

MITTEILUNGEN DER KOMMISSION FÜR QUARTÄRFORSCHUNG  
DER ÖSTERREICHISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

Band 6

Peter HILLE und Gernot RABEDER (Hrsgb.)

DIE RAMESCH-KNOCHENHÖHLE IM TOTEN GEBIRGE

Schriftleitung: Helmuth ZAPFE



VERLAG DER  
ÖSTERREICHISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

Anschriften der Verfasser:

- Dr. Brigitta MADER, Kriehberggasse 25/3/11, A–1050 Wien.
- Dr. Ilse DRAXLER, Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 7, A–1030 Wien,
- Prof. Dr. Peter HILLE Institut für Radiumforschung und Kernphysik  
Dr. Eva WILD der Österreichischen Akademie der Wissenschaften,  
Boltzmannngasse 3, A-1090 Wien
- Dr. Karl MAIS Naturhistorisches Museum, Institut für Höhlenforschung,  
Messeplatz 1, Stiege 10, A–1070 Wien
- Prof. Dr. Gernot RABEDER Institut für Paläontologie der Universität Wien,  
Universitätsstraße 7/II, A–1010 Wien
- Dr. Ilse STEFFAN Institut für Analytische Chemie der Universität Wien,  
Boltzmannngasse 3, A–1090 Wien
- Doz. Dr. Norbert VAVRA, Institut für Paläontologie der Universität Wien,  
Universitätsstraße 7/II, A–1010 Wien

Alle Rechte vorbehalten  
–ISBN 3 7001 0773 0  
Copyright © 1986 by  
Österreichische Akademie der Wissenschaften  
Wien  
Druck: Offset-Druck Anton Riegelnik  
1080 Wien, Piaristengasse 19

## Vorwort

Die Grabungen in der hochalpinen Bärenhöhle im Ramesch brachten nicht nur – wie zu erwarten war – große Mengen von Höhlenbären-Resten zu Tage, sondern auch einige typisch angefertigte Steinwerkzeuge des paläolithischen Menschen, wie sie bisher noch in keiner österreichischen Hochgebirgshöhle gefunden worden waren. Diese überraschenden Funde waren der Anlaß für eine mehrjährige Zusammenarbeit verschiedener natur- und geisteswissenschaftlicher Disziplinen in vom „Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung“ finanzierten Projekten, um die Fragen nach Chronologie und Paläoklimatologie der Höhlensedimente zu beantworten.

Die Frage nach der zeitlichen Einstufung der Funde wurde mit Hilfe von zwei relativen (N/F-Test und Aminosäuren-Razemisierung) und zwei absoluten Datierungsmethoden (Uran-Serien- und Radiokohlenstoffmethode) zu beantworten versucht und geklärt. Die übereinstimmenden absoluten Daten ermöglichten eine Konfrontation der Resultate mit modernen paläoklimatologischen Modellen („Milankovitch-Theorie“) und eine Korrelation mit der marinen Stratigraphie (Tiefsee-Sauerstoff-Isotopenstufen nach Emiliani & Shackleton).

Der sich ergebende sehr komplexe Sachverhalt wird diskutiert. Einen weiteren interessanten Aspekt brachte die etymologische Untersuchung des Bergnamens „Ramesch“, die den Beiträgen vorangestellt wird.

Die Herausgeber



# Inhaltsübersicht

– Peter Hille und Gernot Rabeder, <b>Vorwort</b>	
– Brigitta Mader, <b>Die Etymologie des Bergnamens Ramesch</b>	1
Zusammenfassung	4
Abstract	4
Literatur	4
– Ilse DRAXLER, Peter HILLE, Karl MAIS, Gernot RABEDER, Ilse STEFFAN und Eva WILD, <b>Paläontologische Befunde, absolute Datierungen und paläoklimatologische Konsequenzen der Resultate aus der Ramesch-Knochenhöhle</b>	7
1. Einleitung	7
1.1. Geographische Lage	7
1.2. Geologische Situation	7
1.3. Geschichtliches	10
1.4. Chronik der Grabungen	10
1.5. Morphologie der Höhle	11
1.6. Heutiges Klima im Bereich der Ramesch-Knochenhöhle	13
1.7. Heutige Vegetation	15
2. Grabungsbefund	20
2.1. Sedimente	20
2.2. Faunenbestand	21
2.3. Der „Ramesch-Höhlenbär“	21
2.4. Pollenanalytische Untersuchungen	29
3. Datierung der Knochenfunde	38
3.1. Die physikalischen und chemischen Grundlagen der Uran-Serien-Methode	38
3.2. Die praktische Ausführung der Uran-Serien-Datierung von fossilen Knochen	40
3.3. Resultate der Uran-Serien-Datierungen	41
3.4. Stickstoff-Analysen an den Knochenproben	48
3.5. Ergebnisse der <sup>14</sup> C-Datierungen	48
4. Paläoklimatische Konsequenzen	49
4.1. Die Wiederbelebung der MILANKOVITICH-Theorie	50
4.1.1. Die astronomischen Parameter	50
4.1.2. Die geochronologischen Daten	51
4.1.3. Die astronomische Theorie des Paläoklimas	52
4.2. Das alpine Höhenklima während der letzten Eiszeit	55
5. Diskussion	58
6. Ausblick	61
Zusammenfassung	61
Abstract	62
Literatur	62
– Norbert VAVRA, <b>Aminosäuren aus dem Knochenmaterial des Höhlenbären aus der Ramesch-Knochenhöhle (Totes Gebirge, Oberösterreich)</b>	67
Verwendete Proben	67
Zur Methodik	68
Ergebnisse	68
Experimentelles	70
Zusammenfassung	71
Abstract	71
Literatur	72

– Richard PITTIONI (†), **Das Paläolithische Fundgut der Ramesch-Knochenhöhle** . . . . . 73

**Dank** . . . . . 77

Brigitta Mader:

## ZUR ETYMOLOGIE DES BERGNAMENS RAMESCH

Zum Namen *Ramesch*, dessen Herkunft und Bedeutung keineswegs auf den ersten Blick ersichtlich sind, findet sich im Alpenvereinsführer durch das Tote Gebirge (KRENMAYR & RABEDER, 1982: 294) folgende Deutung:

*Ramesch* oder *Romitsch*, slawisch „der Gewaltige“.

Diese Erklärung bezieht sich offenbar auf das Adjektiv *ramenž* (MIKLOSICH, 1886: 273), das MIKLOSICH als altslowenisch bezeichnet und mit „vehemens, citus“ und „letalis“ übersetzt, deren Bedeutung aber bereits zu denken gibt und an der Richtigkeit jener Etymologie zweifeln läßt. Weder *citus* „schnell, rasch, eilig“, noch *letalis* „todbringend, tödlich“ haben mit „gewaltig“ zu tun, und *vehemens*, das zwar neben „heftig, leidenschaftlich, entschieden, energisch, streng“ auch „gewaltig“ bedeutet, ist hier wohl nur im Sinne von „Gewalt“ an sich zu verstehen (vgl. SCHADE, 1872–1882: 700) und scheidet daher als Bezeichnung für einen Berg- bzw. Ortsnamen aus. In diesem Fall käme nämlich „gewaltig“ nur im übertragenen Sinn als „groß, riesenhaft, riesig“ in Frage. Derartige „gewaltige“ Berge werden aber im Alpenslawischen – in der Sprache jener Slawen, die seit dem Ende des 6. Jh. in die Ostalpen vordrangen, hier seßhaft wurden und deren Hinterlassenschaft die slawischen Toponyme darstellen – üblicherweise mit *Obir* „Riese“ bezeichnet (KRONSTEINER, 1970: 89; POHL, 1984: 34).

In der slawischen Toponymie gibt es auch keine Beispiele für die Bildung von Ortsnamen aus *ramenž* (vgl. MIKLOSICH, 1874). Selbst die ähnlichlautenden *Raming*-Namen in Oberösterreich, die eindeutig slawischer Herkunft sind, können mit *Ramesch* nicht in Verbindung gebracht werden, da sie, wie aus den urkundlichen Nennungen hervorgeht – 1082 Rubinicha, 1110 Rubiniccha, 1180 Rubinic, . . . – (SCHIFFMANN, 1935, II: 246) – auf \**RybΔnika* „Fischbach“ (KRONSTEINER, 1978: 25) zurückzuführen sind.

Es ist daher von einer slawischen bzw. alpenlawischen Etymologie des *Ramesch* abzusehen, auch wenn nicht zuletzt wegen der in unmittelbarer Nähe häufig vorkommenden Toponyme slawischer Herkunft, wie beispielsweise *Vorder/Hinterstoder*, *Windischgarsten*, *Pyrhn*, *Ostrawitz*, *Geisslitzkogel*, *Liezen* und *Tauplitz* (zur Bedeutung vgl. KRONSTEINER, 1978; MADER, B., 1983), manchem als verlockend erschienen wäre.

In dieser Gegend finden sich aber ebenso Orts- und Gewässernamen, die vorlawischen und im besonderen alpenromanischen bzw. altladinischen (KRONSTEINER, 1984: 73) Ursprungs sind. So z. B.: *Palten* und *Lawinenstein* (zur Bedeutung vgl. KRONSTEINER, 1984: 73 ff; MADER B., 1983).

Demnach wäre es durchaus denkbar, daß der Name *Ramesch* auch romanischer Herkunft sein könnte. Toponyme vorlawischer bzw. romanischer Herkunft kommen nämlich nicht nur im Westen der sogenannten „Slawengrenze“, innerhalb derer sich der *Ramesch*, wenn auch nicht sehr weit davon entfernt, befindet, sondern auch im Osten und Süden vor (vgl. KRONSTEINER, 1984: Abb. 1, 2). Alle großen Flüsse und zahlreiche Berge tragen vorlawische Namen (vgl. POHL, 1981–1983, 1984). Der Umstand, daß noch nach 1316 *duo coloni latini* im Ulmerfeld bei Amstetten urkundlich erwähnt werden (WEIGL, 1973: 8) weist aber, wie auch die zahlreichen mit *Ladin* und *Walch* gebildeten Ortsnamen, womit seit dem Frühmittelalter romanische Besiedelungen benannt wurden (KRONSTEINER, 1984: 79), auf ein lang andauerndes Romanentum hin. Sogar unweit des *Ramesch* stößt man auf ein derartiges Toponym, das Gehöft *Walchegg*.

Doch auch trotz der Annahme, der Name *Ramesch* sei romanischer Herkunft, ist es vor allem durch das völlige Fehlen urkundlicher Belege (SCHIFFMANN, 1935, II: 245), die zumindest die ursprüngliche und noch nicht durch lange Überlieferung veränderte und manchmal entstellte Form eines Namens bezeugen, keineswegs einfacher geworden, dessen Bedeutung festzustellen. Es wird daher notwendig sein, gleich- oder zumindest ähnlichlautende Toponyme zu finden, um sie als Vergleichsmaterial heranzuziehen.

Im Norden des *Ramesch* liegt der *Riegler-Ramitsch*, ein Bergrücken, der von der Bevölkerung auch *Romitsch* genannt wird. Da es sich um einen Ausläufer des *Warschenecks* handelt, liegt die Vermutung, daß mit *Ramesch* früher das ganze *Warscheneck* gemeint wurde, nahe (KRENMAYR & RABEDER, 1982: 294). Nur wenig weiter nördlich davon gibt SCHIFFMANN (1935, II: 246) bei Walchegg den ausgestorbenen Flurnamen *Ramitsch* an, der 1492 urkundlich als *Ramitsch* und *Remitsch* genannt wird. Ob hier ein Zusammenhang mit *Riegler-Ramitsch* besteht, bleibt allerdings offen. Zur Ortschaft Edlbach im Südosten von Windischgarsten gehört der Hof *Ramitsched*, der ebenfalls 1492 urkundlich als *Ramitschöd* und *Romitschöd* erwähnt wird (SCHIFFMANN, 1935, II: 246).

Im Umkreis des *Ramesch* tauchen also ähnliche Namensformen dreimal auf. Hinweise auf eine mögliche Deutung gehen aber aus diesen ziemlich späten urkundlichen Belegen nicht hervor.

Mit *Rameschina* wird die Gegend südöstlich von Windischgraz, dem heutigen Slovenj Gradec in Slowenien, bezeichnet. Der Name wird aber in den Urkunden aus circa 1375 mit „in der Schulter“ vermerkt (ZAHN, 1893: 379). ZAHN weist jedoch darauf hin, daß „Schulter“ nur eine falsche Übersetzung von *ramesche* „Waldblöße“ sein soll.

Auf ähnliche Weise, nämlich mit „Holzschlag“ erklärt KÜBLER (1909: 196) *In der Ramoas* in der Gemeinde Bergwang im tirolischen Außerfern.

In Kärnten kommt *Ramusch* als Hof- und Familienname vor. KRANZMAYER (1956: I: 151) schlägt dafür eine Ableitung aus dem Namen des Kärntner Heiligen *Ersamus* vor.

Ebenfalls als Hof- und Familienname taucht in Südtirol häufig *Ramus/Ramoser* auf (BATTISTI, 1938, II, I: 220; 1953, IV, 2: 82; HEUBERGER, 1971: 230). Für den *Ramus*-Hof in der Gemeinde St. Leonhard bei Brixen gehen die urkundlichen Nennungen bis ins 14. Jh. zurück: 1350 *Ramos*, 1464 *Ramenuser*, 1475 *Ramoser*, 1528 *Ramushof*, 1544 *Ramuser*, 1576 *Romuser*, *Romuserhof*, 1745 *Ramoser*, 1780 *Ramuss* (BATTISTI, 1953, IV, 2: 82). BATTISTI hält die Ableitung dieses Namens aus lat. *ramus* „Ast, Zweig“ + Suffix *-osus* als Bezeichnung für ein Gebiet, in dem Verzweigungen eines Wasserlaufes (Flußarme) auftreten, für möglich.

Die Fluren *Ramuss* im Vintschgau hingegen bringt er mit dem Fluß *Ramm*, urkundlich 1390, 1419, 1571 als *aqua Ram* und 1572 als *Ramb* genannt, in Verbindung, schließt aber in diesem Fall die Bedeutung „Flußarm“ aus und weist auf Zusammenhänge mit *Ramüss* und *Ramüsch* in Flurns und mit dem gleichlautenden *Ramüss* im Engadin hin (BATTISTI, 1938, I, 2: 483).

Ähnliche Überlegungen stellte Ignaz MADER (1936: 21) an, der beim Versuch, den Namen des oben erwähnten *Ramus-Hofes* zu deuten, zu folgendem Ergebnis gelangte: Dieser Name wird mit dem schweizerischen *Ramüs* in Analogie gebracht und aus lat. *eremucius* (öde) erklärt. Dieses schweizerische *Ramüs* ist eine Ortschaft im Unterengadin, die auf rätoromanisch *Ramosch* und auf deutsch *Remüs* heißt, und deren früheste urkundliche Belege aus der 2. Hälfte des 10. Jh. stammen. 930 *in vico Remuscie*, 1070–78 *Rhemuscie*, 1117, 1160, 1228 *Ramuscia*, *Ramuscie*, 1161–64 *de Ramussis*, *Ramusses*, 1167 *de Ramuess*, vor 1170 *in Heremuscie*, *de Ramuscis*, 1161, 1178, 1244, 1258, 1272 *in voco Ramusse*, . . . 1190–1200 *de Ro-*



musse, 1219 *ad Remusi*, 1220, 1232 *Ramusche*, . . . 1233 *Remüs*, 1239, 1339, 1368, 1381 *Ramüss*, . . . 1382 *Ramuschia*, 1325, 1362 *Ramus*, . . . 1365 *Ramis*, *Ramuzz*, *Ramuss*, . . . 1500 *Ramusch* (SCHORTA, 1964, II: 803). PLANTA (SCHORTA, 1964, II: 803) leitet *Ramosch/Remüs* aufgrund der Überlieferung, nach der der Heilige Florinus hier als Einsiedler gelebt haben soll, aus *\*Eremusiae* „Einsiedelei“ zu lat. *\*Eremusia* und griech. *ερημοδωια* ab und gibt dazu an, daß im Bündnerromanischen *Ramüttel* für Einsiedler gebräuchlich ist. Zur Schweiz sei noch erwähnt, daß in der Gemeinde Conters in Oberhalbstein, Graubünden, 1375 ein Ackerland namens *Ramesch* urkundlich genannt wird (SCHORTA, 1964, II: 802).

In Frankreich schließlich treten *Rama* und *Ramus* als Bergnamen auf. DAUZAT (1978: 198 ff.) schlägt auch in diesem Fall eine Ableitung aus lat. *ramus*, allerdings in der Bedeutung „bewaldet“, vor.

Welche Schlüsse lassen sich nun aus diesem Vergleichsmaterial auf die Bedeutung des Namens *Ramesch* ziehen? Zunächst könnte *Ramesch* theoretisch sowohl der Heiligename *Erasmus* als auch eine Ableitung aus lat. *ramus* „Ast, Zweig“ in den unterschiedlichen Bedeutungen „Flußarm“ und „bewaldet“ zugrunde liegen. Beide Möglichkeiten würde ich aber ausschließen, da sie sich bei näherer Betrachtung als unwahrscheinlich erweisen. Einerseits ist es unüblich, Berge nach Heiligen oder auch nach Personennamen zu benennen (vgl. POHL, 1984; KRONSTEINER, 1964) und andererseits scheint es nicht sinnvoll zu sein, eine Erhebung im Hochgebirge mit einem Flußarm in Verbindung zu bringen. Ebenso unpassend wäre es, den felsigen *Ramesch* völlig im Gegensatz zu seinem Aussehen als „bewaldet“ zu bezeichnen, denn auch die Möglichkeit einer früheren Bewaldung ist schon durch dessen Lage über der Waldgrenze nicht gegeben. Damit scheidet auch die von KÜBLER vorgeschlagene Deutung „Holzschlag“ aus, und die bei ZAHN vermerkte „Waldblöße“ kann ebenfalls nicht mehr zur Diskussion stehen, da eine derartige Benennung für einen kahlen Berg in einer ebenso kahlen Umgebung keinen Sinn ergeben würde.

Es kommt daher nur mehr PLANTAs Etymologie in Frage, die ich für durchaus möglich halte, da der Ableitung aus *\*Eremusiae* lautgeschichtlich nichts im Wege stehen würde. Lediglich von der Bedeutung „Einsiedelei“ als Wohnort eines Eremiten müßte abgegangen werden, da nicht überall, wo ein Name wie *Ramesch*, *Ramus* oder *Ramosch* vorkommt, tatsächlich irgendwann einmal ein Einsiedler gelebt haben muß.

Das lat. *eremos* aus griech. *eremas* bedeutet nämlich in erster Linie „öde, wüst, verlassen, einsam, abgelegen, entfernt“ (PIANIGIANI, 1942, I: 474). Mit *\*Eremusiae* könnte daher auch ein „abgeschiedener Ort“, eine „Einöde“ gemeint sein. In diesem Sinn hat schon Ignaz Mader den Namen *Ramus* in Südtirol gedeutet, was der abgeschiedenen Lage des Hofes oberhalb von St. Leonhard entspricht (vgl. MADER, I., 1936: Karten). Man vergleiche dazu *eremo*, das im Italienischen auch „abgeschiedenes Haus“ bedeutet (MACCHI, 1982, II: 266). Im Spätlateinischen bezeichnet *eremus* „incolutus“ also „unbebaut, brach“ (DU CANGE, 1883–1887, II: 288). Heute dagegen bedeutet *ermo* in Susa in den italienischen Westalpen „pascolo alpestre“ zu deutsch „Alm“ (OLIVIERI, 1953: 263).

In bezug auf *Ramesch* kann daraus folgendes abgeleitet werden: Da es für die Existenz einer Einsiedelei auf dem *Ramesch* keinerlei Hinweise gibt, ist anzunehmen, daß *Ramesch* nichts mit dem Dasein eines Eremiten zu tun hat. Dafür könnte der *Ramesch* aber wegen seiner vom *Warscheneck* etwas abgesetzten Lage und seiner an einen Dolomitenturm erinnernden Form als „abgeschiedener, abgelegener oder einsam stehender Berg“ bezeichnet worden sein.

Natürlich wäre es unter Inbetrachtung der schon früher erwähnten Möglichkeit, daß das gesamte *Warscheneck* ursprünglich *Ramesch* hieß, denkbar, daß das ganze Massiv als „Ein-

öde“ betrachtet und danach benannt wurde.

Viele Berge bekamen ihre Namen nach Örtlichkeiten unterhalb des Gipfels, die zumeist aus wirtschaftlichen Gründen für die bäuerliche Bevölkerung von Interesse waren und daher entsprechend bezeichnet wurden. In der Folge fanden diese Benennungen auch als Bergnamen Verwendung. So ist es nicht auszuschließen, daß auch der *Ramesch* auf diese Weise zu seinem Namen gekommen ist. Auf dem in Nordosten liegenden *Riegler-Ramitsch* befindet sich nämlich eine Alm, die aber heute nicht mehr bewirtschaftet wird. Vergegenwärtigt man sich nun in diesem Zusammenhang die in der gebirgigen Umgebung von Susa gebräuchliche Bezeichnung *ermo* für „Alm“, so liegt die Vermutung nahe, daß dem Namen *Ramitsch* selbst der Begriff „Alm“ zugrunde liegen könnte. Und geht man weiters davon aus, daß der Name dieser Alm später auch auf das ganze, heute *Warscheneck* genannte, Bergmassiv übertragen wurde, so wäre es möglich, daß *Ramesch* eine andere Form für *Ramitsch* bzw. *Romitsch* ist, die sich losgelöst von ihrer ursprünglichen Bedeutung als Bergnamen erhalten hat.

### Zusammenfassung

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß der Name *Ramesch* nicht, wie bisher angenommen, slawischer Herkunft, sondern wahrscheinlich romanischen Ursprungs ist und auf eine Ableitung aus lat. *eremus* zurückgeht. Zur Bedeutung selbst wären verschiedene Möglichkeiten denkbar, die aber aufgrund der erwähnten schlechten Urkundenlage und des verhältnismäßig geringen Vergleichsmaterials im Bereich der Vermutung bleiben und daher lediglich den Charakter von Vorschlägen haben können.

### Abstract

The name *Ramesch* is not – like supposed until now – of Slavic, but of Romance origin. Because of lacking documents one had only little material for comparing (similar names) and therefore it was impossible to clear the meaning of the name *Ramesch* definitively. But it is evident, that *Ramesch* is not to trace back on lat. *ramus* "branch" in the various meanings "river-branch" and "woodened", but on a derivation of lat. *eremus* "deserted, lonely, abandoned, waste; uncultivated". Accordingly to that *Ramesch* could mean either "desert, abandoned place" itself or "abandoned, lonely standing mountain", but also the meaning "alm" – which would transmit the field-name at the neighbouring mountain – is not to exclude.

### Literaturverzeichnis

- BATTISTI, C., 1953: Dizionario Topomastico Atesino I, 2. Florenz 1938; II, 1. Florenz 1938; IV, 2. Florenz.  
 DU CANGE, D., 1954: Glossarium mediae et infimae latinitas, Bd. 2, Graz (Nachdruck, 1883–1887).  
 DAUZAT, A., 1978: Dictionnaire etymologique des noms de rivieres et de montagnes en France, Paris.  
 HEUBERGER, H. und A., 1971: Familiennamen von Trentiner Friedhofinschriften als Zeugen von Wanderbeziehungen im Südtiroler Sprachgrenzgebiet, Festschrift Finsterwalder, Innsbrucker Beiträge zur Kulturwissenschaft, Bd. 16.  
 KRANZMAYER, E., 1956: Ortsnamenbuch von Kärnten, Bd. 1, Klagenfurt.  
 KRENMAYR, R., RABEDER, G. und G., 1982: Totes Gebirge, Alpenvereinsführer, München.  
 KRONSTEINER, O., 1964: Slawische Elemente in den Bergnamen der Steiermark, Dissertation Wien.  
 KRONSTEINER, O., 1970: Das Wortfeld der alpenlawischen Bergwörter, Wiener slawistisches Jahrbuch, Bd. 16, S. 89 ff.  
 KRONSTEINER, O., 1978: Die slawischen Ortsnamen in Oberösterreich, Österreichische Namensforschung, Bd. 1–2, S. 5 ff.

- KRONSTEINER, O., 1984: „Alpenromanisch“ aus slawistischer Sicht, in: Das Romanische in den Ostalpen, Österr. Akad. Wiss., phil.-hist. Kl., Sitzungsberichte Bd. 442, S. 73 ff.
- KÜBLER, A., 1909: Die deutschen Berg-, Flur- und Ortsnamen des alpinen Iller-, Lech- und Sannengebietes, Almberg.
- MACCHI, V., 1982: Dizionario Sansoni, Tedesco-Italiano–Italiano-Tedesco, Bd. 2, Florenz.
- MADER, B., 1983: Die alpenlawischen Toponyme der Steiermark, Dissertation, Wien.
- MADER, I., 1936: Die Hofnamen am St. Anräer Berg bei Brixen, Schlern-Schriften, Bd. 31.
- MIKLOSICH, F., 1874: Die slawischen Ortsnamen aus Appellativen, Wien.
- MIKLOSICH, F., 1886: Etymologisches Wörterbuch der slawischen Sprachen, Wien.
- OLIVIERI, D., 1953: Dizionario Etimologico Italiano, Mailand.
- PIANIGIANI, O., 1942: Vocabulario etimologica della lingua italiana, Bd. 1, Mailand.
- POHL, H. D., 1981–1983: Kärntner Bergnamen I, Österreichische Namenforschung, S. 55 ff.
- POHL, H. D., 1984: Kärntner Bergnamen II, Österreichische Namenforschung, Bd. 1, S. 25 ff.
- POHL, H. D., 1984: Romanische Elemente in den Orts- und Bergnamen Kärntens, Österreichische Namenforschung, Bd. 1, S. 46 f.
- SCHADE, O., 1872–1882: Altdeutsches Wörterbuch, Bd. 2, Halle/Saale.
- SCHIFFMANN, K., 1935: Historisches Ortsnamenlexikon des Landes Oberösterreich, Bd. 2, Linz.
- SCHORTA, A., 1964: Rätisches Namenbuch, Romanica Helvetica, Bd. 63, Bern.
- WEIGL, H., 1973: Historisches Ortsnamenbuch von Niederösterreich, Wien.
- ZAHN, J. v., 1893: Ortsnamenbuch der Steiermark im Mittelalter, Wien.

I. Draxler, P. Hille, K. Mais, G. Rabeder, I. Steffan, E. Wild:

## **PALÄONTOLOGISCHE BEFUNDE, ABSOLUTE DATIERUNG UND PALÄOKLIMATOLOGISCHE KONSEQUENZEN DER RESULTATE AUS DER RAMESCH-KNOCHENHÖHLE (mit 2 Foto-Tafeln und 4 Beilagen)**

### **Vorwort**

Da die seit dem Jahre 1979 laufenden Grabungen in der Ramesch-Knochenhöhle zunächst nicht fortgesetzt werden, erscheint uns der Zeitpunkt günstig, einen Überblick über die bisher erzielten wissenschaftlichen Ergebnisse zu geben. Seit Beginn der Grabungen, die durch H. KOHL (Oberösterreichisches Landesmuseum) initiiert worden waren und unter der Leitung von G. RABEDER (Universität Wien) und K. MAIS (Naturhistorisches Museum Wien) standen, waren eigentlich nur routinemäßige Grabungen beabsichtigt, wie sie in ähnlicher Weise von K. EHRENBERG und K. MAIS in den letzten Jahrzehnten im Toten Gebirge und in den Salzburger Kalkalpen durchgeführt wurden.

Wenn wir heute behaupten können, daß die Grabungen in der Ramesch-Knochenhöhle zu grundsätzlich neuen Erkenntnissen führten, so liegt das einerseits an den sensationellen Funden typischer Steingeräte des Paläolithikums, andererseits an der Anwendung neuer morphologischer Untersuchungs-Methoden an reichem Höhlenbären-Material. Entscheidende Resultate für die Klimageschichte des Jungpleistozäns verdanken wir der intensiven Zusammenarbeit mehrerer wissenschaftlicher Disziplinen, nämlich Paläontologie inkl. Palynologie, Urgeschichte, Speläologie, Kernphysik und Analytische Chemie.

Zweck dieser Publikation ist es, die bisher erzielten Ergebnisse, von denen manche im Widerspruch zu etablierten Meinungen stehen, vor der geplanten monographischen Darstellung zur Diskussion zu stellen.

### **1. Einleitung**

#### **1.1. Geographische Lage (Abb. 1)**

Die Ramesch-Knochenhöhle liegt im Gemeindegebiet Spital/Pyhrn im südlichen Oberösterreich 75 km südlich von Linz (31° 55' östl. Länge, 47° 39' nördl. Breite). Der östliche Teil des Toten Gebirges, die Warscheneck-Gruppe, dacht sich hier gegen Osten zuerst mit steilen Wänden, dann mit sanften Alm- und Waldhängen gegen den Pyhrnpaß ab. Der Ramesch ist ein dem Warscheneck im Osten vorgelagerter, frei aufragender Felsberg, der nach Norden mit senkrechten Felswänden, nach Süden mit gestuften Grasflanken abfällt.

Obwohl der Eingang zur Höhle auf fast 2000 Meter liegt, ist er relativ bequem zu erreichen. Mit Hilfe einer Standseilbahn (Talstation an der Pyhrnpaß-Bundesstraße) gelangt man zur Wurzeralm auf 1420 m. Der weitere Aufstieg erfolgt mit der Frauenkarbahn, einem Sessellift, der in das Frauenkar in 1863 m führt. Von der Bergstation erreicht man in etwa 30 Minuten das Frauenkar und über die Frauenscharte den Wandfuß der Ramesch-Nordwand. Zum Höhleneingang gelangt man schließlich über eine 30 m hohe, rasendurchsetzte Felswand.

#### **1.2. Geologische Situation (Abb. 2)**

Der Haupteingang der Ramesch-Knochenhöhle öffnet sich in der Nordwand des Ramesch in

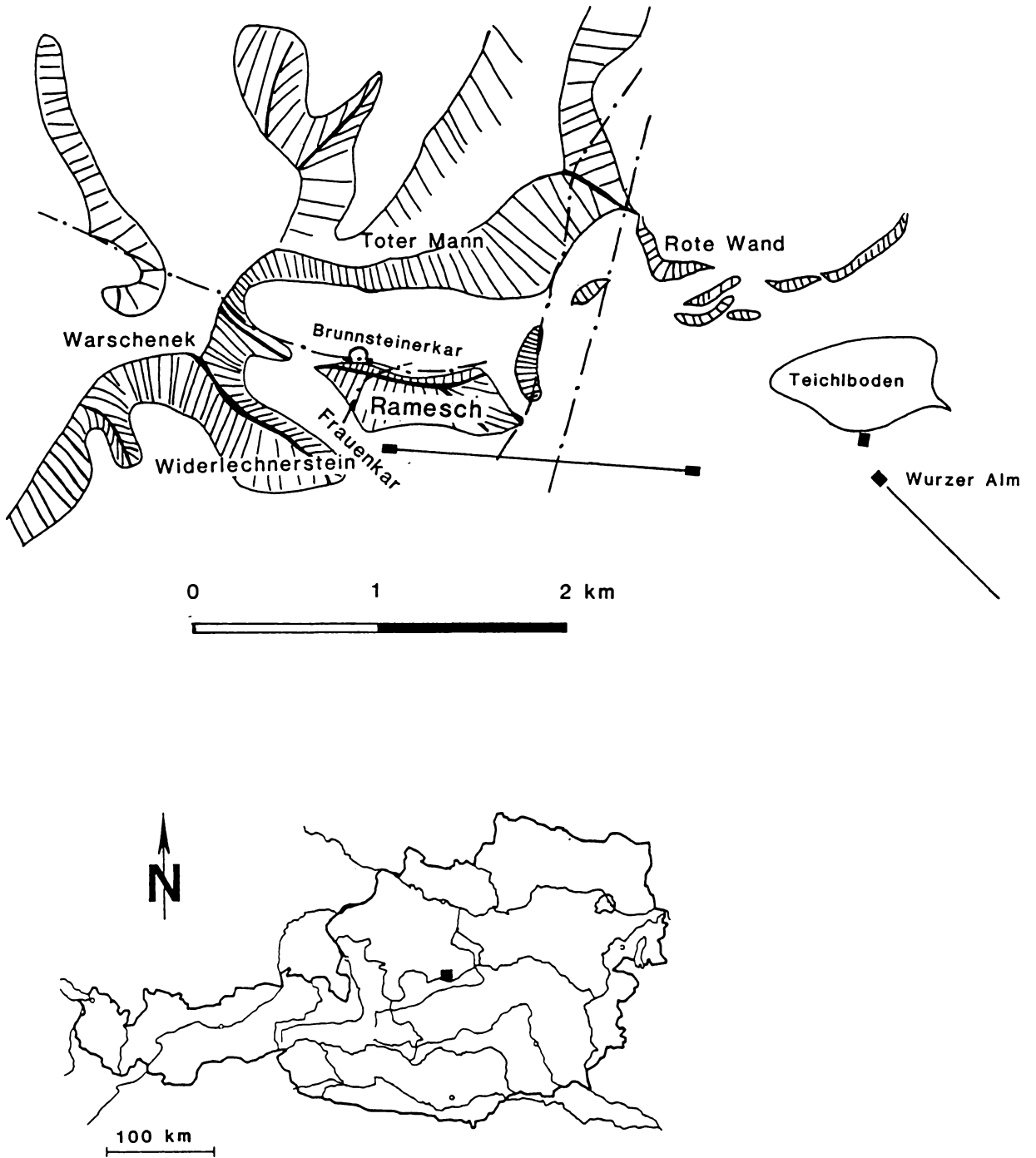


Abb. 1: Lageskizze der Ramesch-Knochenhöhle im östlichen Totes Gebirge.

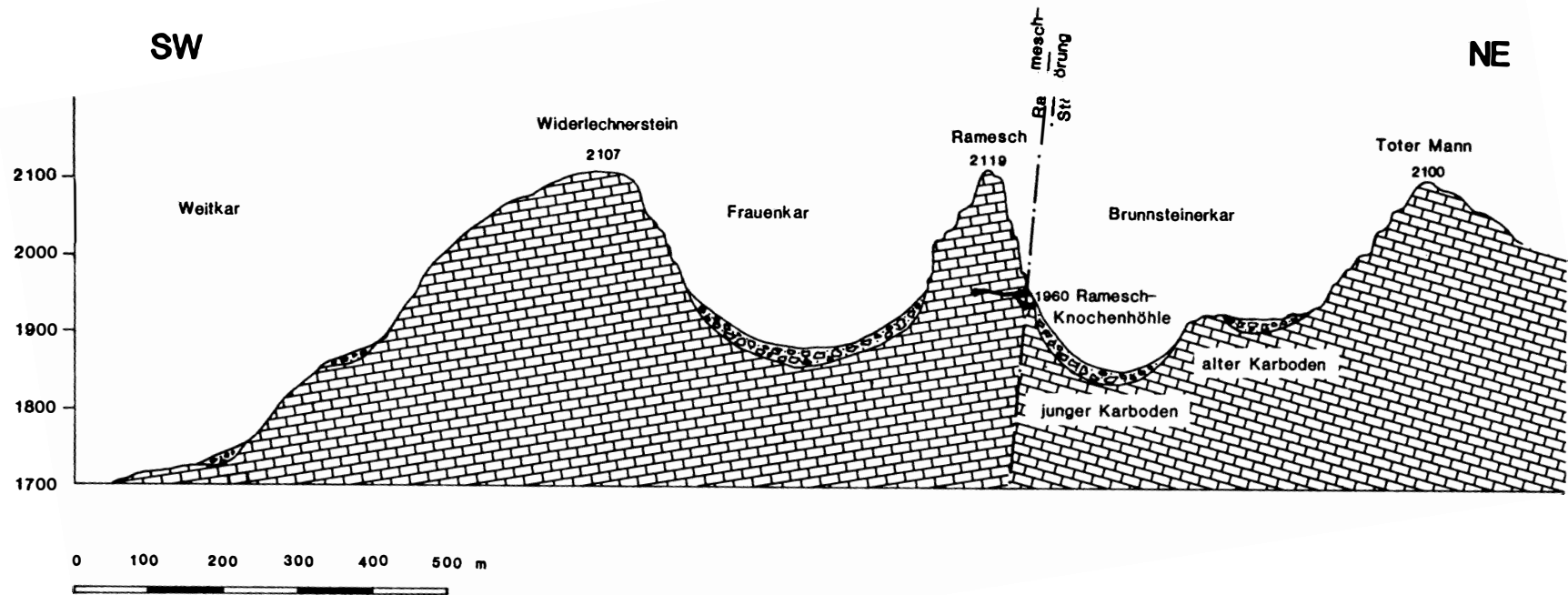


Abb. 2: Vereinfachtes Querprofil durch die östlichen Ausläufer des Warschenecks.

1960 Meter über dem Meere. Der Ramesch ist ein Teil der Warscheneck-Masse, die aus vorwiegend flach liegenden Dachsteinkalk-Bänken (Ober-Trias) aufgebaut ist. Für seine – besonders von Westen imponierende – Gestalt war einerseits eine durch die ganze Warscheneck-Masse ziehende Störung formbildend, andererseits haben die Wirkungen der Vergletscherungen der letzten Kaltzeit zwei große Kare gebildet und den Ramesch vom Ostgrat des Warschenecks abgetrennt.

Aus der heutigen Lage der Höhle kann geschlossen werden, daß der Eingang während der Vorstöße des würmzeitlichen Gletschers vom Eis völlig verschlossen war. Aber auch in den sog. Interstadial-Zeiten, in denen das Klima kühler war als heute, kann die Ramesch-Höhle kaum vom Höhlenbären bewohnt gewesen sein. Schon das heutige Klima (Waldgrenze unter 1700 m) verhindert eine Vegetation, von der die herbivoren Höhlenbären sich hätten ernähren können. Dazu kommt die sehr ungünstige Exposition des Einganges nach Norden, sodaß der Eingangsteil in relativ kühlen Sommern noch im Juli mit Schnee erfüllt und der Boden gefroren ist.

Die heutige Vegetation in der voll verkarsteten Umgebung der Höhle besteht aus einer spärlichen Kalkschutt-Flora, die den ziehenden Gamsen (*Rupicapra*) nur geringe Äsungsmöglichkeiten bietet.

Wir kamen daher schon am Beginn der Grabung zu der Meinung, daß das Klima zur Zeit der Besiedelung durch den Höhlenbären wesentlich wärmer gewesen sein muß als heute.

### 1.3. Geschichtliches

Die Ramesch-Knochenhöhle ist wegen ihrer auffälligen Lage in der Nordflanke des Ramesch den Jagd- und Forstorganen, sowie den Bergsteigern altbekannt. Josef BAYER von der prähistorischen Abteilung des Naturhistorischen Museums Wien hat im Jahr 1923 das Warscheneckgebiet begangen und in der weiteren Umgebung der Höhle Steinwerkzeuge gefunden, die eine altsteinzeitliche Bearbeitung aufwiesen. In der Höhle selbst entdeckte er jedoch keine Spuren des Eiszeitmenschen, nur reichliches Knochenmaterial des Höhlenbären (ADAMETZ 1936). Wegen der Fundhöflichkeit der Höhle organisierte er mit Franz MÜHLHOFER eine auf rund 5 Wochen anberaumte Grabung, die trotz großer Bemühungen aus finanziellen Gründen nicht verwirklicht werden konnte. BAYER (1927: 94, Fig. 23) nahm eine paläolithische Besiedelung des Gebietes und der Höhle als erwiesen an.

Im Jahr 1959 sichtete Kurt EHRENBERG fossiles Knochenmaterial aus der Höhle im oberösterreichischen Landesmuseum, welches von oberflächlichen Aufsammlungen und flachen Grabungen stammte. Die Knochenreste wurden der Normalform des Höhlenbären zugeschrieben (EHRENBERG 1962 a).

Zu Beginn der 70er Jahre wurden neue Höhlenteile entdeckt, die reiches, oberflächlich liegendes Knochenmaterial enthielten, welches jedoch bald geplündert war und was Anlaß zu zahlreichen Raubgrabungen im Eingangsteil gab.

Die Höhle wurde 1977 auf Antrag des Bundesdenkmalamtes Wien von der zuständigen Bezirksverwaltungsbehörde als Naturdenkmal unter Schutz gestellt. Damit war ein rechtlicher aber leider nicht effektiver Schutz der Sedimente gegeben.

### 1.4. Chronik der Grabungen

Eine informative Begehung im Juni 1978 ließ erkennen, daß an einigen Stellen die Oberflä-

chenpartien noch nicht gestört und daher Grabungen erfolgsversprechend waren. Im Sommer 1979 wurde jene informative Grabung angesetzt, von der aus systematisch die Sedimentation und Fossilführung erforscht, sowie begleitende Untersuchungen in den Jahren bis 1984 durchgeführt wurden.

Um die Finanzierung bemühten sich Hermann KOHL und Bernhard GRUBER vom Oberösterreichischen Landesmuseum Linz, wo auch die Funde verwahrt werden. Die Leitung der Grabung lag bei Gernot RABEDER vom Institut für Paläontologie der Universität Wien und Karl MAIS vom Institut für Höhlenforschung am Naturhistorischen Museum Wien, welche die Arbeiten in der Höhle auch als Lehrveranstaltung für Studierende der Erdwissenschaften ausgeschrieben hatten. Demgemäß setzten sich die Mitarbeiter an den Grabungen aus Studierenden der Erdwissenschaften, sowie der Ur- und Frühgeschichte, Höhlenforschern, weiters auch aus Freunden und Bekannten aus dem In- und Ausland zusammen. Das Grabungsteam war im Gelände unter anderen durch Friedrich BERG vom Bundesdenkmalamt Wien für den urgeschichtlichen Aspekt und für den botanischen von Doris GRUBER-ZEILINGER und Adolf MODRITZ aus Graz unterstützt. Verschiedene Fachleute aus Jugoslawien, der Bundesrepublik Deutschland und Österreich haben sich an Ort und Stelle ein Bild von den Arbeiten und Verhältnissen in der Höhle verschafft.

Im Laufe der sechs Grabungen von 1979 bis 1984, die stets in der Zeit von Ende Juli bis Mitte August stattgefunden haben, waren insgesamt rund 80 verschiedene Mitarbeiter tätig, zu denen noch zahlreiche Helfer für die Transportarbeiten hinzukamen. Auf eine namentliche Aufzählung der Mitarbeiter, Helfer und fachlichen Besucher muß hier verzichtet werden.

### 1.5. Morphologie der Höhle

Für die Entstehung der Höhle ist eine nordsüdlich streichende und gegen Osten fallende Störungsfläche maßgeblich. An ihr liegt das Eingangsportal in 1960 m Seehöhe mit der anschließenden Eingangshalle, von der ein westlich ansteigender und ein gegen Osten abfallender Seitenteil anschließen. Eine südwärts ziehende Kriechstrecke öffnet sich zu einer schräg abfallenden Endhalle, dem Bärenfriedhof. Der westliche Seitenteil zieht mäandrierend bergan und verengt sich unbefahrbar. Der östliche Seitenteil besitzt durch einen sehr engen Schluß eine Verbindung zu einer schrägen Raumfolge mit einer kleinen Tagöffnung in 1934 m Seehöhe. In allen Höhlenteilen ist die Bindung an die genannte Störungsfläche erkennbar (Abb. 3).

Von der Höhle, die mit der Nummer 1636/8 im österreichischen Höhlenverzeichnis aufgenommen ist, liegen zwei Pläne vor. Den einen haben Mitglieder des Landesvereins für Höhlenkunde in Oberösterreich aufgenommen. Er wurde von Erwin TROYER 1959 gezeichnet und umfaßt die Eingangshalle und den westlichen Seitenteil. Den zweiten Plan haben Mitglieder des Höhlenvereins Sierning erstellt. Die Zeichnung stammt von H. STEINMASSL aus dem Jahr 1977 und beinhaltet alle bisher bekannten Höhlenteile. Die Gesamtlänge der Höhle ist mit 310 m und ihr Gesamthöhenunterschied mit fast 38 m anzugeben.

Die Höhlenwände und Deckenpartien zeigen in der Eingangshalle sehr stark zerschlitzte korrosive Formen, die an der Mikroklüftung des Dachsteinkalkes angelegt sind und auf eine Kondenswasserkorrosion zurückzuführen sind. Die Wandformen in den anderen Höhlenteilen sind demgegenüber unauffällig und stellenweise mit Bergmilch überzogen.

Für die Arbeiten in der Höhle wurde eine horizontale Bezugsachse durch die Eingangshalle gelegt, von der aus das Quadrantensystem und das Bezugsniveau für die Tiefenangaben bestimmt wurde. Dem Grabungsplan, Abb. 4, ist die Teilung in die Grabungsfelder I. und II., sowie die Kennzeichnung der Quadranten zu entnehmen. Außerdem ist zu erkennen, daß für das Längsprofil von 31 m Gesamterstreckung mehrere Teilstrecken in einer Länge von 17 m



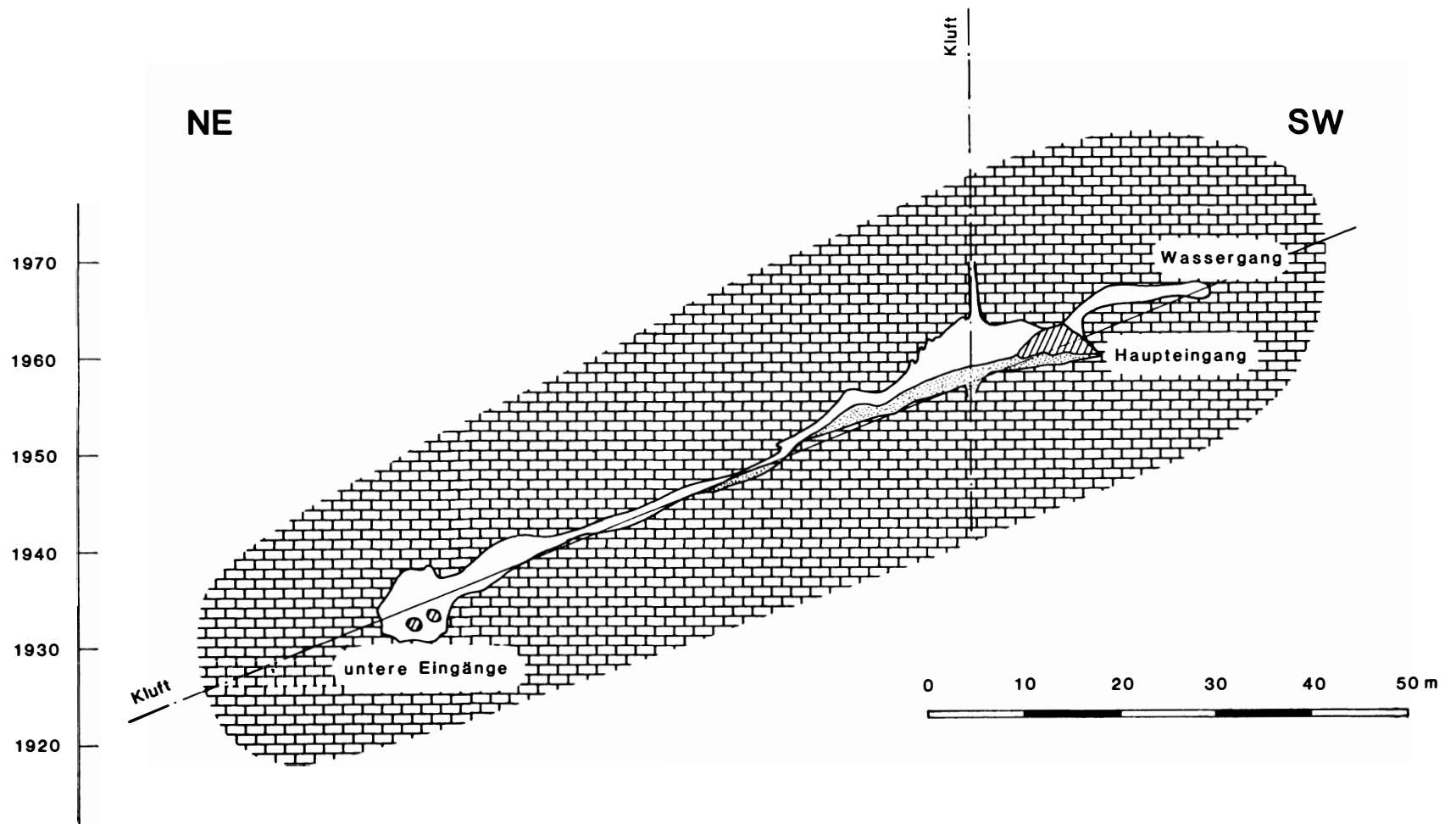


Abb. 3: Schematischer Querschnitt durch die Ramesch-Knochenhöhle.

ergraben werden konnten, die tagnahen Abschnitte wurden aus grabungstechnischen Gründen nicht in Angriff genommen. Querprofile konnten bei 6 m, bei 9 m vom Eingang in ihrem östlichen Abschnitt, in der vollen Raumbreite bei 10 m (Streifen L), bei 20 m (Streifen U) und bei 28 m im Grabungsfeld II (Streifen D) abgegraben werden. Eingangsnahe bot sich die Möglichkeit zur Abtiefung einer fast 12 m<sup>2</sup> großen Fläche.

#### 1.6. Heutiges Klima im Bereich der Ramesch-Knochenhöhle

Die Höhenlage und Nordexposition verleiht der Höhle eine besondere Eigenart in bezug auf ihre klimatische Situation. Ihr Eingangsbereich wird zu keiner Tageszeit direkt von der Sonne erreicht, das Vorfeld des Einganges gelangt kurzfristig ins Streiflicht. Bei Schönwetter lassen sich deutlich Sonnenreflexe der ca. 300 m entfernten, gegenüberliegenden Felswand des Kares vernehmen.

Im Winter ist die Höhle wegen der Schneelage, Steilheit des Anstieges und der Lawinengefahr nur sehr erschwert erreichbar und weitgehend von einem Schneekegel verschlossen. Der Schnee reicht bis zu 10 m weit in die Eingangshalle hinein. Im Juni 1978 hat er sich noch bis rund 8 m ins Innere erstreckt und das Betreten der Höhle nur in gebücktem Zustand zugelassen. Zu Beginn einer Grabungskampagne, Ende Juli, waren meist noch Schneereste vorhanden. 1984 war es erforderlich, den Schnee von der Grabungsstelle wegzuschaufeln. Im oberen Brunsteinkar, unterhalb der Höhle, liegt meist bis Ende Juli eine zusammenhängende Schneedecke, die sich bis Mitte August in einzelne Schneefelder auflöst und abschmilzt. Für die nahegelegene Wurzeralm (1400 m Seehöhe) ist eine Schneebedeckung für die Zeit vom 29. Oktober bis 21. Mai vom Hydrographischen Zentralbüro angegeben.

Während der Grabungen erfolgten in verschiedenen Teilen der Höhle Klimabeobachtungen. Die Temperaturen wurden mehrmals am Tage gemessen, sodaß Werte für die Zeit von 9–10 Uhr, 12–13 Uhr und 17–18 Uhr angegeben werden können. Die Meßstellen befanden sich am Eingang, in der Mitte der Eingangshalle, an ihrem Ende und im westlichen Seiteneingang, es wurden sowohl die Luft- als auch die Bodentemperatur, jeweils 2–5 cm über, bzw. unter der Sedimentoberkante, erhoben. Darüber hinaus konnten an verschiedenen Stellen der Eingangshalle und am Bärenfriedhof Einzeldaten erhoben werden.

Aus den Einzelwerten der verschiedenen Jahre wurden Mittelwerte errechnet, denen die zugehörigen höchsten und niedrigsten Mittelwerte, sowie die höchsten und niedrigsten Einzelwerte beigegeben sind, an denen die Schwankung der Temperaturen gut abzulesen ist. Die Schwankungen erscheinen ziemlich hoch, werden aber in der Darstellung der relativen Tagsüberschwankungen durch deren Mittelwert und die dazugehörige höchste und geringste Tagsüberschwankung verdeutlicht, siehe Abb. 5.

Die Temperaturen in der Höhle wurden während der günstigsten Jahreszeit gemessen und zeigen Mittelwerte, die mit jenen der vorerwähnten Wurzeralm (1400 m Seehöhe) gut vergleichbar sind. Dort liegt das höchste Monatsmittel im Juni bei + 6,4°C; das Jahresmittel für die Periode von 1950 bis 1960 beträgt + 2,9°C. Für die Höhle läßt sich ein Jahresmittel von rund + 0,8°C angeben, nach Formel 3 aus PAVUZA & TRAINDL (1984), was zu den in der Höhle erhobenen Werten durchaus passend erscheint.

Für andere hochgelegene Bärenhöhlen, wie der Schreiberwandhöhle am Dachstein (2400 m Seehöhe) und der Salzofenhöhle im Toten Gebirge (2004 m Seehöhe) hat Kurt EHRENBURG (1962 b) Klimabeobachtungen und Werte für die Sommertemperaturen zusammengestellt und mit Werten der Wetterstation Hollhaus auf der Tauplitzalm (1600 m Seehöhe) in Beziehung gesetzt. Auf Grund dieser Klimadaten und der biologischen Ansprüche der

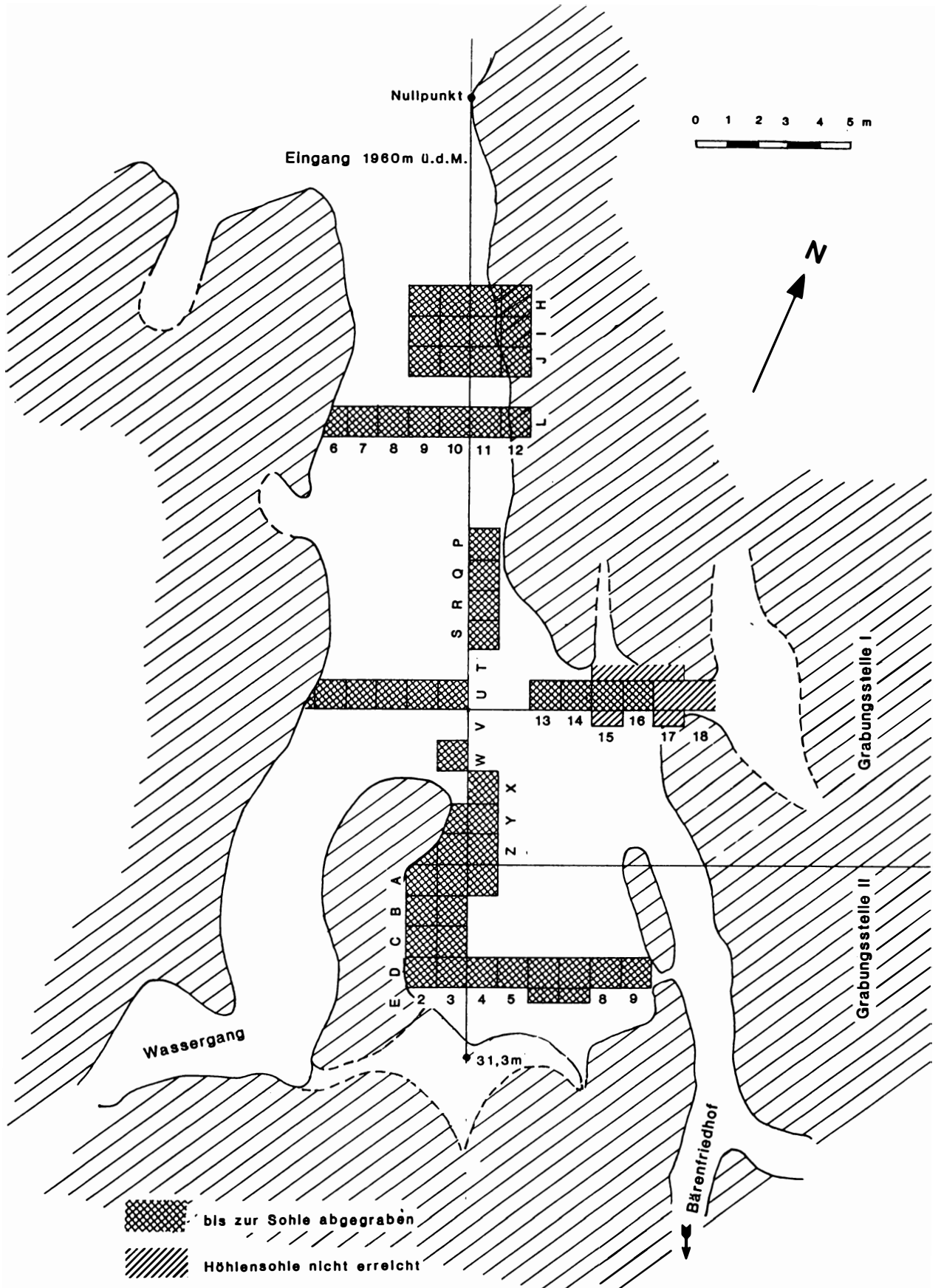


Abb. 4: Grabungsplan der Ramesch-Knochenhöhle

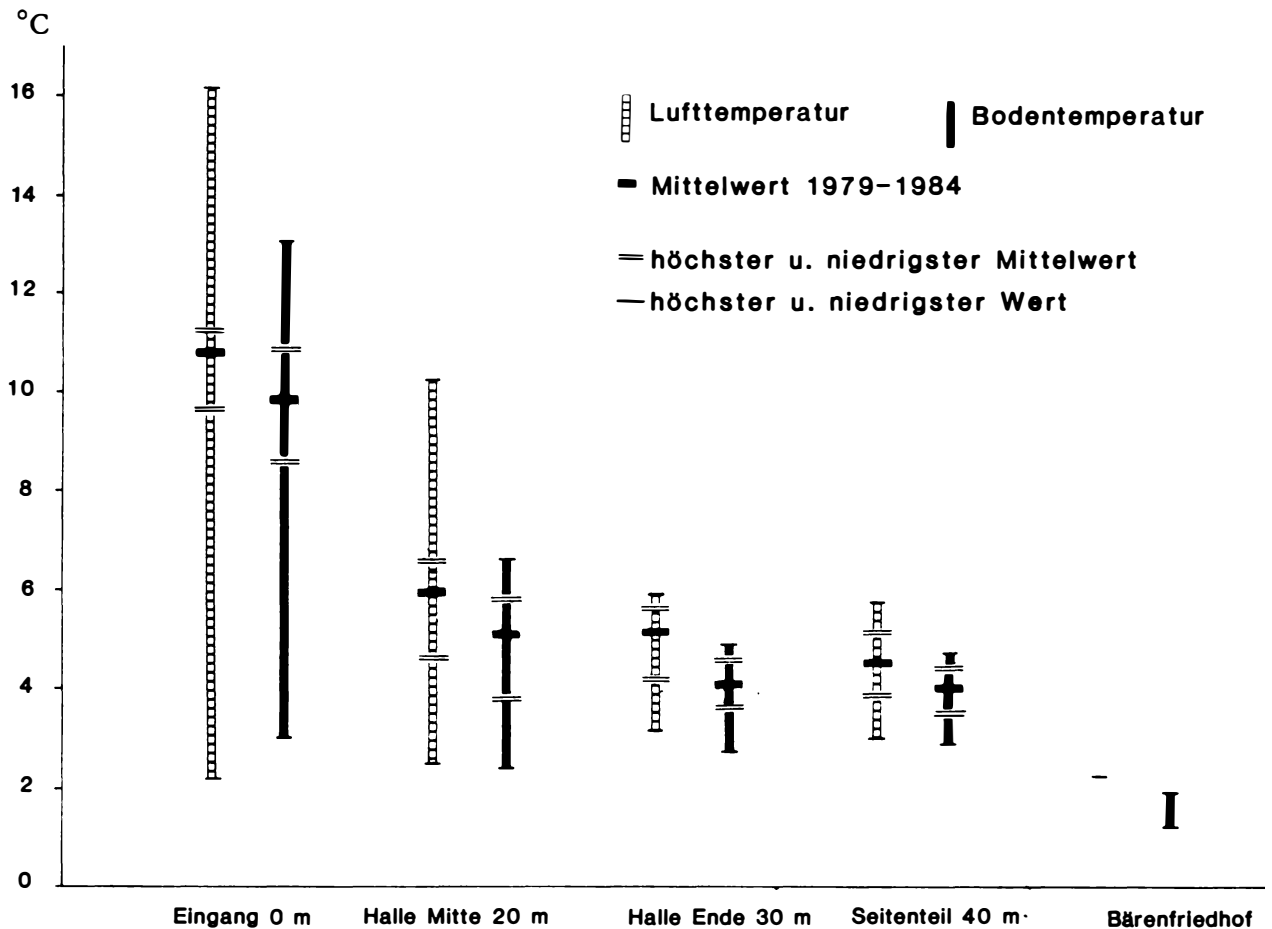


Abb. 5: Temperaturen in der Ramesch-Knochenhöhle während der Grabungen 1979 bis 1984.

Braunbären erschien ihm das Klima der Jetztzeit für den Höhlenbären nicht geeignet, ebenso nicht für die erforderliche Vegetation. Zu gleichen Schlüssen muß man nach den Werten aus der Ramesch-Knochenhöhle gelangen.

Es sei hinzugefügt, daß im Juli 1984 das Sediment, 8 m vom Eingang entfernt, in einer Tiefe von 40 bis 60 cm noch fest gefroren war und erst in 85 cm Tiefe einen Wert von  $+0,5^{\circ}\text{C}$  aufwies.

### 1.7. Heutige Vegetation

Die Höhle ist heute nur von spärlicher Vegetation umgeben. Vor dem Höhleneingang liegt den Felsflächen des steilen Abbruches zum über 50 m tiefer liegenden Brunensteinerkar eine polsterartige Pflanzendecke auf, die in der Klüftung des Gesteins nur schwach verwurzelt ist; nur an weniger geneigten Partien ist sie auf bisweilen tiefgründigem Rohhumusboden entwickelt. Ihre Üppigkeit, ihren mastigen Wuchs verdankt sie dem Regenwasser, das sich am Höhlenvorplatz mit Nährstoffen aus den dort lagernden phosphathaltigen Höhlensedimenten angereichert hat.

Im Karbereich herrschen Schutthalden und kahle Karstflächen vor, in denen nach der langen Schneebedeckung eine magere Kalkschüttflora mit *Papaver burseri*, bzw. eine alpine Karrenflora auftritt.

Im Bereich des Sattels zwischen Frauenkar und Brunsteinerkar am Übergang des Ramesch zur Flanke des Warscheneck findet sich eine alpine Kalkrasengesellschaft mit einem *Carex*

firma-Rasen, *Saxifraga*, *Dryas* und Zwergsträuchern, die auch vereinzelt an günstigen Stellen im sehr stark verkarsteten Brunnsteinerkar, gegenüber der Höhle, auftritt. An einzelnen Stellen sind eng begrenzte Standorte der Kratzdistel (*Cirsium spinosissimum*) bis ca. 1950 m festzustellen. In etwa 1800 m Höhe ist trotz der starken Verkarstung ein Almrausch–Latschengebüsch gut entwickelt, an das nach unten subalpine Matten anschließen, die vielfach von Karrenflächen und Felsblöcken unterbrochen sind.

Die Vegetationsdecke in der Umgebung der Höhle entspricht nicht den heutigen Ansichten über die Nahrungsansprüche des Höhlenbären, insbesondere was die Vegetationszeit und die angebotenen Nahrungsmengen betrifft (EHRENBERG 1962, DRAXLER 1972).

Eingehende botanische Aufnahmen des heutigen Gebietsbestandes haben Doris GRUBER-ZEILINGER und Adolf MODERITZ, Graz, durchgeführt.

Dieser Bestandsaufnahme lagen folgende Fragestellungen zugrunde. Erstens sollte geklärt werden, ob der üppige Bewuchs unterhalb des Höhleneinganges – begünstigt durch Feuchtigkeit und Phosphat-Gehalt des Höhlenlehms – aus anderen Pflanzenarten zusammengesetzt ist als die Kalkschuttfloren der weiteren Umgebung.

Zweitens sollte untersucht werden, in welcher Meereshöhe heute eine Hochstauden-Flora besteht, die dem aus den fossilen Pollen gewonnenen Bild der Haupt-Nahrungspflanze des Höhlenbären entspricht.

Die sich über mehrere Grabungsjahre hin erstreckende Arten-Aufnahme wurde auf die folgenden vier Areale beschränkt:

- 1) R = rasendurchsetzter Steilhang unterhalb des Höhleneinganges, 1930 bis 1960 m
- 2) S = Frauen-Sattel (Sattel zwischen Warscheneck und Ramesch), ca. 2000 m
- 3) F = Frauenkar, stark verkarstete Karschwelle und Karboden westlich des Ramesch, ca. 1850 bis 1870 m
- 4) B = Hochstaudenflora oberhalb des Brunnsteinersees in 1650 bis 1700 m Höhe.

Tabelle 1: Rezentere Florenbestand im engeren und weiteren Bereich der Ramesch-Knochenhöhle  
Aufnahme von: Doris Gruber-Zeilinger und Adolf Moderitz (Graz)

	R	S	F	B
<i>Acer pseudoplatanus</i> L. Bergahorn				+
<i>Achillea clavinae</i> L. Steinraute (Bittere Schafgarbe)	+			
<i>Achillea millefolium</i> L. Gemeine Schafgarbe				+
<i>Achillea moschata</i> WULF. Moschus-Schafgarbe				+
<i>Adenostyles alliariae</i> (GOUAN.) KERN. Grauer Alpendost			+	+
<i>Agrostis alpina</i> SCOP. Alpen-Windhalm			+	
<i>Ajuga pyramidalis</i> L. Pyramiden-Günsel				+
<i>Alchemilla anisiaca</i> WETTST. Ennstaler Frauenmantel			+	+
<i>Allium montanum</i> F. W. SCHMIDT Berg-Lauch				+
<i>Alopecurus pratensis</i> L. Wiesen-Fuchsschwanz			+	+
<i>Anacamptis pyramidalis</i> (L.) RICH. Pyramiden-Hundswurz				+
<i>Anemone baldensis</i> L. Tiroler Windröschen (Monte-Baldo-Anemone)				+
<i>Anemone narcissiflora</i> L. Narzissenblütiges Windröschen		+	+	+
<i>Antennaria carpatica</i> (WAHLENB.) BLUFF & FING. Karpaten Katzenpfötchen		+		
<i>Anthoxanthum alpinum</i> A. & D. LÖVE Alpen-Ruchgras		+	+	
<i>Anthyllis vulneraria</i> (L.) ssp. <i>alpestris</i> (KIT. ex SCHULT) Echter Wundklee		+	+	
<i>Arabis alpina</i> L. Alpen-Gänsekresse	+	+	+	
<i>Arabis pumila</i> JACQ. Zwerg-Gänsekresse	+			
<i>Arenaria ciliata</i> L. emend. L. Wimper-Sandkraut	+			
<i>Armeria alpina</i> WILLD. Alpen-Grasnelke				+
<i>Asplenium viride</i> HUDS. Grüner-Streifenfarn			+	+
<i>Aster bellidiastrum</i> (L.) SCOP. Alpen-Maßlieb	+	+	+	+

	R	S	F	B
<i>Astragalus alpinus</i> L. Alpen-Tragant		+		
<i>Bartsia alpina</i> L. Gemeiner Alpenhelm	+	+	+	
<i>Blechnum spicant</i> (L.) ROTH. Gemeiner Rippenfarn				+
<i>Brachythecium</i> spec. Kurzbüchse	+			
<i>Briza media</i> L. Gemeines Zittergras				+
<i>Bupthalmum salicifolium</i> L. Gemeines Ochsenauge				+
<i>Calamintha alpina</i> (L.) LAM. Alpen-Bergminze		+	+	+
<i>Caltha palustris</i> L. Sumpf-Dotterblume				+
<i>Campanula cochleariifolia</i> L. Kleine Glockenblume	+			
<i>Campanula pulla</i> L. Dunkle Glockenblume				+
<i>Campanula scheuchzeri</i> VILL. Scheuchzers Glockenblume		+	+	+
<i>Cardamine trifolia</i> L. Dreiblättriges Schaumkraut				+
<i>Carduus defloratus</i> L. sensu KAZMI Alpen-Distel			+	+
<i>Carex atrata</i> L. Geschwärzte Segge		+	+	+
<i>Carex brachystachys</i> SCHRANK Kurzährige Segge				+
<i>Carex ferruginea</i> SCOP. Rostblättrige Segge				+
<i>Carex firma</i> MYGIND Steifblättrige Segge	+	+	+	
<i>Carex flacca</i> SCHREB. Blaugrüne Segge				+
<i>Carex paniculata</i> L. Rispen-Segge				+
<i>Carex sempervirens</i> VILL. Horst-Segge		+		+
<i>Centaurea montana</i> L. Berg-Flockenblume				+
<i>Cerastium carinthiacum</i> VEST. „Kärntner“ Hornkraut	+			
<i>Cirsium erisithales</i> (JACQ.) SCOP. Klebrige Kratzdistel				+
<i>Cirsium spinosissimum</i> (L.) SCOP. Alpen-Kratzdistel (Stachligste Kratzdistel)			+	
<i>Coeloglossum viride</i> (L.) HARTMANN Grüne Hohlzunge (Orchidaceae)		+		
<i>Conocephalum conicum</i> Kegelpfmoos	+			
<i>Coronilla vaginalis</i> LAM. Scheidenblättrige Kronwicke				+
<i>Crepis aurea</i> (L.) CASS. Gold-Pippau				+
<i>Crepis jacquini</i> TAUSCH. Jacquin-Pippau		+		
<i>Dactylis glomerata</i> agg. L. Gemeines Knäuelgras				+
<i>Daphne mezereum</i> L. Gewöhnlicher Seidelbast				+
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) PB. Rasen-Schmiele				+
<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) PB. Draht-Schmiele				+
<i>Dianthus alpinus</i> L. Alpen-Nelke				+
<i>Doronicum columnae</i> TEN. Herzblättrige Gemswurz				+
<i>Draba sauteri</i> HOPPE Sauters Felsenblümchen (Hungerblümchen)		+		+
<i>Draba stellata</i> JACQ. Sternhaariges Felsenblümchen		+		
<i>Dryas octopetala</i> L. Silberwurz		+	+	+
<i>Dryopteris villarii</i> (BELL.) WOYNAR ex SCHINZ Starrer Wurmfarn				+
<i>Epilobium montanum</i> L. Berg-Weidenröschen				+
<i>Erica herbacea</i> L. Schneeheide				+
<i>Festuca pratensis</i> HUDS. subsp. <i>apennina</i> (DE NOT.) HEGI Wisen-Schwingel				+
<i>Festuca rupicaprina</i> (HACKEL) KERN Gmsen-Schwingel	+			
<i>Festuca varia</i> ssp. <i>brachystachys</i> (HACKEL) HEGI Gescheckter Schwingel		+		
<i>Fragaria vesca</i> L. Wald-Erdbeere				+
<i>Galium anisophyllum</i> VILL. Ungleichblättriges Alpenlabkraut	+			
<i>Gentiana bavarica</i> L. Bayerischer Enzian			+	
<i>Gentiana brachyphylla</i> VILL. Kurzblättriger Enzian	+			
<i>Gentiana clusii</i> PERR & SONG. Großblättriger Enzian			+	
<i>Gentiana pannonica</i> SCOP. Ung. Enzian		+		
<i>Gentiana pumila</i> JACQ. Zwerg-Enzian		+		
<i>Geranium molle</i> agg. GASPARR. Weicher Storchschnabel				+
<i>Geranium robertianum</i> L. Stinkender Storchschnabel (Ruprechtskraut)				+
<i>Geum rivale</i> L. Bach-Nelkenwurz				+
<i>Globularia cordifolia</i> L. Herzblättrige Glockenblume			+	+
<i>Globularia nudicaulis</i> L. Nacktstengelige Kugelblume				+
<i>Gymnadenia odoratissima</i> (L.) RICH. Wohlriechende Händelwurz				+
<i>Helianthemum alpestre</i> (JACQU.) DC. Alpen-Sonnenröschen			+	+
<i>Helianthemum nummularium</i> (L.) MILL. Kleinblättriges Sonnenröschen		+		

	R	S	F	B
<i>Helictotrichon parlatorei</i> (WOODS.) PILG. Staudenhafer				+
<i>Helleborus niger</i> L. Schwarze Nieswurz				+
<i>Heracleum austriacum</i> L. „Österreichischer“ Bärenklau				+
<i>Hieracium glabratum</i> HOPPE ex WILLD. Kahlblättriges Habichtskraut			+	+
<i>Hieracium lanatum</i> (L.) VILL. Wolliges Habichtskraut				+
<i>Hieracium morisianum</i> RCHB. f. Zottigköpfiges Habichtskraut				+
<i>Homogyne discolor</i> (JACQ.) CASS. Filziger Alpen-Lattich		+	+	+
<i>Huperzia selago</i> (L.) BERNH. ex SCHRANK & M. Tannen-Teufelsklaue			+	+
<i>Hutchinsia alpina</i> (L.) R. BR. Alpen-Gemskresse	+	+	+	
<i>Hylocomium splendens</i> (HEDW.) Glänzendes Stockwerkmoos	+			
<i>Hypericum coris</i> L. Quirl-Johanniskraut (Hartheu) (Johanniskraut)				+
<i>Juncus monanthos</i> JACQ. Einblütige Binse		+	+	
<i>Lamium maculatum</i> (L.) L. Gefleckte Taubnessel				+
<i>Lamium vulgare</i> (PERS.) FRITSCH Gewöhnliche Taubnessel				+
<i>Larix decidua</i> MILL. Lärche				+
<i>Laserpitium latifolium</i> L. Breitblättriger Bergkümmel				+
<i>Leontodon helveticus</i> MERAT emend. WIDD. Schweizer Löwenzahn		+	+	
<i>Leontodon hyoseroides</i> WELW. ex RCHB. Schweinssalatblättriger Löwenzahn				+
<i>Leucanthemum vulgare</i> agg. (VIS.) BRIQ. & CAV. Gewöhnliche Wucherblume				+
<i>Leucorchis albida</i> (L.) E. MEY. Alpen-Weißzunge		+		
<i>Lilium martagon</i> L. Türkenbundlilie				+
<i>Linaria alpina</i> (L.) MILL. Alpen-Leinkraut		+		
<i>Linum alpinum</i> (JACQ.) OCKEND Alpen-Lein				+
<i>Loiseleuria procumbens</i> (L.) DESV. Niederliegende Gemsheide		+		
<i>Lotus alpinus</i> (SER.) RAMOND sensu ZERTOVA Alpen-Hornklee			+	+
<i>Lotus corniculatus</i> L. Gemeiner Hornklee				+
<i>Luzula glabrata</i> (HOPPE) DESV. Kahle Hainsimse	+	+	+	
<i>Lycopodium annotium</i> L. Sprossender Bärlapp			+	
<i>Mercurialis perennis</i> L. Wald-Bingelkraut				+
<i>Meum athamanticum</i> JACQ. Bärwurz			+	+
<i>Minuartia austriaca</i> (JACQ.) HAYEK Österreichische Miere		+		
<i>Minuartia sedoides</i> (L.) HIERN. Zwerg-Miere		+		
<i>Mnium marginatum</i> Sternmoos		+		
<i>Mnium rostratum</i> Sternmoos		+		
<i>Myosotis alpestris</i> F. W. SCHMIDT Alpen-Vergißmeinnicht	+	+	+	+
<i>Nigritella miniata</i> (CR.) JANCHEN Rotes Kohlröschen			+	
<i>Papaver bursari</i> CR. Weißer Alpenmohn	+	+		
<i>Parnassia palustris</i> L. Sumpf-Herzblatt	+	+		
<i>Pedicularis verticillata</i> L. Quirlblättriges Läusekraut		+	+	+
<i>Peucedanum ostruthium</i> (L.) KOCH Meisterwurz			+	
<i>Phleum alpinum</i> L. emend. GAUDIN. Alpen-Lieschgras				+
<i>Phyteuma orbiculare</i> L. Kugel-Rapunzel		+	+	+
<i>Pinguicula alpina</i> L. Alpen-Fettkraut		+		
<i>Pinus mugo</i> TURRA Legföhre				+
<i>Plantago major</i> L. Breit-Wegerich				+
<i>Poa alpina</i> L. Alpen-Rispengras	+	+	+	+
<i>Polygala amara</i> L. Bitteres Kreuzblümchen			+	+
<i>Polygonatum verticillatum</i> (L.) ALL. Quirlblättrige Weißwurz				+
<i>Polygonum viviparum</i> L. Knöllchen-Knöterich	+		+	+
<i>Potentilla aurea</i> L. Gold-Fingerkraut			+	+
<i>Potentilla clusiana</i> JACQ. Clusius-Fingerkraut	+			
<i>Pottiaceae</i> cf. ( <i>Barbulariflexa</i> ) Bartmoos	+			
<i>Pottiaceae</i> cf. ( <i>Erythrophyllum</i> ) Bartmoos	+			
<i>Primula auricula</i> L. Alpen-Aurikel				+
<i>Primula clusiana</i> TAUSCH Clusius-Primel	+	+	+	
<i>Primula veris</i> L. Wiesen-Schlüsselblume			+	
<i>Ranunculus aconitifolius</i> L. Eisenhutblättriger Hahnenfuß				+
<i>Ranunculus glacialis</i> L. Gletscher-Hahnenfuß			+	+
<i>Ranunculus hybridus</i> BIRIA Bastard-Hahnenfuß			+	+

## 2.2. Faunenbestand

Das geborgene Fundmaterial ist auf nur wenige Taxa zu verteilen, sodaß sich – wie in anderen hochalpinen Höhlen – eine nur kurze vorläufige Faunenliste ergibt:

<i>Arianta arbustorum</i>	Gefleckte Schnirkelschnecke
<i>Ursus spelaeus</i> ssp.	Höhlenbär
<i>Panthera spelaea</i>	Höhlenlöwe
<i>Canis lupus</i>	Wolf
<i>Capra ibex</i>	Steinbock

Die meist zerbrochenen Gehäuse von *Arianta* treten massenhaft in der allerbesten Zone der grauen Schicht auf, weshalb sie als „Schneckenschicht“ bezeichnet wird; sie ist nur wenige Zentimeter dick und gehört zeitlich höchstwahrscheinlich dem jüngeren Holozän an. *Arianta arbustorum* ist auch heute in der engeren und weiteren Umgebung der Höhle häufig zu finden. Von *Panthera spelaea* und *Canis lupus* liegen nur einige Metacarpalia und Phalangen vor, deren Formen aber so charakteristisch sind, daß die Bestimmungen als gesichert gelten können. *Capra ibex* ist durch Einzelzähne und einige Langknochen belegt.

## 2.3. Der „Ramesch-Höhlenbär“

Über 99 % der geborgenen Wirbeltier-Reste stammen vom Höhlenbären, sodaß die Ramesch-Knochenhöhle zu Recht als Bärenhöhle bezeichnet wird. Nach der vorläufigen Durchsicht des bisher präparierten Materials kann schon jetzt behauptet werden, daß alle Altersstufen – vom Neonaten bis zum senilen Bären – vertreten sind, sodaß der Schluß gezogen werden darf, daß die Ramesch-Höhle das ganze Jahr über vom Höhlenbären bewohnt war. Dies ist für den paläoklimatischen Aspekt ausschlaggebend. Nach den Größenverhältnissen der Eckzähne, sowie der relativ großen Häufigkeit von Penisknochen scheint auch das Geschlechtsverhältnis ausgewogen zu sein.

## Evolutionstatistische Untersuchungen

Die aus der Ramesch-Höhle geborgenen Kiefer und Zähne waren die Grundlage für eine Vergleichsstudie zwischen Höhlenbären-Faunen der tiefer gelegenen Höhlen (Tieflandform) und der sog. hochalpinen Kleinform, wie sie ursprünglich aus der Schreiberwandhöhle am Dachstein und von der Salzofenhöhle im Toten Gebirge beschrieben worden waren (EHRENBERG & SICKENBERG, 1929; EHRENBERG 1930, 1931, 1941, 1942, 1955, 1969, 1973). Ein erster Bericht über diese Untersuchungen liegt schon vor (RABEDER, 1983). Mit den Methoden der „quantitativen Morphogenetik“, wie sie für Kleinsäuger entwickelt worden war (RABEDER, 1981), konnte festgestellt werden, daß der „Ramesch-Bär“, wie wir ihn kurz nennen wollen, von den Höhlenbärenpopulationen der Mittelgebirge (z. B. aus der Drachenhöhle von Mixnitz in der Steiermark, Zoolithenhöhle in der Fränkischen Alb, Oberfranken) und des Tieflandes (z. B. Merkensteinhöhle im südlichen Wienerwald) nicht nur durch kleinere Dimensionen, sondern durch das viel niedrigere Evolutionsniveau der Prämolaren und der letzten Molaren ( $M^2$  und  $M_3$ ) stark unterscheidet und sich damit dem Vorläufer des Höhlenbären, dem alt- bis mittelpleistozänen Deninger-Bären (*Ursus deningeri*) morphologisch annähert. An eine Zugehörigkeit zum deningeri-Kreis ist aber wegen der vorliegenden absoluten Daten aus der Ramesch-Höhle nicht zu denken, es sei denn, daß wir den Ramesch-Bären als einen persistierenden Deninger-Bären betrachten.



Das sehr umfangreiche Zahnmaterial, das nun von der Ramesch-Höhle vorliegt, ist einer ähnlichen morphologischen und dimensionellen Variabilität unterworfen, wie die gut bekannten Höhlenbärenreste aus der Mixnitzer Drachenhöhle oder der Zoolithenhöhle. Ähnliche Variationsbreiten bei Arvicoliden-Molaren haben zur Entwicklung von quantitativen Methoden für die Erfassung der Evolutionshöhe und des phylogenetischen Zusammenhangs geführt; diese Methodik – hier als „quantitative Morphogenetik“ zusammengefaßt – bietet zwei Möglichkeiten an:

#### A. Evolutionsorientierte Metrik

Metrische Werte, sowie aus ihnen errechnete Relationen (Indices, Mittelwerte) sind für phylogenetische Fragen nur dann aussagekräftig, wenn diese Metrik Organe erfaßt, die einem Evolutionsprozeß unterliegen, wobei es wichtig ist, daß die Evolutionsrichtung erkannt werden kann.

Diese banale Forderung ist bei einem breit variierenden Material nicht immer leicht zu erfüllen.

Am Backenzahngebiß der Höhlenbären-Gruppe ist jedoch klar zu erkennen, daß die distalen Molaren verlängert werden und die Längenmaße der  $M^2$  und  $M_3$  evolutionsorientiert sind.

Prozentuelle Vergleiche der Zahnlangen von *Ursus deningeri* und *Ursus spelaeus* (SCHÜTT, 1968; BISHOP, 1982; RABEDER, 1983) lassen die Evolutionsrichtung eindeutig erkennen. Der Ramesch-Bär erweist sich nach den Längenverhältnissen viel ursprünglicher als die „Normalform“ des Höhlenbären (das sind durch RODE, 1935 aus zahlreichen Höhlenfaunen errechnete Mittelwerte), zum Höhlenbären der Drachenhöhle gibt es sogar Diskrepanzen von 13 % ! Nach den Werten der distalen Molaren liegt der Ramesch-Bär sogar im Bereich des Deninger-Bären, von dem ihn aber nicht nur die geologische Zeit trennt, sondern auch die Morphologie der Molaren und das Fehlen atavistischer Züge im Prämolarebereich ( $P_1$  und  $P_3$  treten sehr selten auf) (Abb. 6).

#### B. Quantitative Morphotypen-Analyse

Viel deutlicher als mit der Metrik allein können die evolutiven Vorgänge durch die Anwendung quantitativ morphologischer Methoden erkannt werden. Die mit dem Terminus „Quantitative Morphotypen-Analyse“ bezeichnete Methode besteht aus mehreren Schritten:

1) **Morphotypen-Differenzierung.** Als erstes wird die morphologische Variabilität einer statistisch signifikanten Menge klassifiziert, indem Morphotypen unterschieden und definiert werden. Beim Höhlenbären bieten sich hier zunächst die letzten verbliebenen Prämolaren ( $P_4$  und  $P^4$ ) an, welche in Zahl und Lage der Höcker die größte Variabilität aufweisen. Dem in der Regel bestehenden morphologischen Kontinuum wird man dadurch gerecht, daß man auch Übergangsformen zwischen den definierten Morphotypen unterscheidet.

An den  $P^4$  wurden fünf Morphotypen (A bis E) nach der Ausbildung zusätzlicher Höcker zwischen Protoconus und Metaconus und einer Metaloph-Schneide unterschieden (vgl. RABEDER, 1983, Abb. 6). Die  $P_4$ -Morphotypen differieren in der Zahl accessorischer Höcker sowohl am Trigonid (Paraconid, Metaconid, etc.), als auch am Talonid (Hypoconid, Entoconid, etc.), was mit einer Buchstaben-Ziffern-Kombination von A, B 1 bis E 4 gekennzeichnet wird.

2) **Morphogenetisches Schema.** Voraussetzung für den zweiten Schritt sind funktionsmorphologische Überlegungen. Die „Lesrichtung“ der Evolution muß erkannt werden. In der Regel

	R	S	F	B
<i>Ranunculus montanus</i> WILLD. Berg-Hahnenfuß		+		+
<i>Ranunculus pygmaeus</i> WAHLENB. Zwerg-Hahnenfuß	+			
<i>Rhododendron hirsutum</i> L. Behaarter Almrausch	+	+	+	+
<i>Rhodothamnus chamaecistus</i> (L.) RCHB. Zwergalpenrose	+	+	+	+
<i>Rosa pendulina</i> L. Alpen-Hecken-Rose				+
cf. <i>Rubus</i> Brombeere oder Himbeere				+
<i>Rumex scutatus</i> L. Schild-Ampfer				+
<i>Salix alpina</i> SCOP. Alpen-Weide	+		+	
<i>Salix breviserrata</i> FLOD. Zwergweide		+		
<i>Salix glabra</i> SCOP. Glanz-Weide				+
<i>Salix retusa</i> L. Stumpfblättrige Weide		+	+	
<i>Saponaria pumila</i> JANCH. ex HAYEK Zwerg-Seifenkraut		+		
<i>Saxifraga aizoon</i> JACQ. Trauben-Steinbrech	+	+		
<i>Saxifraga aizoides</i> L. Fetthennen-Steinbrech	+			
<i>Saxifraga androsacea</i> L. Mannschild-Steinbrech	+			
<i>Saxifraga aphylla</i> STERNB. Blattloser Steinbrech	+	+		
<i>Saxifraga bryoides</i> Rauher Steinbrech		+	+	
<i>Saxifraga caesia</i> L. Blaugrüner Steinbrech	+	+		
<i>Saxifraga crustata</i> VEST. Krusten-Steinbrech		+	+	
<i>Saxifraga moschata</i> WULF Moschus-Steinbrech	+		+	
<i>Saxifraga rotundifolia</i> L. Rundblättriger Steinbrech				+
<i>Saxifraga stellaris</i> L. Stern-Steinbrech	+			
<i>Selaginella selaginoides</i> (L.) P. B. ex SCHRANK & MART. Wimpernzähniger Moosfarn		+		
<i>Sesleria uliginosa</i> OPIZ Blaugras (Elfen- oder Kopfgras) (Sumpf-Elfengras)		+		
<i>Sesleria varia</i> (JACQ.) WETTST. Buntes Elfengras Blaugras		+	+	
<i>Silene acaulis</i> (L.) JACQ. Stengelloses Leinkraut	+	+		
<i>Silene pusilla</i> W. & K. Vierzähliger Strahlensame	+	+		
<i>Silene vulgaris</i> (MOENCH) GARCKE Taubenkropf-Leimkraut – Aufgeblasenes Leimkraut				+
<i>Soldanella alpina</i> L. Alpen-Troddelblume (Alpenglöckchen)	+		+	
<i>Soldanella pusilla</i> BAUMG. Zwerg-Troddelblume (Alpenglöckchen)	+	+		
<i>Sorbus aucuparia</i> L. Gemeine Eberesche				+
<i>Stachys recta</i> L. Aufrechter Ziest			+	+
<i>Taraxacum officinale</i> agg. WEB. s. L. Gemeiner Löwenzahn				+
<i>Thymus praecox</i> subsp. <i>polytrichus</i> KERN ex BORB. Früher Quendel (Thymian) Behaarter Thymian				+
<i>Trifolium badium</i> SCHREB. Braun-Klee				+
<i>Trifolium pratense</i> L. Wiesenklee				+
<i>Trollius europaeus</i> L. Trollblume				+
<i>Urtica dioica</i> L. Brennessel				+
<i>Vaccinium myrtillus</i> L. Heidelbeere				+
<i>Valeriana celtica</i> L. Echter Speik		+		
<i>Valeriana elongata</i> JACQ. Verlängerter Baldrian	+	+	+	
<i>Valeriana montana</i> L. Berg-Baldrian				+
<i>Valeriana saxatili</i> L. Felsen-Baldrian				+
<i>Valeriana tripteris</i> L. Dreizähliger Baldrian – Dreiblatt Baldrian				+
<i>Veratrum album</i> L. Weißer Germer		+	+	
<i>Veronica alpina</i> L. Alpen-Ehrenpreis				+
<i>Veronica aphylla</i> L. Blattloser Ehrenpreis	+		+	
<i>Viola biflora</i> L. Zweiblütiges Veilchen	+		+	+

Aus der tabellarischen Übersicht geht hervor, daß sich die Artenbestände des Frauenkars und des Frauensattels nur unwesentlich von der Assoziation unterhalb der Höhle unterscheiden. Das reiche Angebot an Wasser und Mineralstoffen (v. a. Phosphat), das aus den Höhlensedimenten stammt, ermöglicht den überaus üppigen Wuchs von Arten, die zum großen Teil auch an den beiden anderen hochgelegenen Standorten vorkommen.

Eine Hochstauden-Flora mit der Dominanz von Asteraceen, Cichoriaceen und Caryophyllaceen, wie sie als Hauptnahrungsquelle des Höhlenbären angenommen wird, existiert rezent im Bereich des Ramesch nur bis in eine Höhe von maximal 1700 m.

## 2. Grabungsbefund

### 2.1. Sedimente

Die heute fast eben verlaufende Oberfläche des Höhlenbodens ist das Ergebnis einer allmählichen Auffüllung einer nach Osten einfallenden Kluft, nach der die ganze Höhle angelegt ist (Abb. 23). Daher schwanken die Sediment-Mächtigkeiten in den verschiedenen Höhlenteilen beträchtlich. Als am wenigsten durch Rutschungen gestörte Profile erwiesen sich die im vorderen Teil der Eingangshalle ergrabenen Profile (Abb. 24 und 25). Mit Ausnahme des basalen Grobsandes mit Augensteinen sind alle Sedimente als typische Höhlensedimente (schutt-durchsetzter Höhlenlehm) anzusprechen.

Das älteste Schichtglied der Höhlenfüllung, das der Höhlensohle direkt aufliegt, fanden wir nur im Eingangsbereich im Grabungsfeld des Jahres 1984 (Quadranten H–J, 9–12): es ist ein Grobsand mit zahlreichen Augensteinen (Schicht H). Augensteine kommen auch in den jüngeren Partien vor, sie nehmen aber an Größe und Häufigkeit gegen das Hangende deutlich ab. Die Schicht H enthält keine Knochen oder Zahnreste.

Diesem Augensteinsand folgt eine dunkelbraune bis schwarze Schicht, die ebenfalls noch reichlich Augensteine enthält, aber auch Höhlenbärenknochen. Nach den absoluten Daten gehört die „schwarze Schicht“ G dem Riß–Würm-Interglazial an. Der darüber liegende, meist zwischen Blöcken hineingepreßte hellbraune Lehm (Schicht F) war nur in den eingangsnahen Profilen gut zu unterscheiden. Er enthält weder Knochen noch Zähne noch Pollen, ist also völlig fossilieer. Es war daher auch nicht möglich, absolute Daten für diese Schicht anzugeben, sie entspricht vielleicht der ersten Kaltphase (Würm I, Isotopenstufe 4) der Würm-Kaltzeit.

Über der Schicht F folgt ein mächtiges Paket aus schuttdurchsetztem Lehm, der durch eine Zone mit dunklen Bändern in die drei Schichten E, D und C zu gliedern ist. Die Schuttanteile nehmen vom Eingang gegen das Höhleninnere ab. Die dunklen Bänder sind in Anzahl, Verlauf und Mächtigkeit sehr variabel, treten aber überall in den Profilen auf, sodaß eine Parallelisierung der Schichtglieder möglich ist. Die Fossilführung ist in den Schichten E bis C gleichartig; es fehlen meist große ganze Knochen, hingegen sind Zähne und kleine Knochen (Phalangen, Metapodien etc.) häufig und relativ überrepräsentiert. Offensichtlich spielt hier die Phosphatätzung eine große Rolle.

Die Schicht C geht allmählich in die dunkelbraune Lehmschicht B über, die reich ist auch an größeren Knochenresten und gerundeten Steinen.

Der darüberliegende „graue Mergel“ enthält hingegen keine Knochen- und Zahnreste; er überzieht die oft wellig verlaufende Oberfläche der Schicht B.

Nur an wenigen Stellen war der Höhlenboden nicht durch die Gruben der Raubgräber gestört. Wo der Boden intakt war, zeigte sich als oberste Schicht ein etwa 5 cm dickes graues Band, das hauptsächlich aus den zerquetschten Gehäusen der Schnecke *Arianta arbustorum* besteht, die auch heute im Eingangsbereich lebt und zum Überwintern in das Höhleninnere eindringt. Sedimentologische Untersuchungsergebnisse liegen noch nicht vor.

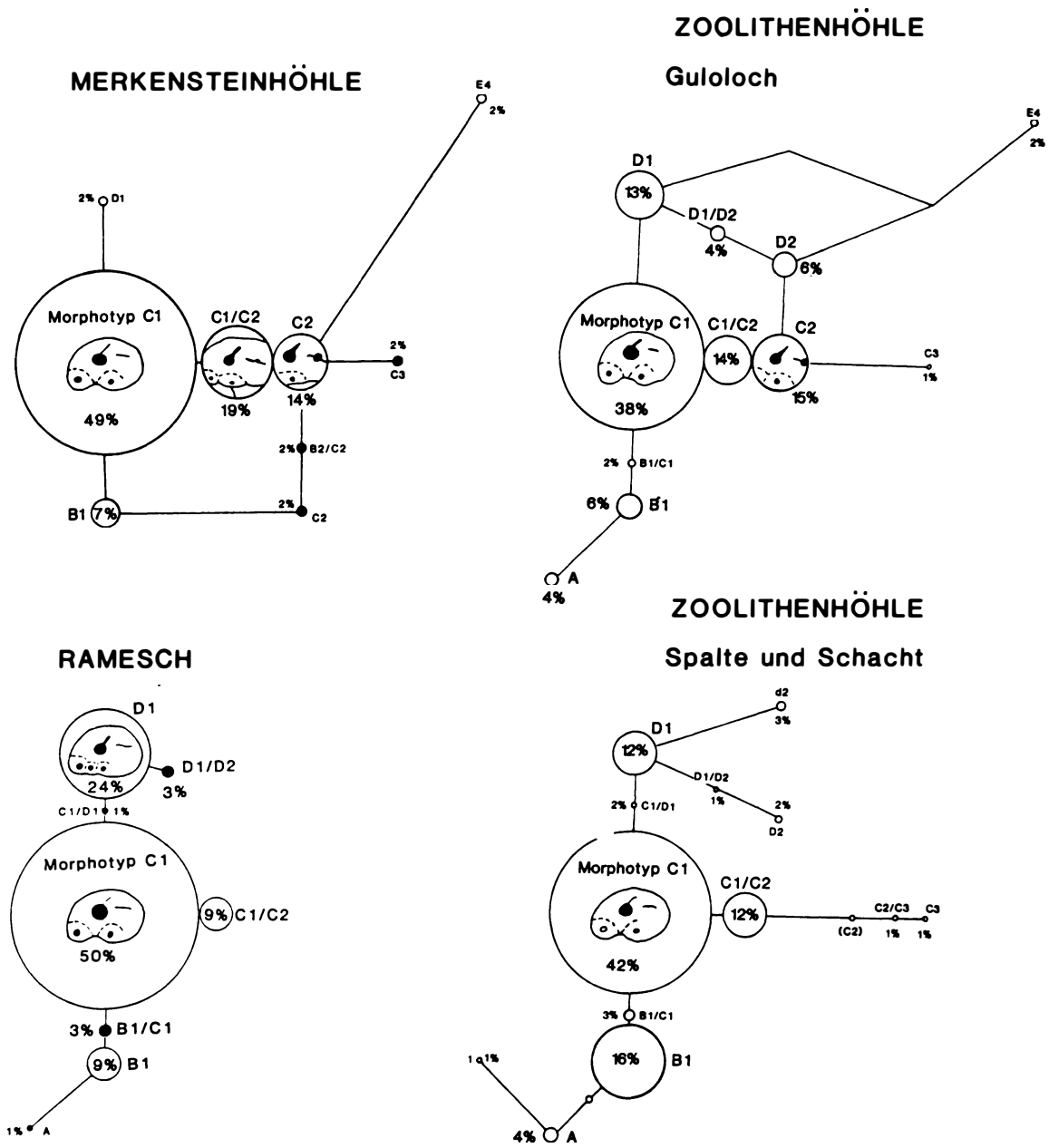


Abb. 8: Vergleich der P<sub>4</sub>-Morphotypen-Frequenzen des Höhlenbären aus vier verschiedenen Fundkomplexen und Evolutions-Niveaus.

tionsstatistische Untersuchung obligat sein – vorausgesetzt, daß die Anzahl der zur Verfügung stehenden Exemplare es zuläßt. Weniger platzraubend sind die zusammenfassenden Abbildungen 9 und 10. Auf kleinem Raum können zahlreiche Faunen verglichen werden. Auf der Ordinate werden als Maß der Evolution (und z. T. auch des stratigraphischen Alters) die Frequenzen einer progressiven Morphotypen-Gruppe aufgetragen; in unserem Beispiel die P<sup>4</sup>-Morphotypen C, D und E und die P<sub>4</sub>-Typen mit Hypoconid (B 2, C 2, D 2, E 4 etc.), Übergangsformen werden zur Hälfte gezählt.

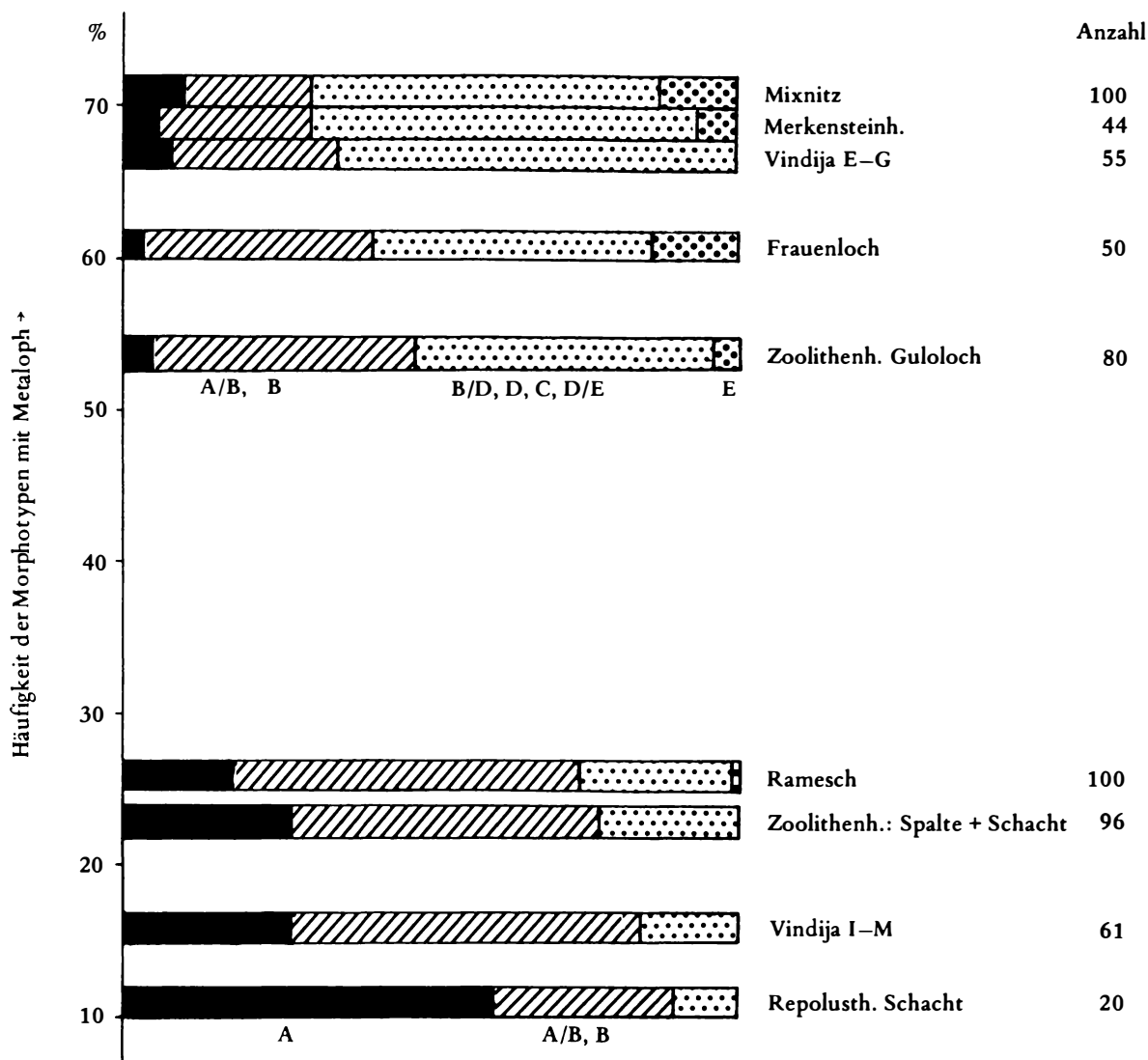


Abb. 9: P<sup>4</sup>-Morphotypen in Prozenten von verschiedenen alten Fundkomplexen, geordnet nach den progressiven Typen mit Metaloph.

### Vergleichs-Material

Die vorläufigen Ergebnisse des Jahres 1983 (RABEDER, 1983, Abb. 9 und 11) wurden an den Materialien folgender Höhlengewonnen: Ramesch-Knochenhöhle, Drachenhöhle von Mixnitz, Zoolithenhöhle (drei verschiedene Fundkomplexe), Merkensteinhöhle. Seither konnten auch die Bärenreste studiert werden, die in Sammlungen des Joanneums in Graz und der Jugoslawischen Akademie in Zagreb aufbewahrt werden\*), sodaß insgesamt folgendes Material untersucht werden konnte:

\*) Für die Möglichkeit, dieses Material zu studieren, danken wir Herrn Prof. Dr. M. Malez (Zagreb), Herrn Dr. W. Gräf und Dr. F. Ebner (Graz) sehr herzlich.

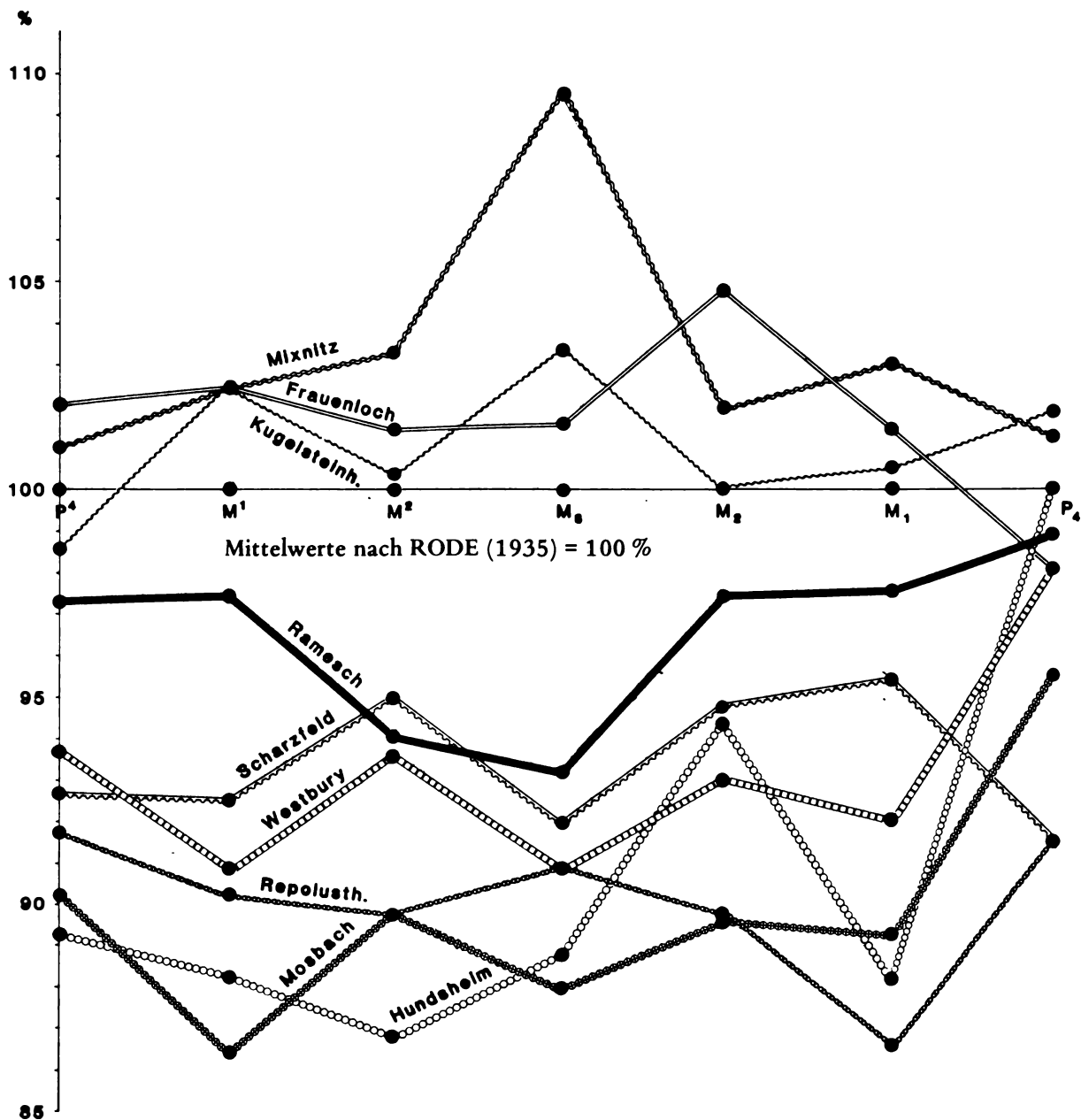


Abb. 6: Prozentualer Vergleich der Backenzahn-Längen der Höhlenbären aus verschiedenen Fundstellen. Als Vergleichsbasis dienen die von RODE (1935) errechneten Mittelwerte.

läßt sich bei Säugetier-Zähnen als evolutionsbestimmendes Element eine Verbesserung der Kauleistung feststellen, im Falle der Höhlenbären ist dies z. B. die Molarisierung der 4. Prämolaren. Sie äußert sich in einer Vermehrung der Höcker: am  $P_4$  entsteht das Hypoconid als kräftiger Antagonist des  $P_4$ -Haupthöckers und der  $P_4$  entwickelt eine Metaloph-Schneide, welche die Trigonid-Kerbe des  $M_1$  schließt (vgl. RABEDER, 1983, Abb. 11).

Als morphogenetisches Schema bezeichnen wir eine funktionsmorphologische Anordnung der Morphotypen vom ursprünglichen zum höchstevoluierten Typ. Die Morphotypen der  $P_4^4$  des

Höhlenbären zeigen in ähnlicher Weise wie die  $M_1$ -Morphotypen von *Microtus* (RABEDER, 1981), daß funktionsmorphologisch hoch entwickelte Typen auf verschiedenen Wegen erreicht werden können. Dabei weisen zahlreiche Übergangsformen darauf hin, daß die einzelnen morphologischen Niveaus in kleinen Schritten erreicht werden (Abb. 7 und 8).

3) Vergleich der Morphotypen-Frequenzen. Als nächstes wird die prozentuelle Häufigkeit der einzelnen Morphotypen festgestellt. Nun läßt sich die Evolution als Frequenz-Verschiebung – von ursprünglichen zu höher evolierten Morphotypen – erkennen (s. Abb. 7 und 8).

Die in Abb. 7 und 8 gewählte Graphik läßt die Darstellung auch weniger aussagekräftiger Details zu, sie dokumentiert das morphogenetische Bild einer Fauna und sollte für eine evolu-

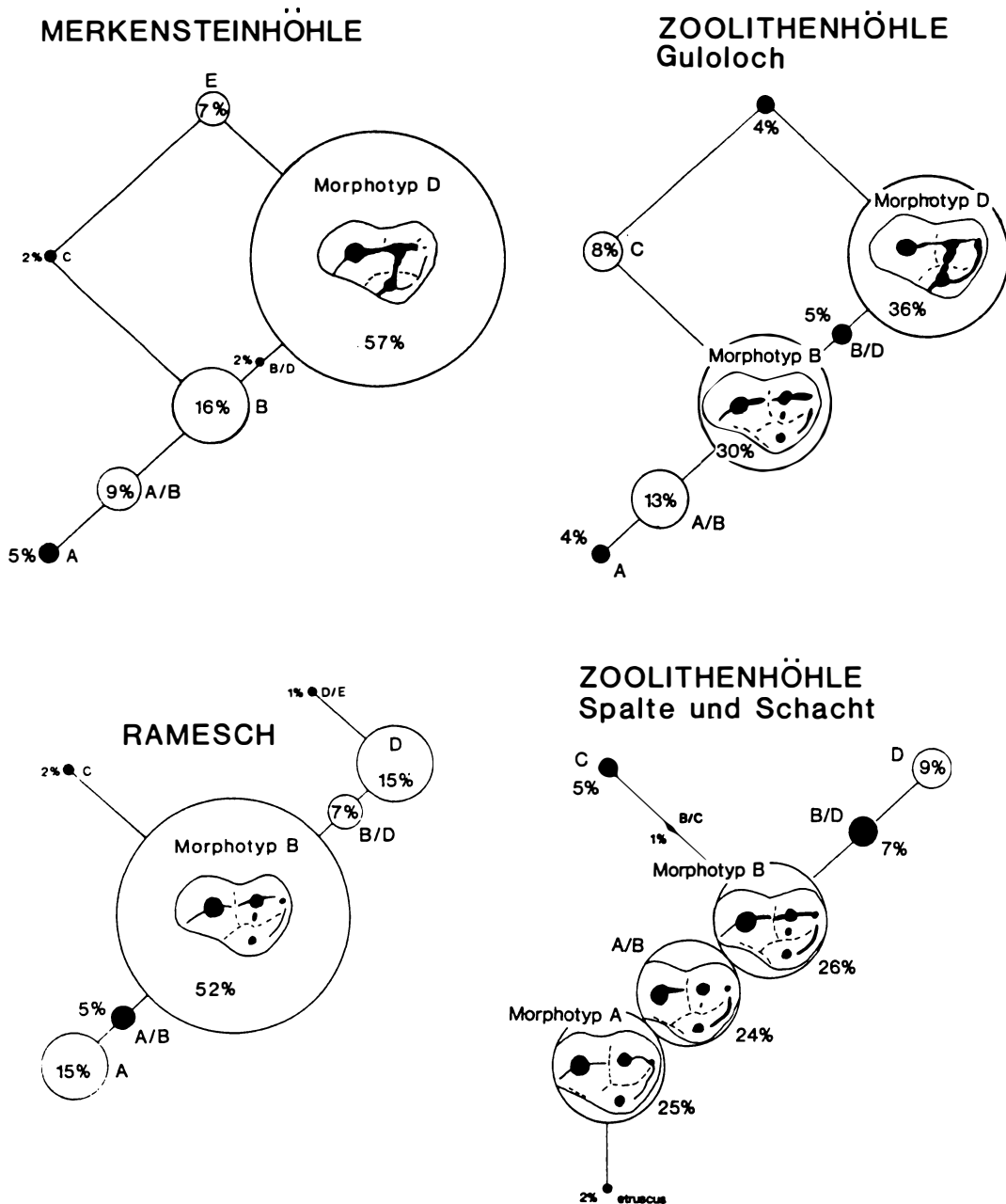


Abb. 7: Vergleich der  $P^4$ -Morphotypen-Frequenzen des Höhlenbären aus vier verschiedenen Fundkomplexen und Evolutions-Niveaus.

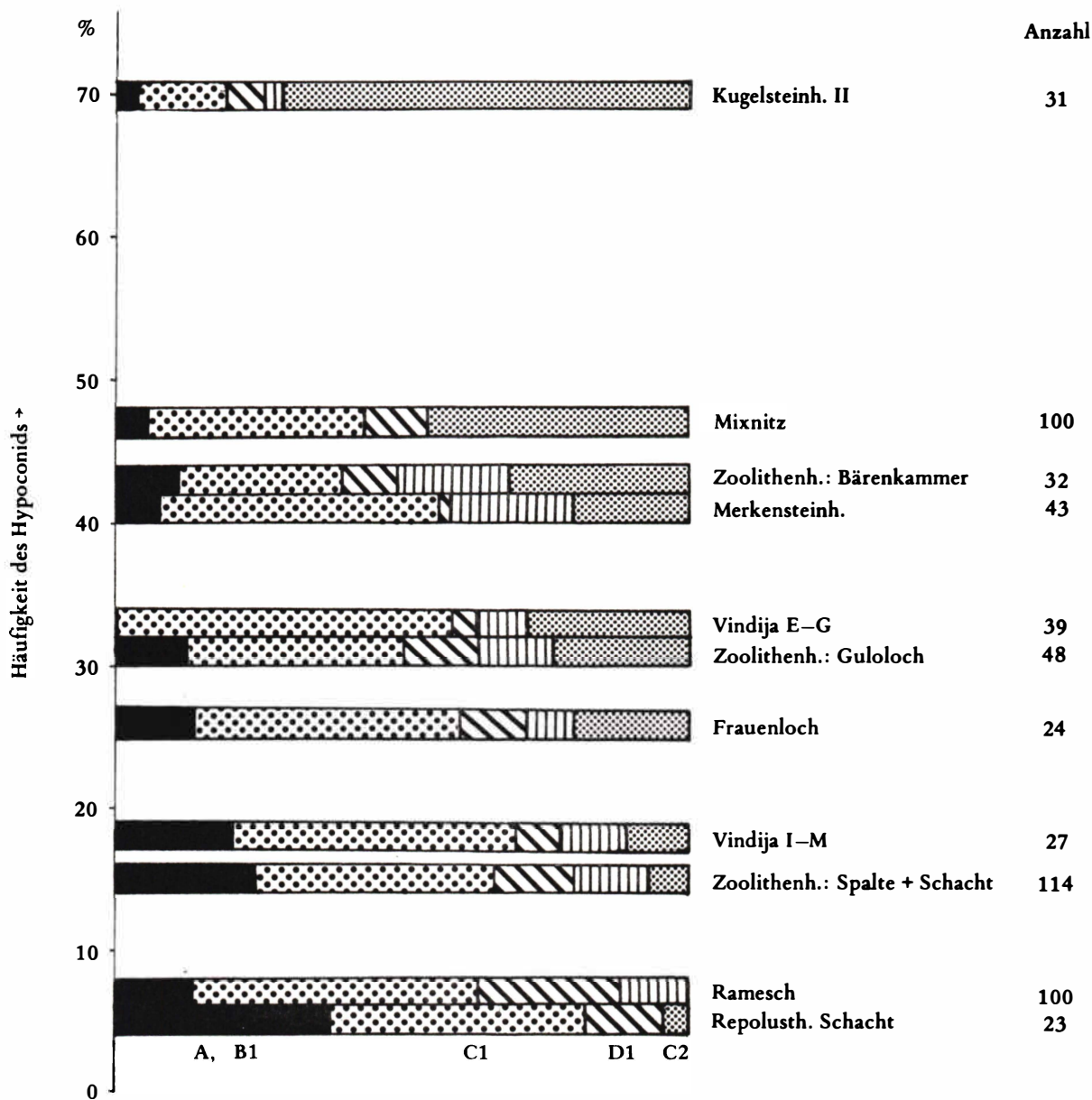


Abb. 10: P<sub>4</sub>-Morphotypen in Prozenten von verschieden alten Fundkomplexen, geordnet nach den progressiven Typen mit Hypoconid.

- 1) **Ramesch-Knochenhöhle**, Warscheneck, Oberösterreich, 2000 m ü. d. M.  
Je 100 Exemplare der Prämolaren P<sub>4</sub><sup>4</sup>, der Molaren M<sup>1</sup>, M<sup>2</sup> und M<sub>3</sub>, sowie je 50 M<sub>1</sub> und M<sub>2</sub>.
- 2) **Drachenhöhle bei Mixnitz**, Steiermark, 950 m ü. d. M. (s. ABEL & KYRLE, 1931).  
Je 100 Exemplare der P<sub>4</sub><sup>4</sup>, M<sup>1</sup>, M<sup>2</sup>, M<sub>3</sub>, sowie 50 M<sub>1</sub> und M<sub>2</sub>.
- 3) **Frauenloch bei Semriach**, Steiermark, 600 m ü. d. M. (MOTTTL, 1947).  
24 P<sub>4</sub>, 31 M<sub>1</sub>, 38 M<sub>2</sub>, 38 M<sub>3</sub>, 68 M<sup>2</sup>, 79 M<sup>1</sup>, 50 P<sup>4</sup>.
- 4) **Kugelsteinhöhle II (Tropfsteinhöhle)** bei Peggau, Steiermark, 480 m ü. d. M. (MOTTTL, 1968; MURBAN & MOTTTL, 1953).  
31 P<sub>4</sub>, 38 M<sub>1</sub>, 42 M<sub>2</sub>, 37 M<sub>3</sub>, 8 P<sup>4</sup>, 10 M<sup>1</sup>, 20 M<sup>2</sup>.



- 5) **Repolusthöhle** bei Peggau, Steiermark, 525 m ü. d. M. (MOTTTL, 1955, 1964).  
Fundkomplex „Schacht“: 23 P<sub>4</sub>, 34 M<sub>1</sub>, 42 M<sub>2</sub>, 32 M<sub>3</sub>, 25 M<sup>2</sup>, 18 M<sup>1</sup>, 20 P<sup>4</sup>.
- 6) **Merkensteinhöhle** bei Bad Vöslau, Niederösterreich, 441 m ü. d. M.  
Nicht nur durch Höhlenbär-Funde (HÜTTER, 1955), sondern auch durch eine reiche Mikrovertebraten-Fauna (WETTSTEIN & MÜHLHOFER, 1938) bekannt. Vorläufig wurde nur die Morphologie der P<sub>4</sub><sup>4</sup> ausgewertet: 44 P<sup>4</sup>, 43 P<sub>4</sub>.
- 7) **Zoolithenhöhle** bei Burggailenreuth, Oberfranken, BRD, 455 m ü. d. M. (HELLER, 1972).  
Typuslokalität von *Ursus spelaeus* ROSENMÜLLER. Repräsentative Mengen von Zahn- und Kieferresten erbrachten neue Grabungen durch GROISS und Mitarbeiter (GROISS, 1972) aus verschiedenen Bereichen der Höhle.  
Bei den neuen Fundstellen handelt es sich um Spalten- oder Schachtfüllungen, die bei früheren Grabungen und Plünderungen nicht angetastet worden waren. Repräsentative Mengen an Zähnen und Kiefern lagen aus folgenden Fundkomplexen vor:  
1. Spalte und Schacht. Diese zwei zusammenhängenden Fundkomplexe erbrachten 114 P<sub>4</sub> und 96 P<sup>4</sup>. Eine metrische Untersuchung der Molaren steht noch aus.  
2. Bärenkammer mit 12 P<sup>4</sup> und 32 P<sub>4</sub>.  
3. Guloloch: 80 P<sup>4</sup> und 48 P<sub>4</sub>.
- 8) **Vindija** in Nord-Kroatien, 275 m ü. d. M.  
In der durch die Funde von *Homo neanderthalensis* berühmt gewordenen Höhle sind 12 Meter Sediment aufgeschlossen (vgl. MALEZ & RUKAVINA, 1979). Fast alle Schichten enthalten Höhlenbären-Reste, jedoch nicht in repräsentativen Mengen, weshalb die Fundschichten zu zwei Gruppen zusammengefaßt wurden. Die Schichten G–E werden der Würm-Kaltzeit, ca. 60.000 bis 20.000 J. zugeordnet, während das Paket M–I wahrscheinlich dem letzten Interglazial – vielleicht auch dem jüngsten Teil der Riß-Kaltzeit – entspricht.  
  
Aus der Schichtengruppe G–E lagen 39 P<sub>4</sub> und 55 P<sup>4</sup> vor, aus dem Paket M–I: 27 P<sub>4</sub> und 61 P<sup>4</sup>.

## Ergebnisse

Die quantitative Auswertung des Prämolaren-Materials der oben angeführten Faunen erbrachte die auf den Abbildungen 9 und 10 vereinfacht dargestellten Ergebnisse. Diese können in folgenden Punkten zusammengefaßt werden:

Mit der quantitativen Morphotypen-Analyse der P<sub>4</sub><sup>4</sup> ist eine nach den Häufigkeiten progressiver Typen geordnete Reihung möglich, die offenbar einer chronologischen Abfolge zumindest zum Teil entspricht. Dafür sprechen einerseits die Morphotypen-Verhältnisse des Bären aus der Repolust-Höhle, das auch nach anderen Kriterien (Molaren-Maße s. Abb. 6 und Vorkommen von P<sub>1</sub><sup>1</sup>, s. MOTTTL, 1964) aus dem *Ursus deningeri*-Formenkreis angehört, andererseits die deutlichen Unterschiede zwischen den älteren und jüngeren Resten aus dem Profil der Höhle von Vindija.

Die Evolution des Unterkiefer-Prämolaren ist nur beschränkt mit der P<sup>4</sup>-Entwicklung korreliert, was aus der z. T. differenten Reihenfolge der Faunen abzulesen ist. Dies bestätigt aber andererseits die funktionsmorphologische Überlegung, daß die Entwicklung eines Homoconids am P<sub>4</sub> nicht mit der Metaloph-Bildung am P<sup>4</sup> funktionell zusammenhängt.

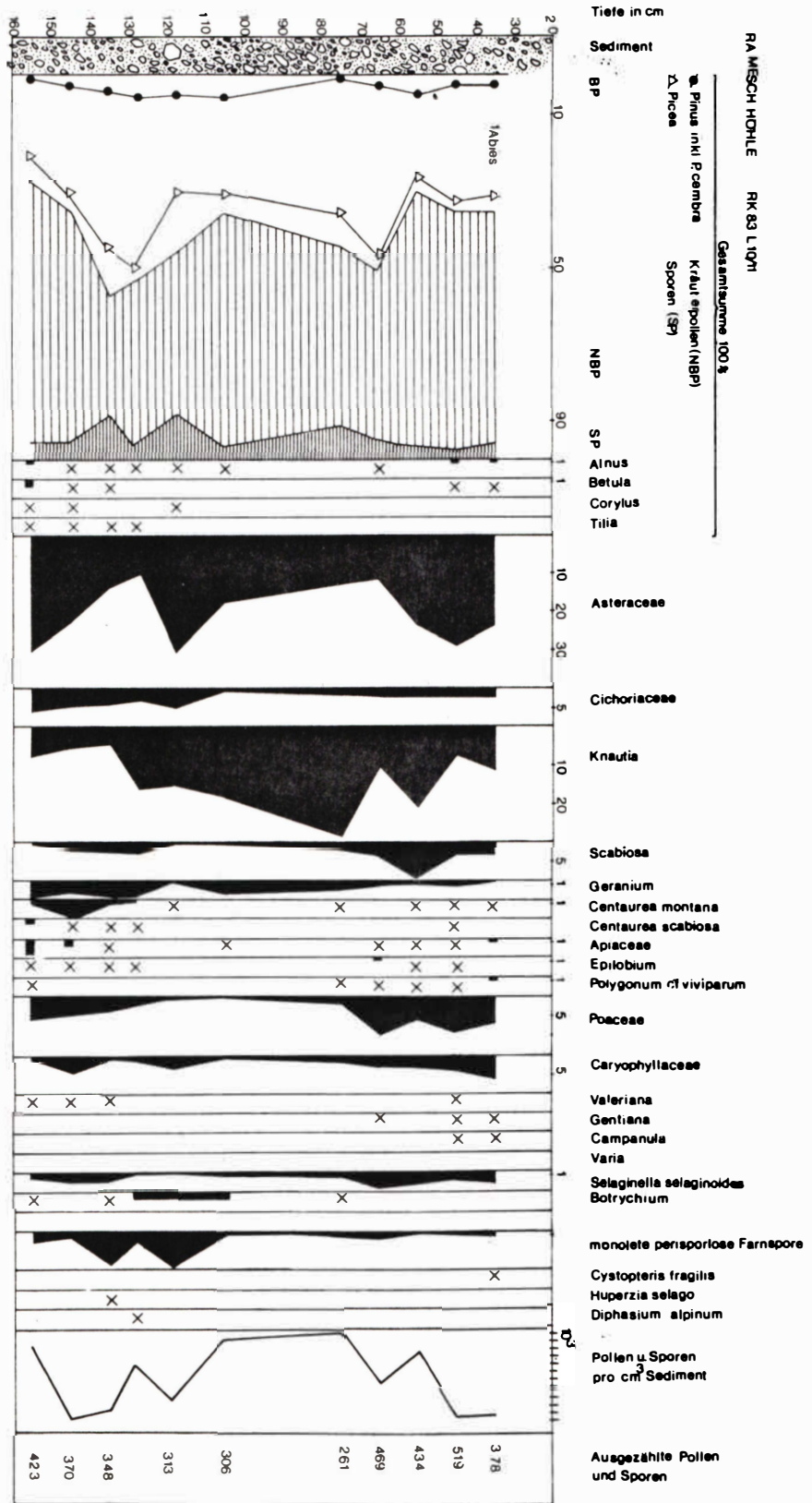


Abb. 11 b: Zweites Pollendiagramm des Profils L 10 / L 11.

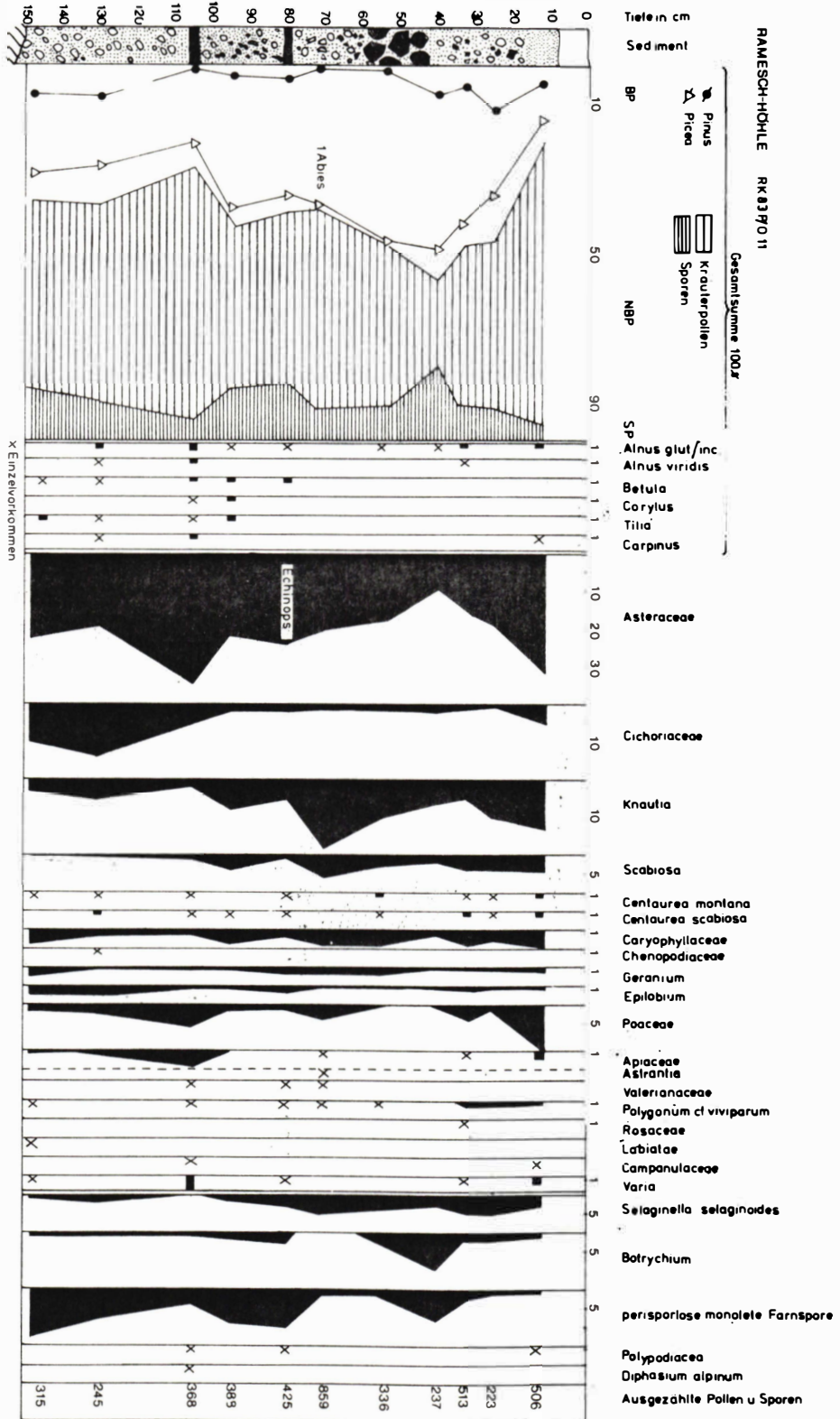


Abb. 12: Pollendiagramm des Profils P 11 / O 11.

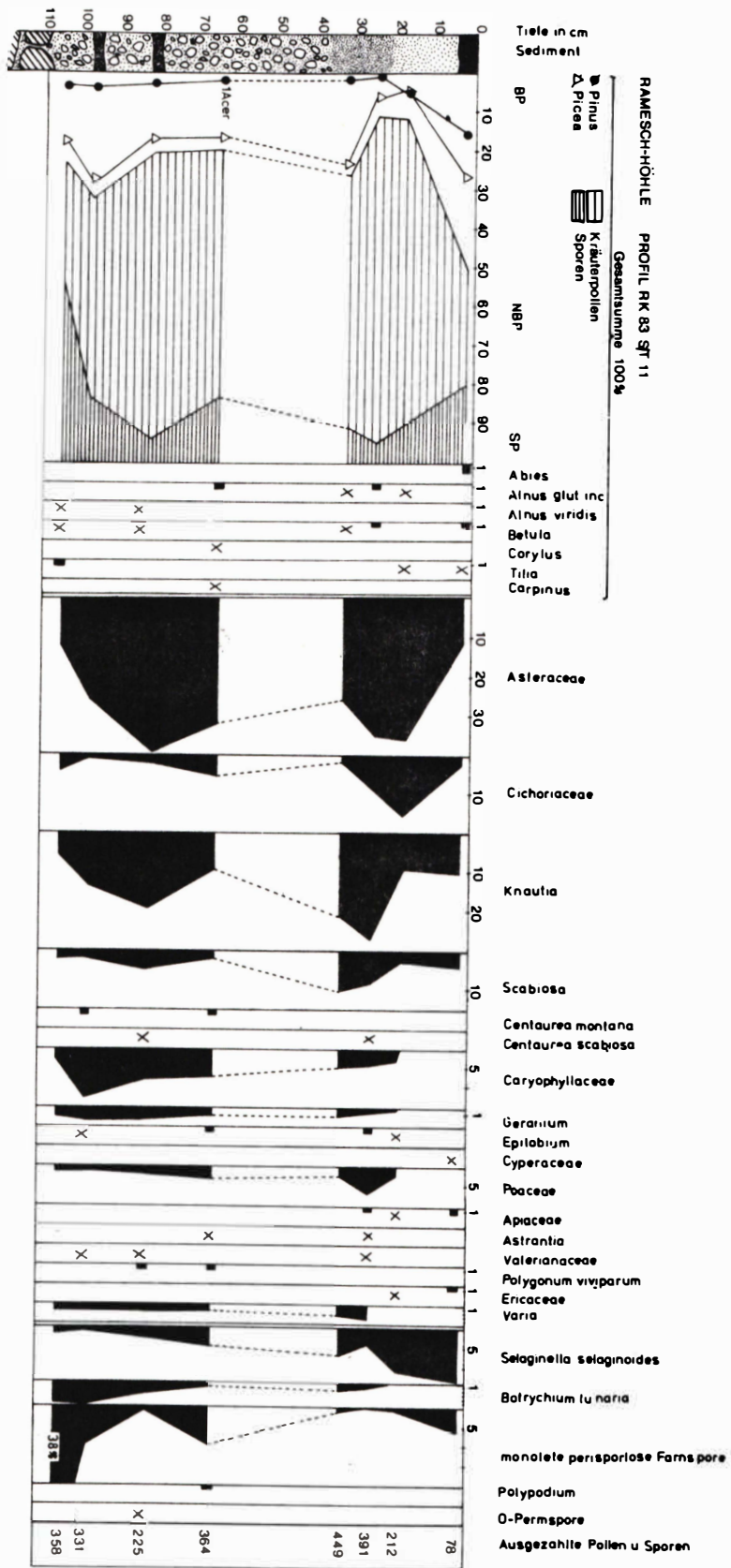


Abb. 13: Pollendiagramm des Profils S 11 / T 11.

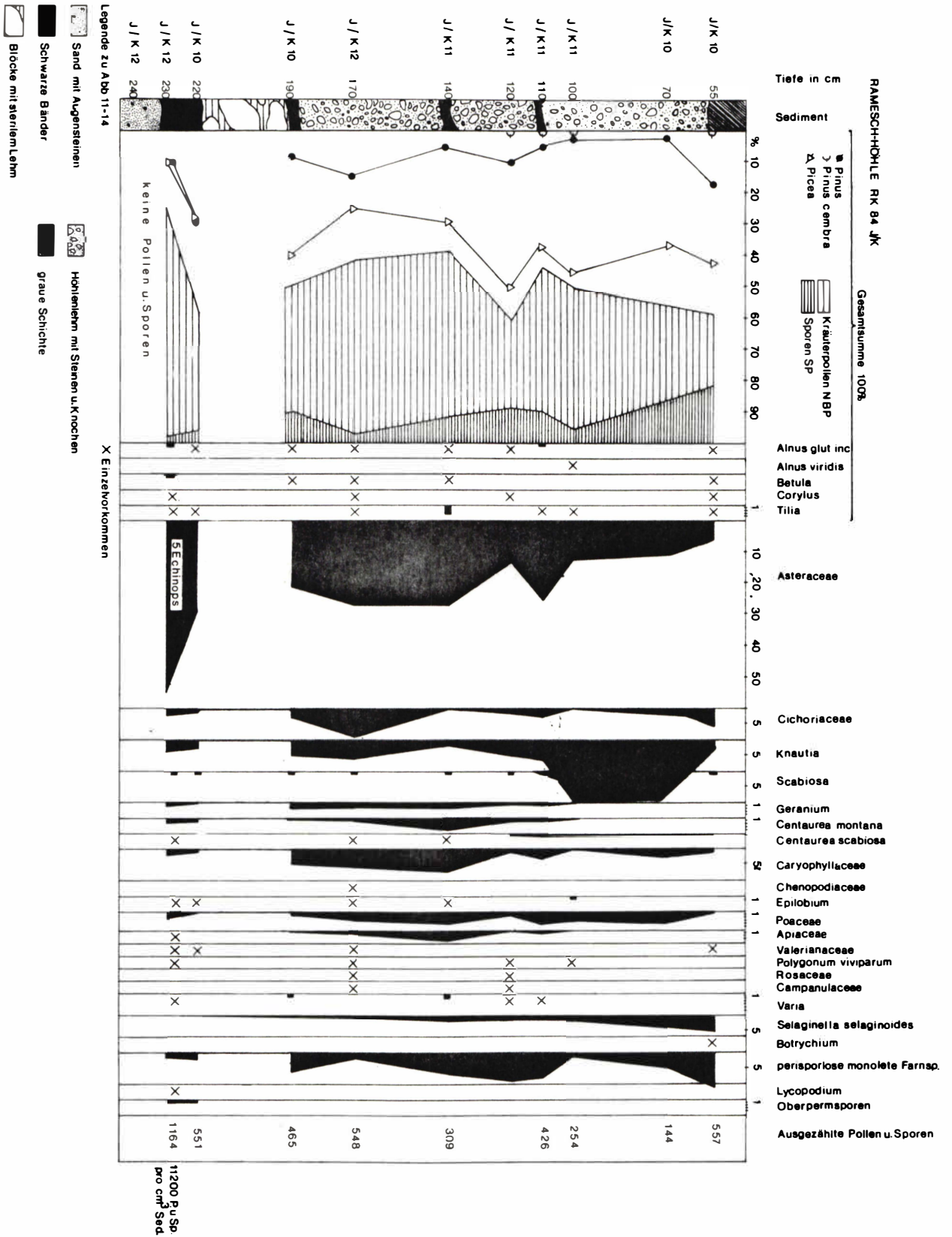


Abb. 14: Pollendiagramm des Querprofils J / K

In Höhlen mit komplizierter Raum- und Sedimentationsfolge, wie in der Zoolithenhöhle, können Faunen mit voneinander stark abweichenden Evolutionsniveaus unterschieden werden, die nur durch chronologische Unterschiede gedeutet werden können.

Schließlich hat diese Untersuchung ergeben, daß der kleinwüchsige Höhlenbär aus der Ramesch-Knochenhöhle einer anderen Entwicklungslinie angehört als der großwüchsige „Tief-land-Bär“. Die geringen Dimensionen der distalen Molaren und die niedrigen Evolutionsniveaus der  $P_4$  (nur knapp über dem Niveau von *U. deningeri*) und des  $P^4$  einerseits und das relativ geringe geologische Alter (60.000 bis 30.000 v. u. Z.) lassen keine andere Deutungsmöglichkeit zu. Ob der Ramesch-Bär als Bewohner des Hochgebirges eventuell andere Spezialisierung v. a. in den Extremitäten herausgebildet hat, sollen künftige quantitativ-morphologische Untersuchungen klären.

Abschließend sei noch vermerkt, daß die ermittelten Evolutions-Niveaus Mittelwerte sind, die ganz verschiedenen Zeitumfängen entsprechen. Nur von den Bärenresten aus der Ramesch-Höhle kennen wir den Zeitbereich, aus dem sie stammen. Der überraschend hohe Anteil von modernen  $P_4$ -Typen in der Kugelstein-Höhle II im Vergleich zu anderen benachbarten Höhlen (Mixnitz und Frauenhöhle) läßt sich dahingehend interpretieren.

#### 2.4. Pollenanalytische Untersuchungen (Abb. 11–14, Tafel 1–2)

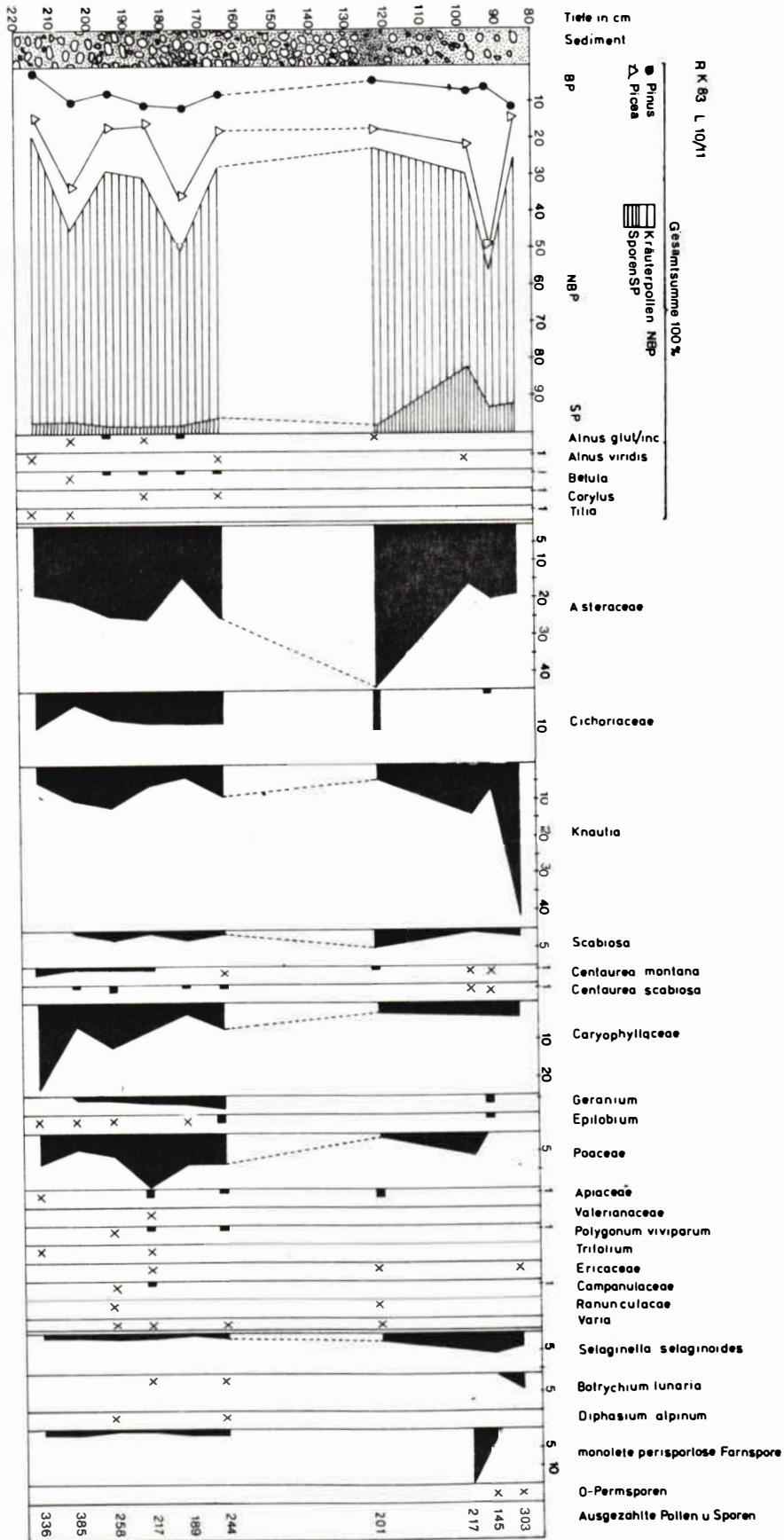
Der Höhleneingang liegt heute bei fast 2000 m in der alpinen Stufe einer alpinen Kalkfelsvegetation mit kleinen Rasenflächen.

Die Entnahme der Proben erfolgte an den während der Grabungen frisch aufgeschlossenen, daher vollkommen ungestörten Profilwänden im eingangsnahen Bereich und auch in dem dahinter gelegenen Teil der Höhle (Abb. 4).

Die Proben wurden soweit wie möglich in 10 cm-Abständen entnommen, mit Ausnahme von den stark mit Grobschutt durchsetzten Lagen. Es wurden bisher 7 Profile (RK 79–I/J, RK 82 U/V, RK 83 L 10/11 (Abb. 11 a und 11 b), RK 83 P/O 11 (Abb. 12), RK 83 S/T 11 (Abb. 13), RK 84 J/K (Abb. 14) mit insgesamt 63 Proben pollenanalytisch ausgewertet.

Der nach der Aufbereitung verbleibende organische Rückstand enthält in nahezu allen Proben neben pflanzlichem Detritus, Cuticeln und Holzresten genügend Pollen und Sporen von vorwiegend gutem bis mittelmäßigem Erhaltungszustand in unterschiedlicher Konzentration. Es konnten fast durchwegs mehr als 200 Pollen und Sporen ausgezählt werden, sodaß ein Vergleich der Pollenspektren der einzelnen Profile durchaus sinnvoll möglich ist. Nur in dem hellen Lehm zwischen den großen Blöcken an der Basis von Profil S/T 11 und Profil RK 79 I–P sind nahezu keine Pollen und Sporen vorhanden. Die Pollenspektren aus den Fundschichten zeichnen sich vor allem durch hohe Prozentsätze und eine Vielfalt an Kräuterpollen aus, wobei besonders auffallend durchgehend die Hochstaudenflurenelemente vertreten sind, wie *Knautia*, *Scabiosa*, *Geranium*, *Epilobium* und *Apiaceae*. Unter den Nichtbaumpollen (NBP) sind in der Rameschhöhle Compositen, vor allem *Asteraceae* (z. B. *Carduus*, *Saussurea*, *Cirsium*) sehr zahlreich und formenreich vorhanden. Besonders das Vorkommen der heute nur als Zierpflanze und als Bienenfutterpflanze in Gärten kultivierten blauen Kugeldistel (*Echinops*) ist hervorzuheben. Einzelne Pollenkörner davon sind bisher in drei Proben aus den schwarzen Schichten der Profile U/V, Probe G, J/K in 225–230 cm und P/O 11 in 80–85 cm nachgewiesen worden. Vergleichbare Pollenspektren mit einem hohen und ähnlich zusammengesetzten Kräuterpollenanteil wurden bisher bereits aus einigen österreichischen (W. KLAUS 1967, I. DRAXLER 1972 a, 1972 b) und Schweizer Höhlen z. T. ausführlich beschrieben (M. WELTEN 1982, E. MÜLLER 1979).

Abb. 11 a: Pollendiagramm des Profils L 10 / L 11.



Es ist anzunehmen, daß die Pollenflora in den Sedimenten aus der Rameschhöhle, wie in der Schlenkendurchgangshöhle in der Osterhorn-Gruppe (Salzburg) (W. KLAUS 1967), aus der Salzofenhöhle im Toten Gebirge (I. DRAXLER 1972 a, 1972 b) und aus der Drachenhöhle bei Mixnitz (I. DRAXLER 1977) zu einem überwiegenden Teil aus dem Magen- und Darminhalt, sowie den Exkrementen der Höhlenbären stammen, da diese vorwiegend Pflanzenfresser waren. Es wurde auch nachgewiesen, daß Pollen und Sporen unverdaut den Darmtrakt beim Braunbären und anderen Wildtieren passieren können (I. DRAXLER 1972 b, E. MÜLLER 1979). Nur dadurch läßt sich der relativ hohe Anteil an Pollen insektenblütiger Kräuter erklären. Ein geringer Teil des Pollens könnte auf sekundärem Weg über den Honig, den der Höhlenbär gelegentlich gefressen haben dürfte, in die Höhle gelangt sein. *Echinops* und *Tilia* wären ein Hinweis dafür. Für die vorwiegend coprogene Herkunft der Pollenflora in den Höhlensedimenten sprechen auch die großen zusammenhängenden Gruppen von unreifen Pollenkörnern von Poaceen, *Knautia*, Caryophyllaceen, z. B., die nur von ganzen Staubgefäßen aus Knospen stammen können. Alle anderen Faktoren, die zur Pollenanreicherung in den Höhlensedimenten führen könnten, wurden bei der Salzofenhöhle überprüft (I. DRAXLER 1972 b). Demnach dürften Windtransport, Einschwemmung durch Sickerwasser und Einschleppung durch andere Tiere oder mit dem Fell keine große Rolle gespielt haben. Auch Fledermäuse, bzw. Fledermausguano kommen dafür nicht in Frage.

Auf Grund der Höhenlage und der besonderen Art der Einbringung der Pollenflora in die Höhle ist ein Vergleich mit Pollenfloren aus anderen Sedimenten zwar nur sehr eingeschränkt möglich, doch geben vor allem die Baumpollen, die in die Sedimente gelangt sind, einen Hinweis auf die Klimabedingungen, die zur Zeit der Ablagerung der Sedimente geherrscht haben. Innerhalb des Baumpollens ist fast durchgehend die Fichte gegenüber der Föhre dominant, wobei die Fichte teilweise auch höhere Prozentsätze bis fast 50 % der Gesamtsumme erreicht (Abb. 12). Am niedrigsten ist der Anteil der Fichte mit 5 % in der grauen Schichte bei Profil S/T 11 (15–20 cm Tiefe) (Abb. 13) und in dem schwarzen Band Profil U/V Probe G. Die Prozentwerte von *Picea* schwanken innerhalb der Profile. Die Unterscheidung der Pinusarten ist auf Grund des Erhaltungszustandes schwer möglich. An klimatisch anspruchsvolleren Gehölzen kommen Linde, Erle, Birke, Tanne, Hainbuche, Ulme und Hasel nur spärlich und nicht durchgehend vor. In dem unteren schwarzen Band in Profil P/O 11 (Abb. 12) ist der Prozentsatz der Fichte geringer als in den darüberliegenden Schichten und außerdem kommen zusätzlich auch einige wärmeliebendere Arten vor, nämlich *Tilia*, *Corylus* und *Carpinus*. Es dürfte sich um den gleichen Horizont wie in Profil U/V, Probe G handeln, in dem ebenfalls in einem dunklen Band neben Föhre und Fichte, die klimatisch anspruchsvolleren Gehölze auftraten. In einer Probe nahe der Oberfläche (S/T 11, 0–5 cm) tritt *Abies* häufiger und *Fagus* vereinzelt auf. Da die angeführten wärmeliebenden Elemente nur in niedrigen Prozentsätzen (< 3%) und nicht durchgehend vorkommen, ist sicher nicht mit größeren Beständen zu rechnen. Vergleichsweise setzt sich der rezente Pollenniederschlag in den Moospolstern beim Höhleneingang hauptsächlich aus *Pinus*, weniger *Pinus cembra* und *Picea* zusammen. Aus tieferen Vegetationsstufen gelangen in geringem Prozentsatz auch Laubgehölzpollen (*Fagus*, *Corylus*) bis zum Höhleneingang hinauf. Nichtbaumpollen und Sporen sind sehr wenige erhalten (35 % *Pinus*, 8 % *Pinus cembra*, 37 % *Picea*, 1 % *Abies*, 2 % *Fagus*, 4 % *Betula*, 2 % *Alnus*, 2 % *Corylus*, 7 % NBP, 2 % Sporen). Man muß bei der Interpretation der fossilen Pollenflora in Erwägung ziehen, daß auch beim aktuellen Pollenniederschlag in der alpinen Stufe in gehölzfreiem Gebiet eine Waldvegetation vorgetäuscht wird.

Von den in den Höhlensedimenten vorkommenden Kräuterpollen ist in dem rezenten Pollenniederschlag in den Moospolstern so gut wie nichts zu finden, obwohl die entsprechenden Pflanzen auch heute noch reichlich in tieferer Lage in mittlerer Höhe in der weiteren Umgebung der Höhle vorkommen. Die Pollenflora aus den Ramesch-Höhlensedimenten könnte auf Grund ihrer Zusammensetzung vorwiegend aus hochstaudenreichen Fichtenwäldern stammen, wie sie



heute in der unteren subalpinen Vegetationsstufe etwa zwischen 1400 bis 1600 m gedeihen. Es hat den Anschein, daß diese oder ähnliche Pflanzengemeinschaften die entsprechende Nahrungsgrundlage für den Höhlenbären gebildet haben.

An Sporen kommen vor allem *Selaginella selaginoides*, *Botrychium lunaria* und eine glatte perisporlose Farnsporenart fast durchgehend nicht selten bis häufig vor, was als Hinweis auf feuchteres Klima gelten kann. *Selaginella selaginoides* und *Botrychium lunaria* sind Zeiger einer lichtliebenden fortgeschrittenen alpinen Vegetation. In der grauen Schichte (Profil S/T 11, 15–20 cm, U/V Probe A) sind die Werte von *Selaginella selaginoides* höher.

In verschiedenen Proben kommen besonders in der Nähe der Basis (K/L 10, 210–215 cm, J/K 220–230 cm) Haselgebirgssporen (*Lueckisporites*, *Taeniaesporites*) vor. Es wäre denkbar, daß der Höhlenbär auf einen Haselgebirgsaufschluß mit Salz gestoßen ist, wie bei der Gameingalm (1346 m) z. B., oder daß diese Sporen aus einem höhlenfremden Gestein eingeschwemmt wurden. In der Salzofenhöhle (I. DRAXLER 1972 b) und in der Schlenken-Höhle (W. KLAUS (1967) sind ebenfalls vereinzelt Permsporen in den Höhlensedimenten gefunden worden.

Für die zeitliche Einstufung der Fundschichten käme generell in Hinblick auf die Werkzeug- und Knochenfunde entweder das R/W Interglazial oder die Würmzeit in Betracht. Ein Teil der großklimatisch bedingten Waldzeitenfolge dieses Pleistozänabschnittes ist in Mitteleuropa bereits aus einigen langen Profilen, wie aus Grande Pile im Westen der Vogesen (Frankreich, G. WOILLARD 1978), der Schweiz (Meilkirch bei Bern, Dürnten, M. WELTEN 1982, S. WEGMÜLLER 1985), aus Bayern (Samerberg, E. GRÜGER 1979, 1983) und von einem einzigen durchgehenden Profil auch aus Österreich bekannt (W. KLAUS 1975, 1976, 1983). Eine Besonderheit dieses vom Kalkalpennordrand bei Mondsee stammenden Pollendiagramms (des Riß/Würm-Interglazials) ist der große Fichtenreichtum. Zur Zeit der maximalen Ausbreitung der Fichte wandern Tanne und Hainbuche während des Klimaoptimums ein.

Die anspruchsvollere Gehölzvegetation im Pollendiagramm von Mondsee (W. KLAUS 1975) mit Eibe und Stechpalme weist vor allem auf mildere Winter und mehr ozeanisch getöntes Klima im Wärmeoptimum hin.

Von den bisher untersuchten Proben aus der Rameschhöhle stammt eine einzige aus der Schicht G über den Augensteinschichten, die nach den absoluten Daten dem Riß/Würm-Interglazial zuzurechnen sind. Das Pollenspektrum dieser Probe unterscheidet sich nur geringfügig von den Proben des hangenden Sediment-Paketes, indem *Carpinus* und andere wärmeliebende Formen etwas häufiger auftreten. Die Differenzen sind aber so gering, daß man für die Zeit, in der die Hauptmasse der Sedimente abgelagert wurde und die nach absoluten Daten (64 bis 32 ka) der Isotopenstufe 3 entspricht, mit einem ähnlichen Klima rechnen müßte wie für das Riß/Würm-Interglazial. In diesem zeitlichen Bereich liegt auch die <sup>14</sup>C-Bestimmung von Pollen, Sporen und pflanzlichem Detritus aus der Höhlenbärenschihte der Salzofenhöhle (2005 m) im Toten Gebirge, die ein Alter von VRI 492 31.200 ± 1100 BP ergeben hat (FELBER, 1978).

Die weitere würmzeitliche Vegetationsentwicklung, wie sie sich aus dem Pollendiagramm vom Pichlerhang nahe beim Steinerbach bei Mondsee ableiten läßt (W. KLAUS 1983), weist nach der interglazialen Wärmezeit vier Interstadiale mit jeweils dazwischenliegenden kaltzeitlichen Unterbrechungen auf. Keines dieser Interstadiale erreicht die Intensität der Erwärmung und Wiederbewaldung, wie das letzte Interglazial. Es handelt sich um Fichteninterstadiale mit einem geringen Anteil von wärmeliebenden Gehölzen (1–3 %), der im 4. Interstadial auch wegfällt. Die längste und wärmste war nach dem Pollendiagramm vom Pichlerhang das 3. Interstadial, das an der Obergrenze ein <sup>14</sup>C-Alter von > 36050 Jahren ergeben hat. Es ist auf Grund

des Polleninhaltes anzunehmen, daß in den Tallagen von Mondsee Fichtenwälder mit einigen wärmeliebenden Gehölzen verbreitet waren. Das würde aber, verglichen mit heutigen Verhältnissen, doch eine erhebliche Waldgrenzabsenkung bedeuten und auf ein kühleres Klima als heute hinweisen. Es ist fraglich, ob unter diesen Voraussetzungen eine Begehung der Höhle durch Mensch und Tier möglich war. Auch die anderen, oben genannten, langen Pollendiagramme vom Samerberg, aus der Schweiz und Grande Pile (Frankreich) zeigen nach dem Interglazial, nach einem deutlichen Kältevorstoß, der zu einer Vernichtung der Waldvegetation führte, bis zu vier miteinander korrelierbare Interstadiale zwischen 70000 und 55000 Jahren v. u. Z. (M. WELTEN 1981). Das 2. Interstadial weist in dem Diagramm von Grande Pile (330 m ü. M.) sogar relativ hohe Werte klimatisch anspruchsvoller Laubgehölze auf, was mit einem günstigen Klima und der Lage der Refugien zusammenhängen dürfte. Außer diesem einen durchgehenden Profil bei Mondsee geben noch einige kürzere Profile für die Rekonstruktion des Klimas und der Vegetation vor allem des Mittleren Würm vor dem Hochglazial im Oberen Würm Hinweise. Die pollenanalytischen Untersuchungen und  $^{14}\text{C}$ -Datierungen der Schieferkohlen von Nieselach im Gailtal und der Seesedimente im Freibachtal in den östlichen Karawanken (H. FELBER & D. van HUSEN, 1976, A. FRITZ, 1975), sowie die sedimentologische und quartärgeologische Bearbeitung (D. van HUSEN, 1980) haben gezeigt, daß innerhalb des Würm in einem vor der Zeit der Bildung der Bändertone von Baumkirchen im Inntal (F. FLIRI 1983, S. BORTENSCHLAGER 1983) gelegenen Abschnitt um 35000 J. v. h. in Kärnten durchaus die klimatischen Voraussetzungen für die Bewaldung mit Fichte, Rotbuche und Tanne, ähnlich wie im Postglazial, gegeben waren (A. FRITZ 1975). Es gibt noch einige andere würmzeitliche Kurzprofile wie die von Moränen zu Schieferkohlen gepreßten Niedermoor-torfe von Schladming im Ennstal (I. DRAXLER & D. van HUSEN 1978), ein Schieferkohlen-vorkommen in Salzburg (G. TICHY 1980), humose Tone unter Schottern und Moräne bei Hohentauern (I. DRAXLER & D. van HUSEN 1978), sowie ein Torfvorkommen in einem Schotterkörper bei Haag (NÖ) (H. FISCHER 1971), deren pollenanalytische Untersuchungen bestenfalls das Vegetationsbild von Fichten/Föhrenwäldern mit einigen wärmeliebenden Elementen (*Abies*, *Tilia*, *Ulmus*) lieferten. Die  $^{14}\text{C}$ -Daten aus den organogenen Sedimenten liegen zwischen  $30100 \pm 1000$  J. v. u. Z. (Hohentauern) und  $35.400 \pm 4100$  J. v. u. Z. (Schieferkohle von Salzburg) in einem mittelwürmzeitlichen Abschnitt. Verschiedene süddeutsche Schieferkohlenvorkommen aus dem Gebiet der Würmvergletscherung liegen nach den  $^{14}\text{C}$ -Daten im Zeitbereich von 37000 – 65000 J. v. u. Z. (P. PESCHKE 1983). Die pollenanalytischen Untersuchungen zeigen verschiedene Vegetationsbilder. Die besten klimatischen Voraussetzungen für eine geschlossene Waldbildung, vorwiegend mit Fichte und einigen wärmeliebenden Elementen, waren um 65000 J. v. u. Z. gegeben. Alle diese Schieferkohlenvorkommen können bis jetzt noch nicht einer bestimmten Klima- und Vegetationsphase des Würm in Mitteleuropa zugeordnet werden und auch noch nicht sicher mit nordeuropäischen Interstadialen korreliert werden.

Die vom Fundinventar und der Entstehung vergleichbaren Höhlensedimente aus der Wildkirchli-Höhle in der Säntisgruppe sind nach M. WELTEN 1982 im ausgehenden R/W und hauptsächlich während des Würm im Früh- und Mittelwürm gebildet worden, wobei eine Zuordnung zu den jeweiligen Interstadialen nicht möglich ist, da absolute Daten noch ausstehen. Nach den Ergebnissen der pollenanalytischen Untersuchungen von 11 Schweizer und Vorarlberger Höhlen, scheinen sich die Höhlenbärenschichten nach Meinung von E. MÜLLER 1979 doch vorwiegend in einem Frühwürminterstadial, und zwar in einem, das zeitlich dem nordeuropäischen Brørup-Interstadial entspricht, gebildet zu haben, da der Gehalt an wärmeliebenden Elementen für ein Interglazial zu gering ist und das Brørup-Interstadial nach den bisherigen Ergebnissen die günstigsten klimatischen Voraussetzungen für die Besiedlung, vor allem der hochgelegenen Höhlen, geboten hat; absolute Daten fehlen aber auch hier.

Auf Grund der pollenanalytischen Untersuchungen der Sedimente von der Ramesch-Höhle kann man jedenfalls annehmen, daß sich der Höhleneingang nicht sehr weit weg vom wald-

grenznahen Bereich befunden hat, wo der Höhlenbär die ihm zusagenden Bedingungen mit sehr kräuterreichen Pflanzengesellschaften zur Nahrungssuche vorgefunden hat. Die heutige Waldgrenze liegt in dem weidewirtschaftlich genutzten Gebiet etwa zwischen 1500 und 1700 m, die Baumgrenze um ca. 100 m höher. Ungünstigere Klimabedingungen gegenüber heute würden eine Absenkung der Waldgrenze und eine Verkürzung der Vegetationsperiode bedeuten. Infolgedessen hätte der Höhlenbär ständig eine sehr große Höhendifferenz bewältigen müssen, um an die entsprechenden Nahrungspflanzen heranzukommen.

### 3. Datierung der Knochenfunde

Wie bereits erwähnt, läßt die Anwesenheit des Höhlenbären in so großer Höhe auf günstigere klimatische Bedingungen schließen, als sie heute in der hochalpinen Umgebung der Ramesch-Höhle herrschen. Es lag daher die Vermutung nahe, daß die zu datierenden Höhlenbären-Knochen aus dem Riß-Würm-Interglazial stammen könnten – also aus einer Periode, die mehr als etwa 70 000 Jahre v. u. Z. zurückzudatieren wäre. Dieser Zeitbereich liegt derzeit noch außerhalb der Altersgrenze für Kollagen-Datierungen nach der  $^{14}\text{C}$ -Methode, ist aber der Uran-Serien-Methode im Prinzip zugänglich. Die Uran-Serien-Methode wurde erfolgreich zur absoluten Datierung verschiedener Probenmaterialien eingesetzt; darunter besonders fossile Korallen (siehe KU, 1976 und dort zitierte Literatur), Travertin (SCHWARCZ, 1980) aber auch Mollusken-Schalen (z. B. SZABO & ROSHOLT, 1969; HILLE, 1979) und fossile Knochen (z. B. BISCHOFF & ROSENBAUER, 1981; KORKISCH et al., 1982). Wir konzentrierten uns daher zunächst besonders auf die Anwendung der Uran-Serien-Methode zur absoluten Datierung der Höhlenbären-Knochenfunde und auf die besondere Problematik, die gerade Knochenproben mit sich bringen.

#### 3.1. Die physikalischen und chemischen Grundlagen der Uran-Serien-Methode

Da es ausgezeichnete Darstellungen der Methode bereits in der Literatur gibt (siehe z. B. KU, 1976) und die mehr technischen Details in gesonderten Publikationen beschrieben wurden (HILLE, 1979; KORKISCH et al., 1982; MAIS et al., 1982), können wir uns hier relativ kurz fassen. (Eine deutschsprachige Beschreibung ist auch in FELBER & HILLE, 1982 enthalten.)

Uran ist bekanntlich das schwerste Element, das trotz seiner Radioaktivität seit der Bildung der Elemente teilweise überlebt hat und daher auf der Erde noch mit nennenswerter Häufigkeit vorkommt. Sowohl das Hauptisotop  $^{238}\text{U}$  mit einer Halbwertszeit für  $\alpha$ -Zerfall von etwa  $4,5 \cdot 10^9$  Jahren, als auch das seltene, als Kernbrennstoff bedeutsame, Isotop  $^{235}\text{U}$  mit einer Halbwertszeit von etwa  $7 \cdot 10^8$  Jahren, sind Ausgangspunkte von Zerfallsreihen, die nach einer Serie von  $\alpha$ - und  $\beta$ -Zerfällen, über instabile Radioisotope verschiedener Elemente, schließlich bei den stabilen Blei-Isotopen  $^{206}\text{Pb}$ , bzw.  $^{207}\text{Pb}$  enden.

Entsprechend den Gesetzmäßigkeiten des radioaktiven Zerfalls streben diese Zerfallsreihen dem Zustand radioaktiven Gleichgewichts zu, in dem die Verhältnisse der Aktivitäten der einzelnen radioaktiven Zerfallsprodukte der Serien zeitlich konstant bleiben. Für die Erde als Ganzes gesehen, muß sich dieses Gleichgewicht längst bis auf unmeßbare Abweichungen eingestellt haben, da die Erde praktisch ein abgeschlossenes System darstellt, und die Halbwertszeiten sämtlicher radioaktiver Folgeprodukte von  $^{235}\text{U}$  und  $^{238}\text{U}$  kurz sind gegen das Alter der Erde.

Geochemisch unterschiedliches Verhalten der verschiedenen Familienmitglieder der radioaktiven Zerfallsreihen kann in der Natur jedoch zu deren Separation und damit lokal zu beträcht-

lichen Abweichungen vom radioaktiven Gleichgewicht führen. Sobald aber eines dieser Radionuklide wieder an einer Stelle isoliert angesiedelt wird, an der sich die Entwicklung des nachfolgenden Teils der Zerfallsreihe abgeschlossen von der Umgebung vollziehen kann, beginnt wieder der Aufbau des radioaktiven Gleichgewichts; die Abweichung von diesem Gleichgewicht ist ein Maß für die seither verstrichene Zeit.

Dieser Vorgang bildet die Basis für die Uran-Serien-Methode zur Altersbestimmung an Probenmaterial, in das ein geeignetes Mitglied der Zerfallsreihen eingewandert ist.

Es gibt hier eine Fülle von Möglichkeiten – wir beschränken uns aber auf die Beschreibung einer Variante der Methode, die den selektiven Einbau von Uran, separiert von den unmittelbaren Folgeprodukten Thorium und Protactinium, in Probenmaterialien wie Korallen, Muschelschalen, Karbonatsinter und besonders Knochen nutzt.

Die in den Proben zunächst nicht (oder zumindest fast nicht) enthaltenen  $\alpha$ -Aktivitäten, speziell von  $^{230}\text{Th}$  (Mitglied der bei  $^{238}\text{U}$  beginnenden Uran-Radium-Reihe) und  $^{231}\text{Pa}$  (Mitglied der Uran-Actinium-Reihe beginnend mit  $^{235}\text{U}$ ), wachsen in den Proben entsprechend dem Zerfallsgesetz nach.

Die Geschwindigkeit der Annäherung an das Gleichgewicht wird im Falle der Uran-Actinium-Reihe von der Halbwertszeit des  $^{231}\text{Pa}$  mit etwa 32800 Jahren bestimmt. Aus meßtechnischen Gründen ist der datierbare Zeitraum auf etwa 3–4 Halbwertszeiten und damit auf etwa  $10^5$  Jahre beschränkt, da sehr kleine Abweichungen von der Gleichgewichtsaktivität im Rahmen praktisch erreichbarer statistischer Zählgenauigkeiten nicht mehr nachweisbar sind. Im Falle der Uran-Radium-Reihe sind die Verhältnisse insofern etwas komplizierter, als die Halbwertszeit des  $^{230}\text{Th}$  mit etwa 75 400 Jahren nicht allein entscheidend ist. In dieser Zerfallsreihe tritt zwischen der Muttersubstanz  $^{238}\text{U}$  und  $^{230}\text{Th}$  ein weiteres Uran-Isotop,  $^{234}\text{U}$ , als langlebiges ( $T_{1/2} \cong 2,5 \cdot 10^5$  Jahre) Zwischenprodukt auf. Dieses  $^{234}\text{U}$  hat wegen seiner Bildung bei einem radioaktiven Zerfall andere geochemische Eigenschaften als  $^{238}\text{U}$  (und  $^{235}\text{U}$ ). Die Folge können beträchtliche Abweichungen des Verhältnisses  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  vom Gleichgewichtswert sein. (So findet man beispielsweise in den Weltmeeren einen  $^{234}\text{U}$ -Überschuß von etwa 15 %.) Diese Komplikation bietet zwar keine prinzipielle Schwierigkeit (bezüglich einer mathematischen Behandlung siehe z. B. HILLE, 1979), der datierbare Zeitbereich hängt hier aber vom  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -Isotopenverhältnis des in die Probe eingewanderten Uran ab und kann in günstigen Fällen  $3 \cdot 10^5$  Jahre übersteigen.

Jedenfalls ist es nach dem bisher Gesagten im Prinzip möglich, Proben der genannten Art sowohl durch Messung der Abweichung vom Gleichgewicht in der Uran-Actinium-Reihe („ $^{231}\text{Pa}/^{235}\text{U}$ -Alter“), als auch unabhängig davon in der Uran-Radium-Reihe („ $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Alter“) zu datieren.

Relativ gut für solche Datierungen scheinen sich Korallen zu eignen (siehe KU, 1976 und dort zitierte Literatur). Korallen lagern aragonitische Skelette ab, die einige ppm Uran aus dem Meerwasser und praktisch kein Thorium und Protactinium enthalten. Nach Absterben der Organismen verhalten sich Korallenskelette bis zu ihrer Rekristallisation zu Kalzit als geschlossene Systeme, die weder Uran, noch dessen Folgeprodukte mit der Umgebung austauschen. Datierungen an unveränderten Korallen ergeben daher in der Regel übereinstimmende („konkordante“)  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ - und  $^{231}\text{Pa}/^{235}\text{U}$ -Alter, die auch mit anderen Datierungen, wie  $^{14}\text{C}$ , übereinstimmen (Literatur zitiert bei KU, 1976).

Anders ist die Situation jedoch im Fall von Mollusken-Schalen und Knochen gelagert. Besonders fossile Knochen enthalten i. a. wesentlich mehr Uran, als entsprechende Proben von lebenden Organismen – es wurden U-Konzentrationen von über 100 ppm festgestellt. Diese U-Konzentration muß überwiegend sekundären Ursprungs sein. Man nimmt an, daß die U-Aufnahme mit dem Chemismus der Verwesung des organischen Materials zusammenhängt. Der

Prozeß scheint nach wenigen tausend Jahren zum Stillstand zu kommen, was man aus Vergleichsdatierungen nach der  $^{14}\text{C}$ -Methode an relativ jungen Proben schließen kann (KU, 1976 und dort zitierte Literatur).

Die Datierung von Knochenproben nach der U-Serien-Methode erweist sich aber deshalb als problematisch, weil Knochen offenbar häufig, auch nach der Uran-Aufnahme unmittelbar nach Absterben des Organismus, Uran und/oder dessen Folgeprodukte mit ihrer Umgebung austauschen. (Bezüglich der Datierungsmöglichkeiten bei solchen „offenen Systemen“ siehe z. B. HILLE, 1979.) Exakte Datierungen von Knochen nach der Uran-Serien-Methode, unabhängig von Modellannahmen bezüglich des Austausches mit der Umgebung, sind demnach offenbar nur möglich, wenn man zeigt, daß sich die Proben einer Fundstelle als geschlossene Systeme verhalten haben.

Man muß daher verlangen, daß zumindest für einige Proben einer Fundstelle überprüft wird, ob mindestens eine zweite unabhängige Methode das gleiche Alter ergibt. Eine Möglichkeit im Falle junger Proben ist der Vergleich mit  $^{14}\text{C}$ -Datierungen, eine andere, die Konkordanz von  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ - und  $^{231}\text{Pa}/^{235}\text{U}$ -Alter zu zeigen.

### 3.2. Die praktische Ausführung der Uran-Serien-Datierung von fossilen Knochen

Die im vorhergehenden Abschnitt besprochenen Abweichungen vom radioaktiven Gleichgewicht werden über die Messung von  $\alpha$ -Aktivitäten bestimmt. Die Urankonzentrationen in den fossilen Knochen können je nach Fundstelle und den dort herrschenden Verhältnissen, wie bereits erwähnt, stark variieren (einige ppm bis einige hundert ppm). Die Proben von der Knochenhöhle am Ramesch enthielten relativ sehr wenig Uran, was zur Folge hatte, daß mit wesentlich mehr als 1 g Probenmaterial gearbeitet werden mußte, um in vernünftig kurzen Meßzeiten (einige Tage) ausreichende statistische Genauigkeit der  $\alpha$ -Aktivitätsbestimmungen zu erreichen.

Eine direkte physikalische Analyse der  $\alpha$ -Aktivitäten an chemisch nicht aufgearbeiteten Proben ist vor allem aus zwei Gründen sehr schwierig: Erstens haben die  $\alpha$ -Strahlen im Probenmaterial nur kurze Reichweiten (einige  $10\ \mu\text{m}$ ) und treten daher überwiegend aus den Proben gar nicht aus, bzw. nur stark abgebremst. Eine Bestimmung der Energie und damit eine saubere Trennung der einzelnen  $\alpha$ -Komponenten, die von den U-hältigen Proben ausgesandt werden, in denen die Uran-Zerfallsreihen teilweise nachgewachsen sind, ist damit zweitens kaum möglich. Diese Schwierigkeiten kann man durch chemische Abtrennung der nahezu gewichtslosen  $\alpha$ -radioaktiven Elemente umgehen, aus denen man, etwa durch elektrolytische Verfahren, dünne  $\alpha$ -Präparatschichten herstellt. Die  $\alpha$ -Strahlen aus diesen, nach Elementen getrennten, dünnen Präparaten, können dann mit einem geeigneten  $\alpha$ -Spektrometer gemessen, und die Aktivitäten der verschiedenen Radioisotope ( $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{231}\text{Pa}$ ) quantitativ bestimmt werden.

Eine chemische Prozedur, besonders für die Abtrennung von Uran und Thorium aus Knochen entwickelt, sowie Details der elektrolytischen Herstellung der  $\alpha$ -Präparate, wurden bereits von KORKISCH et al., 1982, beschrieben. Zur Bestimmung der Ausbeuten des gesamten Verfahrens wird das künstliche Radioisotop  $^{232}\text{U}$  im radioaktiven Gleichgewicht mit seinem Tochterprodukt  $^{228}\text{Th}$  in bekannter Menge vor der chemischen Trennung zugesetzt.

Aus den mit Hilfe eines Silizium-Halbleiterdetektors aufgenommenen  $\alpha$ -Spektren lassen sich die interessierenden Aktivitätsverhältnisse  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ,  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  und  $^{231}\text{Pa}/^{235}\text{U}$  quantitativ gewinnen, wobei die  $^{231}\text{Pa}$ -Aktivität über das Folgeprodukt  $^{227}\text{Th}$ , in das  $^{231}\text{Pa}$  rasch (verglichen mit den zu datierenden Zeiträumen) zerfällt, gemessen wird (MANGINI & SONNTAG, 1977).

Abb. 15 zeigt typische Beispiele für solche  $\alpha$ -Spektren der Uran- und Thorium-Fractionen aus Knochenproben. Den Spektren der Th-Fraktion kann man auch entnehmen, ob Thorium in die Probe eingewandert ist, da dann die  $\alpha$ -Linie des langlebigen Hauptisotops  $^{232}\text{Th}$  in den Spektren sichtbar wird. Datierungen von Proben, in die Thorium in größeren Mengen eingewandert ist, sind problematisch, da in der Regel nicht feststellbar ist, welches Aktivitätsverhältnis  $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$  die eingewanderte Störung hatte, sodaß die für die Datierung wichtige Aktivität des radiogenen  $^{230}\text{Th}$  (aus dem Zerfall von  $^{234}\text{U}$ ) nicht genau bestimmbar ist. Im Falle der Knochenproben vom Ramesch ergab sich daraus jedoch kein besonderes Problem, da nur sehr wenig  $^{232}\text{Th}$  festgestellt wurde.

Als problematisch erwies sich dagegen die sehr geringe U-Konzentration in den Proben. Für die Erstellung eines statistisch genauen  $^{231}\text{Pa}/^{235}\text{U}$ -Alters dieser Proben hätten wir mit Probenmengen von über 100 g arbeiten müssen, was angesichts des komplexen chemischen Analysenverfahrens einen großen Aufwand bedeutet. Da, entgegen der ursprünglichen Erwartung, die jüngsten Proben  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Alter ergaben, die sehr wohl innerhalb der Reichweite der  $^{14}\text{C}$ -Methode lagen, konnte diese absolute Datierungsmethode als unabhängige Kontrolle herangezogen werden, worauf weiter unten genauer eingegangen wird.

### 3.3. Resultate der Uran-Serien-Datierungen

Es war unser erklärtes Ziel, ein möglichst genaues Bild von den Vorgängen in der Ramesch-Höhle und ihrer zeitlichen Abfolge zu erhalten. Wir haben uns daher nicht auf die sporadische Datierung einiger weniger Proben beschränkt, sondern verschiedene Proben aus mehreren Grabungsperioden (1980–1983), aus verschiedenen Quadranten und Tiefen bearbeitet.

Die Ergebnisse der U-Serien-Messungen sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Die erste Spalte der Tabelle kennzeichnet die Proben nach Grabungsjahr, Profil, Quadrant und Tiefe des Fundorts. Die Tiefenangabe bezieht sich auf die fixe Nullmarke, nicht auf den Abstand von der Oberfläche der Sedimente – sie kann daher wegen der manchmal sehr schrägen Schichtung der Sedimente nur innerhalb einer Gruppe von Proben mit gleicher Kennung als ein Maß für die relative zeitliche Position der Proben herangezogen werden. Für eine Gesamtbeurteilung der relativen Position der Proben wird auf die Profile in den Abbildungen 16 bis 18 verwiesen, in denen Fundstelle und Alter der datierten Proben eingezeichnet wurden. Die dritte Spalte gibt die Urankonzentration in den Knochenproben in Gewichtsanteilen von  $10^{-6}$  (= ppm) an. Die vierte und fünfte Spalte enthalten die für die Datierung („ $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ “ oder „U-Th-Alter“) wesentlichen Aktivitätsverhältnisse  $^{238}\text{U}/^{234}\text{U}$  und  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ , einschließlich der sich aus der Zählstatistik ergebenden Fehler in %. Die letzte Spalte zeigt das U-Th-Alter der Proben mit den im allgemeinen asymmetrischen Fehlern, die sich aus den einfachen statistischen Fehlern der Aktivitätsmessungen ergeben.

(Auf die Angabe von Aktivitätsverhältnissen  $^{231}\text{Pa}/^{235}\text{U}$  wurde verzichtet, da, wegen des geringen U-Gehalts der Proben, die  $^{227}\text{Th}$ -Zählraten, aus denen auf  $^{231}\text{Pa}$  geschlossen werden kann, so klein, und damit die statistischen Fehler so groß waren, daß keine zusätzliche Information daraus gewonnen werden konnte.)

Das Ergebnis der U-Th-Datierungen läßt sich in einer ersten Zusammenfassung grob, wie folgt, darstellen:

- 1) Fast die gesamte Mächtigkeit der Sedimente ist nach der U-Th-Datierung einem Altersbereich von etwa 35 000 – 65 000 Jahre v. u. Z. zuzuordnen.
- 2) Einige wenige Knochenfunde aus den tiefsten Schichten, knapp über dem Höhlenboden, meist zwischen Augensteinen gelagert, zeigen Alter von mehr als 100 000 Jahren und könn-

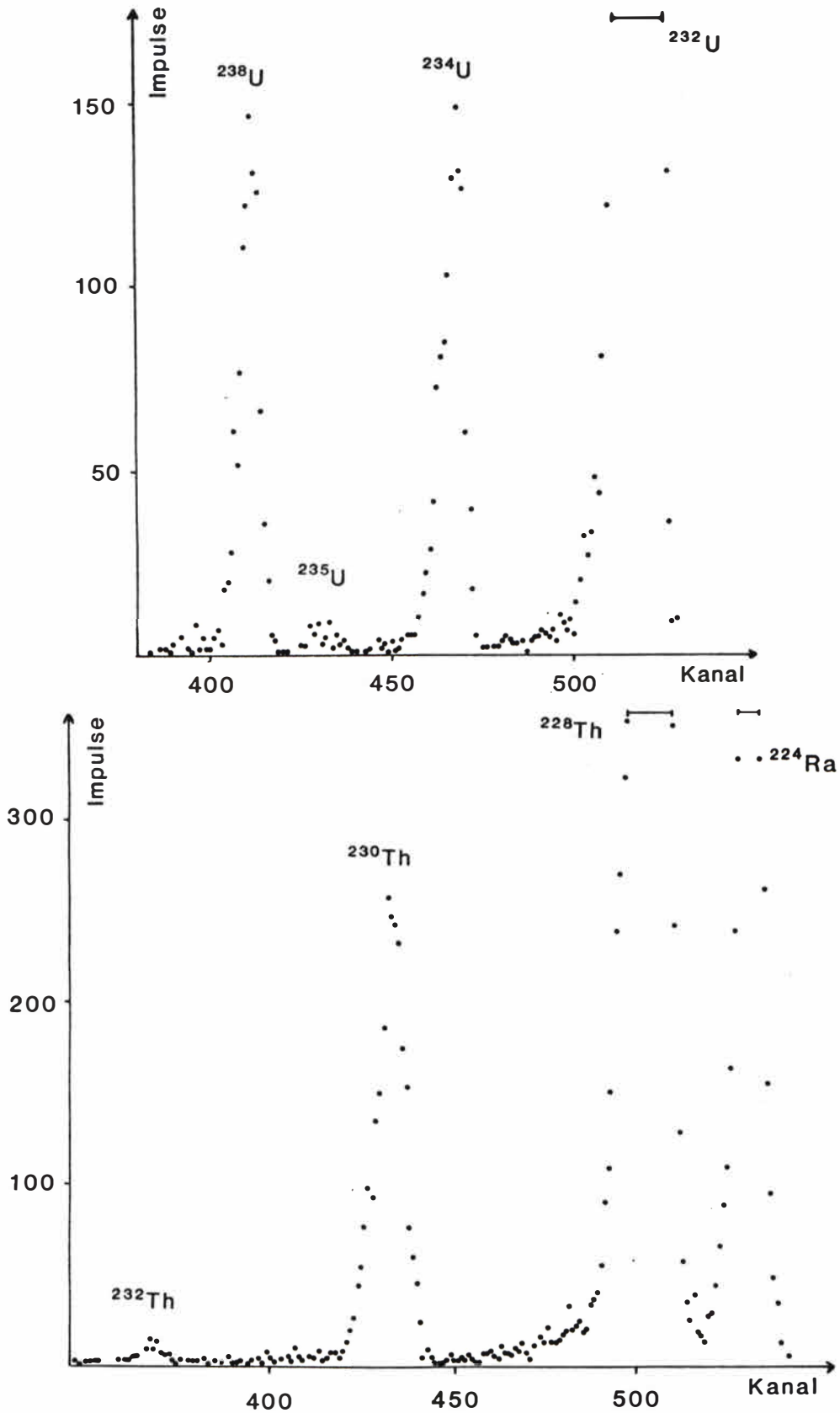


Abb. 15: Die Abbildung zeigt ein typisches Uran- bzw. Thoriumspektrum.  $^{232}\text{U}$  bzw.  $^{228}\text{Th}$  wurde als radiochemischer Spike zugesetzt, um die Ausbeute des gesamten Verfahrens bestimmen zu können. Die Aktivität des im Thoriumspektrum auftretenden langlebigen Hauptisotopes  $^{232}\text{Th}$  ist so gering (Aktivitätsverhältnis  $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th} = 20.5 \pm 9\%$ ), daß eine wesentliche Störung durch in die Probe eingewandertes Thorium ausgeschlossen werden kann ( $^{224}\text{Ra}$  ist Tochterprodukt von  $^{228}\text{Th}$ ).

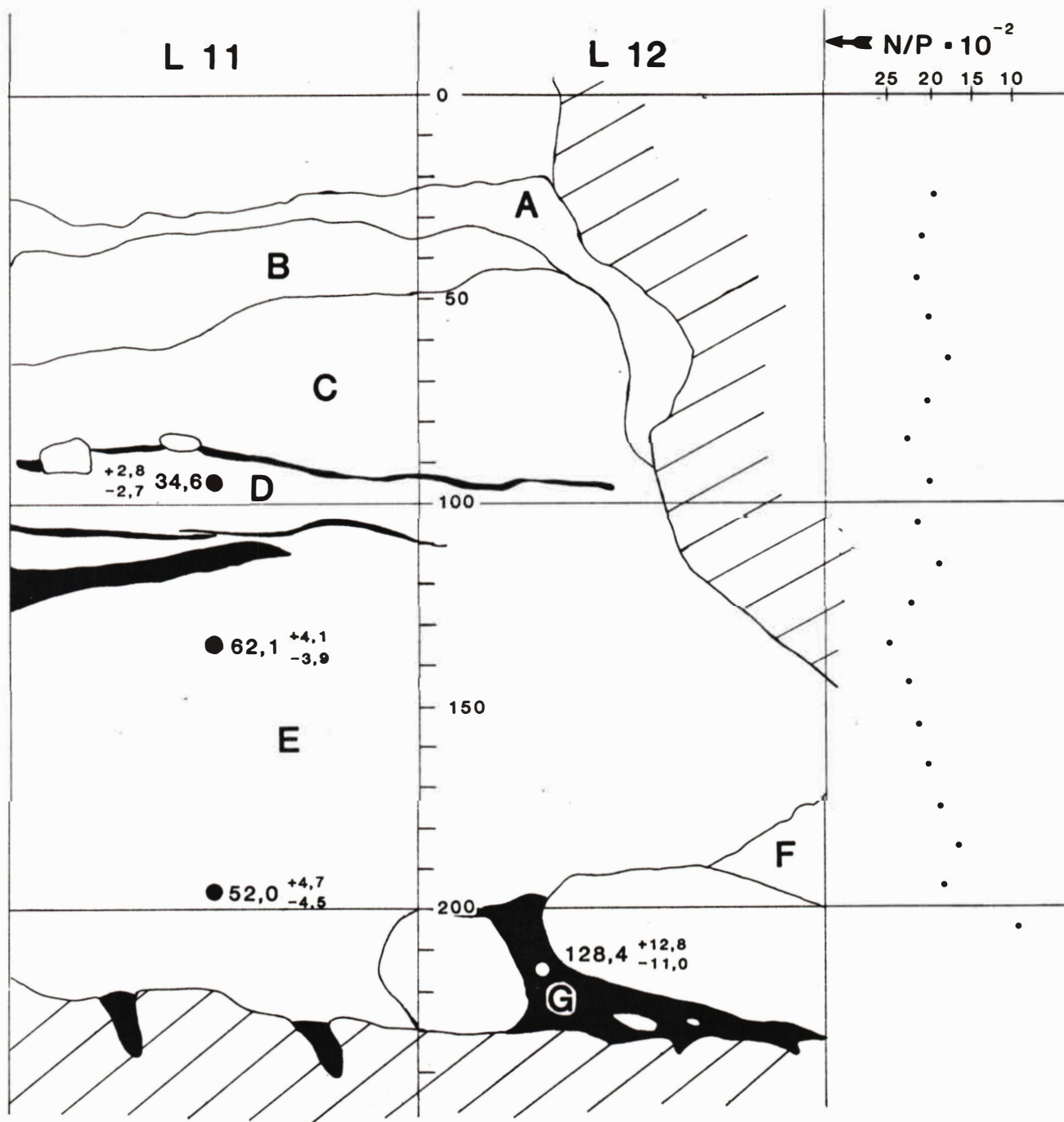


Abb. 16: Schematisches Profil der Quadranten L 11 und L 12 mit Lage der nach der Uran-Serien-Methode datierten Knochenproben sowie mit den Stickstoff-Werten der Neutronen-Aktivierungsanalyse.



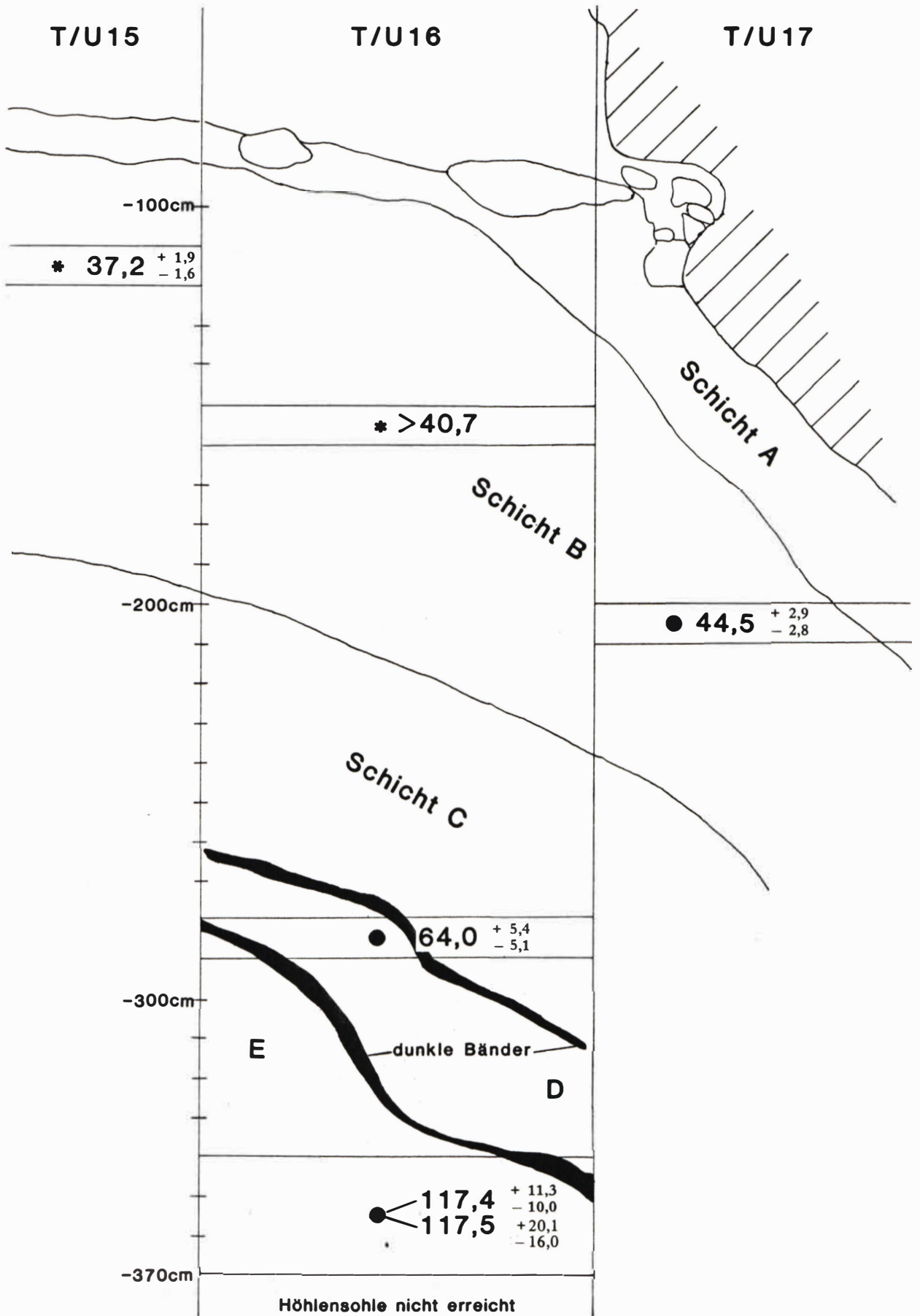


Abb. 17: Schematisches Profil der Quadranten-Grenzen T/U 15. T/U 16. T/U 17.

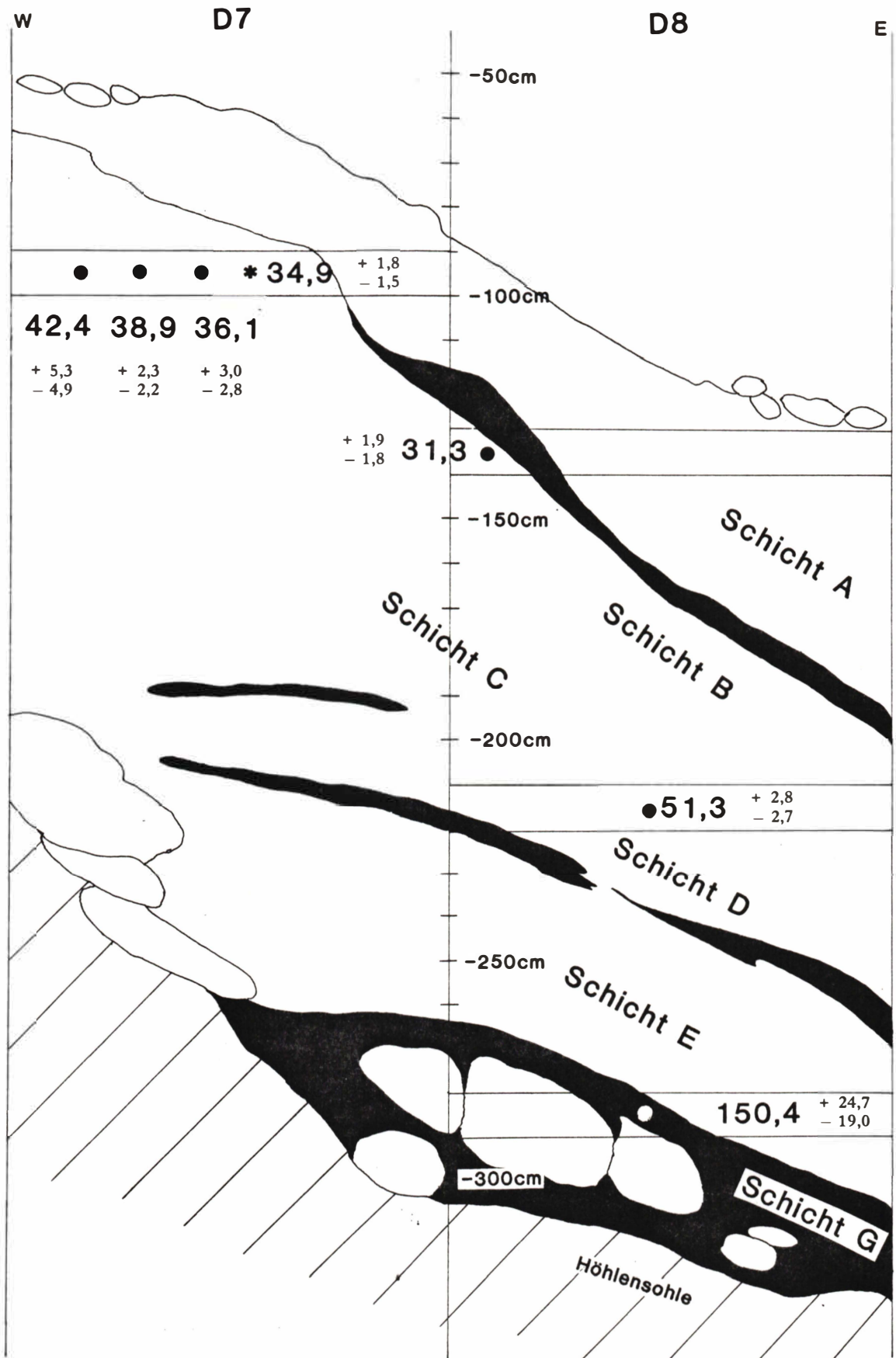


Abb. 18: Schematisches Profil der Quadranten D 7 und D 8 mit Lage der datierten Knochenproben.  
Uran-Serien-Datum. <sup>14</sup>C-Datum (in ka).

ten eventuell tatsächlich dem Riß-Würm-Interglazial zugeordnet werden, wie wir dies ursprünglich für die gesamten Höhlensedimente vermutet hatten. Diese alten Knochenfunde scheinen aber nur die mehr oder minder zufälligen Reste einer früheren Höhlenbesiedlung zu sein, die im übrigen fast zur Gänze verschwunden sind. (Mögliche Ursachen für dieses Verschwinden werden im letzten Abschnitt dieser Arbeit im Rahmen paläoklimatischer Überlegungen diskutiert.)

- 3) Besonderes Augenmerk wurde auf die Datierung der jüngsten knochenführenden Schichten gelegt (Proben RK80–D7, Nr. 1–3 und RK81–D8 Nr. 1). Die Alter der vier Proben liegen zwischen etwa 31 000 und 42 000 Jahren, woraus sich ein mittleres Alter von etwa 37 000 Jahren ergibt. Die Schwankungen sind wahrscheinlich nicht nur auf die statistischen Unsicherheiten, sondern auch auf die Tatsache zurückzuführen, daß die Schichtung in den Quadranten D7 und D8 schräg verläuft. Die Proben wurden aus 1 m x 1 m großen, waagrechtten Bereichen von 10 cm Dicke entnommen, die hier von der Sedimentschichtung unter einem relativ großen Winkel geschnitten werden (vergl. Abb. 18), sodaß ein solcher Quadrant durchaus Proben etwas verschiedenen Alters enthalten kann. Außerdem muß damit gerechnet werden, daß die Bären den Boden aufgewühlt haben.
- 4) Eine einzelne Probe (RK81–D8, Nr. 2) lieferte ein Alter von nur 9 400 Jahren. Die Probe zeigte, verglichen mit allen anderen, eine sehr viel höhere Uran-Konzentration. Da dieses Alter durch keinen zweiten Fund bestätigt werden konnte, muß offen bleiben, ob es sich hier um eine Fehldatierung handelt, oder ob diese Probe tatsächlich darauf hinweist, daß es einigen wenigen Exemplaren des Höhlenbären nach der letzten Eiszeit noch einmal gelungen ist, die Ramesch-Höhle zu besiedeln, bevor dieser Bär endgültig ausstarb.

Wenn man das jüngste, als verlässlich anzusehende, U-Th-Alter (Probe RK81–D8 Nr. 1) unter Berücksichtigung des relativ kleinen Fehlers ernst nimmt, kommt man jedenfalls zu dem Schluß, daß die jüngste Anwesenheit des Höhlenbären in der Ramesch-Höhle nicht mehr als etwa 33 000 Jahre zurückliegen kann.

Diese Resultate sind sicherlich überraschend und müssen für sich allein wohl mit Skepsis betrachtet werden, da, wie bereits ausgeführt, U-Th-Datierungen an Knochen nur dann vertrauenswürdig sind, wenn unabhängige Datierungen die Annahme stützen, daß das Probenmaterial sich als geschlossenes System bezüglich des Austausches von Uran und Thorium verhalten hat.

Das so unerwartet junge Alter der Ramesch-Knochenproben könnte im Prinzip, entweder durch weiteres Einwandern von Uran (nach der ersten U-Aufnahme bei der Verwesung), oder durch Abwandern von Thorium vorgetäuscht werden. Gegen das Abwandern von Thorium spricht die, im Falle der Ramesch-Proben, sehr geringe U-Konzentration, und damit auch des Folgeproduktes  $^{230}\text{Th}$ , zusammen mit der bekannt geringen chemischen Mobilität des Th. Gegen ein weiteres Einwandern von Uran in die Proben spricht das Fehlen eines systematischen Ganges der U-Konzentration mit dem Alter der Knochen. Andererseits zeigten radiographische Untersuchungen, die an Planschliffen der Bärenknochen vom Ramesch ausgeführt wurden (SCHMIDT et al., 1983) und die Verteilung des Urans in den Knochen direkt sichtbar machten, Konzentrationsgradienten von der Knochenoberfläche nach innen. Dies spricht zwar nicht direkt für ein weiteres Einwandern von Uran von außen, eine Kontrolle der Annahme der Geschlossenheit der Proben gegenüber Austausch mit der Umgebung durch unabhängige Datierungen erschien jedoch unumgänglich notwendig.

Diese Kontrollmöglichkeit bot sich nun aber unmittelbar an. – Da die U-Th-Datierung für die jüngsten Proben Alter von nicht mehr als etwa 33 000 Jahren ergab, mußten diese Proben, wenn diese Datierung richtig war, auch einer  $^{14}\text{C}$ -Datierung zugänglich sein, vorausgesetzt, die Knochen enthielten noch genügend Kollagen. Dies ließ sich relativ leicht durch Stickstoff-Analysen feststellen, auf die kurz im folgenden eingegangen wird.

Tabelle 2: Resultate der U-Serien-Datierungen der Bären-Knochen aus dem Ramesch

Probenkennung (Grabungsjahr, Quadrant, Probennummer)	Tiefe  m	U  ppm	$\frac{^{238}\text{U}}{^{234}\text{U}}$	$\frac{^{230}\text{Th}}{^{234}\text{U}}$	U-Th-Alter  a
RK80–D7,					
Nr. 1: Schädelfragm.	90–100	1,2	$1,00_0 \pm 8 \%$	$0,32_4 \pm 9 \%$	42400 $\pm$ 5300 4900
Nr. 2: Schädelfragm.	90–100	0,99	$1,02_0 \pm 8 \%$	$0,28_3 \pm 7 \%$	36100 $\pm$ 3000 2800
Nr. 3: gerundete Fragm.	90–100	1,25	$0,93_0 \pm 5 \%$	$0,30_3 \pm 5 \%$	38900 $\pm$ 2300 2200
RK81–D8					
Nr. 1:	130–140	0,8	$0,87_2 \pm 4 \%$	$0,25_2 \pm 5 \%$	31300 $\pm$ 1900 1800
Nr. 2:	130–140	4,5	$0,84_3 \pm 4 \%$	$0,08_4 \pm 4 \%$	9400 $\pm$ 400
Nr. 3:	210–220	2,1	$0,93_8 \pm 4 \%$	$0,37_9 \pm 4 \%$	51300 $\pm$ 2800 2700
Nr. 4:	280–290	0,5	$1,04_2 \pm 5 \%$	$0,74_4 \pm 6 \%$	150400 $\pm$ 24700 19000
RK82–U16					
Nr. 1:	280–290	1	$0,95_0 \pm 4 \%$	$0,44_8 \pm 6 \%$	64000 $\pm$ 5400 5100
Nr. 2:	340–370	0,4	$0,95_5 \pm 4 \%$	$0,66_6 \pm 5 \%$	117400 $\pm$ 11300 10000
Nr. 2 (Wiederholung)			$1,05_7 \pm 6 \%$	$0,65_6 \pm 7 \%$	117500 $\pm$ 20100 16000
RK82–U17					
Nr. 1:	200–210	1,7	$1,00_2 \pm 5 \%$	$0,33_6 \pm 5 \%$	44500 $\pm$ 2900 2800
RK83–L11					
Nr. 1:	90–100	0,4	$0,96_1 \pm 5 \%$	$0,27_4 \pm 7 \%$	34600 $\pm$ 2800 2700
Nr. 2:	130–140	0,7	$0,99_4 \pm 4 \%$	$0,43_6 \pm 4 \%$	62100 $\pm$ 4100 3900
Nr. 3:	190–200	0,6	$0,94_3 \pm 5 \%$	$0,38_3 \pm 7 \%$	52000 $\pm$ 4700 4500
RK83–L12					
Nr. 1:	> 200 (Höhlen- boden)	1,4	$0,93_2 \pm 5 \%$	$0,70_2 \pm 4 \%$	128400 $\pm$ 12800 11000

### 3.4. Stickstoff-Analysen an den Knochenproben

Vom Sediment bedeckte Knochen erleiden verschiedene chemische Veränderungen. So nimmt etwa der Stickstoffgehalt mit dem Abbau der organischen Bestandteile (Proteine, Fette, etc.) mit der Zeit ab, während im anorganischen Hydroxylapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) die OH-Gruppen im Lauf der Zeit durch  $\text{F}^-$ -Ionen ersetzt werden. Die u. a. auch von der Zeit abhängigen, chemischen Veränderungen können für grobe Altersschätzungen von fossilen Knochen herangezogen werden. Die Methode ist unter dem Namen „Stickstoff-Fluor-Test“ in die Literatur eingegangen. Die berühmteste Anwendung der Methode ist der Nachweis der Fälschung des sogenannten „Piltown-Menschen“ (siehe OAKLEY, 1948, 1963 und OAKLEY & HOSKINS, 1950).

Am Wiener Institut für Radiumforschung wurde eine zerstörungsfreie Variante des Stickstoff-Fluor-Tests mit Hilfe der instrumentellen Neutronen-Aktivierungsanalyse entwickelt (EISENBARTH & HILLE, 1977 und WILD et al., 1982). Bei der Bestrahlung von fossilen Knochenproben mit schnellen Neutronen entstehen aus Stickstoff und Fluor, sowie aus den Knochen-Hauptbestandteilen Phosphor und Kalzium, charakteristische Radioaktivitäten, die mit einem hochauflösenden  $\gamma$ -Spektrometer quantitativ bestimmt werden können. Nach entsprechender Kalibrierung lassen sich so die N- und F-Gehalte der Knochenproben relativ zu P und Ca rasch, einfach und zerstörungsfrei bestimmen.

Abb. 16 zeigt die so gemessene Abnahme des Stickstoffgehalts einer Reihe von Knochenproben aus der Ramesch-Höhle als Funktion der Tiefe der Fundstelle im Profil. Auffällig, und im Zusammenhang mit der  $^{14}\text{C}$ -Datierbarkeit der Proben interessant, ist der relativ hohe Stickstoff-Gehalt, besonders der jüngeren Proben. Dieser relativ hohe N-Gehalt ließ darauf schließen, daß die Proben noch genügend Kollagen für eine  $^{14}\text{C}$ -Datierung enthielten.

Herr Dr. H. FELBER, Leiter der Abteilung für  $^{14}\text{C}$ -Datierungen am Institut für Radiumforschung, erklärte sich freundlicherweise bereit, solche Datierungen durchzuführen. Auf Grund der jahrelangen Erfahrung von Herrn Dr. FELBER mit Kollagen-Datierungen nach der altbewährten radiometrischen  $^{14}\text{C}$ -Methode konnte er abschätzen, daß entsprechend dem gefundenen N-Gehalt der Knochen, Probenmengen der Größenordnung von einigen 100 g für  $^{14}\text{C}$ -Datierungen ausreichen würden. Da genügend Probenmaterial zur Verfügung stand, wurden einige 100 g mehrerer Proben aus den jüngsten knochenführenden Schichten Herrn Dr. FELBER zur Datierung übergeben.

### 3.5. Ergebnisse der $^{14}\text{C}$ -Datierungen (FELBER, 1982 und 1983)

Die Höhlenbären-Knochen aus der Ramesch-Höhle wurden über Kollagen-Extraktion nach LONGIN, 1971 aufbereitet, und der  $^{14}\text{C}$ -Gehalt durch Aktivitätsmessungen von aus dem Kollagen gewonnenen  $\text{CO}_2$  in einem Proportionalzählrohr bestimmt (FELBER, 1982, 1983).

Die in Tabelle 3.5.1. mitgeteilten Daten, deren Berechnung gemäß Beschluß der Fifth Radiation Dating Conference, Cambridge 1962, der Wert  $5568 \pm 30$  a für die Halbwertszeit des  $^{14}\text{C}$  zugrundegelegt wurde, geben das konventionelle  $^{14}\text{C}$ -Alter an. Es wurden keine Korrekturen für den de Vries-Effekt angebracht. Der Altersangabe ist jeweils die einfache mittlere statistische Schwankung angefügt. Als Bezugsprobe wird der vom National Bureau of Standards ausgegebene Oxalsäurestandard verwendet (FELBER, 1982, 1983). Die Lage der  $^{14}\text{C}$ -datierten Proben in den Profilen ist den Abb. 17, 18 und 22 zu entnehmen.

Tabelle 3:  $^{14}\text{C}$ -Alter von Knochenproben aus der Ramesch-Höhle (FELBER, 1982, 1983)

Probenkennung	Tiefe  cm	$^{14}\text{C}$ -Alter  a	Kommentar
RK80-D7, VRI-776 (gerun- dete Fragmente)	90-100	$34900 \pm 1800$ $1500$	entspricht Probe RK80-D7, 3 Nr. 3 in Tab. 2. U-Th-Alter: $(38900 \pm 2300)$  a  $2200$
RK82-T15 VRI-792	110-120	$37200 \pm 1900$ $1600$	entspricht oberster knochenführender Schicht im Quadranten T15
RK-T16 VRI-793	150-160	$>40700$	liegt zu RK82-T15/2 benachbart, etwas tiefer $\delta^{13}\text{C} = 21,0 \pm 0,5 \text{‰ PDB}$ (PAK, 1983 priv. Mitt.)

Die beiden  $^{14}\text{C}$ -Alter von etwa 35000 und 37000 Jahren der Proben aus den obersten knochenführenden Schichten bestätigen innerhalb der Fehlergrenzen die früher besprochenen U-Th-Datierungen. Das Alter der 3. Probe (VRI-793) liegt außerhalb des mit  $^{14}\text{C}$  derzeit von Dr. FELBER datierbaren Zeitbereichs, das untere  $^{14}\text{C}$ -Grenzalter von etwa 41000 Jahren ist aber ebenfalls im Einklang mit den U-Th-Datierungen von Proben aus benachbarten Quadranten.

Die methodisch völlig unabhängigen  $^{14}\text{C}$ -Datierungen bestätigen also die jungen U-Th-Alter der obersten knochenführenden Schichten. Damit wird der Schluß unausweichlich, daß der Großteil der knochenführenden Schichten in der Ramesch-Höhle tatsächlich nicht dem Riß-Würm-Interglazial, sondern einem Würm-Interstadial zuzuordnen ist, das sich durch ein Höhenklima in unseren Alpen ausgezeichnet haben muß, das wesentlich günstiger war, als bisher angenommen wurde. Im folgenden soll versucht werden, diesen Befund mit anderen absolut datierbaren Klimazeugen und mit den quantitativen Aussagen der modernen Fassung der im Ansatz alten Theorie der Eiszeiten von MILANKOVITCH zu konfrontieren.

#### 4. Paläoklimatologische Konsequenzen

(Eine Diskussion im Lichte der wiederbelebten MILANKOVITCH-Theorie der Eiszeiten)

Das letzte Jahrzehnt brachte, für viele unerwartet, die glänzende Bestätigung einer alten „astronomischen“ Theorie der Eiszeiten, die lange Zeit in Mißkredit geraten war. MILANKOVITCH, der in Wien studiert hatte, faßte diese, seine Theorie, die sein Lebenswerk war, in einem Vortrag in deutscher Sprache, den er im Auditorium Maximum der Universität Wien am 7. Juni 1955 hielt<sup>1</sup>), noch einmal zusammen (MILANKOVITCH, 1956).

Der wesentliche Punkt dieser Theorie ist die Annahme, daß die größeren Fluktuationen des globalen Klimas, die mit den Eiszeit-Zyklen verbunden sind, durch Variationen in der Verteilung der einfallenden Sonnenstrahlung verursacht werden. Diese Variationen werden wiederum durch langsame Änderungen in der Geometrie der Erdbahn hervorgerufen, die sich aus berechenbaren Veränderungen der Gravitationsfelder ergeben, die auf die Erde wirken.

<sup>1</sup>) Der Vortrag kam auf Einladung des Präsidenten der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und des Rektors der Universität Wien zustande.

Im Dezember 1983 fand am Lamont–Doherty Geological Observatory, Palmides (NY, USA), ein internationales Symposium unter dem Titel "Milankovitch and Climate, Understanding the Response to Astronomical Forcing" statt, an dem über 100 Wissenschaftler aus aller Welt teilnahmen. Auf diesem Symposium, dessen Ergebnisse nunmehr in Buchform vorliegen (BERGER et al. (eds.), 1984), wurden die erdrückenden Beweise für die prinzipielle Richtigkeit der Annahmen von MILANKOVITCH zusammengefaßt und darüber hinaus Konsequenzen dieser Theorie vorgestellt, deren Tragweite für die künftige Forschung noch gar nicht voll überblickt werden kann.

#### 4.1. Die Wiederbelebung der MILANKOVITCH-Theorie

Wir wollen im folgenden versuchen, ganz kurz die wesentlichen Schritte zu rekapitulieren, die zur Wiederbelebung der MILANKOVITCH-Theorie führten, und einige ihrer quantitativen Folgerungen darstellen, soweit sie für unsere Problemstellung relevant erscheinen.

Für eine ernsthafte quantitative Konfrontation der MILANKOVITCH-Theorie mit experimentellen Befunden müssen zwei wesentliche Voraussetzungen erfüllt sein, die erst seit etwa zehn Jahren geschaffen werden konnten und deren Fehlen wohl Schuld ist, daß diese Theorie zeitweise nicht die ihr zustehende allgemeine Beachtung fand.

Erstens ist es notwendig, die Variation der Erdbahn-Parameter unter dem Einfluß aller anderen großen Himmelskörper in unserem Sonnensystem mit einer Genauigkeit zu berechnen, die MILANKOVITCH seinerzeit einfach nicht möglich war.

Zweitens benötigt man absolut datierte geologische Informationen, die es gestatten, das globale Klima der Vorzeit möglichst kontinuierlich über größere Zeiträume zu rekonstruieren.

##### 4.1.1. Die astronomischen Parameter

Die für die Berechnung der Variation der jahreszeitlichen und der Breiten-Verteilung der Sonneneinstrahlung benötigten Parameter sind:

- a) Die Exzentrizität  $e$  der elliptischen Erdbahnen um die Sonne
- b) Die Neigung der Erdachse gegen die Ekliptik (Obliquität)  $\epsilon$
- c) Die Lage des Frühlingspunktes (Frühlings-Tagundnachtgleiche) auf der elliptischen Erdbahn, relativ zum sonnennächsten Punkt (Perihel).

(Die Helligkeit der Sonne wird als konstant angenommen.)

Mit Hilfe moderner Computer haben mehrere Astronomen in letzter Zeit die schwierigen störungstheoretischen Berechnungen zur Bestimmung der zeitlichen Variation dieser Erdbahn-Parameter durchgeführt. Für den Zeitraum etwa der letzten drei Millionen Jahre können derzeit die Resultate als gesichert angesehen werden. Bezüglich der Genauigkeit, bzw. der Abweichungen zwischen verschiedenen Autoren, sei auf das Kapitel "Orbital and Insolation Variations" in dem bereits zitierten Konferenzbericht verwiesen (BERGER et al. (eds.), 1984).

(In der vorliegenden Arbeit haben wir uns bei Berechnungen an die leicht zu benutzenden Formeln gehalten, die von BERGER (1978) angegeben wurden.)

Sehr grob lassen sich die Ergebnisse der astronomischen Berechnungen für die letzte 1 Million Jahre wie folgt zusammenfassen (BERGER, 1977):

- 1) Die Exzentrizität der Erdbahn  $e$  variierte zwischen 0,0005673 und 0,0535109 mit einer mittleren Periode von 95 200 Jahren (derzeit  $e(0) = 0,0167$ ). Die führenden Terme einer trigonometrischen Entwicklung haben Perioden von etwa 100 000 und 400 000 Jahren.
- 2) Die Obliquität  $\epsilon$  (Neigung der Erdachse, bzw. des Äquators zur Ekliptik) variierte zwischen  $22,029^\circ$  und  $24,434^\circ$  mit einer mittleren Periode von 41 083 Jahren (derzeit  $\epsilon(0) = 23,446^\circ$ ).

- 3) Für die Berechnung der Verteilung der Sonneneinstrahlung an der Obergrenze der Atmosphäre wird neben der Obliquität  $\epsilon$  der sog. „Präzessionsparameter“  $e \sin \bar{\omega}$  benötigt, in den, neben der Exzentrizität  $e$ , über den Winkel  $\bar{\omega}$  die Bewegung des Perihels relativ zum Frühlingspunkt eingeht. Die wichtigsten Terme in einer mathematischen Reihenentwicklung des Präzessionsparameters nach trigonometrischen Funktionen entsprechen mittleren Perioden von etwa 19 000 und 23 000 Jahren (derzeit  $e \sin \bar{\omega} = 0,01635$ ). Als Schwebung dieser beiden Frequenzen ergäbe sich wiederum eine Periode von etwa 100 000 Jahren, wie für die Exzentrizität.

Diese Elemente der Erdbahn erlauben es im Prinzip, für eine Vergangenheit (oder auch Zukunft) von mehreren Millionen Jahren, die Sonneneinstrahlung an der Obergrenze der Atmosphäre für jeden beliebigen Punkt und jeden Tag des Jahres mit sozusagen „astronomischer Genauigkeit“ zu berechnen. Es war nun sicher eines der spannendsten wissenschaftlichen Abenteuer unserer Zeit, diese exakt berechneten Sonneneinstrahlungs-Muster mit dem Klima der Vorzeit auf unserem Planeten zu vergleichen.

#### 4.1.2. Die geochronologischen Daten

Eine in günstigen Fällen lückenlose Aufzeichnung von wichtigen Klima-Indikatoren, die über mehrere 100 000 Jahre zurückgeht, ist in Bohrkernen aus der Tiefsee enthalten (siehe z. B. EMILIANI & SHACKLETON, 1974 und dort zitierte Literatur).

So läßt sich im besonderen aus der massenspektrometrischen Analyse der Sauerstoffisotopen-Verhältnisse  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  (bzw. aus deren Abweichungen  $\delta^{18}\text{O}$  von einer Standardprobe), ausgeführt an Kalkschalen ( $\text{CaCO}_3$ ) ausgewählter Mikroorganismen, die globale Eismenge rekonstruieren, die zu Lebzeiten dieser Organismen die Erde bedeckt hatte. Das Sauerstoffisotopen-Verhältnis  $\delta^{18}\text{O}$  in den Kalkschalen hängt nämlich einerseits von der Temperatur ab, bei der der Kalk von den Organismen aus dem Wasser abgeschieden wurde, andererseits aber auch vom  $\delta^{18}\text{O}$ -Wert, der sich gerade zu jenem Zeitpunkt im Meerwasser insgesamt eingestellt hatte. Letzterer  $\delta^{18}\text{O}$ -Wert hängt wiederum davon ab, wieviel Wasser in einem sehr niedrigen  $\delta^{18}\text{O}$ -Wert von etwa  $-25$  bis  $-40$ ‰ in Form von Eis gebunden war (DANSGAARD et al., 1982). Entsprechend dieser Eismenge sank der Wasserspiegel während der Höhepunkte der globalen Vereisung um 100–200 m und der  $\delta^{18}\text{O}$ -Wert stieg um rund  $1$ ‰. Dieser  $\delta^{18}\text{O}$ -Anstieg proportional der globalen Eismenge läßt sich vom Temperatureffekt isolieren, wenn man die Kalkschalen von Organismen, die in großen Meerestiefen leben, zur Analyse heranzieht, da sich Schwankungen der Oberflächentemperatur des Meeres in großen Tiefen nur mehr sehr schwach auswirken sollten.

Was nun noch fehlt, um verschiedene Bohrkern mit einander vergleichen zu können und letztlich eine absolute Chronologie der letzten Eiszeitzyklen zu erstellen, sind absolute Datierungen der Bohrkern, in denen ja wegen unterschiedlicher Sedimentationsgeschwindigkeiten gleiche Längenabschnitte sehr verschiedenen Zeiträumen entsprechen können. Diese Datierung gelingt mit Hilfe verschiedener Varianten der Radioisotopen-Datierungsmethode. Für die jüngsten Abschnitte ist die  $^{14}\text{C}$ -Methode anwendbar, für den Bereich um 100 000 Jahre wurde die Uran-Serien-Methode erfolgreich angewendet. In den älteren Abschnitten findet man als Eichpunkte die Spuren weltweiter Ereignisse, wie das Aussterben bestimmter Organismen oder das Umschlagen der Polung des Erdmagnetfeldes (Brunhes–Matuyama-Grenze), die man an einer anderen Stelle absolut datieren konnte. Die absolute Datierung dieser weltweiten Ereignisse ist an Stellen möglich, an denen günstige Bedingungen für die Anwendung präziser Datierungsmethoden vorliegen, wie etwa der Kalium–Argon-Methode und ihrer Varianten, oder für ein Auszählen von Spuren der Spaltbruchstücke des spontan spaltenden



$^{238}\text{U}$  nach Ätzen von geeigneten Materialien (vergl. z. B. FELBER & HILLE, 1982). Auf diese Weise gelang es, die Bohrkern absolut zu datieren und die Informationen aus Bohrungen an verschiedensten Stellen der Weltmeere zu kombinieren, womit schließlich ein Bild von den globalen Vereisungszyklen der letzten etwa 750 000 Jahre entstand (HAYS et al., 1976; MORLEY & HAYS, 1981; KOMINZ et al., 1979).

#### 4.1.3. Die astronomische Theorie des Paläoklimas

Nun konnten die  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte, die in den Bohrkernen als nahezu kontinuierliche Funktion der Zeit vorlagen, einer Frequenz-Analyse unterworfen werden. Signifikant treten dabei vier Frequenzen in den  $\delta^{18}\text{O}$ -Spektren auf, die Perioden von 19 000, 23 000, 40 000 – 43 000 und 100 000 – 110 000 Jahren entsprechen. Dies sind aber genau die dominierenden Perioden, die auch in den astronomischen Erdbahn-Elementen, Präzession, Obliquität und Exzentrizität auftreten, und die man daher in den  $\delta^{18}\text{O}$ -Spektren erwarten muß, wenn die Verteilung der Sonneneinstrahlung aufgrund dieser astronomischen Bahn-Parameter einen wesentlichen Einfluß auf die Eiszeitzyklen hat (MORLEY & HAYS, 1981).

Da damit ein enger Zusammenhang zwischen der Geometrie der Erdbahn, deren zeitliche Variation mit astronomischer Genauigkeit berechenbar ist, und den Schwankungen der  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte in den Tiefsee-Bohrkernen, und somit der globalen Eismassen, bewiesen war, konnte man eine Feinabstimmung der Zeitskala zwischen den fixen Zeiteich-Marken in den Bohrkernen vornehmen. Dies gelang durch Vergleich der relativen Phasenlagen der verschiedenen Frequenz-Komponenten in den  $\delta^{18}\text{O}$ -Spektren mit denen der astronomischen Erdbahn-Elemente. Als Endresultat dieser Feinabstimmung liegt nun eine sehr genaue Chronologie der Tiefsee-Sedimente vor.

Abb. 19 zeigt einen Abschnitt der sich auf diese Weise ergebenden Rekonstruktion der globalen Eismassen für die letzten 250 000 Jahre. Die Daten sind der Arbeit von IMBRIE et al., 1984 entnommen, die in dem bereits mehrfach zitierten Konferenzbericht (BERGER et al. (eds.), 1984) abgedruckt ist. (Dort finden sich auch weitere  $\delta^{18}\text{O}$ -Daten bis 782 000 Jahre v. u. Z. zurück.)

In die Abb. 19 sind auch die EMILIANI'schen  $\delta^{18}\text{O}$ -Isotopen-Stufen eingezeichnet, deren Grenzen jeweils die Übergänge von „wärmeren“ globalen Klima-Perioden (mit weniger Eis) zu „kälteren“ (mit mehr Eis) und umgekehrt markieren. Es zeigt sich nun wirklich eine starke Korrelation zwischen dem Wachsen und Schwinden der globalen Eismassen und der Sonneneinstrahlung in mittleren und höheren nördlichen Breiten, wie dies bereits von MILANKOVITCH behauptet wurde.

Dazu ein wörtliches Zitat aus MILANKOVITCH's Vortrag in Wien (MILANKOVITCH, 1956).

Zitat: „Ich übernahm es <sup>1)</sup>, den säkularen Gang der Bestrahlung der geographischen Breiten von 50, 55 und 60 Grad nördlich, dort, wo die vorzeitlichen Klimaänderungen ihre deutlichsten Spuren hinterlassen haben, . . . zu berechnen . . . Köppen riet mir, dabei mein Augenmerk auf die säkularen Änderungen der sommerlichen Bestrahlung dieser Breiten zu richten, denn diese Änderungen mußten das Bild des vorzeitlichen Klimas stark beeinflußt haben“ (Ende des Zitats).

Tatsächlich fällt beispielsweise der Beginn des Abschmelzens der großen Eiskappen an den Höhepunkten der beiden letzten Eiszeitzyklen vor etwa 18 000 bzw. 135 000 Jahren (vergl. Abb. 19) mit den Zeitpunkten zusammen, zu denen die Sonneneinstrahlung in den genannten Breiten im Juni gerade den Mittelwert erreicht (gemittelt über die letzten drei Millionen Jahre) und sich in Richtung auf höhere Einstrahlungswerte bewegt (dies geschah vor etwa 17 500 bzw. 134 000 Jahren).

<sup>1)</sup> MILANKOVITCH arbeitete an dem berühmten Werk „Die Klimate der geologischen Vorzeit“ von N. KÖPPEN und A. WEGENER (erschienen 1924) mit.

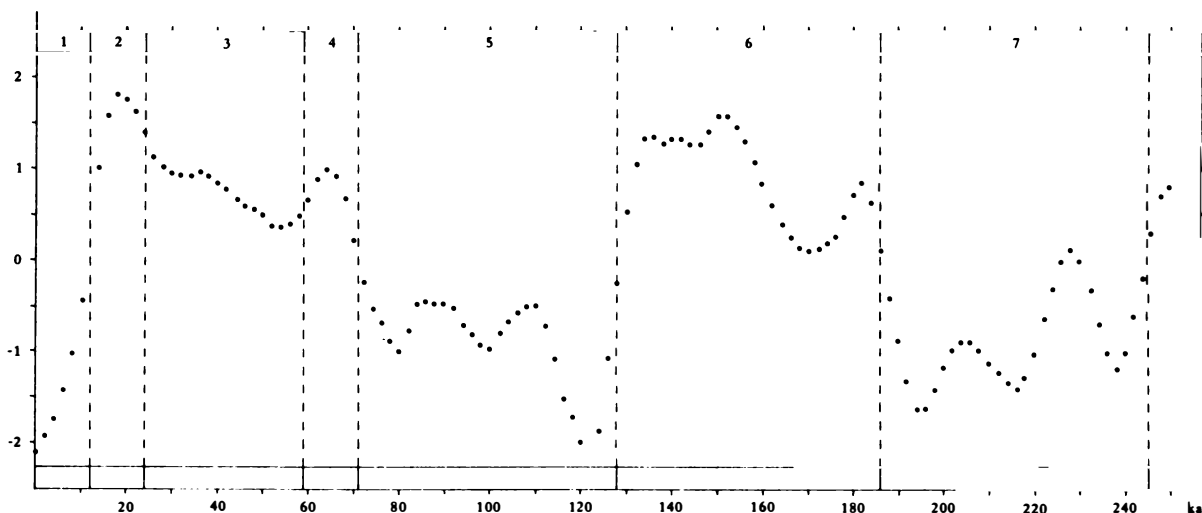


Abb. 19: Die globale Vereisung als Funktion der Zeit. Aufgetragen sind die geglätteten  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte, die aus der Kombination der Information aus fünf verschiedenen Tiefsee-Bohrkernen gewonnen wurden, als Funktion der Zeit in Schritten von 2ka. Die Variation des Sauerstoff-Isotopenverhältnisses ist in Einheiten der Standardabweichung um den Mittelwert 0 ausgedrückt. Die Daten sind der Arbeit von IMBRIE et al., 1984 entnommen und zeigen den säkularen Gang der Vereisung für die letzten 250 000 Jahre. Zur besseren Orientierung sind auch die Grenzen der Tiefsee-Sauerstoffisotopenstufen 1–7 eingezeichnet, die jeweils Zeitpunkte deutlicher Klimaänderungen markieren.

Die Sensibilität der globalen Eismassen auf die Sonneneinstrahlung in mittleren bis hohen nördlichen Breiten läßt sich noch weiter im Detail demonstrieren, wenn man etwa die Variation der Sonneneinstrahlung für Mitte Juni und Mitte Dezember bei  $60^\circ$  Nord (Abb. 20) mit dem säkularen Gang der Vereisung (Abb. 19) vergleicht:

So fallen etwa die Endpunkte der geradzahigen Isotopenstufen (2, 4, 6, . . . usw.), die sog. „Kaltzeiten“ entsprechen, sehr schön mit Maxima der Juni-Einstrahlung und Minima der Dezember-Werte zusammen, also mit heißen Sommern und kalten Wintern. Umgekehrt enden „Warmzeiten“ (ungeradzahige  $\delta^{18}\text{O}$ -Isotopenstufen) dann, wenn in nördlichen Breiten kühle Sommer und milde Winter eintreten (Minima in der Juni-Einstrahlungskurve mit Maxima im Dezember zusammenfallen).

Trotzdem reichen die Sonneneinstrahlungsdaten für mittlere bis hohe nördliche Breiten allein sicher nicht aus, um den säkularen Gang der globalen Vereisung quantitativ zu erklären (vergl. z. B. BERGER, 1980). Vielmehr ist die generelle Situation etwa so zu charakterisieren, daß sich zwar einerseits erstaunlicherweise die Spuren der Schwankungen der Verteilung der Sonneneinstrahlung in den Sedimenten bis ins Erd-Mittelalter zurück nachweisen lassen<sup>1)</sup>, daß es aber andererseits nicht von diesen relativ kleinen Schwankungen der Sonneneinstrahlung allein abhängen kann, ob es auf der Erde zu Eiszeiten kommt oder nicht.

Dabei dürfte eine Reihe von Faktoren von Bedeutung sein, besonders die derzeitige Verteilung der Kontinente auf unserem Planeten, die durch große Landmassen rund um ein nördliches Polarmeer und eine südliche isolierte große Landmasse (Antarktis) gekennzeichnet ist (vergl. dazu z. B. SUAREZ & HELD, 1979; HELD, 1982; OERLEMANS, 1980; BIRCHFIELD & WEERTMAN, 1978, 1982; CLIMAP, 1976; GATES, 1976; KUKLA, 1975; DENTON & HUGHES, 1983; BERGER, 1980 und BERGER et al. (eds.), 1984).

<sup>1)</sup> siehe dazu den Abschnitt: "Geological Evidence for Long-Term Climatic Variations at Orbital Frequencies", Kapitel "Pre-Pleistocene evidence of orbital forcing" in BERGER et al. (eds.), 1984, pg. 127–266.

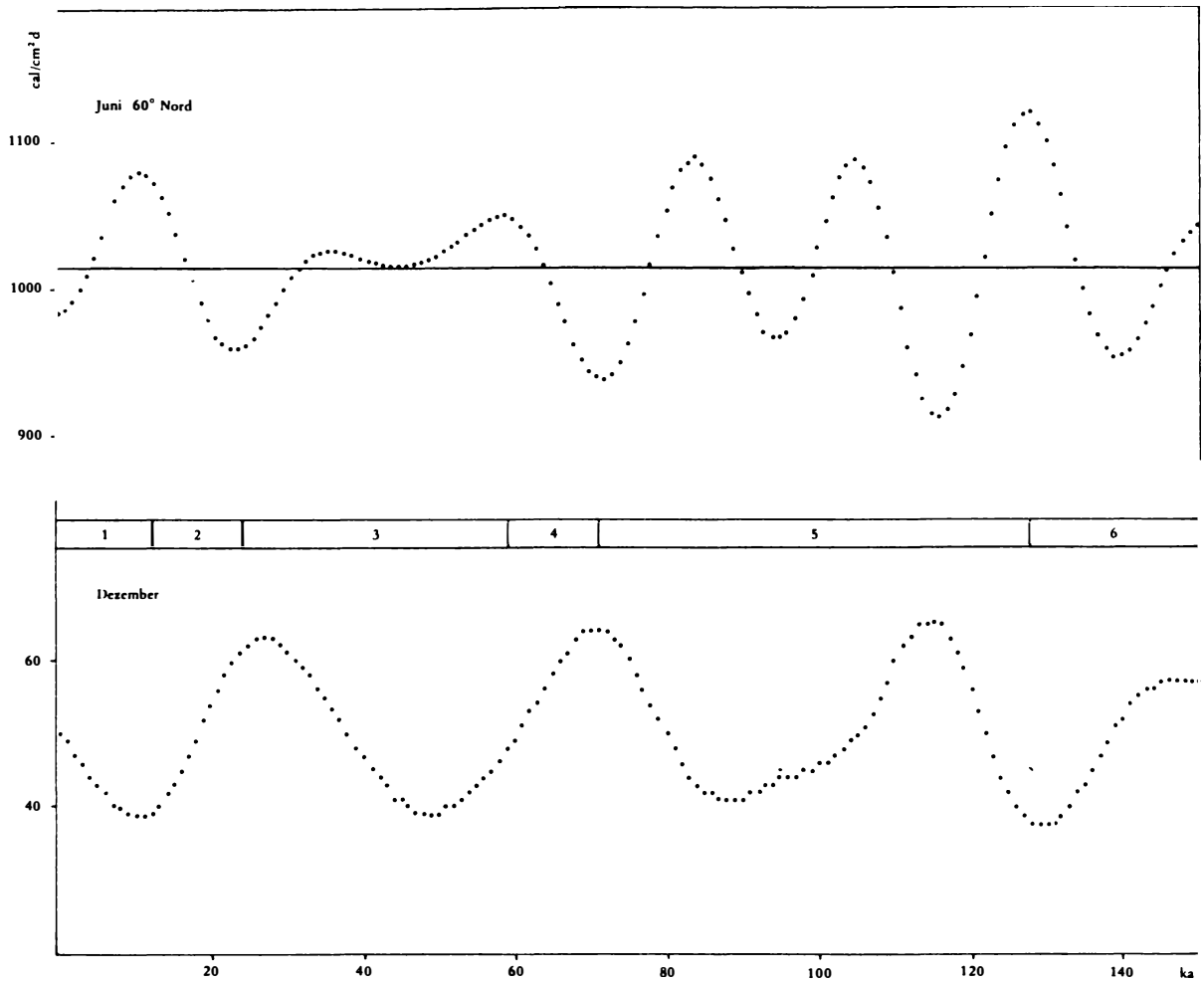


Abb. 20: Insulationskurven für eine geographische Breite von  $60^\circ$  Nord. Die Sonneneinstrahlung Mitte Juni und Mitte Dezember für  $60^\circ$  nördliche Breite in den letzten 150 000 Jahren. In die Juni-Kurve ist der Mittelwert der Einstrahlung der letzten  $3 \cdot 10^6$  Jahre eingezeichnet, um „kühle“ von „warmen“ Sommern zu trennen. Zur Orientierung und zum besseren Vergleich mit dem zeitlichen Gang der globalen Vereisung (Abb. 12) sind wieder die Grenzen der  $^{18}\text{O}$ -Isotopenstufe eingezeichnet. Isotopenstufe 5 wird gewöhnlich noch in drei wärmere (a, c, e) und zwei kältere (b, d) Unterstufen eingeteilt.

Die auffälligste Periodizität im säkularen Gang der, aus den  $\delta^{18}\text{O}$ -Messungen in Tiefsee-Bohrkernen erschlossenen, globalen Eismassen, ist ein grob sägezahnförmiger Verlauf, der sich im Mittel etwa alle 100 000 Jahre wiederholt: Man beobachtet einen, abgesehen von kleinen Schwankungen, im Mittel langsam etwa linear mit der Zeit voranschreitenden Aufbau der Eismassen, der bei sehr geringen globalen Vereisungen (etwa im heutigen Ausmaß) beginnt, und nach etwa 100 000 Jahren maximale Werte erreicht, die Eisschilden von bis zu 3 km Höhe über Kanada und Skandinavien entsprochen haben müssen (CLIMAP, 1976). Dann erfolgt relativ rasches Abschmelzen der gesamten Eiskappen (Abb. 19 zeigt die zwei letzten dieser 100 000-Jahre Zyklen).

Nun zeigen zwar auch die astronomischen Erdbahn-Parameter eine Periodizität von etwa 100 000 Jahren (nämlich sowohl die Exzentrizität  $e$ , als auch der Präzessionsparameter, letzte-

rer als Schwebung der beiden Oszillationen mit Perioden von 19 000 und 23 000 Jahren), doch fällt es schwer, damit die offensichtliche Dominanz dieser Periode im säkularen Gang der globalen Vereisung quantitativ zu erklären. Möglicherweise wird diese 100 000-Jahre Periode durch autozyklisches Verhalten großer Eisschilde so stark hervorgehoben, jedenfalls deuten Modellrechnungen in diese Richtung (z. B.: OERLEMANS, 1980).

Große kontinentale Eisschilde haben demnach die Tendenz, von selbst weiterzuwachsen, wenn dieses Wachstum einmal als Folge kühler Sommer und milder Winter (in denen viel Schnee fällt) begonnen hat, da die Eisschilde auch in die Höhe wachsen und damit ihre Oberfläche automatisch in kühlere Klimazonen gerät. Dieses Wachstum bricht erst zusammen, wenn die Kontinentalscholle unter dem Gewicht der Eismassen abzusinken beginnt, sodaß das obige Argument in sein Gegenteil verkehrt wird, und die nächste Klima-Verbesserung (heiße Sommer, kalte Winter) das gesamte Eisschild relativ rasch zum Schmelzen bringen kann. Eine weitere Hypothese, die zur Erklärung des 100 000-Jahre Zyklus diskutiert wird (DENTON & HUGHES, 1983), geht von einer Kopplung der Eisschilde in beiden Hemisphären über das mit den Eismassen schwankende Meeresniveau aus. Dabei treten, angestoßen durch Schwankungen der Sonneneinstrahlung in mittleren bis hohen nördlichen Breiten, starke positive Rückkopplungseffekte zwischen den terrestrischen und den maritimen Komponenten der Eisschilde auf.

Wenn diese Autozyklen der großen Eisschilde tatsächlich einen starken Einfluß auf den säkularen Gang der globalen Vereisung haben, besteht guter Grund für ein etwas abweichendes Verhalten der Vereisung in unseren Alpen, da Gebirgsgletscher eine andere Dynamik zeigen. Dies bringt uns nun zum eigentlichen Punkt, nämlich zu den Befunden aus der Ramesch-Höhle und zu einer Diskussion des Klimas in unseren Alpen während der letzten Eiszeit.

#### 4.2. Das alpine Höhenklima während der letzten Eiszeit

Die Datierungen der Bären-Knochen aus der Ramesch-Höhle ergaben, wie bereits ausführlich dargestellt, für die Hauptperiode der Besiedlung der Höhle durch den Höhlenbären und für das Alter der gefundenen Steinwerkzeuge einen Zeitbereich von etwas über 30 000 bis etwas über 60 000 Jahre v. u. Z. Da die Überreste von Bären aller Altersstufen gefunden wurden, kann die Höhle nicht nur als Winterschlaf-Quartier gedient haben, sondern muß in ihrer näheren Umgebung genügend Nahrung für den pflanzenfressenden Bären geboten haben. Dies, zusammen mit den weiter oben ausführlich beschriebenen Pollenfunden, zwingt zu dem Schluß, daß das Klima in unseren Alpen in 2000 m Seehöhe zumindest nicht ungünstiger war als heute, die Pollenanalysen legen sogar die Annahme einer höheren Baumgrenze nahe.

Vergleicht man diesen Zeitraum mit offenbar günstigem Höhenklima in den Alpen, mit dem säkularen Gang der globalen Vereisung (Abb. 19), so stellt man eine ungefähre zeitliche Übereinstimmung mit der  $\delta^{18}\text{O}$ -Isotopenstufe 3 fest. Diese Isotopenstufe 3 liegt zwischen den sehr „kalten“ Isotopenstufen 4 und 2, in denen große globale Eisvorstöße stattgefunden haben. Die Höhepunkt dieser globalen Eisvorstöße wurden vor etwa 64 000 Jahren bzw. 18 000 Jahren überschritten und können wohl zwanglos mit den alpinen Gletschervorstößen des Würm I und Würm II korreliert werden.

Zu Beginn der Isotopenstufe 3 geht nun zwar die globale Vereisung etwas zurück (was ja die Definition einer gesonderten „wärmeren“ Isotopenstufe 3 rechtfertigt), steigt aber dann insgesamt während der gesamten Dauer dieser Isotopenstufe 3 im Mittel leicht an, um mit einem erneuten starken Eisvorstoß, beginnend vor etwa 30 000 Jahren, zu enden. Jedenfalls war die globale Eismenge während der gesamten Isotopenstufe 3 wesentlich größer als heute, weshalb man auch von einem generell kälteren Klima spricht.

Nun ist zwar sicherlich nicht von der Hand zu weisen, daß große nördliche Eismassen, beispielsweise in Nordeuropa, gewisse negative Klimaeinflüsse auch auf eisfreie Gebiete, beispielsweise in unserem Raum, haben werden, eine automatische Vereisung der Alpen folgt jedoch nicht unbedingt aus dieser Existenz von nördlichen Eisschilden, die unseren Alpenraum ja nie, auch nicht während der Höhepunkte der Eiszeit erreichten (siehe z. B. CLIMAP, 1976).

Von einem nach der  $^{14}\text{C}$ -Methode datierten Pollenprofil in Nordost-Frankreich (WOILLARD & MOOK, 1982) haben wir quantitative, absolut datierte Informationen über das Klima in dieser Region von etwa 70 000 v. u. Z. bis heute (s. Abb. 26). Das Profil zeigt einen fast vollständigen Rückgang der Bewaldung vor etwa 70 000 Jahren (Zone 12) in zeitlicher Koinzidenz mit dem globalen Eisvorstoß, der sich in den Tiefsee-Bohrkernen als  $\delta^{18}\text{O}$ -Isotopenstufe 4 findet. Die gesamte Tiefsee-Isotopenstufe 3 ( $\sim 30\,000 - \sim 60\,000$  Jahre v. u. Z.) ist im Pollenprofil durch heftige Klimaschwankungen gekennzeichnet. Mehrere Maxima im zeitlichen Gang des Verhältnisses Baum- zu Kräuterpollen (Zone 13–16 bei  $\sim 60, 50, 40$  und  $30$  ka) beweisen eine teilweise Wiederbewaldung, wenngleich die volle Bewaldung, wie sie in ausgesprochenen „Warmzeiten“ (Isotopenstufe 1 und 5) auftrat, nie erreicht wird. Mit dem globalen Eisvorstoß der Isotopenstufe 2 geht wieder ein Rückgang der Baumpollen im Grande Pile-Pollenprofil parallel (Zone 18), worauf etwa im zeitlichen Einklang mit dem Rückgang der globalen Vereisung vor etwa 11 000 Jahren vollständige Wiederbewaldung eintritt (Zone 19–21). Interessant für die weitere Diskussion erscheint uns auch der nicht absolut datierte Teil des Pollenprofils, der von WOILLARD & MOOK (1982) der Tiefsee-Isotopenstufe 5 zeitlich zugeordnet wird. Dies wurde später bestätigt, als eine Korrelation dieses Teiles des Pollenprofils von Grande Pile mit der marinen Stratigraphie durch gleichzeitige Isotopen- und Pollenanalyse in einem Bohrkern aus dem östlichen Atlantik (TURON, 1984) gelang. In dieser Arbeit konnte erstmals direkt gezeigt werden, daß die Substufen 5e und 5c des marinen klimatostratigraphischen Systems mit dem Eem bzw. St. Germain I der klassischen Grande Pile Pollen-Sequenz korrelieren. In diesem Teil des Profils finden sich zwei Zonen starken Rückgangs der Bewaldung (Zone 3 und 7), in denen der Baumpollenanteil auf etwa 20–30% absinkt, obwohl die globalen Vereisungen während der gesamten Isotopenstufe 5 wesentlich geringer waren als in der Isotopenstufe 3. In der Isotopenstufe 3 findet man im Grande Pile-Profil Baumpollenanteile bis über 60%.

Dies beweist, unserer Meinung nach, in quantitativer Weise, eine gewisse Entkopplung des Regionalklimas im Nordosten Frankreichs vom allgemeinen Trend der globalen Vereisungszyklen. (Dies dürfte wohl kaum als große Überraschung anzusehen sein.)

Nun ist anzunehmen, daß das Regionalklima in Frankreich auch damals stärker vom Atlantik beeinflusst war (MOLFINO et al., 1984) als unser Alpenraum. Die Temperaturverteilung im Atlantik war aber wahrscheinlich stark, wenn auch in komplizierter Weise, von den großen Eismassen im Norden abhängig, sodaß eine stärkere Abhängigkeit des Klimas im heutigen Frankreich von der globalen Vereisung angenommen werden darf, als dies für den Alpenraum im heutigen Österreich gelten muß.

Es erscheint uns vielmehr naheliegend, daß die Vergletscherung der Alpen viel unmittelbarer der lokalen Sonneneinstrahlung in unseren mittleren nördlichen Breiten folgte, als dies die großen Eisschilde aufgrund autozyklischer Eigendynamik wahrscheinlich taten, wie im vorigen Abschnitt angedeutet.

Heiße Sommer, verbunden mit kalten, schneearmen Wintern, brachten die Alpengletscher wahrscheinlich zum Schmelzen, während umgekehrt kühle Sommer und milde Winter Gletschervorstöße zur Folge hatten. Abb. 21 zeigt die diesbezüglichen Sonneneinstrahlungen für Mitte Juni und Mitte Dezember für unsere Breiten ( $47,5^\circ$  Nord) in den letzten 130 000 Jahren.

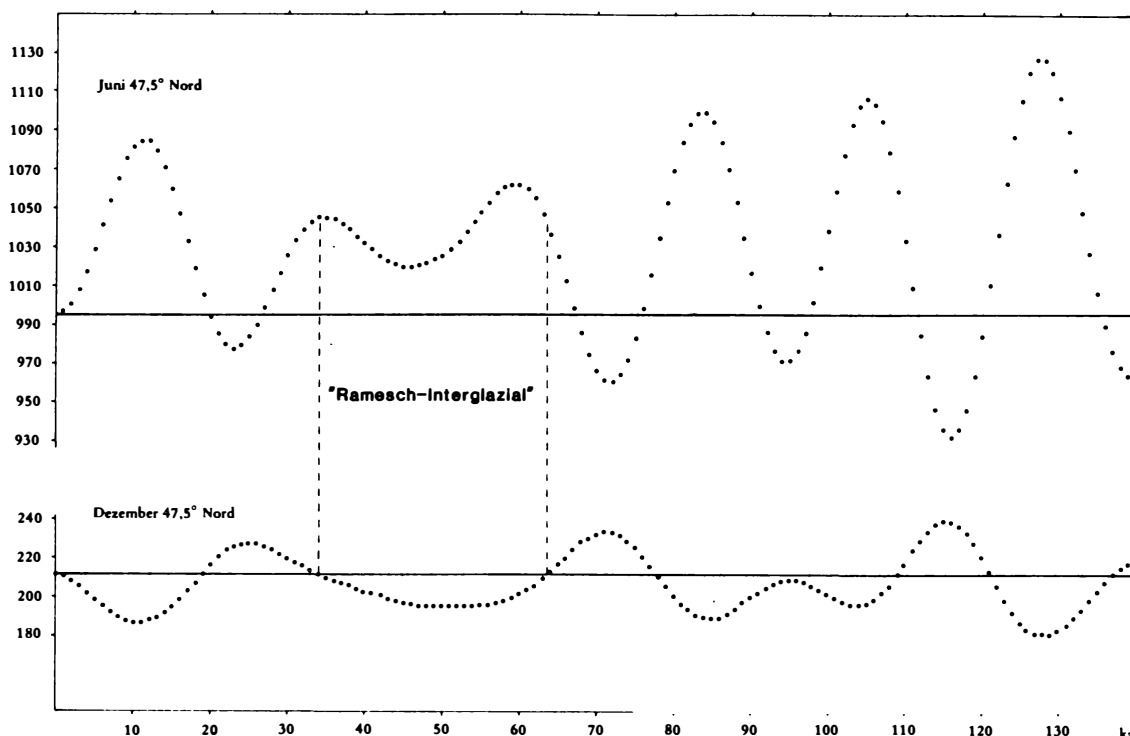


Abb. 21: Die Sonneneinstrahlung Mitte Juni und Dezember in unseren Breiten ( $47,5^\circ$  Nord) für den Zeitraum des letzten globalen Eiszeitzyklus. Markiert ist eine Periode während der Isotopenstufe 3 mit höherer Juni- und niedrigerer Dezember-Einstrahlung als heute, die zeitlich gut mit den Datierungen aus der Ramesch-Höhle zusammenstimmt. (Die Sonneneinstrahlung ist in Kalorien pro  $\text{cm}^2$  und Tag angegeben.)

Die Sonneneinstrahlungskurven zeigen, daß für die Zeit von etwa 34 000 bis 63 000 Jahren v. u. Z. die Juni-Einstrahlung beträchtlich höher war als heute, während gleichzeitig die Dezember-Einstrahlung unter den heutigen Werten lag. Diese Periode war also in unseren Breiten von der Sonneneinstrahlung her durch wärmere Sommer und kältere (und deshalb wahrscheinlich schneeärmere) Winter gekennzeichnet. Da heute der Ramesch nicht vergletschert ist, kann dies erst recht für diese Periode, die fast exakt mit der Datierung der Hauptperiode der Anwesenheit des Höhlenbären in der Ramesch-Höhle zusammenfällt, vermutet werden. Unser empirischer Befund, der zwingend auf ein günstiges Höhenklima in der Umgebung der Ramesch-Höhle während dieser Zeit schließen läßt, paßt demnach gut mit der astronomischen Klimatheorie zusammen, wenn man annimmt, daß dieses Höhenklima in erster Linie durch die lokale Sonneneinstrahlung bestimmt wurde, und weniger durch den klimaverschlechternden Einfluß der relativ großen nördlichen Eismassen während der Isotopenstufe 3.

Wenn dies richtig ist, muß es vor und nach dieser Periode (34 000 – 63 000 Jahre v. u. Z.) große Vorstöße der Alpengletscher gegeben haben, da sowohl vor etwa 72 000 Jahren als auch vor etwa 26 000 Jahren in den Sonneneinstrahlungskurven jeweils ein Sommer-Minimum mit einem Winter-Maximum zusammenfällt (vergl. Abb. 21). Diese für einen Gletschervorstoß besonders günstigen lokalen Bedingungen fallen zeitlich auch mit den globalen Eisvorstößen der Isotopenstufen 4 und 2 zusammen. Man wird wohl kaum fehlgehen, wenn man dies mit den bekannten Würm I und II „Kaltzeiten“ korreliert. Daß es zwischen diesen beiden Eisvorstößen ein Interstadial mit „besserem“ Klima gegeben hat, ist an sich nicht neu, neu ist nur das Ausmaß dieser Klimaverbesserung in großen alpinen Höhen, die durch die Funde in der Ramesch-Höhle belegt werden.

Die Sonneneinstrahlungskurven in Abb. 21 legen es nahe, weitere „Kälteeinbrüche“ (kalte Sommer, aber milde Winter) innerhalb der weiter zurückliegenden Periode, der Isotopenstufe 5 (Riß–Würm-Interglazial), für unsere Breiten anzunehmen: Vor etwa 95 000 Jahren sowie vor 115 000 Jahren fallen wieder ausgeprägte Juni-Minima mit Dezember-Maxima zusammen. Diese Zeiten decken sich gut mit den Zonen 7 und 3 im Grande Pile-Pollenprofil von WOILLARD & MOOK, 1982, in denen ausgeprägte Minima des Baumpollen-Anteiles beobachtet wurden. Aus der Ramesch-Höhle haben wir keine brauchbare Information über diesen Zeitraum der Isotopenstufe 5, da diese Zeit, wie bereits erwähnt, bis auf sporadische Reste keine Spuren in den Sedimenten der Höhle hinterlassen zu haben scheint. Dies war nun zunächst verwunderlich, da es während dieser Periode sicherlich Zeitabschnitte gegeben haben muß, die dem Bären mindestens ebenso gute klimatische Bedingungen boten, wie in der Zeit von etwa 34 000 – 63 000 Jahren v. u. Z., in der er die Höhle bewohnte.

Die Frage nach dem Verbleib der Sedimente aus früheren Besiedlungsphasen der Ramesch-Höhle durch den Bären läßt sich am besten beantworten, wenn wir uns zunächst die umgekehrte Frage stellen, warum die Reste der letzten Anwesenheit des Bären erhalten blieben.

Die Ramesch-Höhle liegt heute in der steilen Flanke des vom Eis ausgehobelten, stark geneigten Tals, etwa 100 m über dem Karboden (siehe Abb. 2). Die Schmelzwässer beim Abschmelzen des letzten Eisvorstoßes vor etwa 11 000 Jahren konnten daher abfließen, ohne daß große Wassermassen den Umweg über die Ramesch-Höhle nahmen. Wenn durch diesen letzten Eisvorstoß das Tal vor der Höhle stark eingetieft wurde, was anzunehmen ist, befand sich die Höhle vorher der Talsohle viel näher. Der Höhleneingang war daher beim vorletzten Eisvorstoß (Würm I, vor etwa 70 000 Jahren) von den Eismassen verschlossen. Beim Abschmelzen dieses Gletschers nahmen wahrscheinlich Gletscherbäche ihren Weg durch die Höhle und schwemmten frühere Sedimente mit sich fort.

## 5. Diskussion

Zum ersten Mal liegen aus einer hochalpinen Bärenhöhle absolute Daten in ausreichender Zahl und Aussagekraft vor, sodaß das vieldiskutierte Problem der zeitlichen Stellung gelöst werden konnte: Der Höhlenbär bewohnte die Ramesch-Knochenhöhle sowohl im Riß/Würm-Interglazial, als auch in einer Warmzeit innerhalb des Würm und war in dieser Zeit wohl auch über andere Hochplateaus der Nördlichen Kalkalpen verbreitet. Radiokarbon-Daten für die Höhlenbärenreste der Salzofenhöhle in ebenfalls etwa 2000 Meter Seehöhe ergaben Werte von  $34.000 \pm 3000$  Jahren v. h. für Holzkohle,  $> 45.000$  Jahren v. h. für Knochen (VOGEL & WATERBOLK, 1967) und  $31.200 \pm 1100$  Jahren v. h. für angereicherte Pollen, Sporen und pflanzlichem Detritus (FELBER, 1978).

Von der Schlenken-Durchgangshöhle (1560 m über NN) bei Hallein im Land Salzburg liegen Daten von  $33300 \pm 1150$  Jahren v. h. für eine Tiefe von 75–80 cm, sowie von  $> 42600$  Jahren v. h. für eine Sediment-Tiefe von 265 bis 280 cm vor (EHRENBERG & MAIS, 1971 und 1972). Diese Daten stehen im Einklang mit den vom Ramesch erzielten Daten. Die Existenz einer Warmzeit in einem Altersbereich von ca. 64 000 bis 32 000 Jahren v. h., hier mit dem Arbeitstitel „Ramesch-Interglazial“ bezeichnet, kann jedoch mit wesentlich mehr Argumenten untermauert werden (vergl. Abb. 26).

Die für ein „Ramesch-Interglazial“ sprechenden Argumente sind einerseits klimatologische, andererseits chronologische Aussagen:

- 1) **Lage der Höhle:** Nach der klimatisch heute sehr ungünstigen Lage der Höhle (nordseitig, Frostboden bis Juli) erscheint eine ganzjährige Besiedelung der Höhle durch den Höhlenbären (durch Juvenil-Stadien belegbar) sehr unwahrscheinlich.

- 2) Nach der heutigen, kargen Vegetation zu schließen, wäre dem herbivoren Höhlenbären bei deutlich schlechteren Klimaverhältnissen die Lebensgrundlage in der weiteren Umgebung der Höhle genommen.
- 3) Die pollenanalytischen Befunde (Vergleich mit rezenten Moospolstern im Eingangsbereich und mit den Eem-zeitlichen Basis-Schichten) führen zu dem Schluß, daß die Waldgrenze in der bewußten Zeitspanne gegenüber heute bzw. gegenüber dem Riß/Würm-Interglazial kaum abgesenkt gewesen sein kann.
- 4) Die für unsere geographische Breite errechneten **Insolations-Werte** zeigen durchwegs wärmere Sommer- und kühlere Winter-Werte.
- 5) In **Kärnten** war in der Zeit zwischen 38 000 und 32 000 Jahren v. h. ein **Rotbuchen-Tannen-Fichtenwald** bis in eine Höhe von mindestens 900 m verbreitet (FRITZ, 1978).
- 6) In den Lößgebieten des Alpenvorlandes, z. B. auch in den klassischen Vorkommen in Niederösterreich müssen sich während der „Ramesch-Warmzeit“ Waldböden entwickelt haben, die etwa den heutigen Temperaturverhältnissen entsprechen. Nach der Gastropodenfauna gibt es tatsächlich eine solche Bodenbildung, die sowohl zeitlich, als auch klimatisch diesen Bedingungen gerecht wird: Es ist dies die klassische **Paudorfer Bodenbildung**, die eine warmzeitliche Gastropodenfauna enthält (vgl. FINK, 1976, BINDER, 1977) und durch ein verlässliches <sup>14</sup>C-Datum (Holzkohle aus dem oberen Bereich der Bodenbildung in Göttweig—Aigen) mit 32 140 ± 860 J. v. h. in die Isotopen-Stufe 3 einzuordnen ist (VOGEL und ZAGWIJN, 1967). Damit wird die ursprüngliche Korrelation der Paudorfer Bodenbildung mit einem Würm-Interstadial (GÖTZINGER, 1936) zumindest zeitlich wieder möglich, nachdem wegen der warmzeitlichen Gastropodenfauna die Bodenbildung dem Eem oder einer älteren Warmzeit zugeordnet worden war (LOZEK in FINK, 1976).  
Eine zweite datierbare Bodenbildung ist die Verbraunung „Stillfried B“, die nach <sup>14</sup>C-Daten etwas älter als 28 000 Jahre ist (VOGEL und ZAGWIJN, 1967) und nach den Gastropoden (BINDER, 1977) einen interstadialen Charakter hat. Sie gehört somit dem letzten Abschnitt der Isotopen-Stufe 3 an und ist mit einer der zahlreichen Schwankungen gleichzusetzen, von denen dieser Zeitabschnitt geprägt wird. Im Profil von Grande Pile sind diese Oszillationen besonders deutlich zu erkennen, die Intensität ihrer Wärmeschwankungen ist gegenüber dem Bereich der Ostalpen abgeschwächt, was mit der geographischen Lage (Nähe zum Nordischen Eisschild, atlantische Einflüsse) erklärt wird (s. Kap. 4.2.).
- 7) Schließlich ist für die Ramesch-Knochenhöhle dank der absoluten Altersdatierung, die nach der Uran—Serien-Methode und nach der <sup>14</sup>C-Methode übereinstimmende Werte in größerer Anzahl brachte, die chronologische Einstufung besser gesichert als für alle vergleichbaren Höhlen- und Pollen-Profile (vergl. Abb. 22).

Zu krassem Widerspruch führen die Daten bzw. Interpretationen von Pollenprofilen außerhalb der Alpen und des Alpenvorlandes.

- a) Das durch <sup>14</sup>C-Daten gut datierte Profil von **Grande Pile** (Vogesen) zeigt in der fraglichen Zeit zahlreiche klimatische Schwankungen, aber insgesamt wesentlich kühlere Verhältnisse an. Diese Diskrepanzen sind vielleicht (siehe Pkt. 6) durch starke atlantische Einflüsse zu erklären (vgl. Eiskurve Abb. 19).
- b) Das Profil von **Mondsee**. Hier sind die Widersprüche wegen der geographischen Nähe besonders tiefgreifend. Es scheint kaum möglich, daß zur gleichen Zeit im Toten Gebirge die Waldgrenze höher oder zumindest gleich hoch lag wie heute (d. h. also bei ± 1800 m) und im kaum 100 km entfernten Mondsee knapp über dem See-Niveau (also bei etwa 600—1000 m). Das (wenn auch seltene) Auftreten von wärmeliebenden Gehölzen wie *Tilia*, *Corylus*, *Abies*, *Carpinus* etc. in 2000 m Seehöhe verlangt relativ dichte Bestände dieser Formen zumindest im Talbereich.
- c) Das Profil vom **Samerberg** wird ähnlich interpretiert wie das Mondseer-Profil, was deshalb zu denselben Schwierigkeiten führt. Aussagekräftige <sup>14</sup>C-Daten liegen aus beiden Profilen noch nicht vor.



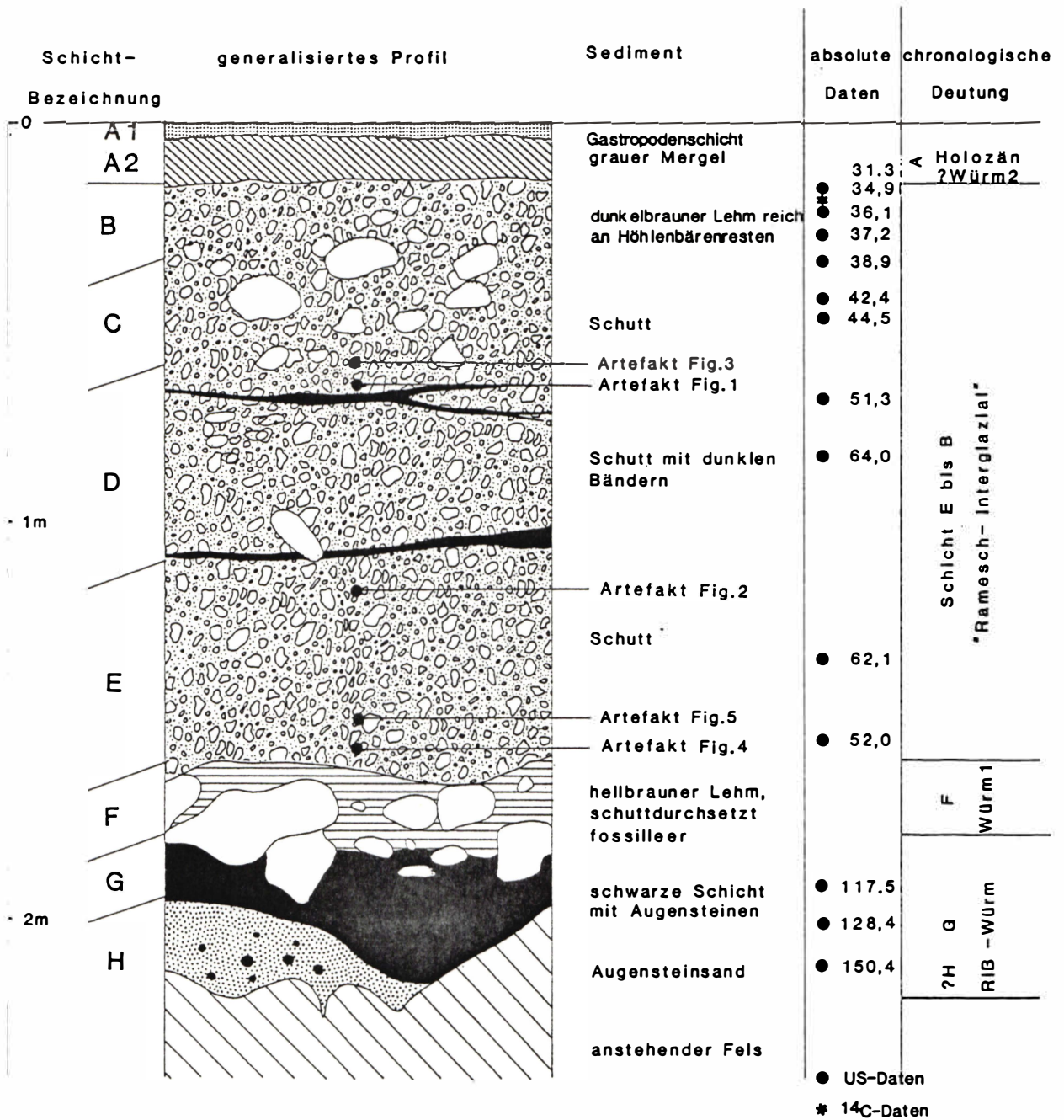


Abb. 22: Generalisiertes Profil der Sedimente in der Ramesch-Knochenhöhle mit einer Übersicht der absoluten Daten, sowie dem Versuch einer Korrelation mit der alpinen Eiszeitgliederung.

Wir sind heute weit davon entfernt, für diese aufgezeigte Problematik Lösungen anbieten zu können, die über bloße Spekulationen hinausgehen, wir wollen sie hier zur Diskussion stellen und als Anregung für künftige Forschungen verstanden wissen.

## TAFEL I

700 x vergrößert

- Fig. 1 *Echinops*  
2 Valerianaceae  
3 *Scabiosa*  
4 Asteraceae  
5 *Tilia*  
6 Asteraceae  
7 *Knautia*  
8 *Knautia*, unreife Pollenkörner  
9 Caryophyllaceae

## TAFEL II

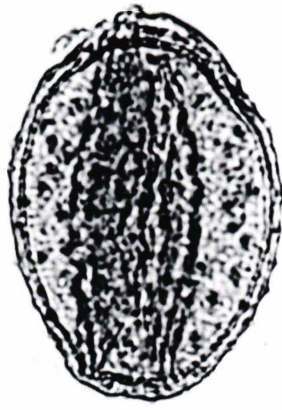
Maßstab in Mikron

- Fig. 10 *Knautia*  
11 Exine – Detail *Knautia*  
12 Poaceae –  
13 (Mitte, rechts) *Geranium*  
13 (Mitte, unten) Conyophyllaceae  
15 Exine Detail

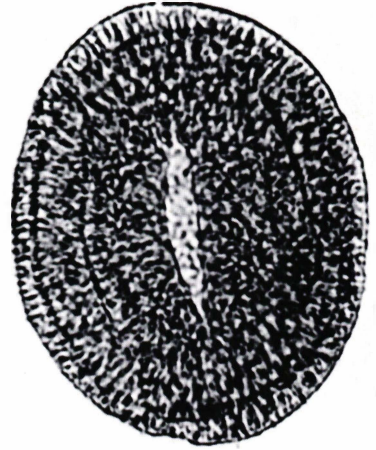
Sämtliche REM Photos wurden in dankenswerter Weise von Herrn Dr. R. SURENIAN (Geol. Bundesanstalt) angefertigt.



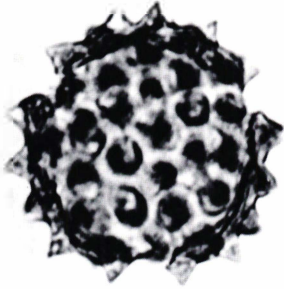
1



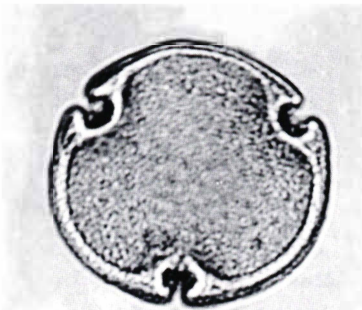
2



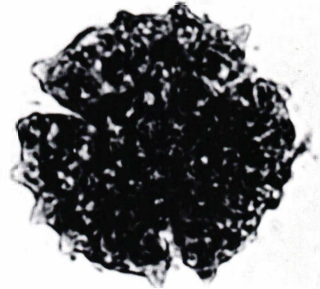
3



4



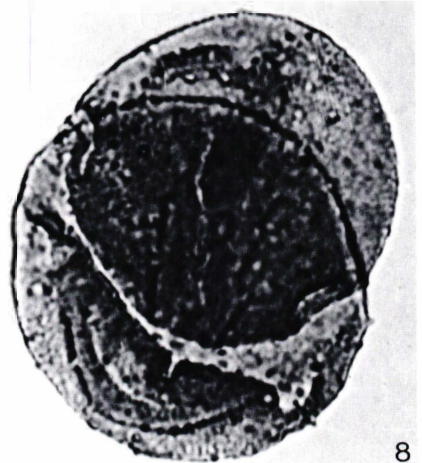
5



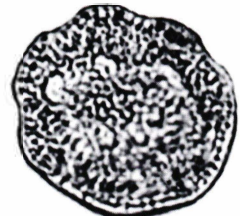
6



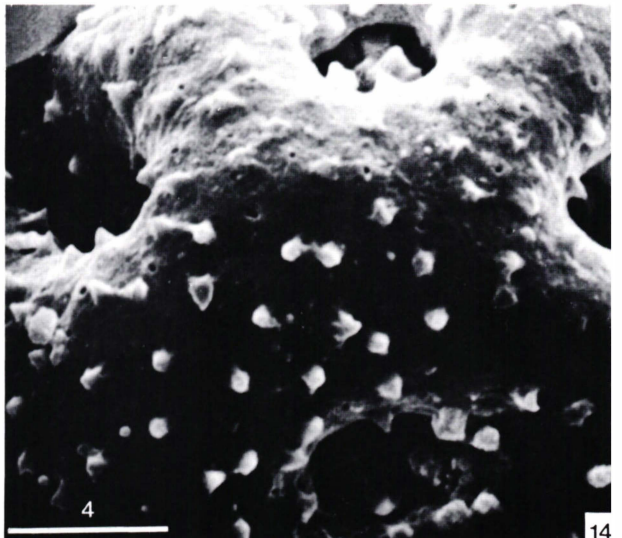
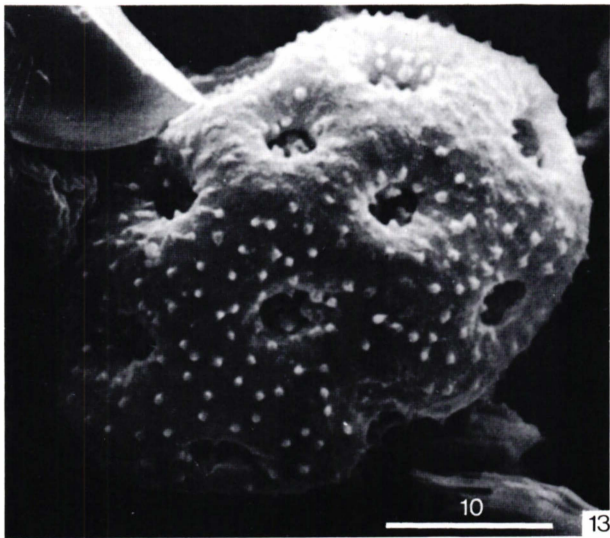
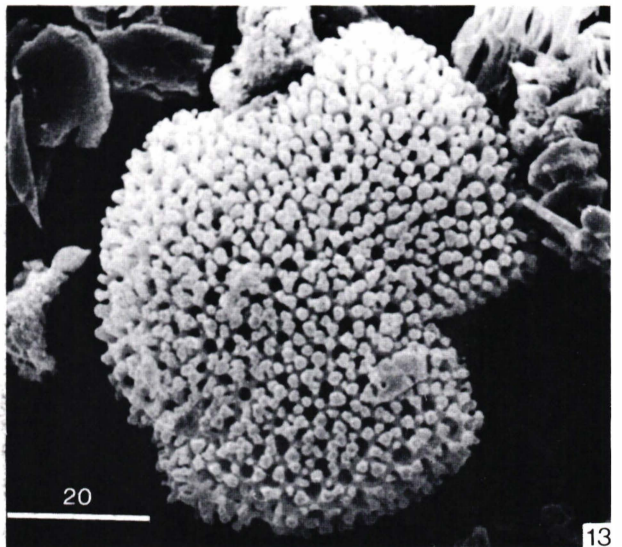
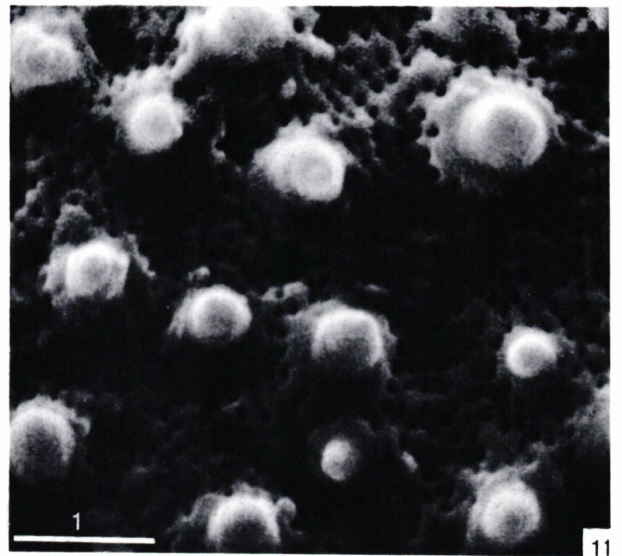
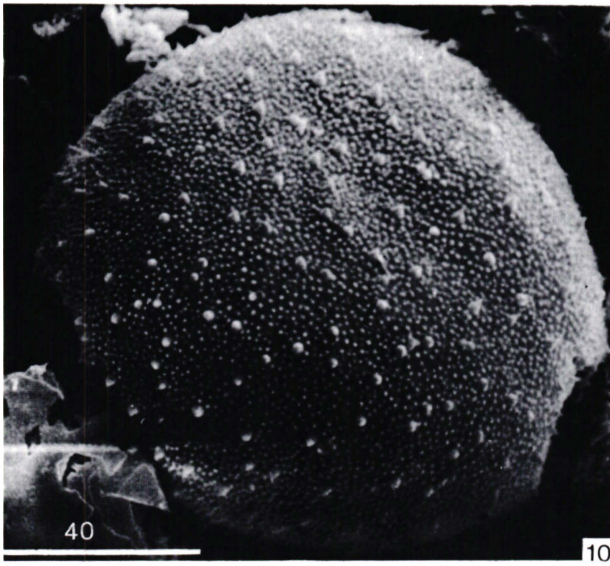
7



8



9



## 6. Ausblick

Die Forschungen im Zusammenhang mit der Ramesch-Knochenhöhle haben einige klassische Probleme (z. B. zeitliche Stellung hochalpiner Höhlen, „Höhen-Paläolithikum“, interstadialer oder interglazialer Charakter, hochalpine Kleinform des Höhlenbären) einer Lösung näher gebracht oder zugeführt, hingegen haben sich viele neue Fragen eröffnet, die ein breites Betätigungsfeld für künftige Forschungen liefern. Die wichtigsten der hier angerissenen Fragenkomplexe seien kurz angeführt:

- 1) Lassen sich die chronologischen Ergebnisse auch in anderen alpinen Höhlen erhärten und verfeinern?
- 2) Welche Höhlen des Hochgebirges wurden von der sogenannten „hochalpinen Kleinform“ bewohnt? Insbesondere wäre die Frage zu klären, in welcher Höhenlage sich der Ramesch-Bär während der Kaltzeiten (Isotopen-Stufen 4 und 2) aufhielt.
- 3) Lassen sich die überaus rasche Evolution des Höhlenbären-Gebisses und die Sonderstellung des Ramesch-Bären auch an anderen Skelett-Elementen bestätigen?
- 4) Wie weit ist es möglich, die Höhlenbären-Faunen der klassischen Höhlen-Gebiete nach den Evolutions-Niveaus chronologisch einzustufen? Für dieses Vorhaben sind nicht nur reiche Zahn-Materialien, sondern auch viele absolute Datierungen notwendig.
- 5) Kann die Existenz einer „intra-würmzeitlichen Warmzeit“ in weiteren Aufschlüssen (Höhlen, Löß, limnischen und fluviatilen Ablagerungen) verifiziert werden? Als in diesem Zusammenhang vordringlich erscheint uns die absolute Datierung der mittel- und jungpleistozänen Paläoböden der klassischen Lößprofile in Niederösterreich, weshalb im nächsten Forschungsprojekt diese Frage zu klären versucht werden soll.
- 6) Läßt sich das Levallois-Mousterien auch in anderen hochalpinen Höhlen der Ostalpen nachweisen?

Für die Lösung dieser Fragen wird für die nächsten Jahre ein umfangreiches Grabungsprogramm geplant. Entscheidende Ergebnisse sind aber wohl nur dann zu erzielen, wenn es gelingt, die Zusammenarbeit zwischen Paläontologen und Späälöologen mit Physikern, Chemikern, Palynologen und Urgeschichtlern weiterzuführen und die Finanzierung durch gemeinsame Forschungsprojekte zu sichern.

### Zusammenfassung

In der Zeit von 1979–1984 wurden bei Grabungen in der Ramesch-Knochenhöhle (Oberösterreich) zusammen mit reichlichem Knochenmaterial des Höhlenbären auch einige sehr schöne Funde typischer Steingeräte des Paläolithikums geborgen. Eine quantitative Untersuchung des Zahnmaterials zeigte, daß der kleinwüchsige hochalpine „Ramesch-Bär“ auf einem viel niedrigeren Evolutionsniveau stand als die typischen Höhlenbären-Populationen der Mittelgebirge und des Tieflandes. Zahlreiche absolute Datierungen der Bärenknochen nach der  $^{14}\text{C}$ - und der Uran-Serien-Methode ergaben für den größten Teil der Mächtigkeit der Sedimente in der Ramesch-Höhle (2–3 m) Alter im Zeitbereich von etwa 65 000 bis rund 30 000 Jahren. Entgegen bisherigen Vorstellungen müssen während dieser Periode sehr günstige klimatische Bedingungen geherrscht haben. Dies beweist die Anwesenheit aller Altersstufen des pflanzenfressenden Bären in 2000 m Höhe über der heutigen Baumgrenze, zusammen mit den pollenanalytischen Befunden.

Die hier gefundene Evidenz für eine „intra-würmzeitliche Warmzeit“ („Ramesch-Interglazial“) wird mit Befunden aus anderen hochalpinen Höhlen, sowie mit Daten und Interpretationen von Profilen außerhalb der Alpen und des Alpenvorlandes konfrontiert. Berechnungen der Sonneneinstrahlung nach der astronomischen Theorie des Paläoklimas („Milankovitch-

Theorie“) ergeben, im Vergleich zu heute, für unsere Breiten während der fraglichen Periode wesentlich höhere Sommer-Einstrahlung bei gleichzeitig niedrigerer Einstrahlung im Winter. Dies wird als Ansatz für eine mögliche Erklärung einer Wärmeschwankung im Alpenraum diskutiert, die zeitlich mit der Tiefsee-Isotopenstufe 3 zusammenfällt, aber intensiver gewesen sein muß, als es der globalen Vereisung entsprach.

### Abstract

During excavations from 1979–1984 in a cave in Mount Ramesch (”Ramesch-Knochenhöhle“, Upper Austria), we found some very nice pieces of stone tools. These typical palaeolithic artefacts are associated with rich findings of cave bear bones and teeth. Quantitative examination of the material showed that the Alpine ”Ramesch-bear“ was of smaller stature and more primitive, compared to the typical cave bear populations of the lowlands. Absolute dating of many samples of bear bones using the  $^{14}\text{C}$ - and the Uranium-series-method yielded ages within the period 65 000 to 30 000 years B. P., for almost the complete thickness of the 2–3 m of the cave-sediments. Against prevailing ideas this period must have been one of rather favourable climatic conditions in the Alpine region. This is corroborated by the evidence, that individuals of all ages of the herbivorous bear inhabited the Ramesch-cave at 2 000 m above sea level, well above the present timber line and also from palynological evidence.

This evidence for a period of a warmer climate (”intra-würmzeitliche Warmzeit“, tentatively called ”Ramesch-Interglacial“) is confronted with findings from other high altitude Alpine caves, and with data and interpretations of profiles from regions near and outside the Alps as well. Calculations of the insolation during the period under discussion and for our latitudes ( $47.5^\circ$  north), using the astronomical theory of palaeoclimate (”Milankovitch-theory“), yield substantially higher values for the summer months, but lower ones in winter, compared to present insinations. This result is discussed as part of a possible explanation for a period of warmer climate in the Alpine region, coinciding with deep sea isotope-stage 3, but warmer than could be expected from the Oxygen-record of global glaciation.

### Literatur

- ABEL, O. und KYRLE, G., 1931. Die Drachenhöhle bei Mixnitz. – Späol. Monogr., 7–9:1–953.
- ADAMETZ, L., 1936. Ergänzungen zu dem vorhergehenden Bericht von KYRLE und eine Zusammenfassung der alt- und jungpaläolithischen Höhlenstationen Österreichs auf Grund der Ausgrabungen und Untersuchungen von Josef BAYER. – Int. Geol. Congr. Report on 16. Session, USA 1933, 2, Washington, 1165–1169.
- BAYER, J., 1927. Der Mensch im Eiszeitalter. – F. Deuticke, Wien-Leipzig.
- BERGER, A., 1977. Long-Term Variations of the Earth’s Orbital Elements. – *Cel. Mech.*, 15:53–74.
- BERGER, A., 1978. Long-Term Variations of Daily Insolation and Quaternary Climatic Changes. – *J. Atmos. Sci.*, 35:2362.
- BERGER, A., 1980. The Milankovitch Astronomical Theory of Paleoclimates: A Modern Review. – *Vistas in Astronomy*, 24:103–122.
- BERGER, A., IMBRIE, J., HAYS, J., KUKLA, G. & SALTZMAN, B. (eds.), 1984. Milankovitch and Climate Understanding the Response to Astronomical Forcing. – NATO ASI Series C: Math. and Phys. Sc., 126, Pt. 1, 2, D. Reidel Publ. Comp., Dordrecht, Boston, Lancaster (ISBN 90–277–1791–5).
- BINDER, H., 1977. Bemerkenswerte Molluskenfaunen aus dem Pliozän und Pleistozän von Niederösterreich. – *Beitr. Paläont. Österr.*, 3:1–78.
- BIRCHFIELD, G. E. & WEERTMAN, J., 1978. A Note on the Spectral Response of a Model Continental Ice Sheet. – *J. Geophys. Res.*, 3:4123–4125.
- BIRCHFIELD, G. E. & WEERTMAN, J., 1982. A Model Study of the Role of Variable Ice Albedo in the Climate Response of the Earth to Orbital Variations. – *Icarus*, 50:462–472.
- BISCHOFF, J. L. & ROSENBAUER, R. J., 1981. Uranium Series Dating of Human Skeletal Remains from

- the Del Mar and Sunnyvate Sites, California. – *Science*, 213:1003–1005.
- BISHOP, M. J., 1982. The Mammal Fauna of the Middle Pleistocene Cavern Infill Site of Westbury-sub-Mendip. – *Somerset. Spec. Pap. Palaeont.*, 28:1–108, London.
- BORTENSCHLAGER, S., 1983. Die pollenanalytische Untersuchung am Bänderton von Baumkirchen. – Exkursionen d. SEQS. Symposium „Würmstratigraphie“, 81–85, München.
- CLIMAP Project Members, 1976. The Surface of the Ice-Age Earth. – *Science*, 191:1131–1137.
- DANSGAARD, W., CLAUSEN, H. B., GUNDESTRUP, N., HAMMER, C. U., JOHNSEN, S. F., KRISTINSDOTTIR, P. M. & REEK, N., 1982. A New Greenland Deep Ice Core. – *Science*, 218:1273–1277.
- DENTON, G. H. & HUGHES, T. J., 1983. Milankovitch Theory of Ice-Ages: Hypothesis of Ice-Sheet Linkage between Regional Insolation and Global Climate. – *Quaternary Res.*, 20:125–144.
- DRAXLER, I., 1972 a. Palynologische Untersuchungen an Sedimenten aus der Salzofenhöhle im Toten Gebirge. – *Ann. Naturhist. Museum Wien*, 76:171–186.
- DRAXLER, I., 1972 b. Palynologische Untersuchungen an Höhlensedimenten aus der Salzofenhöhle im Toten Gebirge. – *Diss. phil. Fak. Wien*.
- DRAXLER, I., 1977. Pollenkörner als Nahrungsreste der Höhlenbären in Sedimenten ostalpiner Bärenhöhlen. – *Proc. of the 6<sup>th</sup> int. Congress of Speleology V*, 1973, 281–286, Prag.
- DRAXLER, I. & van HUSEN, D., 1978. Zur Einstufung innerwürmzeitlicher Sedimente von Ramsau/Schladming und Hohentauern (Steiermark). – *Zeitschr. f. Gletscherkd. u. Glazialgeol.*, 14/1:105–114.
- EISENBARTH, P. & HILLE, P., 1977. A Nondestructive Method for Age Determination of Fossil Bone. – *J. Radioanal. Chem.*, 40:207–211.
- EHRENBERG, K., 1930. Neue Ausgrabungen in österreichischen Höhlen. – *Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien*, 79 (Jg. 1929):71–75.
- EHRENBERG, K., 1931. Die Variabilität der Backenzähne beim Höhlenbären. [In:] ABEL, O. & KYRLE, G., *Die Drachenhöhle bei Mixnitz*. – *Speläol. Monographien*, 7–9:535–573.
- EHRENBERG, K., 1941. Berichte über Ausgrabungen in der Salzofenhöhle im Toten Gebirge, I. Über bemerkenswerte Fossilvorkommen in der Salzofenhöhle. – *Palaeobiologica VII/4*:325–348.
- EHRENBERG, K., 1942. Berichte über Ausgrabungen in der Salzofenhöhle im Toten Gebirge, II. Untersuchungen über umfassende Skelettfunde als Beitrag zur Frage der Form- und Größenverschiedenheiten zwischen Braunbär und Höhlenbär. – *Palaeobiologica VII/5–6*:531–666.
- EHRENBERG, K., 1955. Über Höhlenbären und Bärenhöhlen. – *Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien*, 95:19–41.
- EHRENBERG, K., 1962 a. Bemerkungen über die Bestände an Höhlenfunden im oberösterreichischen Landesmuseum. – *Jb. OÖ. Musealvereins*, 107:394–437.
- EHRENBERG, K., 1962 b. Über Lebensweise und Lebensraum des Höhlenbären. Eine paläobiologische Studie. – *Verh. d. Zool. Bot. Ges.*, 101/102:18–31.
- EHRENBERG, K., 1969. Ergebnisse und Probleme der Erforschung der Salzofenhöhle. – *Akten d. 4. Int. Kongr. f. Speläologie, Ljubljana*, 4–5:315–319.
- EHRENBERG, K., 1973. Ein fast vollständiges Höhlenbärenneonatenskelett aus der Salzofenhöhle im Toten Gebirge. – *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, 77:69–113.
- EHRENBERG, K., 1974. Die bisherigen urzeitlichen Funde aus der Schlenkendurchgangshöhle, Salzburg. – *Archaeologica Austriaca*, 55:7–28.
- EHRENBERG, K. & MAIS, K., 1972. Bericht über die Schlenkendurchgangshöhlen-Expedition 1972. – *Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl.*, 14:1–14.
- EHRENBERG, K. & MAIS, K., 1972. Bericht über die Schlenkendurchgangshöhlen-Expedition 1971. – *Anz. math.-naturwiss. Kl., Österr. Akad. Wiss.*, (1):21–38.
- EHRENBERG, K. & MAIS, K., 1971. Die Schlenkendurchgangshöhlen-Expedition im Sommer 1970. – *Anz. math.-naturwiss. Kl., Österr. Akad. Wiss.*, (2):30–38.
- EHRENBERG, K. & SICKENBERG, O., 1929. Eine pliozäne Höhlenfauna aus der Hochgebirgsregion der Ostalpen, *Paleobiologica*, 2:303–364.
- EMILIANI, C. & SHACKLETON, N. J., 1974. The Brunhes Epoch: Isotopic Paleotemperatures and Geochronology. – *Science*, 183:511–514.
- FELBER, H., 1978. Altersbestimmung nach der Radiokohlenstoffmethode am Institut für Radiumforschung und Kernphysik, XIV. – *Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl.*, 193–210.
- FELBER, H., 1982. Altersbestimmung nach der Radiokohlenstoffmethode am Institut für Radiumforschung und Kernphysik XVIII. – *Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl.*, 133–141.
- FELBER, H., 1983. Altersbestimmung nach der Radiokohlenstoffmethode am Institut für Radiumforschung und Kernphysik XIX. – *Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl.*, 111–119.
- FELBER, H. & HILLE, P., 1982. Anwendung der Radioisotopen-Datierung in der Archäologie. – *Sitzber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Abt. I*, 191:149–184.
- FELBER, H. & van HUSEN, D., 1976. Eine innerwürmzeitliche Seeablagerung im Freibachtal (Kärnten). – *Z. Gletscherkd. u. Glazialgeol.*, 11:195–201.

- FINK, J. (ed.), 1976. Exkursionen durch den österreichischen Teil des nördlichen Alpenvorlandes und den Donauraum zwischen Krems und der Wiener Pforte. – Mitt. Quartärforsch. Österr. Akad. Wiss., 1:1–113.
- FISCHER, H., 1971. Erstes Profil aus dem Bereich des älteren Deckenschotterniveaus im Raume von Haag–Niederösterreich. – Verh. Geol. B.-A., Wien, 1971:528–551.
- FLIRI, F., 1983. Die Inntalterrasse von Gnadenwald und der Bänderton von Baumkirchen. – Exkursionen d. SEQS, Symposium „Würmstratigraphie“, München, 77–80.
- FRITZ, A., 1975. Beitrag zur würmglazialen Vegetation Kärntens. – Carinthia II, 165(85):197–222.
- FRITZ, A., 1978. Pollenstratigraphische Probleme des Würm- und Postglazials in Kärnten. – Carinthia II, 168(88):189–206.
- GATES, W. L., 1976. Modeling the Ice-Age Climate. – Science, 191:1138–1144.
- GÖTZINGER, G., 1936. Führer für die Quartär-Exkursionen in Österreich, Teil I. – Geol. B.-A., Wien.
- GROISS, J. Th., 1972. Paläontologische Untersuchungen in der Zoolithenhöhle bei Burggailenreuth. [In:] HELLER, F. (ed.): Die Zoolithenhöhle bei Burggailenreuth/Ofr. – Erlanger Forsch., 5:79–93.
- GRÜGER, E., 1979 a. Spättriß, Riß/Würm und Frühwürm am Samerberg in Oberbayern – ein vegetationsgeschichtlicher Beitrag zur Gliederung des Jungpleistozäns. – Geol. Bavarica, 80:5–64.
- GRÜGER, E., 1979 b. Die Seeablagerungen vom Samerberg/Obb. und ihre Stellung im Jungpleistozän. – Eiszeitalter und Gegenwart, 29:23–24.
- GRÜGER, E., 1983. Samerberg. – Führer zu den Exkursionen d. SEQS, Symposium „Würmstratigraphie“, München, 157–170.
- HAYS, J. D., IMBRIE, J. & SHACKLETON, N. J., 1976. Variations in the Earth's Orbit: Pacemaker of Ice-Ages. – Science, 194:1121–1132.
- HELD, I. M., 1982. Climate Models and the Astronomical Theory of the Ice Ages. – Icarus, 50:449–461.
- HELLER, F., 1972. Die Zoolithenhöhle bei Burggailenreuth/Ofr., 200 Jahre wissenschaftlicher Forschung 1771–1971. – Erlanger Forsch., 5:1–131.
- HILLE, P., 1979. An Open System Model for Uranium Series Dating. – Earth. Plan. Sci. Lett., 42:138–142.
- HUSEN, D. van, 1974. Quartärgeologische Untersuchungen in den östlichen Karawanken. – Mitt. Geol. Ges. Wien, 66–67:61–74, E. Clar-Festschrift.
- HUSEN, D. van, 1980. Zur Ausbildung und Stellung der würmzeitlichen Sedimente im unteren Gailtal. – Z. f. Gletscherkde u. Glazialgeol., 16/1:85–97.
- HUSEN, D. van, 1981. Geologisch-sedimentologische Aspekte im Quartär von Österreich. – Mitt. österr. geol. Ges., 74:197–230.
- HÜTTER, E., 1955. Der Höhlenbär von Merkenstein. – Ann. Naturhist. Mus. Wien, 60:122–168.
- IMBRIE, J., HAYS, J. D., MARTINSON, D. G., McINTYRE, A., MIX, A. C., MORLEY, J. J., PISIAS, N. G., PRELL, W. L. & SHACKLETON, N. J., 1984. The Orbital Theory of Pleistocene Climate: Support from a Revised Chronology of the Marine  $\delta^{18}\text{O}$  Record. [In:] BERGER et al. (eds.), Pt. I:269–305.
- KLAUS, W., 1967. Vorbericht über pollenanalytische Untersuchungen von Sedimenten aus der Schlenken-Durchgangshöhle a. d. Taußl (Salzburg). – Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., 12:379–380.
- KLAUS, W., 1975. Das Mondsee-Interglazial, ein neuer Florenfundpunkt der Ostalpen. – Jahrb. d. OÖ. Musealver., 120:315–344.
- KLAUS, W., 1976. Das Riß/Würm-Interglazial von Mondsee. – Mitt. d. Komm. f. Quartärforsch., Österr. Akad. Wiss., 1:14–24.
- KLAUS, W., 1983. Der pollenanalytische Nachweis einer geschlossenen Serie würmzeitlicher Klimaschwankungen über dem R/W-Interglazial von Mondsee. – Führer zu den Exkursionen d. SEQS, Symposium „Würmstratigraphie“, München, 157–170.
- KOMINZ, M. A., HEATH, G. R., KU, T.-L. & PISIAS, N. G., 1979. Brunhes Time Scales and the Interpretation of Climatic Change. – Earth Planet. Sci. Lett., 45:394–410.
- KORKISCH, J., STEFFAN, I., HILLE, P., VONACH, H. & WILD, E., 1982. Uranium Series Method applied to Fossil Bone. – J. Radioanal. Chemistry, 68:107–116.
- KU, T.-L., 1976. The Uranium Series Method of Age Determination. – Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 4:347–379.
- KUKLA, G. J., 1975. Missing Link between Milankovitch and Climate. – Nature, 253:600–603.
- LONGIN, R., 1971: New Method of Collagen Extraction for Radiocarbon Dating. – Nature, 230:241–242.
- MAIS, K., RABEDER, G., VONACH, H. & WILD, E., 1982. Erste Datierungs-Ergebnisse von Knochenproben aus dem österreichischen Pleistozän nach der Uran-Serien-Methode. – Sitzber. Österr. Akad. Wiss., Abt. I, 191:1–14.
- MALEZ, M. & RUKAVINA, D., 1979. Lage der Höhlenablagerungen von Vindija im System der quartären Vollgliederung des Alpengebietes. – Rad. Jugosl. akad. znan. umjet., 383:187–218.
- MANGINI, A. & SONNTAG, C., 1977.  $\text{Pa}^{231}$  Dating of Deep-sea Cores via  $\text{Th}^{227}$  Counting. – Earth. Planet. Sci. Lett., 37:251.
- MILANKOVITCH, M., 1956: Erforschung der Chronologie der Eiszeit. – Archaeologica Austriaca, 19/20:1–13.



- MOLFINO, B., HEUSSER, L. H. & WOILLARD, G. M., 1984. Frequency Components of a Grande Pile Pollen Record: Evidence of Precessional Orbital Forcing. [In:] BERGER et al. (eds.), Pt. I:391–404.
- MORLEY, J. J. & HAYS, J. D., 1981. Towards a high-resolution, global, deep-sea chronology for the last 750.000 years. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, 53:279–295.
- MOTTL, M., 1947. Die pleistozäne Säugetierfauna des Frauenlochs im Rötischgraben bei Stübing. – *Verh. Geol. B.-A.*, Wien, 4–6:94–120.
- MOTTL, M., 1955. Neue Grabungen in der Repolusthöhle bei Peggau in der Steiermark. – *Mitt. Mus. Bergbau, Geol. u. Techn.*, 15, Graz.
- MOTTL, M., 1964. Bärenphylogenie in Südost-Österreich. – *Mitt. Mus. Bergbau, Geol. u. Techn.*, 26:1–55, Graz.
- MOTTL, M., 1968. Neuer Beitrag zur näheren Datierung Urgeschichtlicher Rastplätze Südostösterreichs. – *Mitt. Urgesch. Arbeitsgem. Wien*, 87–111.
- MURBAN, K. & MOTTL, M., 1953. Eiszeitforschungen des Joanneums in Höhlen der Steiermark. – *Mitt. Mus. Bergbau, Geol. u. Techn., Landesmus. Joanneum*, 11:1–75.
- MÜLLER, E., 1979. Pollenanalytische Untersuchungen an paläolithischen und mesolithischen Höhlensedimenten aus der Schweiz und Vorarlberg. – *Antiqua*, 7, Veröffentlichungen der Schweiz. Ges. f. Ur- und Frühgesch., Basel, S. 76.
- OAKLEY, K. P., 1948. Fluorine and the Relative Dating of Bones. – *Proc. Brit. Assoc. Sci.*, 4:336–337.
- OAKLEY, K. P., 1963. Fluorine, Uranium and Nitrogen Dating of Bones. [In:] *The Scientist and Archaeology*, E. Pyddoke, London.
- OAKLEY, K. P. & HOSKINS, C. R., 1950. New Evidence on the Antiquity of Piltdown Man. – *Nature*, 165:379–382.
- OERLEMANS, J., 1980. Model Experiments on the 100 000-yr Glacial Cycle. – *Nature*, 287:430–432.
- PAVUZA, R. & TRAINDL, H., 1984. Gedanken zur Grundwassertemperatur. – *Karst-Bulletin*, 4 (1; Ganze Folge Nr. 7):5–10, Wien.
- PESCHKE, P., 1983. Palynologische Untersuchungen interstadialer Schieferkohlen aus dem schwäbisch-oberbayerischen Alpenvorland. – *Geol. Bavarica*, 84:69–99.
- RABEDER, G., 1981. Die Arvicoliden (Rodentia, Mammalia) aus dem Pliozän und dem ältesten Pleistozän von Niederösterreich. – *Beitr. Paläont. Österr.*, 8:1–373.
- RABEDER, G., 1983. Neues vom Höhlenbären. Zur Morphogenetik der Backenzähne. – *Die Höhle*, 34/2:67–85.
- RODE, K., 1935. Untersuchungen über das Gebiß der Bären. – *Monogr. Geol. Paläont.*, 7:1–162.
- SCHMIDT, W., WILD, E., HILLE, P. & RECHTBERGER, W., 1983. Imaging Uranium Distributions in Fossil Bones by Fission Track Etching. – *J. Radioanal. Chem.*, 79:303–307.
- SCHÜTT, G., 1968. Die cromerzeitlichen Bären aus der Einhornhöhle bei Schwarzfeld. – *Mitt. Geol. Inst. TH Hannover*, 7:1–21.
- SCHWARCZ, H. P., 1980. Absolute Age Determination of Archaeological Sites by Uranium-Series Dating of Travertines. – *Archaeometry*, 22:1–24.
- SUAREZ, M. J. & HELD, I. M., 1979. The Sensitivity of an Energy Balance Climate Model to Variations in the Orbital Parameters. – *J. Geophys. Res.*, 84:4825–4836.
- SZABO, B. J. & ROSHOLT, J. N., 1969. Uranium-Series Dating of Pleistocene Molluscan Shells from Southern California. An Open System Model. – *J. Geophys. Res.*, 74:3253.
- TICHY, G., 1980. Das Würm-Interstadiale Kohle-Vorkommen von Mülln (Stadt Salzburg). – *Z. f. Gletscherkde. u. Glazialgeol.*, 16:107–110.
- TURON, J.-L., 1984. Direct land/sea correlations in the last interglacial complex. – *Nature*, 309:673–676.
- VOGEL, J. C. & WALTERBOLK, H. T., 1967. Groningen Radiocarbon Dates VII. – *Radiocarbon*, 9:107–155.
- VOGEL, J. C. & ZAGWIJN, W. H., 1967. Groningen Radiocarbon Dates VI. – *Radiocarbon*, 9:63–106.
- WEGMÜLLER, S., 1985. Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen im Schieferkohlengebiet von Gondiswil/Ufhusen. – *Jahrb. d. Oberaargaus*, S. 13–30.
- WELTEN, M., 1981. Verdrängung und Vernichtung der anspruchsvollen Gehölze am Beginn der letzten Eiszeit und die Korrelation der Frühwürm-Interstadiale in Mittel- und Nordeuropa. – *Eiszeitalter und Gegenwart*, 31:187–202.
- WELTEN, M., 1982. Pollenanalytische Untersuchungen im jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. – *Beitr. z. Geol. Karte der Schweiz, N. F.*, 156, I. Bd. Text, II. Bd. Diagramme, Bern.
- WETTSTEIN, O. & MÜHLHOFER, F., 1938. Die Fauna der Höhle von Merkenstein in NÖ. – *Arch. Naturgesch.*, N. F., 7(4):514–558.
- WILD, E., HILLE, P. & RABEDER, G., 1982. Improvements and Some Results of the N/F-Activation Method from Dating Fossil Bone. – *J. Radioanal. Chem.*, 68:193–197.
- WOILLARD, G. M. & MOOK, W. G., 1982. Carbon-14 Dates of Grande Pile: Correlation of Land and Sea Chronologies. – *Science*, 215:159–161.

WOILLARD, G. M., 1978. Grande Pile Peat bog: A Continuous Pollen Record for the Last 140.000 Years. — *Quaternary Research*, 9:1–21.

Norbert Vavra:

### Aminosäuren aus dem Knochenmaterial des Höhlenbären aus der Ramesch-Knochenhöhle (Totes Gebirge, Oberösterreich)

Im Rahmen der Bearbeitung des Fossilmaterials aus der Ramesch-Knochenhöhle war von allem Anfang an auch vorgesehen, die Höhlenbärenknochen auf etwa vorhandene Reste von „Paläoproteinen“ (Kollagene) bzw. Aminosäuren zu untersuchen. Da solche Untersuchungen an Material aus anderen österreichischen Höhlen bereits vor einiger Zeit positive Ergebnisse gebracht hatten (HILLE et al., 1981), sollte am nunmehr vorliegenden Fossilmaterial vor allem versucht werden, ob durch das Ausmaß der Razemisierung einzelner Aminosäuren eine Unterscheidung von Proben möglich ist, die aus dem selben Profil geborgen wurden und aufgrund der Fundsituation unterschiedliches Alter erwarten lassen. Die Datierung von Knochenfunden und anderem Fossilmaterial aufgrund der Razemisierungsgeschwindigkeit einzelner Aminosäuren wurde ja schon seit geraumer Zeit in der Literatur beschrieben (z. B. BADA, 1972; BADA et al., 1974), wobei allerdings die Ergebnisse nicht unwidersprochen geblieben sind. Zu vielfältig sind die Möglichkeiten störender Einflüsse, wie vor allem unterschiedliches „Temperaturschicksal“ der einzelnen zu vergleichenden Proben, pH-Wert des Sedimentes, zirkulierende Wässer etc. (vgl. z. B. LAJOIE, PETERSEN & GEROW, 1980). Aufgrund der vom Verfasser bereits früher durchgeführten Analysen war ein relativ geringes Ausmaß der Razemisierung zu erwarten (HILLE et al., 1981). Da das Material aus der Ramesch-Knochenhöhle jedoch bei zu erwartendem unterschiedlichen Alter der Knochenproben den Vorteil eines vergleichbaren Temperaturverlaufes sowie vergleichbarer Fossilisationsbedingungen und dgl. mehr erwarten ließ, schien es von besonderem Interesse, gerade dieses Material einer entsprechenden Bearbeitung zu unterziehen.

#### Verwendete Proben

Im folgenden werden für die einzelnen untersuchten Proben Kurzbezeichnungen verwendet, deren Originalbezeichnung laut Grabungsprotokoll man aus Tabelle 1 entnehmen möge. Die Proben RK-1, RK-3, RK-4 sowie RK-8 bis RK-10 stammen aus demselben Fundkomplex und wurden vor allem deshalb für die Analyse ausgewählt, um zu kontrollieren, ob Knochen unterschiedlicher Art (Schädelreste, Rippenfragmente etc.) unterschiedliche Analyseergebnisse bringen oder nicht.

Tabelle 1: Kurzbezeichnungen und Originalbezeichnungen der verwendeten Knochenproben

verwendete Kurzbezeichnung	Beschreibung der Knochenprobe	Originalbezeichnung laut Grabungsprotokoll
RK-1	„Stutzenfragmente“ Schädelreste Mandibelreste Rippenfragmente Metapodien u. Phalangen Hand- und Fußwurzelknochen	RK 80 – D 7
RK-3		(90–100 cm Tiefe),
RK-4		Grabung 1980
RK-8		Grabungsstelle II
RK-9		Grabungsfläche
RK-10		D-7, Nr. 3
RK-22		{ RK U-16, 22 Schicht 330–370 cm
RA-1		{ Quadrant J 12; 10 Tiefe 210–220 cm
RA-2		{ Quadrant J 11; 19 Tiefe 220–230 cm

## Zur Methodik

Abweichend von früher vom Verfasser durchgeführten Analysen wurden bei dieser Probenreihe definierte Kollagenfraktionen bzw. wässrige Extrakte des fein zerriebenen Knochenmaterials verwendet. Bei den bereits zitierten (HILLE et al., 1981) früheren Arbeiten war jeweils jenes Aminosäurengemisch, das nach Hydrolyse der gesamten organischen Substanz, die nach Auflösen der anorganischen Knochenmatrix in verdünnter Salzsäure enthalten wurde, für die Untersuchungen verwendet worden.

Die in Tabelle 1 angeführten Proben wurden zunächst mit Ultraschall in dest. Wasser gereinigt; getrocknet wurden sie mehrere Tage bei Zimmertemperatur im Vakuumexsikkator über Blaugel. Nach Zermahlen in der Kugelmühle erfolgte entweder die Extraktion mit Wasser in einem Soxhletextraktor oder das Auflösen in halbkonzentrierter Salzsäure. Im letzteren Falle wurde die im Vakuum eingedampfte Probe in destilliertem Wasser aufgenommen und dialysiert. Nach neuerlichem Eindampfen wurde eine als „Rohkollagen“ bezeichnete Fraktion erhalten. Hydrolyse eines aliquoten Teiles lieferte dann das zu analysierende Aminosäuregemisch.

Im Falle der Aufarbeitung des wässrigen Extraktes wurde die Probe zunächst im Vakuum zur Trockene eingedampft und der gesamte so erhaltene Rückstand hydrolysiert und so gleichfalls eine analysenfertige Aminosäureprobe erhalten.

## Ergebnisse

Bei der oben kurz beschriebenen Gewinnung der „Rohkollagene“ wurden Auswaagen erzielt, die bei den einzelnen Proben einem Anteil von etwa 4–16 Gewichtprozent entsprachen. Die Fraktionen, die durch Eindampfen der wasserlöslichen Anteile erhalten wurden, entsprachen – je nach der Dauer der Extraktion – 1–6 Gewichtprozent. Die Dauer der Extraktion zeigte keinen erkennbaren Einfluß auf das Ausmaß der Razemisierung.

Unter den gegebenen Analysenbedingungen (s. unten) wurden folgende Aminosäuren erfaßt: D-Alanin, L-Alanin, Glyzin, D-Valin, L-Valin, D-Alloisoleucin, Isoleucin, Leucin, Prolin und Asparaginsäure. Weitere Aminosäuren (wie z. B. Glutaminsäure, Hydroxyprolin etc.) wurden nicht erfaßt. Die Aminosäuremuster der Kollagenhydrolysate zeigten unabhängig von der verschiedenen Art der untersuchten Knochen (Schädelreste, Rippenfragmente etc., s. Tabelle 1) fast ausnahmslos gute Übereinstimmung (vgl. Tabelle 2, Proben RK-1 bis RK-10). Nur im Falle des Alanins, des Prolins und z. T. auch bei Glyzin waren Unterschiede feststellbar. Der allgemeine Charakter der erhaltenen Aminosäuremuster kann jedoch als durchaus vergleichbar bezeichnet werden. Bezüglich des Ausmaßes der Razemisierung des Alanins lassen verschiedenartige Knochen (vgl. Tabelle 3) keine signifikanten Unterschiede erkennen.

Zur Razemisierung der einzelnen Aminosäuren in den untersuchten Proben kann festgestellt werden, daß ein meßbares Ausmaß der Razemisierung nur beim Alanin zu beobachten war.

Bei der gewählten Art der Derivatisierung der Aminosäuren (s. unten) und durch die Tatsache, daß die Chromatogramme auf einer gepackten Säule und nicht auf einer Kapillarsäule aufgenommen werden mußten, konnte leider keine Trennung der D- und L-Asparaginsäure erreicht werden. Unter den Analysenbedingungen waren zwar nicht nur die Alanine sondern auch die Valine sowie L-Isoleucin/D-Alloisoleucin gut trennbar, es konnte im Falle des Isoleucins und des Valins eine beginnende Razemisierung nur bei einigen wenigen Proben und auch dort nur in geringsten Spuren nachgewiesen werden. Diese Befunde stimmen gut mit entsprechenden Literaturangaben überein (z. B. DUNGWORTH et al., 1976). Nach diesen Angaben razemisiert

Tabelle 2: Aminosäuremuster der Kollagene (Hydrolysate der „Rohkollagene“) Glutaminsäure und Hydroxyprolin wurden bei diesen Analysen nicht erfaßt bzw. nicht berücksichtigt (Flächenprozent nach der „100%-Methode“).

	RK-1	RK-3	RK-4	RK-8	RK-9	RK-10	RK-22	RA-1	RA-2
D-Alanin	0,4	0,4	0,5	0,6	0,4	0,4	0,3	1,1	0,4
L-Alanin	5,7	7,7	10,3	11,6	14,3	7,8	6,3	18,0	18,7
Glyzin	17,9	20,4	21,8	18,9	23,1	25,6	22,2	16,2	25,5
D-Valin	Spur	Spur	0,1	—	—	—	0,1	—	—
L-Valin	6,0	7,5	8,4	9,2	8,0	6,5	6,4	6,6	3,9
Isoleucin	3,6	4,6	3,7	6,0	3,6	3,2	3,7	4,5	1,8
Leucin	6,2	7,5	9,3	12,1	8,0	5,9	6,3	16,1	10,7
Prolin	49,7	40,9	35,2	29,3	32,4	40,9	44,4	30,2	29,7
Asparaginsäure	10,4	10,9	10,6	12,4	10,3	9,7	10,2	7,3	9,3

Asparaginsäure am schnellsten. Von den übrigen Aminosäuren razemisiert Alanin schneller als die Leucine und diese wiederum meist schneller als das Valin. So kann man also die erhaltenen Ergebnisse als mit den Literaturangaben übereinstimmend bezeichnen.

Vergleicht man die für die Razemisierung des Alanin erhaltenen Werte einzelner Proben, so läßt sich bezüglich der Hydrolysate der Rohkollagene leider nur feststellen, daß das Verhältnis von D- zu L-Alanin über einen relativ weiten Bereich streuende Werte zeigt (0,02 bis 0,07, vgl. Tabelle 3) und daher keine Unterscheidung verschieden alter Proben auf dieser Basis möglich ist.

Tabelle 3: Verhältnis von D- zu L-Alanin in den Hydrolysaten der Rohkollagene

Probenbezeichnung	Verhältnis D/L-Alanin	
RK-1	0,07	0,05
RK-3	0,06	0,06
RK-4	0,05	0,05
RK-8	0,05	
RK-9	0,03	
RK-10	0,04	0,05
RK-22	0,05	
RA-1	0,06	
RA-2	0,04	0,02

Bei der Analyse der aus den wässrigen Extrakten erhaltenen Gemische zeichnet sich jedoch eine deutliche Unterscheidungsmöglichkeit einzelner Proben ab: das Ausmaß der Razemisierung ist im Falle der Probe RK-22 mit 0,03 deutlich geringer als im Falle der Proben RA-1 und RA-2 (0,06–0,07, vgl. Tabelle 5). Aufgrund dieser Beobachtungen scheint die Annahme gerechtfertigt, daß es bei einer Anwendung von Razemisierungsmessungen für einen altersmäßigen Vergleich von Knochenproben aus Höhlen auf jeden Fall zu empfehlen ist, die durch Hydrolyse der mit Wasser aus den Knochen extrahierbaren Anteile (wohl größtenteils freie Aminosäuren und Peptide) freigesetzten Aminosäuren zu verwenden.

Tabelle 4: Aminosäuremuster der Hydrolysate des wasserlöslichen Anteiles des organischen Materials (Flächenprozent nach der 100%-Methode)

	RK-22	RA-1	RA-2
D-Alanin	0,6	1,3	0,4
L-Alanin	20,4	15,3	6,4
Gylzin	15,7	20,0	17,9
D-Valin	–	–	Spur
L-Valin	2,5	3,5	4,0
Isoleucin	1,3	1,4	1,7
Leucin	6,5	8,7	6,6
Prolin	50,3	43,0	57,0
Asparaginsäure	2,7	6,7	6,1

Tabelle 5: Einzelne Meßwerte für das Verhältnis von D- zu L-Alanin in den Hydrolysaten des wasserlöslichen Anteiles

Probe	Verhältnis D / L – Alanin		
RK-22	0,03	0,03	
RA-1	0,07	(0,09)	
RA-2	} 0,06	0,06	0,06
		0,06	0,07

## Experimentelles

Hydrolyse: 22 Stunden bei 120–124°C

Derivatisierung für die Gaschromatographie: Die Probe wurde im Vakuum zur Trockene eingedampft, der Rückstand mit wasserfreier, methanolischer Salzsäure (23 %-ig) versetzt und 1/2 Stunde erhitzt. Nach neuerlichem Eindampfen im Vakuum wurde der gebildete Methyl ester 1 Stunde mit Acetanhydrid bei Zimmertemperatur acetyliert. Nach Abdampfen des Überschusses an Acetanhydrid im Vakuum wurde der Rückstand in 1 ml Benzol aufgenommen und ohne weitere Reinigung (verharzte, ölige Nebenprodukte erwiesen sich als in Benzol unlöslich!) direkt chromatographiert.

Gaschromatographie:

Gerät: Perkin Elmer 3920B, Flammenionisationsdetektor

Säule: gepackte Säule, „SP-300“ (t-butylierter Lauroylester des L-Valin, 5 % auf Supelcoport, 100–120 mesh wie von Supelco Inc., Belleforte, Pa., Bull. No. 765 beschrieben)

Säulentemperatur: 140°, isotherm

Trägergas: Stickstoff, 15 ml/min

Injektor: 200°, Interface: 200°

Detektor: FID, H<sub>2</sub>: 1,6, Luft: 3,3

Papiervorschub: 300 mm/Stunde

Quantitative Auswertung: „100 %-Methode“, Flächenprozent (Peakflächen aus Höhe x Halbwertsbreite berechnet).

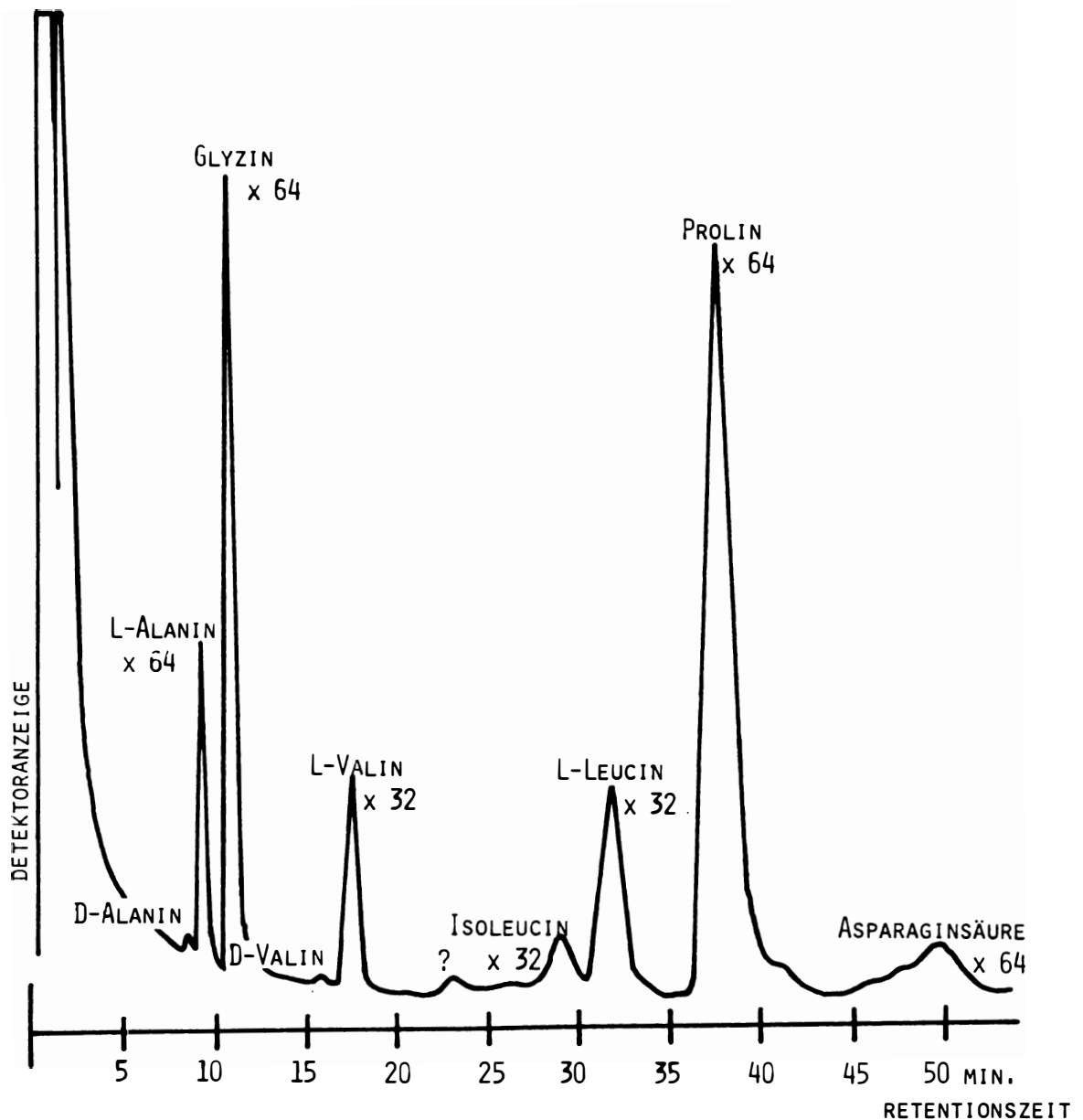


Abb. 1: Gaschromatogramm eines Aminosäuregemisches, das durch Hydrolyse des durch Wasser extrahierbaren Anteils an organischer Substanz erhalten wurde; Probe: RA-2. Die Zahlen unter den einzelnen Aminosäuren geben die Abschwächung ("attenuation") des Detektorsignals an. Aufnahmebedingungen: siehe experimenteller Teil.

### Zusammenfassung

Das Ausmaß der Razemisierung des Alanin in Hydrolysaten des mit Wasser aus dem Knochenmaterial extrahierbaren Anteils gestattet eine deutliche Unterscheidung von Proben, die einerseits dem Eem, andererseits dem „Ramesch-Interglazial“ zugeordnet werden.

### Summary

The extent of racemization of alanine in hydrolysates of material which can be extracted from bone samples with water enables a clear distinction of samples being attributed either to the Eem or to the "Ramesch-Interglazial".

**Literatur:**

- BADA, J. L., 1972: The Dating of fossil bones using the racemization of isoleucine, *Earth Planetary Sci. Lett.*, Bd. 15, pp. 223–231.
- BADA, J. L., SCHROEDER, R. A., PROTSCH, R. & BERGER, R., 1974: Concordance of Collagen-Based Radiocarbon and Aspartic-Acid Racemization Ages, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, Bd. 71, pp. 914–917.
- DUNGWORTH, G., SCHWARTZ, A. W. & LEEMPUT, L. Van De, 1976: Composition and racemization of amino acids in mammoth collagen determined by gas and liquid chromatography, *Comp. Biochem. Physiol.*, Bd. 53B, pp. 473–480.
- HILLE, P., MAIS, K., RABEDER, G., VAVRA, N. & WILD, E., 1981: Über Aminosäuren- und Stickstoff/Fluor-Datierung fossiler Knochen aus österreichischen Höhlen, *Die Höhle*, 32. Jg., H. 3, S. 74–91.
- LAJOIE, K. R., PETERSON, E. & GEROW, B. A., 1981: Amino Acid Bone Dating: A Feasibility Study, South San Francisco Bay Region, California, 477–489. In: HARE, P. E., HOERING, T. C. & KING, K. jr. (eds.): *Biochemistry of amino acids*, J. Wiley & Sons, New York etc.



Richard Pittioni (†):

### Das Paläolithische Fundgut der Ramesch-Knochenhöhle

Die größte Überraschung bei den Grabungen im Ramesch war der Fund eines Feuersteingerätes, das zu den bestausgeführten Artefakten zu zählen ist, die bis jetzt in alpinen Höhlenbären-Stationen gefunden worden sind (s. Zusammenstellung der neueren Literatur, PITTIONI, 1980).

Zu diesem ersten Fund, der im zweiten Grabungsjahr (1980) gelang, kamen im folgenden Jahr drei kleinere Abschläge und im Jahr 1983 wieder ein großes, schön gearbeitetes Feuersteingerät, sodaß insgesamt folgendes Fundgut vorliegt (s. Abb. 1 und DRAXLER et al., dieser Band, Abb. 22).

1. Dicker Abschlag aus gefleckt braungrau patiniertem Feuerstein, RK 80, A/B 2 in 60 cm Tiefe. Abb. 1, Fig. 1.  
Gut zugerichtete Schlagplattform. Dicker Bulbus, glatte Ventralfläche mit schwachem Abspieß-Negativ an der Spitze. Auf der Dorsalfläche das Negativ eines breiten dreieckigen Abschlages, zu seinen beiden Seiten gleichfalls Teile von Abschlagnegativen. Kanten mit schwacher Schlag- und kräftiger Druckretouche zugerichtet, deutliche Arbeitskerben. Spitze abgestumpft; sehr gute Ausfertigung. Länge 6,5 cm, Breite 5,4 cm, Dicke 1,2 cm.
2. RK 81, U 13, –140, in situ, Abb. 1, Fig. 2.  
Kleiner Abschlag aus dunkelbraungrau patiniertem Feuerstein. Schwach zugerichtete Schlagplattform, Ventralfläche glatt. Dorsalfläche mit kräftiger Mittelrippe. Querschnitt ungleichschenkeliges Dreieck, linker Teil schmal und steil, rechter Teil breit-flach. Abschlagende etwas beschädigt, linke Basiskante mit zarten Drucknegativen, rechte Basiskante unbeschädigt. Länge 3,4 cm, Breite 2,1 cm, Dicke 0,9 cm.
3. RK 81, D7, 170–215 cm Aushub, Abb. 1, Fig. 3.  
Kleiner Abschlag, hellgrau patinierter Feuerstein. Ventralfläche mit schwachem Bulbus glatt, Dorsalfläche mit Abschlagnegativen, die Seitenkanten mit geringen Druckretouche-Negativen. Ende abgebrochen, erhaltene Länge 2,6 cm, Breite 2,8 cm, Dicke 0,6 cm.
4. RK 81, D5, –170 cm, in situ, Abb. 1, Fig. 4.  
Kleiner Abschlag, hellgraugelb patinierter Feuerstein, Ventralfläche glatt, Dorsalfläche mit Mittelrippe, linke Hälfte etwas schmaler als rechte. Reste einer zugerichteten Schlagplattform. Länge 2,5 cm, Breite 1,9 cm, Dicke 0,9 cm.
5. RK 83, L 12, 170–180 cm, Abb. 1, Fig. 5.  
Kräftiger, dicker Abschlag, dunkelbraun patinierter Feuerstein. Dicker Bulbus mit quer verlaufender breiter Abschlagmarke, Ventralfläche unterhalb des Bulbusrestes schief gedellt. Schmäler Rest einer wenig zugerichteten Schlagplattform. Dorsalseite in Bulbushöhe durch kleine Abschläge abgeschrägt, sonst drei lange Abschlagnegative. Querschnitt ungleichmäßig trapezförmig. Linke Seitenkante durch zarte Absplisse geschärft, ebenso die von links nach rechts oben aufsteigende Kante. Rechte Seitenfläche durch schwache, von unten nach oben geführte Schlagretouche fast senkrecht umgeformt, Basiskante schwach konvex eingezogen. Länge 5,3 cm, Breite 3,5 bis 1,8 cm, größte Dicke 2 cm.

Kennzeichnend für die Objekte 1–5 ist die zugerichtete Schlagplattform, die besonders schön beim Stück 1 ausgeführt ist; die Objekte 2–5 zeigen nur geringe Spuren davon. Der Abschlag Abb. 1, Fig. 1 ist ein ausgezeichnete Beleg für die Levallois-Technik, er gehört mit den vier

anderen Abschlägen zur sogenannten Abschlagformung – auch Breitklingenform bezeichnet – als deren kennzeichnende Erscheinungsform das Mousterien gilt. Dieses führt aber die zugerichtete Schlagplattform gewöhnlich nicht, weshalb dann, wenn sie an Abschlägen nachzuweisen ist, man dies durch die Bezeichnung Levallois-Mousterien hervorhebt. Die französische Forschung verbindet die Zurichtung der Schlagplattform eines Kernstückes mit der im Acheuleen geübten feinen Oberflächenbearbeitung der dort üblichen Kerngeräte („Faustkeile“, jetzt Biface bezeichnet). Wenn in einem größeren Fundbestand neben den Abschlägen auch noch beidseitig zugerichtete Objekte nachzuweisen sind, wird dies mit der Bezeichnung Biface-Levallois-Mousterien hervorgehoben.

Für die Funde aus der Knochenhöhle wird man sich mit der Bezeichnung Levallois-Mousterien zufrieden geben. In diesem Rahmen gehört auch das Objekt 5, das man als Kerbschaber bezeichnen kann; die systematische Zurichtung der Schabkante und der Schabfläche erweisen eine ausgezeichnete Technologie.

Die in der Knochenhöhle gefundenen Steinwerkzeuge hängen mit der altsteinzeitlichen Besiedelung des oberösterreichischen Voralpenlandes zusammen. Der für die Anfertigung der verhältnismäßig kräftigen Großgeräte – Spitze und Schaber – notwendige Rohstoff setzt das Vorhandensein von größeren Feuersteinknollen voraus, die jedoch im alpinen und auch voralpinen Bereich nicht zu finden sind. Ob sie aus Donau-Geschieben angefertigt wurden, müßte durch eine petrographische Untersuchung erwiesen werden. Der in den Kalkalpen vorkommende Plattensilex ist jedenfalls nicht als Rohstoff anzunehmen.

Versucht man Entsprechungen zu den Ramesch-Funden aus anderen Gebieten heranzuziehen, so kann auf zwei Vorkommen hingewiesen werden: das Levallois-Mousterien von Roncheres, Dpt. Aisne (S. PARENT & SAVY, 1963, Fig. V) mit der für die Levallois-Technik kennzeichnenden gewellten Abschlagbasis und jenes von Salzgitter-Lebenstedt (Braunschweig-Niedersachsen), TODE et al., 1982; TODE, 1982), die beide auch noch ausgeprägte Biface-Komponenten aufweisen. Salzgitter-Lebenstedt bringt gute Parallelen zur Spitze Fig. 1 (TODE et al., 1954, Abb. 10/7, 3, 4) und auch brauchbare Vergleichsstücke zu den kleinen Abschlägen (TODE, 1982; Taf. 110/3–4 „Gelegenheitsgeräte“). Zu dem Kerbschaber hingegen gibt es keine direkte Entsprechung, bloß Belege dafür, daß man hier einfache Abschläge mit schwach konvexen Kerben versehen hat, womit die gleiche Intention zur Erzeugung von Kerbschabern verbunden ist (TODE, 1982; Taf. 108/4, 5).

Die in der Knochenhöhle gefundenen Steingeräte haben Menschen hinterlassen, die zu Jagdzwecken aus dem nördlich gelegenen Voralpenland gekommen sind. Wann dies geschehen ist, zählt zu den Hauptfragen bei der chronologischen Einordnung der Kluturreste aus den alpinen Höhlenbären-Stationen. Theoretisch kämen hierfür wohl das Eem-Interglazial, wie auch das Brörup-Interstadial in Frage. Für das Fundgut aus Salzgitter-Lebenstedt wird aufgrund der Bodenaufschlüsse, sowie anderer Indizien eine zeitliche Einordnung in das abklingende Eem oder in das beginnende Würm angenommen. Für die Steingeräte der Ramesch-Knochenhöhle ist jedoch ein wesentlich geringeres Alter (64 000 bis 31 000 Jahre v. h.) durch absolute Daten gesichert (s. Tab. 2 und 3 in DRAXLER et al., dieser Band).

#### Summary:

The artefacts found in the Ramesch-bonecave are described as partially typical stone-tools of the Biface-Levallois-Mousterien.

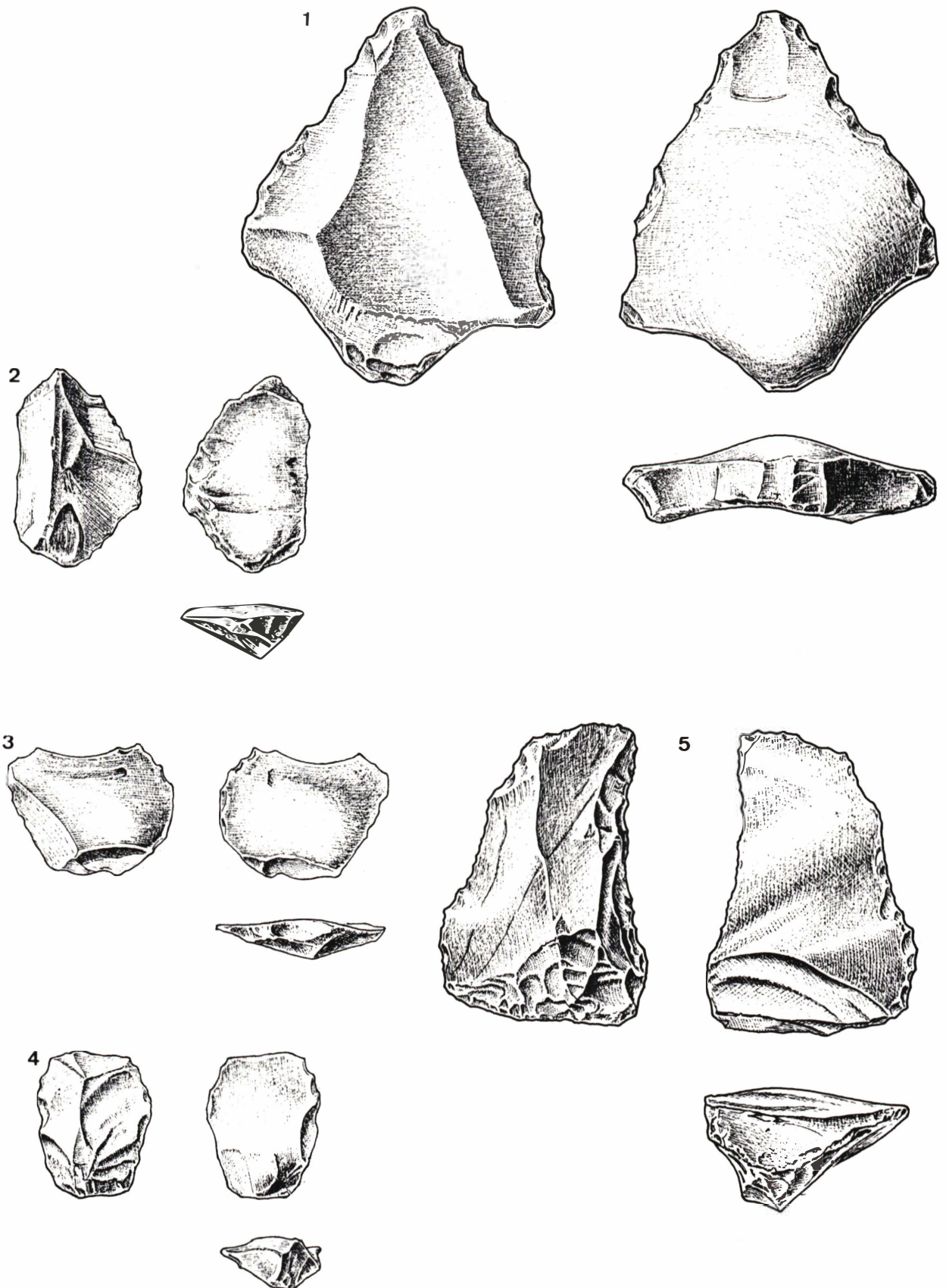


Abb. 1: Steingeräte des Levallois-Mousterien aus der Ramesch-Knochenhöhle. Nat. Gr.  
Zeichnung: Leo Leitner

**Literatur:**

- PARENT, R. & SAVY, M., 1963: Un gisement Levalloiso-Mousterien a Roncheres (Aisne), Bull. Soc. prehist. Franc., Bd. 15, S. 205–235, Paris.
- PITTIONI, R., 1980: Urzeit, von etwa 80.000 bis 15 v. Chr. Geb., Geschichte Österreichs, Bd. I, 2, Österr. Akad. Wiss. Verl., Wien.
- TODE, A., 1982: Der altsteinzeitliche Fundplatz Salzgitter–Lebenstedt, I, Archäol. Teil, Fundamenta A 11, Böhlen Verl., Köln, Wien.
- TODE, A., PREUL, F., RICHTER, K., SELLE, W., PFAFFENBERGER, K., KLEINSCHMIDT, A. & GUENTHER, E., 1954: Die Untersuchung der paläolithischen Freilandstation von Salzgitter–Lebenstedt, Eiszeitalter und Gegenwart, Bd. 3, S. 144–215, Öhringen.

## Dank

Die Grabungen in der Ramesch-Knochenhöhle wurden im Auftrag des Oberösterreichischen Landesmuseums durchgeführt. Wir haben daher vor allem dem Landeshauptmann von Oberösterreich, Herrn Dr. Joseph Ratzenböck, für sein persönliches Interesse sowie für die Bereitstellung der finanziellen Mittel zu danken.

Initiator der Grabungen war Herr Hofrat Dr. Hermann Kohl, der im Jahre 1979 als Direktor des Oberösterreichischen Landesmuseums die Probegrabung nicht nur finanziell ermöglichte, sondern auch durch persönlichen Einsatz ideell unterstützte und anregte. Ab dem Jahr 1981 war es Herr Dr. Bernhard Gruber, der die Grabungs-Organisation von Seiten des Museums in die Hand nahm, die weitere Finanzierung sicherte und durch die Teilnahme an den Grabungen tatkräftig mithalf. Beiden Herren sei auch an dieser Stelle unser besonderer Dank ausgesprochen.

Eine Höhlengrabung im Hochgebirge in 2000 Meter Seehöhe ist mit vielen Mühsalen und Gefahren verbunden, denen sich nur idealistisch eingestellte Mitarbeiter auf so lange Zeit unterziehen. Daß dieser Idealismus in unserer Jugend weiter verbreitet ist, als Außenstehende wahrhaben wollen, zeigt, daß insgesamt über 80 Personen, vorwiegend Studenten und Schüler, im Laufe der Jahre an der Ramesch-Grabung mitgearbeitet haben. Allen sei hier nochmals herzlichst gedankt.

Die Finanzierung der Grabungen wäre ohne die namhaften Spenden folgender Sponsoren nicht möglich gewesen:

Oberösterreichische Kraftwerke AG (OKA)  
Firma Sony, Linz  
Österreichische Brau-AG, Linz

Herr Karl Bauer ist für die sorgfältige Aufbereitung der Proben im palynologischen Laboratorium der Geologischen Bundesanstalt zu danken.

Wir danken Herrn Prof. Dr. Johann Korkisch für die hilfreiche Unterstützung im Zusammenhang mit dem chemischen Teil dieser Arbeit und Herrn Prof. Dr. Herbert Vonach für sein reges Interesse am Fortgang der Datierungen und den paläoklimatologischen Konsequenzen, die sich aus den Resultaten ergeben. Ebenfalls danken wollen wir Herrn Prof. Dr. Helmut Zapfe für sein Interesse an dieser Arbeit.

Der gesamte physikalische und chemische Teil der vorliegenden Arbeit wurde finanziert durch den Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich im Rahmen des Projektes 4370 „Absolute Datierung fossiler Knochen im Altersbereich 10 000 – 300 000 Jahre“, wofür wir herzlich danken.

Den Vorständen des Institutes für Paläontologie der Universität Wien, Herrn Prof. Dr. Adolf Papp (†) und Herrn Prof. Dr. Fritz F. Steininger, danken wir für die Bereitstellung von Personal und Einrichtungen für die Präparation des umfangreichen Fossilmaterials. Die schwierigen Präparationsarbeiten an den meist schlecht erhaltenen Schädelresten des Höhlenbären standen unter der bewährten Leitung von Herrn Amtsrat F. Sattler, wofür wir ebenfalls herzlich danken.

Dem Institut für Höhlenforschung des Naturhistorischen Museums danken wir für die Bereitstellung von Grabungsgerät.

Abb. 23 a: Längsprofil durch die Eingangshalle der Ramesch-Knochenhöhle längs der Hauptachse.

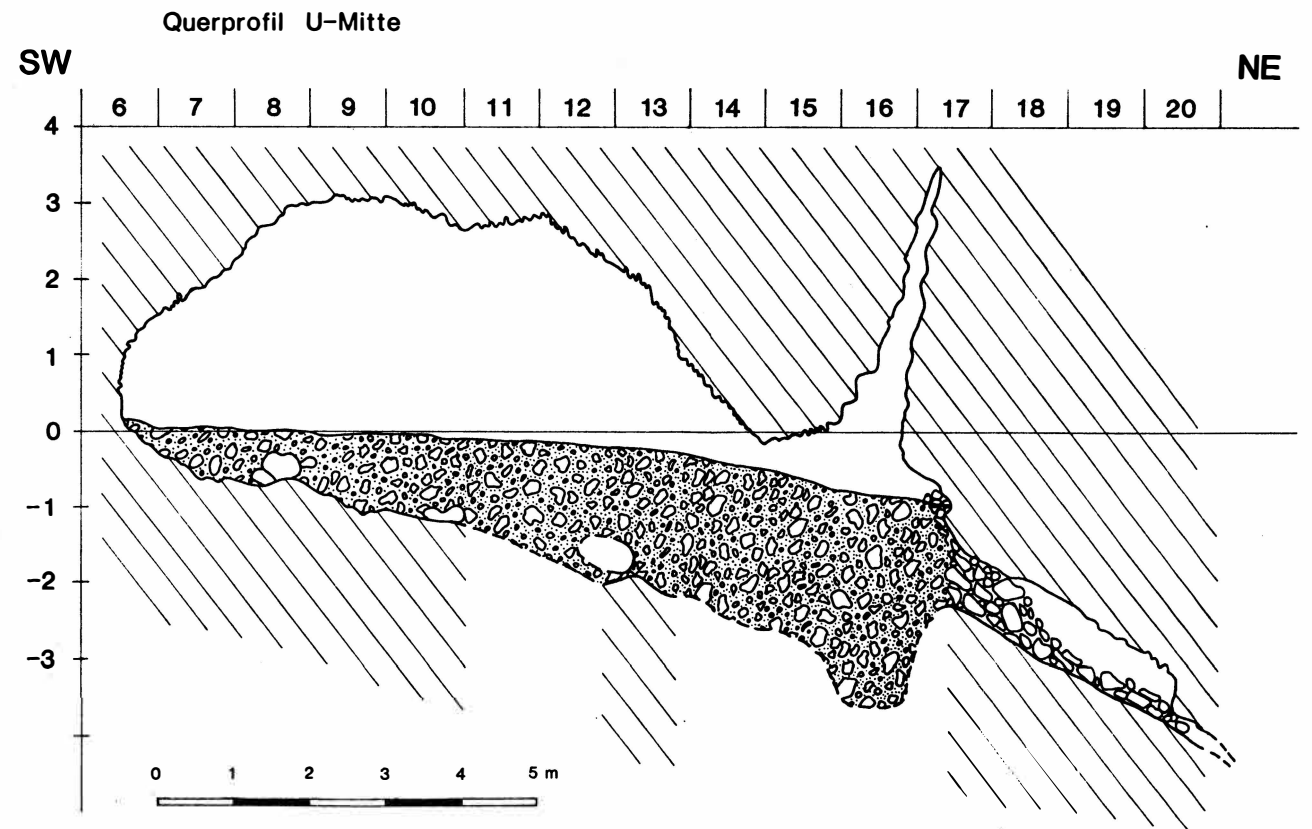
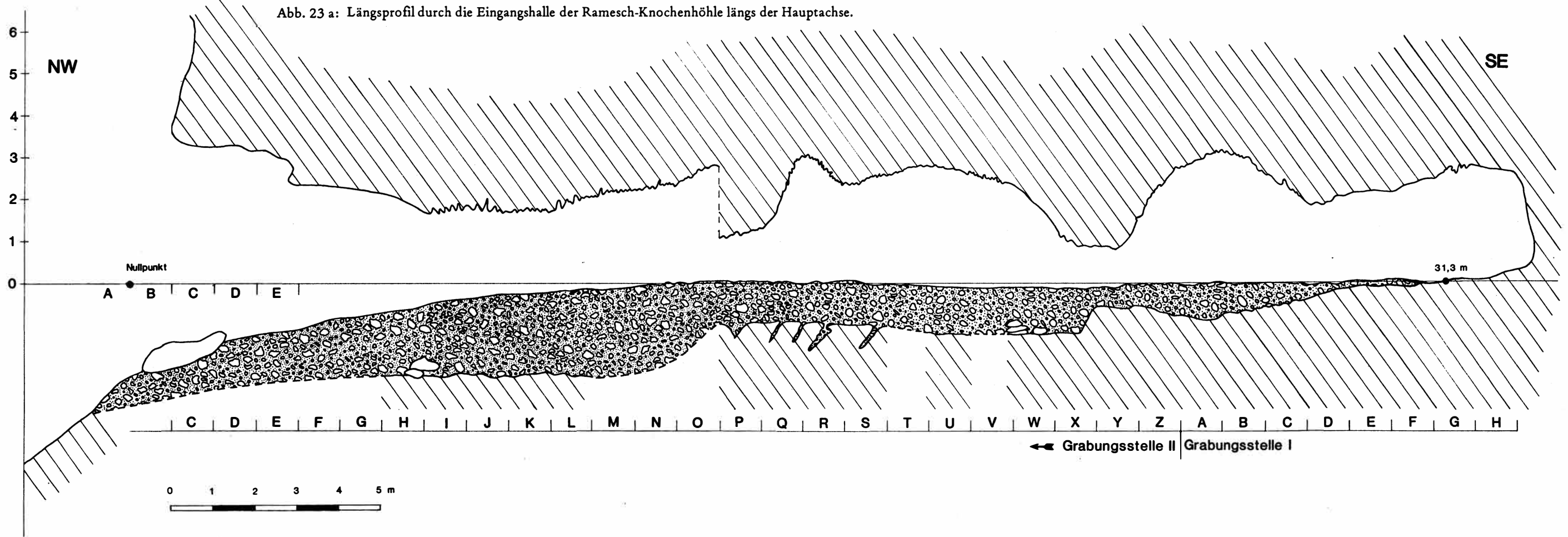


Abb. 23 b: Querprofil durch den Quadrantenstreifen L.

J/K 12

J/K 11

J/K 10

J/K 9

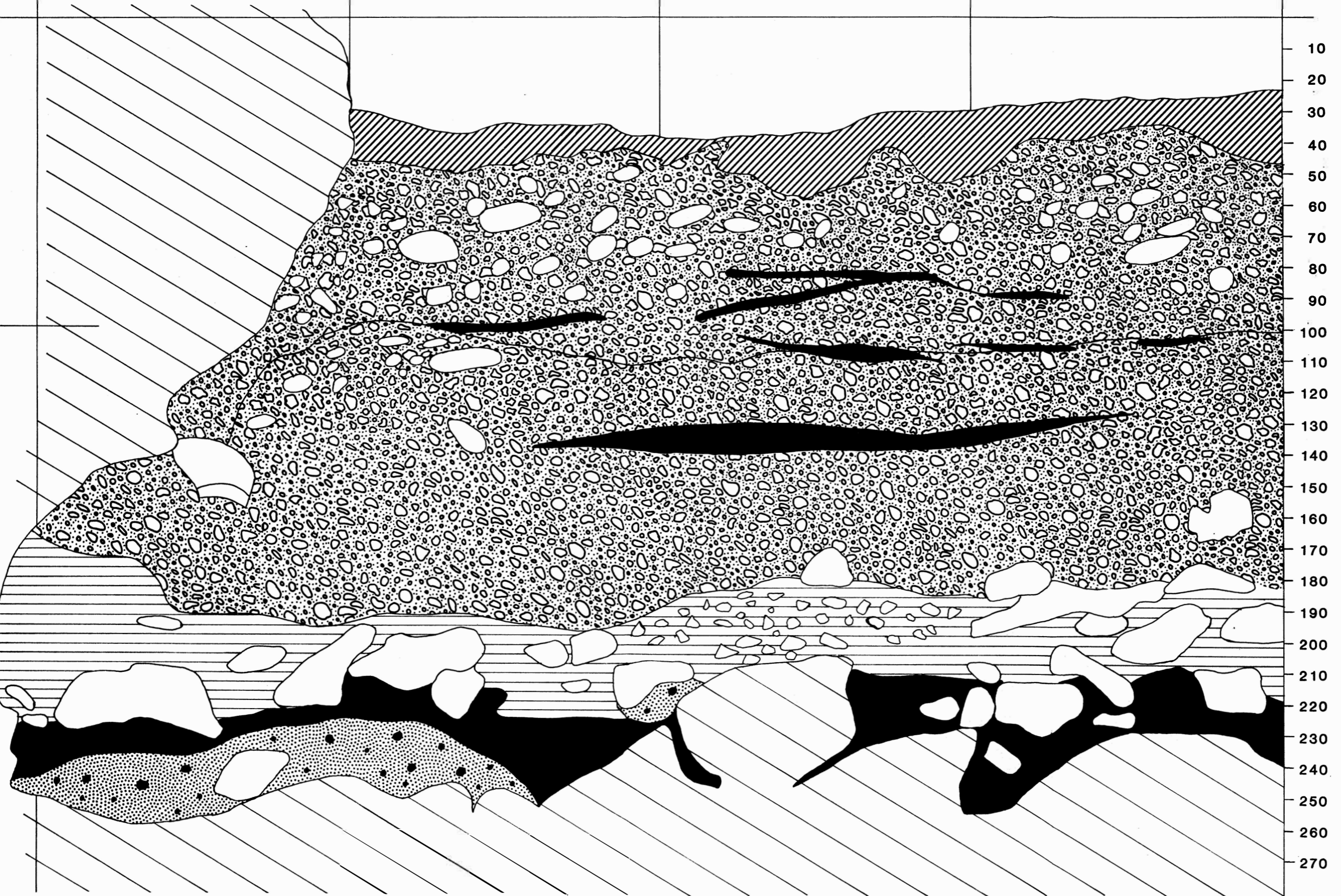


Abb. 24: Querprofil (östlicher Abschnitt) zwischen den Quadrantenstreifen J und K.

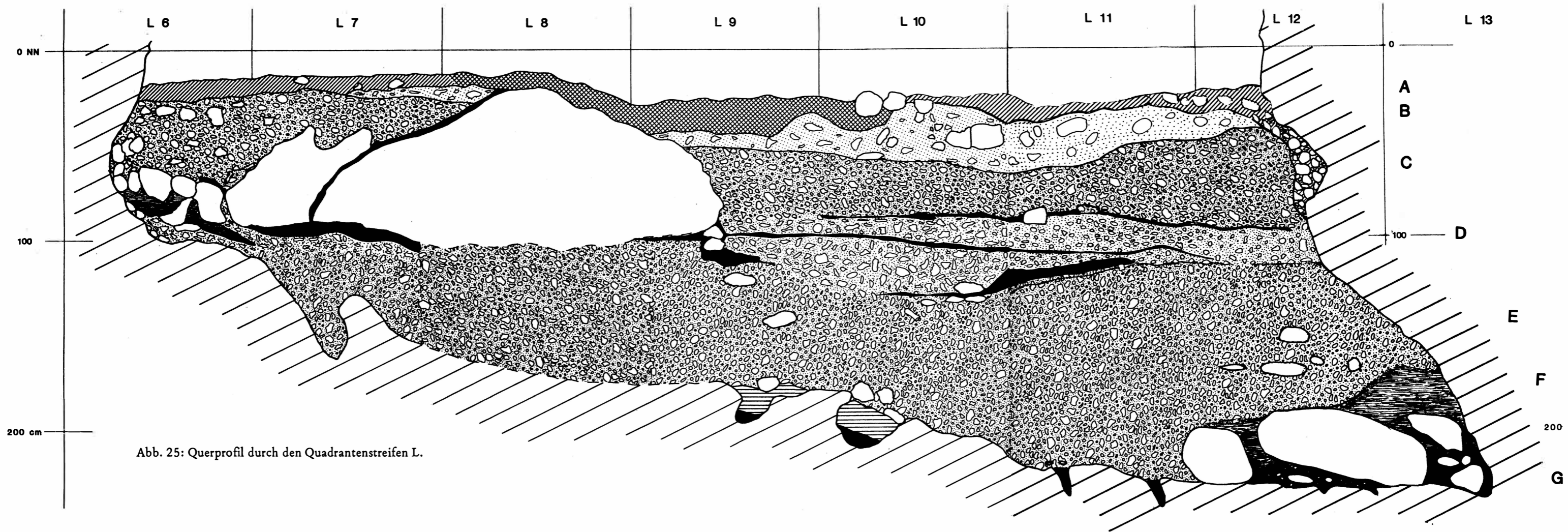


Abb. 25: Querprofil durch den Quadrantenstreifen L.



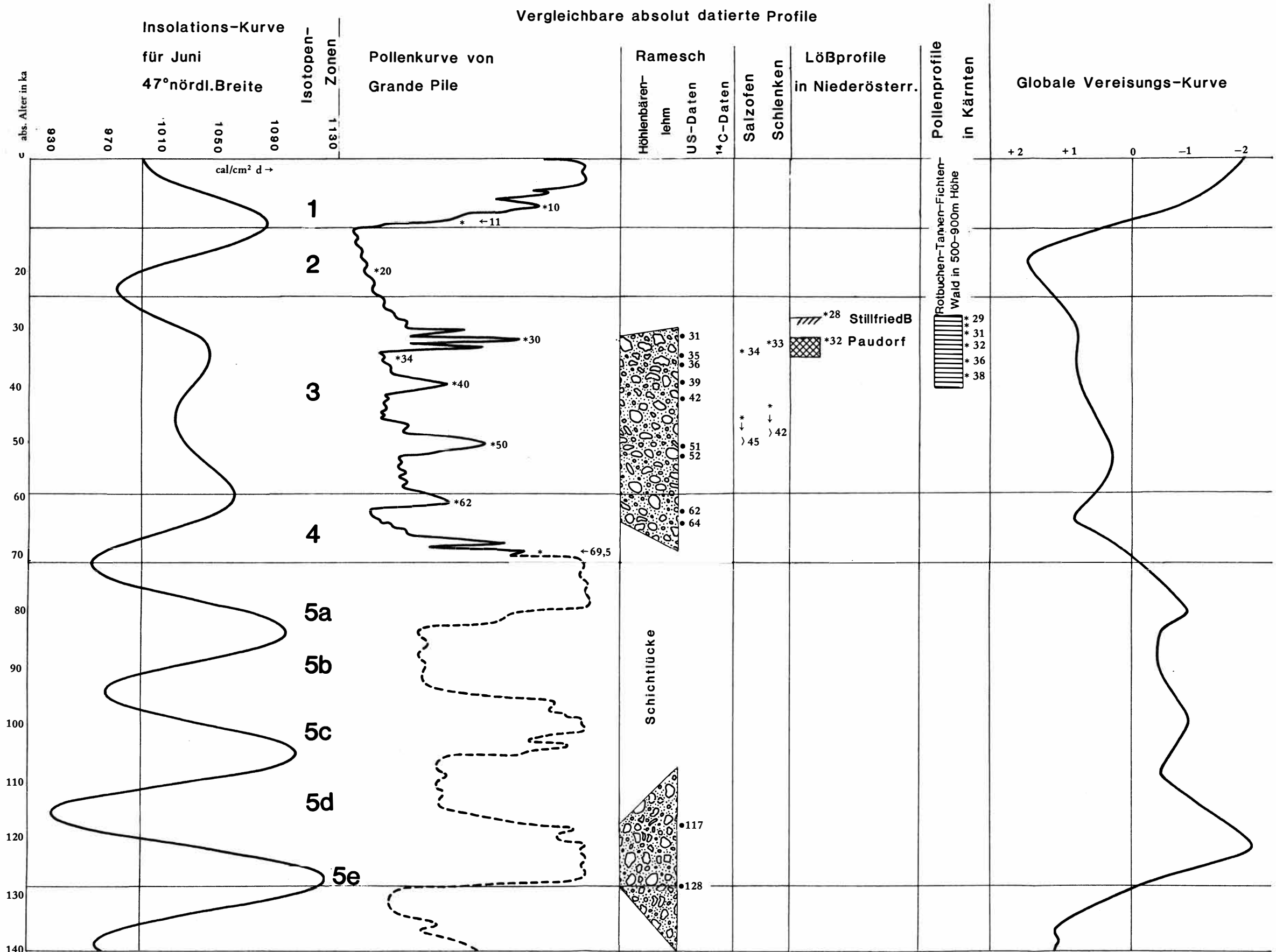


Abb. 26: Vergleich von absolut datierten Profilen des Jungpleistozäns mit der errechneten Insolationskurve für die geographische Breite von 47.5° nördl. Breite und mit der Kurve der globalen Vereisung.  
 • US-Daten \* 14C-Daten.