zwischen den Resultaten aus den angekohlten und denjenigen aus den nicht angebrannten Knochen. Die Unterschiede betragen 510 Jahre und 1890 Jahre. Berücksichtigt man diese Tatsache, so

steht der ¹⁴C-Wert für die Schicht F nicht im Widerspruch zum pollenanalytisch ermittelten Siedlungsbeginn. Für die Bestimmung des Wechsels vom Sauveterrien zum Tardenoisien stehen die an angekohlten Knochen ermittelten ¹⁴C-Werte des dritten und des zweiten Fundhorizontes zur Verfügung. Berechnet man das Mittel unter Berücksichtigung der doppelten verjüngenden Standardabweichung, so erhält man 4590 v. Chr. Da, wie schon erwähnt, die Kulturengrenze zufolge der geringen Pollenmengen aus dem Diagrammbild nicht leicht zu bestimmen ist, liegt der ¹⁴C-Wert im Rahmen der pollenanalytisch vermuteten Zeit. Das Ende der mesolithischen Besiedlung nimmt Chr. Gfeller mit 3000 v. Chr. an. Auf Grund der Vegetationsentwicklung dauerten die tardenoisienartigen Kulturen bis um 2500 v. Chr. Da das Ende der Benützung der Grotte durch die Mesolithiker stratigraphisch nicht feststeht, ist es – obwohl ein exakter Wert wünschenswert wäre – zwecklos, über diese nicht sehr grosse Differenz zu diskutieren. Gesamthaft widersprechen somit die ¹⁴C-Daten den pollenanalytisch erarbeiteten Zeiten nicht.

Zusammenfassung

Über dem Felsboden lagerte die Birs in der jüngeren Dryaszeit Schotter ab. Der spätglaziale Föhrenwald war landschaftsbeherrschend. Die Schotteroberfläche in der Grotte dürfte annähernd dem Akkumulationsmaximum entsprechen. Der sandige Lehm sedimentierte zur Hauptsache im Präboreal.

Die mesolithische Besiedlung setzt um 6800 v. Chr., eher später, ein. Die Zeit der sauveterrienartigen Kulturen ist charakterisiert durch das Vorherrschen der Hasel und des Eichenmischwaldes. Die tardenoisienartigen Gruppen gehören der Zeit der ersten Ausbreitung der Buchen- und Weisstannenwälder an. Die Höhle wird bis gegen 2500 v. Chr. besiedelt gewesen sein. Der Wechsel der beiden Kulturen ist zeitlich sehr unsicher festzulegen. Als grobe Marke kann der Übergang vom ältern zum jüngern Atlantikum angesehen werden. Für die gesamte mesolithische Benützung ergibt sich demnach ein Zeitraum von ungefähr 4000 Jahren. Es darf als wahrscheinlich angenommen werden, dass die Grotte in dieser langen Zeitspanne nicht kontinuierlich, sondern in Abständen besiedelt war.

Der Deckhumus wurde im Subboreal und im Subatlantikum gebildet, was mit den jüngsten Funden dieser Schicht übereinstimmt.

Vergleich der pollenanalytischen mit den sedimentanalytischen Resultaten

Die Abweichungen der Ergebnisse bewegen sich im Bereich der Bestimmungsgenauigkeiten.

Der Schotter ist nach beiden Methoden im Spätglazial abgelagert worden. Die reichlichen Föhrenpollen (70–80 Prozent des Gesamtpollens) zu Beginn der Schotterakkumulation sprechen eindeutig für guten Föhrenwald. In diesem Sinn muss wohl die sedimentanalytisch gewonnene Ansicht, der Ort sei baumfrei gewesen, korrigiert werden. Die durch Elisabeth Schmid bestimmten Molluskschalen sprechen nicht gegen eine Waldvegetation. Wenn die vorgefundenen Schneckenarten nicht vorwiegend im Walde leben, so ist für viele dieses Biotop doch auch bewohnbar. Auch die Vallonien, ausgesprochene Lössschnecken, können im Walde leben und finden sich heute bis 2000 m über Meereshöhe. Dass die spezifischen Waldschnecken (*Goniodiscus rotundatus* und *Retinella pura*)

erst in Schicht E auftreten, hängt eventuell damit zusammen, dass erst zur Zeit der Sedimentation dieser Schicht laubtragende Sträucher und Bäume das Gebiet erreicht haben.

Die Sedimentanalyse lässt den Schichtwechsel mit dem Zonenwechsel zusammenfallen, setzt ihn somit um 8150 v. Chr. an, während er auf Grund der Vegetationsentwicklung um 7500 v. Chr. erfolgte. Dieser Unterschied ist auch für den Übergang vom sandigen Lehm zum lehmigen Schutt festzustellen; die Differenz ist jedoch geringer. Für den Beginn der mesolithischen Besiedlung wirkt sich dies so aus, dass er sedimentanalytisch wohl kurz nach der Mitte des Praeboreals, vielleicht etwa um 7300 v. Chr., angenommen wird. Da die Hasel an der Schichtgrenze F/E oder noch etwas vorher grössere Pollenmengen aufweist als die Föhre, scheint es angebracht, den obersten Teil der Schicht F noch dem Boreal zuzuweisen. Demnach wurde die Grotte um 6800 v. Chr., vielleicht sogar etwas später, besiedelt.

Für die Bildungszeit des lehmigen Schuttes resultiert nach

beiden Methoden das Boreal. Die Einstufung der folgenden beiden Schichten D und C ist nicht einfach. Elisabeth Schmid nimmt für die Schicht D eine Übergangsphase an, somit das Ende des Boreals und den Anfang des älteren Atlantikums. Schicht C wird nicht datiert, da sie diesen sinterreichen Komplex als künstliche Terrainaufhöhung betrachtet. Pollenanalytisch gehört die Schicht D ins ältere Atlantikum, die Schicht C wohl bereits ins jüngere Atlantikum. So bleibt für den Wechsel der beiden mesolithischen Kulturen, den man gerne möglichst exakt datiert hätte, leider ein recht grosser Spielraum.

Aufgrund der Sedimentanalysen wurde die Schicht B im Atlantikum gebildet. In der ersten Bearbeitung (Schmid 1958) geht das Atlantikum mit der Schichtoberfläche zu Ende, was auch mit den pollenanalytischen Resultaten übereinstimmt. In der Neufassung (Bandi 1963) lässt Elisabeth Schmid das Atlantikum noch in die Deckschicht weiter dauern.

Beide Methoden bezeugen, dass die Sedimentation bis in die Gegenwart anhielt.

Zusammenfassende Betrachtungen über die Vegetationsgeschichte und die Besiedlung

Wenn sich die untersuchten Stationen auch über weite Gebiete erstrecken, vom Genfersee bis Vorarlberg und vom Jura bis in die Alpen, darf nicht ohne weiteres erwartet werden, dass das vorliegende Material, das doch auch wieder örtlich beschränkt ist und sich unter sehr speziellen Verhältnissen gebildet hat, die Lösung der zahlreichen mit der Materie verknüpften Probleme bringen muss.

Den Ausgangspunkt für die Untersuchungen bildeten die in den Schichten enthaltenen Pollen. Voraussetzung war, dass Pollen in die Sedimente eingelagert wurde und erhalten blieb. Mit Hilfe der neuen Aufbereitungsmethoden fanden sich Pollen in Schichten, die man früher für pollenleer hielt. Aus der Pollentypenzusammensetzung liess sich auf die Flora, in günstigsten Fällen auf pflanzensoziologische Kombinationen schliessen. Daraus ergaben sich Hinweise auf das damalige Klima und auf die Zeitstellung des betreffenden Sediments. Es darf festgehalten werden, dass die Pollenanalyse heute eine durchaus geeignete Methode ist, um Höhlensedimente zu erforschen.

Die verschiedenen Schichten lassen sich heute aufgrund der Florenindizien erst mit grosser Vorsicht einstufen, weil – besonders für den alpinen Raum – noch keine vollständigen Vegetationsfolgen für die gesamte Würmeiszeit bekannt sind, in welche Vegetationsabschnitte eingeordnet werden könnten.

Leider war es nicht möglich, wenigstens einzelne der auf pollenanalytischem Wege ermittelten zeitlichen Einstufungen an Parallelproben durch ¹⁴C-Datierungen zu untermauern. Es liegen lediglich einige unsichere Daten vor, die an Knochenmaterial bestimmt wurden. Der einzige an Holzkohlen aus unzweideutiger Stratigraphie ermittelte Wert wurde an einer Probe aus dem Drachenloch gewonnen. Die Probe Gro-1432 ergab mehr als 49 000 Jahre, was der pollenanalytischen Einordnung der Schicht nicht widerspricht.

Vergleicht man die Resultate der Untersuchungen der einzelnen Höhlen miteinander, so ergeben sich einige Übereinstimmungen, die für das Untersuchungsgebiet allgemein gelten dürften.

Der Aufenthalt in den hochgelegenen Höhlen war den Menschen während der pleniglazialen Abschnitte des Würmglazials nicht möglich. Lediglich klimatisch günstige Interstadiale boten ausreichende Lebensbedingungen; selbstverständlich auch das Eem-Interglazial und das Postglazial.

Die Untersuchungen haben dargelegt, dass die Höhlenbärensichten an allen Fundplätzen während einer günstigen Vegetationsphase gebildet worden sind. Geschlossene Rasen wuchsen in der Umgebung der Höhlen. Aufgrund der Pollenspektren einiger Höhlen konnte wahrscheinlich gemacht werden, dass an bevorzugten tiefen Lagen Bäume, vorwiegend Föhren, zu gedeihen vermochten.

Diese Verhältnisse entsprechen nicht dem bekannten vegetationsfreundlichen Klima der Eem-Warmzeit und nicht den extrem vegetationsfeindlichen Klimabedingungen der pleniglazialen Phasen der Würm-Eiszeit.

Bemerkenswert ist, dass zwischen der Ablagerung der

Höhlenbärensichten und den spät- oder postglazialen Horizonten keine weiteren Pollenspektren festgestellt werden konnten, denen eine warm getönte Flora zugrunde lag. Demzufolge müssen sich die Höhlenbärensichten im letzten Interstadial vor den extremen Kaltphasen gebildet haben. Damit scheiden alle lediglich schwach wärmer getönten Abschnitte der langen pleniglazialen Zeiten aus. Dies betrifft die Moershof- und Poperinge-Schwankungen, das Hengelo-Interstadial und wohl auch weitgehend den Paudorf-Komplex.

Die Öffnung der Höhlen erfolgte meist unmittelbar oder wenig vor der Bildung der Höhlenbärensichten. Das Abbrechen des Felsens und der dadurch verursachte Durchbruch nach aussen sind nur in einer Zeit extremer Temperaturwechsel denkbar. Die grössten Temperaturdifferenzen sind am Übergang von der Interglazial- zur Glazialzeit anzunehmen, also in der Abfolge der Frühwürm-Interstadiale.

Am besten dürften die für die Zeit der Ablagerung der Höhlenbärensichten ermittelten Vegetationen mit den relativ guten Umweltverhältnissen der wärmsten Interstadiale der Würmeiszeit übereinstimmen. In erster Linie fällt folglich das Brörup-Interstadial in Betracht. Damit soll nicht gesagt sein, dass unter günstigsten Bedingungen nicht auch in einer etwas weniger warmen Schwankung geschlossene Vegetation und Besiedlung durch Tiere oder Menschen möglich gewesen sei. Es müssen nicht unbedingt alle Höhlenbärenhorizonte im gleichen Interstadial gebildet worden sein; eine gewisse Konzentration im Brörup-Interstadial scheint sich jedoch abzuzeichnen. Verschiedentlich sind bei den einzelnen Höhlen auch andere zeitliche Zuordnungen diskutiert worden.

Den Höhlenrastplätzen der Schweiz kommt eine erst-rangige Bedeutung in der Altsteinzeitforschung zu. Das Geräteinventar der Höhlenbärensichten, für welches früher der Begriff «alpines Paläolithikum» geprägt worden ist, ist jedoch in vielen Stationen lediglich durch wenig und meist nicht typische Stücke belegt, so dass die technologische Zuordnung vage bleiben musste. Die pollenanalytisch ermittelte Zeitstellung erhärtet die Zugehörigkeit der Funde zu mousteroiden Kulturen. Die Bewohner werden somit noch dem Menschentypus des Neandertalers angehört haben. Es scheint, dass das Brörup-Interstadial günstige Bedingungen für die Besiedlung des alpinen Raumes geboten hat.

Die obere Fundschichten der Kastelhöhle sind aufgrund der Pollenspektren ins Spätglazial zu stellen, was mit den Gerätetypen des Magdalénien übereinstimmt.

Für die mesolithische Station «Birmatten-Basisgrotte» ergab sich pollenanalytisch eine Besiedlungszeit von etwa 6800 bis 2500 v. Chr. Der Übergang vom Sauveterrien zum Tardenoisien liess sich infolge der von den Mesolithikern beeinflussten Sedimentation nicht genau festlegen. Die Zeitmarke dürfte um 4000 v. Chr. liegen. Dieses Beispiel zeigt deutlich, dass durch die Besiedlung der Höhlenplätze besondere Verhältnisse geschaffen werden. Die ordentliche Sedimentation wird durch die Bewohner gestört. Sedimente können abgetragen, oder Material kann künstlich aufgetragen werden. Diese Umstände erschweren die Interpretation der Analysenresultate.

Forderungen für zukünftige Untersuchungen

Wissenschaftliche Forschungen liefern einerseits Ergebnisse zum untersuchten Problem. Für die elf Höhlen sind die Resultate in dieser Arbeit dargelegt worden. Andererseits bieten die Forschungen aufgrund der gemachten Erfahrungen und der sich eröffnenden Probleme Ausgangspunkte für neue ähnliche oder verwandte Unternehmen. Auf Forderungen für solche zukünftige Untersuchungen soll in diesem Abschnitt hingewiesen werden.

Die Grabungen in den untersuchten Höhlen sind seit Jahren beendet. Die Probenserien wurden an stehen gelassenen bruchstückartigen Schichtresten oder an Profilwänden, wo die Grabung abgebrochen worden war, gefasst. Dieses Vorgehen ist nicht ideal. Die Pollenproben sollten während der eigentlichen Grabung, also während des schichtweisen Abbaus, den Sedimenten entnommen werden. Dadurch ist die völlige Zuordnung zu den urgeschichtlichen Befunden gewährleistet. Zudem können die Stellen, an denen die Proben herausgestochen werden, sinnvoller ausgewählt werden. Sind die Grabungen beendet, bleibt meist nur ein kleiner, vielleicht ungeeigneter Sedimentrest übrig. Auch ist es ab und zu schwierig zu entscheiden, ob die noch vorhandenen Schichten ungestört sind. Spezielle Probleme sind nur durch gemeinsames Vorgehen mit den Ausgräbern zu lösen. Wertvoll wäre es, wenn die Proben während der Grabung analysiert werden könnten. Diese Methode bedingt, dass sich die Grabarbeiten über längere Zeit erstrecken oder dass sie sich in mehreren Etappen vollziehen. Die Teilergebnisse könnten in besonderen Fällen sogar urgeschichtlich nicht eindeutige Ablagerungen zuordnen oder über das weitere Vorgehen bei der Grabung entscheiden helfen.

Die Auswertung der Analysen und ihre Zuordnung zu den urgeschichtlichen Funden und den Resultaten der Sedimentanalysen können mit Hilfe von Profilzeichnungen, die anlässlich mehrerer Jahre zurückliegender

Grabungen eingemessen worden sind, nur mit Schwierigkeiten vorgenommen werden. Da die alten Schnittwände stellenweise eingestürzt sind und für die Entnahme des Analysenmaterials sauber geputzt werden müssen, liegen die Orte der Proben einige Dezimeter hinter der Wand, von der die alten Profilbilder erstellt worden sind. Verläuft eine Schichtgrenze nicht horizontal, kann die Zuordnung einer an der Grenze herausgekratzten Probe fragwürdig bleiben. Deshalb sollte das frisch (neu) freigelegte Profil gezeichnet werden, unmittelbar bevor die Probenserie gewonnen wird. Die beim Fassen der Proben in der Schichtwand entstandenen Löcher sind laufend in die Profilzeichnung einzutragen.

Die palynologischen Untersuchungen sind mit den Sedimentanalysen und eventuell mit weiteren Nachbardisziplinen möglichst exakt zu koordinieren. Die Proben für die verschiedenen Forschungsdisziplinen müssen an der Profilwand möglichst nahe nebeneinander genommen werden, damit die Analysenresultate leicht vergleichbar werden. Lassen sich die einzelnen Proben mit Sicherheit topographisch zuordnen, ist es sehr wohl möglich, dass sich die Ergebnisse der verschiedenen Fachrichtungen ergänzen und bestärken. Da sowohl die Pollenanalysen als auch die Sedimentanalysen einen sehr grossen Zeitaufwand erfordern, sollten diese Methoden nur bei archäologisch bedeutungsvollen Stationen mit gut überschaubaren Schichtverhältnissen ausgeführt werden.

Ich glaube, nur durch noch präziseres Vorgehen und noch eingehendere Untersuchungen können die älteste Vergangenheit des Menschengeschlechtes und dessen Umweltsbedingungen erhellt werden. Es ist zu wünschen, dass sich im Untersuchungsgebiet bald besonders aussagekräftige Sedimentfolgen finden werden, so dass Sedimentationsablauf, Vegetationsgeschichte und Typologie der Artefakte eindeutig sind und sich nachher auch andere fragmentarische Sedimentabschnitte einordnen lassen.

Zusammenfassung

Die geographische Lage der elf pollenanalytisch untersuchten Höhlen ist in der Karte S. 8 eingetragen. Ihr Niveau liegt zwischen 339 m und 2427 m ü. M. Die meisten befinden sich im Gebiet der Würmvergletscherung, einige ausserhalb des maximalen Gletscherstandes.

Zentrales Anliegen ist die Vegetationsgeschichte während der Bildungszeit der Höhlensedimente und deren zeitliche Fixierung. Daraus sollte eine exaktere Zuordnung der in bestimmten Schichten gefundenen Kulturzeugen resultieren.

Der gegenwärtige Stand der Forschung über die Eem-Warmzeit und über die Würm-Eiszeit wird aufgezeigt und in einer Klimakurve (S. 15) dargestellt.

Das Material für die Proben wurde den Grabungswänden entnommen, nach dem Acetolyseverfahren aufbereitet und mit 192facher oder stärkerer Vergrösserung analysiert. Die Pollen waren häufig nicht gut erhalten. Da in den verschiedenen Sedimenttiefen sehr unterschiedliche Pollenmengen vorhanden waren, wurden nicht wie üblich die Prozente, sondern die Pollendichten in Diagrammen dargestellt. Diese Wiedergabe differenziert deutlich die pollenreichen von den pollenarmen Horizonten.

Die Ergebnisse der Untersuchungen der einzelnen Stationen sind jeweils im Kapitel über die betreffende Höhle zusammengefasst. Obschon die Anzahl der bekannten Siedlungsstellen noch klein ist, dürfen einige allgemeine Aussagen gewagt werden. Die Pollenanalysen bestärken erneut die bereits von A. Dubois und H. G. Stehlin für die Höhle von Cotencher und von E. Schmid für eine Reihe weiterer Höhlenbären-Fundplätze geäusserte Ansicht, dass die meisten Stationen des «alpinen Paläoli-

thikums» nicht in der Eem-Warmzeit, sondern in der Würm-Eiszeit von Menschen und Tieren aufgesucht worden sind. Der Polleninhalt der Höhlenbärenhorizonte zeigt, dass zur Zeit ihrer Ablagerung geschlossene Rasen in der Höhenstufe der Höhlen gewachsen sind. Diese Vegetation lässt weder auf gute interglaziale, noch auf extrem kalte glaziale Klimaverhältnisse schliessen. Entsprechende Bedingungen dürften vielmehr in interstadialen Phasen und am Übergang von der Eem-Warmzeit zum Würmglazial bestanden haben. Am ehesten kommt das Brorup-Interstadial in Betracht. Andere Interstadiale (z.B. Amersfoort und Paudorf) sind nicht stets mit Sicherheit auszuschliessen. Die gefundenen Steingeräte gehören somit zu mousteroiden Kulturgruppen, deren Träger der Neandertaler Menschentyp war.

Während der pleniglazialen Zeit sedimentierte kein Material. Im Spätglazial wurden die beiden Magdalénien-Schichten in der Kastelhöhle abgelagert.

Die Pollenflora der Birsmatten-Basisgrotte datiert die sauveteroiden Horizonte ins Boreal und ins Ältere Atlantikum. Die Tardenois-Leute lagerten im Jüngeren Atlantikum in der Grotte.

Die elf Höhlen wurden von Elisabeth Schmid (1958) sedimentanalytisch erforscht. Die Resultate der Sedimentanalysen stimmen weitgehend mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit überein. Bei den Sedimentanalysen liegt das Hauptgewicht auf der Ermittlung der Sedimentbildung und bei der Pollenanalyse auf dem Vegetationsablauf, so dass sich die beiden Methoden wertvoll ergänzen.

Nachwort

Die Ergebnisse wurden zusammen mit Frau Professor E. Schmid diskutiert. Erfreulicherweise konnten viele Übereinstimmungen der sedimentanalytisch und der pollenanalytisch gewonnenen Resultate festgestellt werden. Andererseits zeigten sich auch verschiedene Differenzen. Sie sind zum Teil dadurch zu erklären, dass die beiden Methoden von andern Untersuchungsmaterialien (Sedimentteilchen, bzw. Pollen) ausgehen, die anders gelagerte Informationen liefern. Von grosser Bedeutung sind die Ausmasse der Klimaverbesserungen, die man den einzelnen wärmer getönten Interstadialen beimisst.

Für die Interpretation der Sedimentanalysen wurde eine eindeutig warme Phase im mittleren Teil der Würmvereisung vorausgesetzt, während die Auswertung der Pollen auf einer eher schwachen Ausprägung desselben Zeitabschnittes basierte. Neuere Arbeiten schliessen gelegentlich im mittleren Würm auf eine etwas stärkere Erwärmung. Sollten zukünftige Untersuchungen vom heutigen Stand wesentlich abweichende Klimaverhältnisse während der Würmeiszeit ergeben, wäre die Zuordnung der Fundschichten aufgrund der zahlreich ausgeführten Analysen – deren Wert bestehen bleibt – neu zu überprüfen.

Zitierte Literatur

- Andersen, Svend Th.: Vegetation and its Environment in Denmark in the Early Weichselian Glacial. *Danmarks Geol. Unders.* 2. Raekke 75, 1961, 1–175.
- Interglacialer und interstadialer i Danmarks kvartær. *Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening* 15/4, 1965, 486–506.
- Andersen, Svend Th., de Vries, Hl. and Zagwijn, W. H.: Climatic Change and Radiocarbon Dating in the Weichselian Glacial of Denmark and the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw* 39, 1960, 38–42.
- Andrist, Albert: Die Höhlen von Oberwil im Simmental. Entdeckungsgeschichte. *Jahrb. Bern. Hist. Museum* 8, 1928 (1929), 74–75.
- Andrist, David: 2. Ausgrabung im Schnurenloch. *Jahrb. Bern. Hist. Museum* 9, 1929.
- Andrist, David und Albert; Flükiger, Walter: 3. bis 8. Ausgrabung im Schnurenloch bei Oberwil, Amt Niedersimmental. *Jahrb. Bern. Hist. Museum* 10–12, 1930–1932 (1931–1933) und 14–16, 1934–1936 (1935–1937).
- Das Rangiloch bei Boltigen. *Jahrb. Bern. Hist. Museum* 13, 1933 (1934), 74–79.
- Andrist, David; Flükiger, Walter und Andrist, Albert: Das Simmental zur Steinzeit. *Acta Bernensia* III. Bern 1964.
- Averdieck, Fritz-Rudolf: Die Vegetationsentwicklung des Eem-Interglazials und der Frühwürm-Interstadiale von Oderade/Schleswig-Holstein. Frühe Menschheit und Umwelt, Teil 2, 1967, 101–126.
- Frühweichselinterstadiale in Dithmarschen (Schleswig-Holstein). *Ber. Geobot. Inst. ETH Stiftung Rübli* 34, (1962) 1963, 58.
- Bächler, Emil: Das Drachenloch ob Vättis im Taminatale, 2445 m ü. M., und seine Bedeutung als paläolithische Fundstätte und prähistorische Niederlassung aus der Altsteinzeit (Paläolithikum) im Schweizer Lande. *Jahrb. St.Gallischen Naturw. Gesellschaft* 57/1, 1920 u. 1921, 1–144.
- Die Forschungsergebnisse im Drachenloch ob Vättis im Taminatale (2445 m ü. M.). *Jahrb. St.Gallischen Naturw. Gesellschaft* 59, 1923, 79–118.
- Das Wildenmannlisloch am Selun (Churfürsten), 1628 m ü. M. St.Gallen 1934.
- Das alpine Paläolithikum der Schweiz im Wildkirchli, Drachenloch und Wildenmannlisloch. *Monographien zur Ur- und Frühgeschichte der Schweiz* 2, Basel 1940.
- Bächler, Heinz: Radiokarbon-Datierung von Holzkohle aus dem Drachenloch. *JbSGU* 47, 1958/59, 103.
- Bandi, Hans-Georg: Die Schweiz zur Rentierzeit. *Frauenfeld* 1947.
- Sauveterrien im Birstal. *Ur-Schweiz* 20, 1956, 6–19.
- (Herausgeber): Birmatten-Basisgrotte. Eine mittelsteinzeitliche Fundstelle im unteren Birstal. *Acta Bernensia* I. Bern 1963.
- Bandi, Hans-Georg und Lüdin, Carl: Birmatten-Basishöhle. Vorläufige Mitteilung. *Jahrb. Bern. Hist. Museum* 34, 1954, 193–200.
- Bandi, Hans-Georg; Lüdin, Carl; Mamber, W.; Schaub, S.; Schmid, Elisabeth und Welten, Max: Die Brügglhöhle an der Kohlholzhalde bei Nenzlingen (Kt. Bern), eine neue Fundstelle des Spätmagdalénien im unteren Birstal. *Jahrb. Bern. Hist. Museum* 32/33, 1952/53, 45–76.
- Baumann, F.: Die freilebenden Säugetiere der Schweiz, 1949.
- Behre, Karl-Ernst: Pollen- und diatomeenanalytische Untersuchungen an letztinterglazialen Kieselgurlagern der Lüneburger Heide. *Flora* 152, 1962, 325–370.
- Bieri, Paul: Der Bau der Klippendecke zwischen Gantrisch und Simmental. *Jahrb. der Phil. Fak. II der Universität Bern* 5, 1925.
- Dubois, Auguste und Stehlin, H. G.: La grotte de Cotencher, station moustérienne. *Mém. Soc. paléont. suisse*, 52 und 53, 1932 und 1933.
- Ebers, Edith: Drumlinkerne, ältere Würmschotter und das Würm-Interstadial-Profil von Hörmating/Obb. *Eiszeitalter u. Gegenwart* 11, 1960, 64–76.
- Erdtman, G.: An Introduction to Pollen Analysis. *Mass.* 1954.
- Fægri, Knut und Iversen, Johs.: *Text-Book of Modern Pollen Analysis*. Copenhagen 1950.
- Filzer, Paul: Das Interglazial Riss-Würm vom Pfefferbichl bei Buching im Allgäu. Sonderdruck aus: *Vorzeit* 1967.
- Filzer, Paul und Germann, R.: Das Eem und die Würmeiszeit im Profil der wissenschaftlichen Kernbohrung Wurzachener Becken 1 (DFG). Beiträge zu den Exkursionen anlässlich der DEUQUA-Tagung August 1968 in Biberach an der Riss. 1968, 79–94.
- Flükiger, Walter: Das Schnurenloch. *Jahrb. Bern. Hist. Museum* 8, 1928 (1929), 78–80.
- Eine neue Höhlenbärenfundstelle im Simmental. *Ur-Schweiz* 6, 1942, 36–38.
- Frenzel, Burkhard: Zur Pollenanalyse von Lössen. *Eiszeitalter u. Gegenwart* 15, 1964, 5–39.
- Die Klimaschwankungen des Eiszeitalters. *Braunschweig* 1967.
- Grundzüge der pleistozänen Vegetationsgeschichte Nord-Eurasiens. *Erdwissenschaftliche Forschung* 1. Wiesbaden 1968.
- Gross, Hugo: Das Mittelwürm in Mitteleuropa und angrenzenden Gebieten. *Eiszeitalter u. Gegenwart* 15, 1964, 187–198.
- Jacot-Guillarmod, J.: Les grottes des Dentaux. *Bull. Soc. vaudoise Sc. Nat.* 54, 1921, 193–204.
- Jayet, Ad. et Constantin, E.: Résultats préliminaires des nouvelles fouilles dans la caverne à Ursus spelaeus des Dentaux aux rochers de Naye. *JbSGU* 36, 1945, 94–100.
- Jessen, Knud and Milthers, V.: Stratigraphical and Paleontological Studies of Interglacial Fresh-water Deposits in Jutland and North-west Germany. *Danmarks geologiske Undersøgelse*. 2. Raekke, 48, 1928.
- Lang, G.: Neue Untersuchungen über die spät- und nacheiszeitliche Vegetationsgeschichte des Schwarzwaldes. II. Das absolute Alter der Tannenzeit im Südschwarzwald. *Beitr. z. naturk. Forsch. in Südwestdeutschland* 14, 1955.
- Leroi-Gourhan, Arlette: La grotte de Lascaux. *Bull. Soc. Bot. France* 109, 1960, 91–95.
- Les Analyses polliniques sur les Sédiments des Grottes. *Bull. Assoc. franç. pour l'Etude du Quaternaire*. 1965, 145–152.
- Leroi-Gourhan, Arlette et André: Chronologie des grottes d'Arcy-sur-Cure (Yonne). *Gallia préhistoire* 7, 1964, 1–64.
- Lüdi, Werner: Paul Müllers Pollendiagramme von Weiherbach, Luzern. *Ber. Geobot. Inst. Rübli Zürich* für 1949. 1950, 94–101.
- Die Pflanzenwelt des Eiszeitalters im nördlichen Vorland der Schweizer Alpen. *Veröff. Geobot. Inst. Rübli* 27, 1953.
- Markgraf, Vera: Moorkundliche und vegetationsgeschichtliche Untersuchungen an einem Moorsee an der Waldgrenze im Wallis. *Bot. Jb.* 89, 1969, 1–63.
- Menéndez, Amor Josefa et Florschütz, F.: Un aspect de la végétation en Espagne méridionale durant la dernière glaciation et l'holocène. *Geologie en Mijnbouw* 41, 1962, 131–134.
- Results of the preliminary palynological investigation of samples from a 50 m boring in southern Spain. *Bol. R. Soc. Espanola Hist. Nat. (Geol.)* 62, 1964, 251–255.
- Menke, Burchard: Ein Beitrag zur eemzeitlichen Vegetations- und Klimageschichte nach dem Profil von Ostrohe/Schleswig-Holstein. *Fundamenta B/2*, 1965, 126–135.
- Menke, Burchard und Ross, Peter-Helmut: Der erste Fund von Kieselgur in Schleswig-Holstein bei Brokenlande, südlich von Neumünster. *Eiszeitalter u. Gegenwart* 18, 1967, 113–126.
- Müller, Ernst: Pollenanalytische Untersuchungen. In: *Bandi H.-G.*, 1963.
- Pollenanalytische Untersuchungen in den drei Bärenhöhlen. In: *Andrist D., Flükiger W. und Andrist A.*, 1964.
- Müller, Paul: Pollenanalytische Untersuchungen in eiszeitlichen Ablagerungen bei Weiherbach (Kt. Luzern). *Ber. Geobot. Inst. Rübli Zürich* für 1949. 1950, 67–94.
- Die letzte Eiszeit im Suhrental. *Mitt. Aargauische Naturf. Ges.* 26, 1961, 5–35.
- Musil, Rudolf und Valoch, Karl: Beitrag zur Gliederung des Würms in Mitteleuropa. *Eiszeitalter u. Gegenwart* 17, 1966, 131–138.
- Paepe, R. und Vanhoorne, R.: The Stratigraphy Palaeobotany of the Late Pleistocene in Belgium. *Mém. Expl. Cartes Géologiques et Minières de la Belgique* 8, 1967.
- Reich, Helga: Die Vegetationsentwicklung der Interglaziale von Grossweil-Ohlstadt und Pfefferbichl im Bayerischen Alpenvorlande. *Flora* 140/3, 1953, 386–443.
- Schmid, Elisabeth: Höhlenforschung und Sedimentanalysen. Ein Beitrag zur Datierung des Alpiner Paläolithikums. *Schriften des Inst. für Ur- und Frühgesch. der Schweiz* 13, 1958.
- Neue Grabungen im Wildkirchli (Ebenalp, Kt. Appenzell), 1958/59. *Ur-Schweiz* 25, 1961, 4–11.
- Schmeidl, Hans: Der bronzezeitliche Prügelweg im Agathazeller Moor. *Bayr. Vorgeschichtsblätter* 27, 1962, 131–142.
- Schweizer, Theodor: Die Rentierjägerstation im Kaltbrunnental. *National-Zeitung*, Basel, 24. 3. 1949 (Nr. 138).
- Schweizer, Theodor; Schmid, Elisabeth; Bay, Roland; Stampfli, Hans-Rudolf; Forcart, Lothar und Fey, Leo: Die «Kastelhöhle» im Kaltbrunnental, Gemeinde Himmelried (Solothurn). *Jahrb. Solothurnische Geschichte* 32, 1959, 1–88.
- Smit Sibinga-Lokker, Catharina: Beiträge zur Geomorphologie und Glazialgeologie des Einzugsgebietes der Dornbirner Ache (Vorarlberg, Österreich). *Amsterdam* 1965.
- Tappolet, Werner: Beiträge zur Kenntnis der Lokalvergletscherung des Säntisgebirges. *Jahrb. St.Gallischen Naturw. Gesellschaft* 58/2, 1922, 1–66.
- Troels-Smith, J.: Pollenanalytische Untersuchungen zu einigen schweizerischen Pfahlbauproblemen. In: *Das Pfahlbauproblem*. Basel, 1955, 9–58.
- Tschumi, Otto: Die Bedeutung der neuen Höhlenbärenfundstelle Schnurenloch. *Jahrb. Bern. Hist. Museum* 8, 1928, 82–83.
- Zweite bis fünfte Ausgrabung im Schnurenloch bei Oberwil, Amt Niedersimmental. *Jahrb. Bern. Hist. Museum* 9–12, 1929–1932 (1930–1933).
- Das Rangiloch im Simmental. *Jahrb. Bern. Hist. Museum* 14, 1934 (1935), 49–50.

- Die Werkzeuge vom Schnurenloch (Ausgrabung 1934). Jahrb. Bern. Hist. Museum 14, 1934.
- Die Werkzeuge vom Schnurenloch 1935. Jahrb. Bern. Hist. Museum 15, 1935.
- Beiträge zur Siedlungsgeschichte des Kantons Bern. Nr. 20. Jahrb. Bern. Hist. Museum 22, 1943, 50-59.
- 50 Jahre bernischer und schweizerischer Alterstumsforschung (1894-1944). Jahrb. Bern. Hist. Museum 23, 1944, 25-34.
- Van der Hammen, T.; Maarleveld, G. G.; Vogel, J. C. and Zagwijn, W. H.: Stratigraphy, Climatic Succession and Radiocarbon Dating of the last Glacial in the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw* 46, 1967, 79-95.
- Vogt, Margrit: Pflanzegeographische Studien im Obertoggenburg. Jahrb. St. Gallischen Naturw. Gesellschaft, 57/2, 1920 u. 1921, 170-298.
- Wegmüller, Samuel: Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des südwestlichen Jura. *Beitr. geobot. Landesaufn. d. Schweiz* 48, 1966.
- Welten, Max: Pollenanalytische und stratigraphische Untersuchungen in der prähistorischen Höhle des «Chilchli» im Simmental. *Ber. geobot. Forsch. inst. Rübel* (1943), 1944, 90-100.
- Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Simmentals. *Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich* 26, 1952.
- Über das glaziale und spätglaziale Vorkommen von Ephedra am nordwestlichen Alpenrand. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.* 67, 1957, 33-54.
- Pollenanalytische Untersuchung alpiner Bodenprofile: historische Entwicklung des Bodens und säkulare Sukzession der örtlichen Pflanzengesellschaften. *Festschrift Werner Lüdi. Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich* 33, 1958, 253-274.
- Die spätglaziale und postglaziale Vegetationsentwicklung der Berner Alpen und -Voralpen und des Walliser Haupttales. (Mit C_{14} Altersbestimmungen). *Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich* 34, 1958, 150-158.
- Bodenpollen als Dokumente der Standorts- und Bestandesgeschichte. *Festschrift Franz Firbas. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich* 37, 1962, 330-345.
- Wyss, René: Die Höhlengrabung im Kaltbrunnental. *National-Zeitung, Basel*, 16. 11. 1950 (Nr. 531).
- Zagwijn, W. H.: Vegetation, climate and radiocarbon datings in the Late Pleistocene of the Netherlands. *Medelingen van de Geologische Stichting. Nieuwe Serie* Nr. 14, 1961, 15-45.
- Zagwijn, Waldo und Paepe, Roland: Die Stratigraphie der weichselzeitlichen Ablagerungen der Niederlande und Belgiens. *Eiszeitalter und Gegenwart* 19, 1968, 129-146.
- Zoller, Heinrich: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz. *Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges.* 83, Abh. 2, 1960 a.
- Zoller, Heinrich: Die wärmezeitliche Verbreitung von Haselstrauch, Eichenmischwald, Fichte und Weisstanne in den Alpenländern. *Bauhinia* 1, 1960 b, 189-207.
- Postglaziale Gletscherstände und Klimaschwankungen im Gotthardmassiv und Vorderrheingebiet. *Verh. Naturf. Ges. Basel* 77, 1966, 97-164.

Manuskript 1970 abgeschlossen.



Ernst Müller Pollenanalytische Untersuchungen an Höhlensedimenten