

Über einen frühen letzteiszeitlichen Vorstoß des Rheingletschers in das deutsche Alpenvorland

BURKHARD FRENZEL

Kurzfassung

Im Nordostteil des ehemaligen Rhein-Vorlandgletschers ist vor einigen Jahren ein fossiles Seebecken aufgefunden worden, das die Pollenflora des nord-mitteuropäischen Eem-Interglazials enthält. Der ehemalige See liegt zwischen den Endmoränen der Riß-Eiszeit und den Jung-Endmoränen der Würm-Eiszeit, oberhalb der erwähnten Jung-Endmoränen. Die interglaziale Schichtfolge des Seebeckens ist gestört, und umgelagerte interglaziale Pollenfloren finden sich, vermischt mit kaltzeitlichen Pollenfloren, in den hangenden Lehmen. Diese bestehen zu einem großen Teil aus Lößlehm und Periglazialmaterial, zu einem geringeren Anteil aber aus sehr dichten, gekritzte Geschiebe und deutlich glazigen geprägte Quarzkörner enthaltenden Bildungen. Es wird daher angenommen, daß diese zuletzt erwähnten Lehme glazigenen Ursprungs sind. Hieraus ergibt sich ein neues stratigraphisches Schema der Letzten Eiszeit im deutschen Alpenvorland, das Bildungen eines frühen Vorstoßes des Rheingletschers zu Beginn der Letzten Eiszeit, bis über den Außenrand der späteren Jung-Endmoränen, enthält.

Abstract

Some years ago a fossil lake basin was found in the northeastern part of the former Rhine-piedmont-glacier, situated between the endmoraine system of the classical Riß- and Würm glaciations, respectively. The lacustrine sediments contain the pollenflora of the Eemian interglacial. They are intensively thrust. These sediments are covered by a loam-layer, rich in clasts. The thickness of this loam-layer varies between at least 170 and 400 cm. It consists in its major part of loess-loam and solifluction material. Yet just on top of the lake sediments mentioned an intensively compressed loam, characterized by quartzgrains with all features of glacially pressed material, together with striated clasts is met with. It strongly resembles a till. If this is true, the stratigraphic division of the last glaciation strongly deviates from the hitherto accepted scheme, incorporating an early glacier advance, long before the classical young-endmoraine systems of the Würm glaciation were formed (Tab. 2).

Einleitung

PENCK & BRÜCKNER (1909) definierten die Letzte Eiszeit im alpinen Raum als diejenige, die die Jung-Endmoränen und die ihnen entsprechenden Schotterfluren der Niederterrasse geschaffen hatte. Sinngemäß galten als Beweis für die vorangegangene Riß-Eiszeit die Schotterkörper der Hochterrasse, einschließlich ihrer Verzahnung mit Endmoränen, die zu der Gruppe der Altmoränen gehören. Zwischen Riß-Eiszeit und Würm-Eiszeit sei es zur Bildung eines

kräftigen interglazialen Bodens gekommen (PENCK & BRÜCKNER, 1909, z. B. S. 66/67). Die Autoren konnten keinerlei Hinweise auf weitere Gletschervorstöße großen Ausmaßes finden, die ebenfalls in je eine der beiden erwähnten Eiszeiten gehört hätten. Hieraus ergab sich das weithin acceptierte Schema, daß es im alpinen Raum und in seinen Vorländern pro Eiszeit nur einen einzigen großen Gletschervorstoß gegeben habe. Er habe stets zu einer Vorlandvergletscherung geführt.

Andererseits konnte TURON (1984) pollenanalytisch nachweisen, daß sich die Pollenflora des zweiten Teiles des nord-mittleuropäischen Eem-Interglazials in denjenigen Tiefsee-Sedimenten des Ostatlantiks findet, die dem ^{18}O -Isotopenstadium 5e angehören. Das Stadium 5e und das Eem-Interglazial sind somit zeitliche Äquivalente. Die ^{18}O -Kurven von Tiefsee-Bohrkernen lehren aber auch, daß sich schon unmittelbar nach dem Ende des Stadiums 5e beachtliche Inlandeismassen gebildet hatten, wenn auch in geringerem Maße als später während der Tiefseestadien 4 und 2. Es muß also damit gerechnet werden, daß bereits zu frühen Stadien der Letzten Eiszeit auf der Nordhalbkugel recht schnell ausgedehnte Inlandeismassen oder auch große Gebirgsvergletscherungen entstanden waren. Von ihnen handelt z. T. dieser Band. Hieraus ergibt sich die Frage, ob der alpine Bereich Spuren einer frühen, beträchtlichen Gebirgsvergletscherung der Letzten Eiszeit erkennen lasse, entgegen den erwähnten Beobachtungen PENCKS & BRÜCKNERS.

Von geomorphologischen und paläopedologischen Befunden ausgehend, wird angenommen, daß die Würm-Eiszeit der Weichsel-Eiszeit entspricht, die Riß-Eiszeit aber der Saale-Eiszeit. Das Riß/Würm-Interglazial seit somit das zeitliche Äquivalent des Eem-Interglazials. Diese einleuchtende Hypothese konnte bisher jedoch nicht zwingend erwiesen werden, obwohl auch bei biostratigraphischen Arbeiten in der Regel das Riß/Würm-Interglazial als Äquivalent des Eem-Interglazials angesehen wird (z. B. REICH, 1953; JUNG et al., 1972; WELTEN, 1981, 1982). Hieraus wird häufig umgekehrt der Schluß gezogen, unter pollenanalytisch klar erwiesenem Eem-Interglazial des nördlichen Alpenvorlandes lägen Sedimente der Riß-Eiszeit, ohne daß dies geologisch bewiesen worden ist.

Der Versuch, die Frage nach Vorhandensein oder Fehlen einer frühen Vorlandvergletscherung der Letzten Eiszeit im Alpenvorland zu beantworten, stößt also auf ungewöhnlich große Schwierigkeiten. Dennoch ist dieser Versuch notwendig, zumal da das Klima am Ende des Letzten Interglazials und unmittelbar zu Beginn der Letzten Eiszeit offenbar noch deutlich feuchter gewesen ist, als direkt vor der maximalen Ausdehnung der späteren Inlandeis- oder Gebirgsvergletscherungsmassen, die den Komplex der Jung-Endmoränen geschaffen hatten (BRUNNACKER, 1962; MENKE, 1981; FRENZEL, 1980, 1991). Dies legt den Gedanken nahe, es habe sicher mindestens zwei Phasen in der Klimageschichte der Letzten Eiszeit gegeben, die dem Aufbau der Inlandeismassen günstig gewesen sind, nämlich den Beginn der Letzten Eiszeit und etwa den Hengelo-Denekamp-Komplex. Allerdings sollten zur Beantwortung dieser Frage nicht paläoklimatologische Überlegungen sondern der Befund im Gelände und Laboratorium herangezogen werden.

Es scheint, daß die aufgeworfene Frage nur dort einigermaßen sicher beantwortet werden kann, wo für die biostratigraphische Analyse geeignete Sedimente in geomorphologisch und

geologisch klar definierter Position angetroffen werden. Hierzu bieten sich geschlossene Hohlformen des östlichen Rheingletschergebietes an, die geomorphologisch eindeutig zwischen den Endmoränensystemen der Riß- und der Würm-Eiszeit gelegen sind, nahe genug an den Endmoränen der Würm-Eiszeit, um möglichst viele Klimaschwankungen der Letzten Eiszeit in geomorphologisch klar überschaubarer Form widerspiegeln zu können. Tatsächlich sind während der letzten Jahre von verschiedener Seite aus mehrere ehemalige Becken in dieser Situation biostratigraphisch und geologisch untersucht worden (Abb. 1). Sie zeigten in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle jedoch nur Pollenfloren von Nadelwald-Interstadialen oder gar nur von einer subarktisch-subalpinen Nadelholz-Hainvegetation. Sollte das Riß/Würm-Interglazial dem Eem-Interglazial entsprochen haben, ist zu erwarten, daß diese Hohlformen, die zwischen den seit PENCK & BRÜCKNER (1909) als zur Riß- und zur Würm-Eiszeit gehörigen Endmoränen gelegen angesehen worden sind, die Pollenflora eines echten Interglazials enthalten, nämlich des Eem-Interglazials. Da das in der Regel nicht der Fall ist, hatte ich geschlossen (FRENZEL, 1973), daß die Riß/Würm-Eiszeit nicht dem Eem-Interglazial entspricht, sondern offenbar jünger ist. Sie war als „Füramoos-Warmzeit“ bezeichnet worden (FRENZEL, 1973). Wie Abb. 1 lehrt, finden sich jedoch im östlichen Rheingletschergebiet zwischen den Endmoränensystemen der Riß- und der Würm-Eiszeit tatsächlich auch vegetationsgeschichtlich klare Interglaziale. Sie sind jedoch ausnahmslos gestört. Der Grund dieser Störungen muß in jedem Einzelfall ermittelt werden. Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich mit dem am intensivsten untersuchten Vorkommen von Krumbach, östlich Saulgaus in Oberschwaben gelegen. Sie stellt nur eine Vorveröffentlichung insofern dar, als das gesamte Material, das von mehreren Kollegen erarbeitet worden ist, an anderer Stelle ausführlich dargelegt werden wird. In diesem Zusammenhang habe ich herzlich zu danken Herrn Dr. BLEICH, Hohenheim (Sedimentologie); Herrn Dr. BLUDAU, Hohenheim (Botanik); Herrn Professor Dr. BRUNNACKER, Köln (Sedimentologie, Schwermineralanalyse, Paläopedologie), Herrn Dr. ETZOLD, Freiburg (Quartärgeologie); Herrn Dipl.-Phys. FROMM, Hannover (Seismik); Herrn Professor Dr. GRUBE, Kiel (Geomorphologie, Sedimentologie); Herrn Ing. KOČI, Prag (Paläomagnetik), Herrn Dr. LORIS, Hohenheim (Trigonometrie); Frau Dr. WOILLARD, Louvain-la-Neuve (Botanik); Herrn Professor Dr. SCHREINER, Freiburg (Quartärgeologie, Sedimentologie); Herrn Dr. STEPHAN (Paläopedologie, Mikromorphologie der Sedimente); Herrn Dr. TUCHOLKA, Cambridge (Paläomagnetik); Herrn Professor Dr. WERNER, Freiburg (Quartärgeologie, Sedimentologie); Herrn Professor Dr. WETZEL, Basel (Geotechnik); Herrn Professor Dr. ZAKOSEK, Bonn (Paläopedologie, Sedimentologie). Frau DIEBEL, Frau KOLL, Frl. EISELE und Frl. LINER führten die sehr umfangreichen Arbeiten der Probenaufbereitung durch. Uneingeschränkter Dank gebührt auch den Herren KNEUSSLE, Inhaber des Baumschulbetriebes, auf dessen Boden das Vorkommen von Krumbach gelegen ist.

SCHREINER & WERNER hatten schon 1980 die geologische Situation dieses Interglazialvorkommens ausführlich behandelt. Die Arbeit war zu anderen Ergebnissen gelangt als meine Analysen. Daher sei hier auf sie ausdrücklich verwiesen (vgl. auch SCHREINER & EBEL, 1981). GRUBE (1986) veröffentlichte aber Ergebnisse seiner geomorphologischen Spezialkartierung der Umgebung Krumbachs. Dieser Aspekt braucht hier also nicht erneut im Detail dargestellt zu

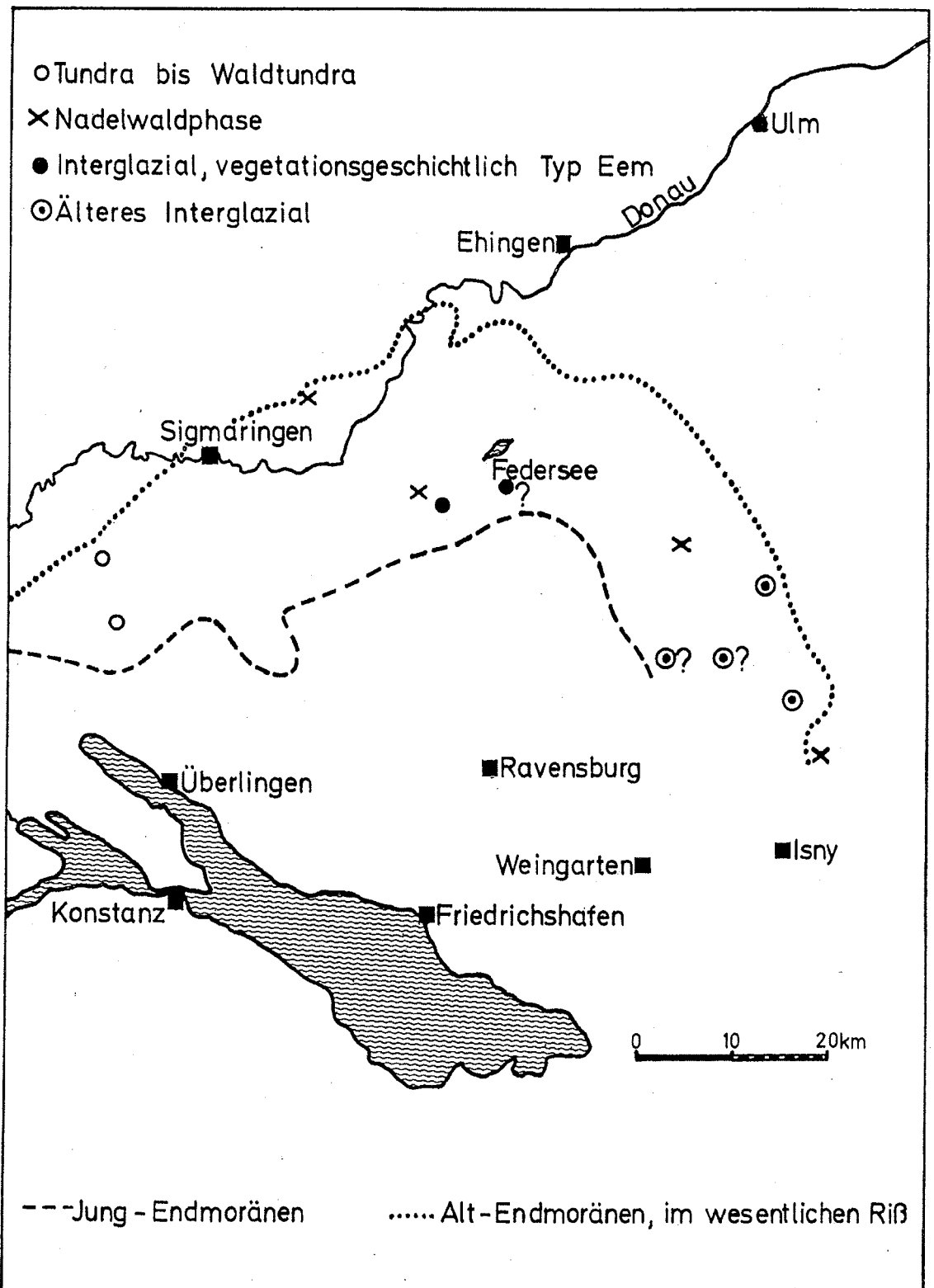


Abb. 1: Vegetationsgeschichtliche Charakterisierung der Beckenfüllungen zwischen Jung-Endmoränen und Alt-Endmoränen im nordöstlichen Rheingletschergebiet.

werden. Ich beschränke mich vielmehr im wesentlichen auf einen Teil der eigenen pollenanalytischen und sedimentologischen Resultate.

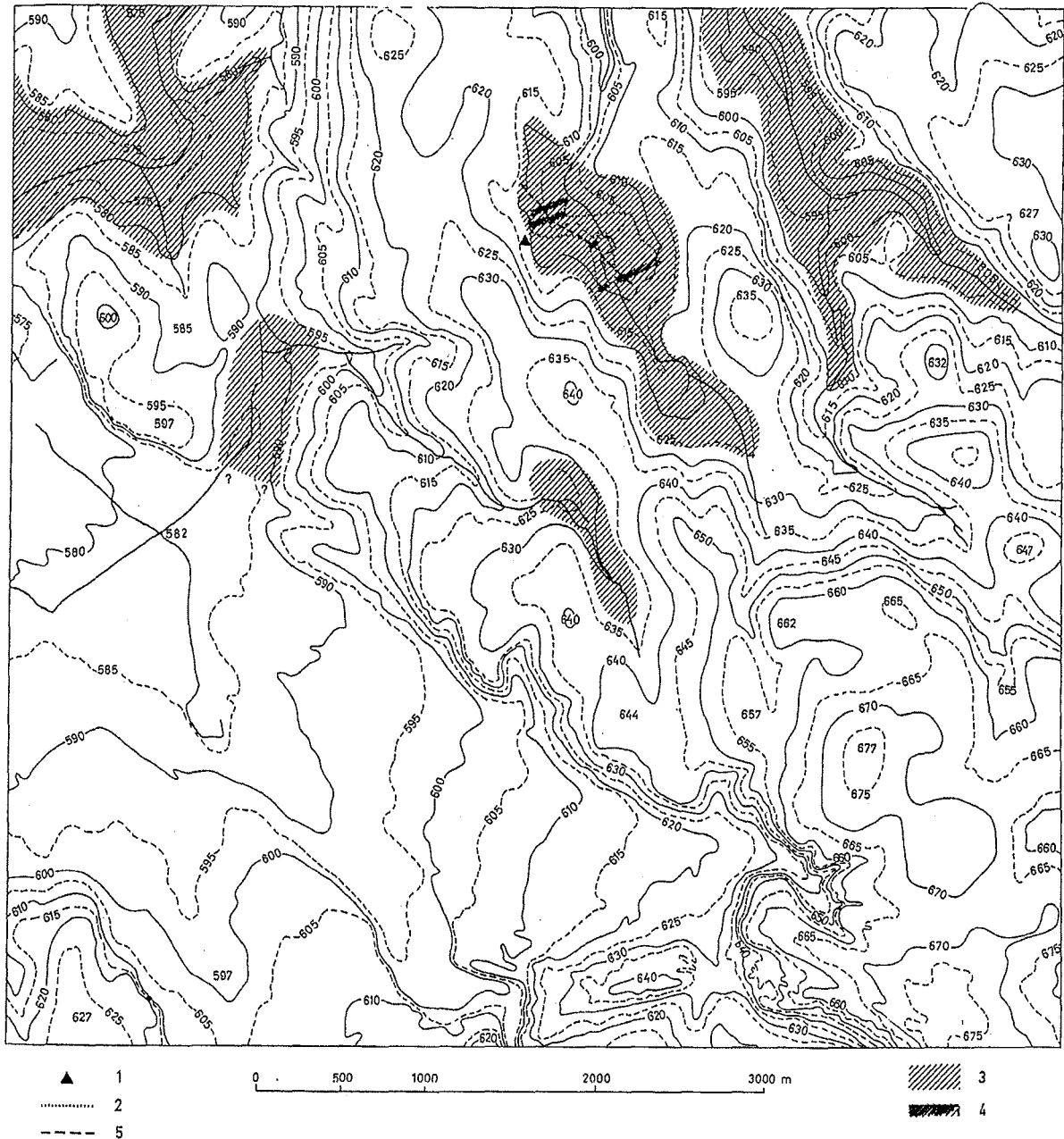


Abb. 2: Topographische Übersicht der Umgebung des interglazialen Beckens von Krumbach (Höhen-schichtlinien, in m NN). 1: Krumbach; 2: Umriß des interglazialen Sees; 3: geschlossene Hohlformen der Altmoränenlandschaft (heutiger Zustand); 4: Profilsereien durch das Becken von Krumbach (Geoelektrik und Bohrungen); 5: Tiefenlinie des interglazialen Seebeckens.

Geomorphologie und Geologie

Das Interglazialvorkommen von Krumbach liegt etwa 4 km nördlich der Jung-Endmoränen, die das heute fossile Schmelzwassertal von Saulgau nach S begrenzen (Abb. 2). In der Nachbarschaft Krumbachs finden sich noch mehrere andere Becken, deren Ursprung offenbar auf subglaziale Rinnen der Riß-Vereisung zurückgeht, denn das Gebiet befindet sich innerhalb der Rißmoränenlandschaft, die sich im S deutlich über die Jung-Endmoränen der Würm-Biszeit erhebt (Abb. 2). Hierdurch befand sich das Becken von Krumbach stets außerhalb des Einflußbereiches der aus diesen Jung-Endmoränen hervorgehenden Schmelzwässer (vgl. auch GRUBE, 1986).

Das Interglazialvorkommen findet sich meist in lakustriner, seltener telmatischer Fazies, bedeckt von Lehmen, die steinhaltig sind und die als eine 1,7 m bis mindestens 4,0 m, mächtige Decke das Vorkommen überziehen.

Den Ausgangspunkt der Untersuchungen bildete eine Forschungsbohrung, die auf Antrag von Herrn Professor Dr. WERNER durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft finanziert worden war. Ich hatte dieses Material pollenanalytisch untersucht (vgl. FRENZEL, 1973, 1978; SCHREINER & WERNER, 1980). Die erzielten Resultate ließen weitere Analysen geraten erscheinen, so daß seither zahlreiche zusätzliche Bohrungen aber auch Schürfe niedergebracht, bzw. angelegt worden sind, im wesentlichen mit dem Material und auf Kosten des Botanischen Instituts der Universität Hohenheim (Abb. 3). Es kommen außerdem PRAKLA-Bohrungen westlich des Interglazialvorkommens hinzu. Dies alles ermöglicht eine Vorstellung vom Aufbau des Interglazial-Vorkommens und seiner westlichen Umgebung (Abb. 4), wobei auch seismische Untersuchungen durch das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung, Hannover, sehr hilfreich waren. Es wird deutlich, daß die tertiäre Molasse im Gebiet eine recht bewegte Ober-

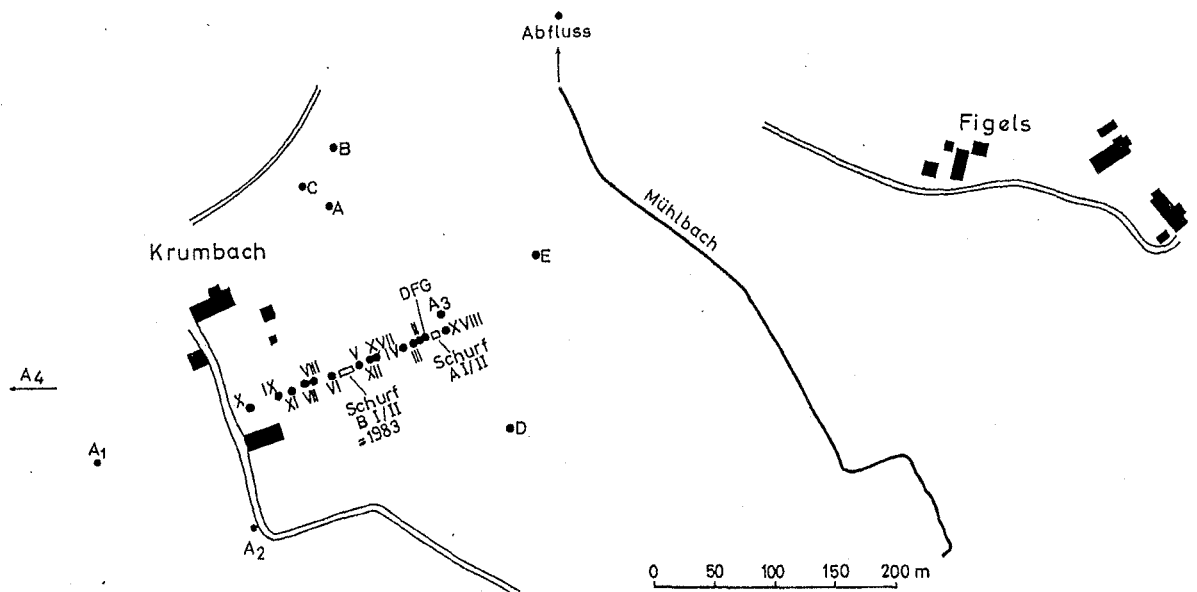


Abb. 3: Lage der Bohrungen und Schürfe in der Umgebung Krumbachs.

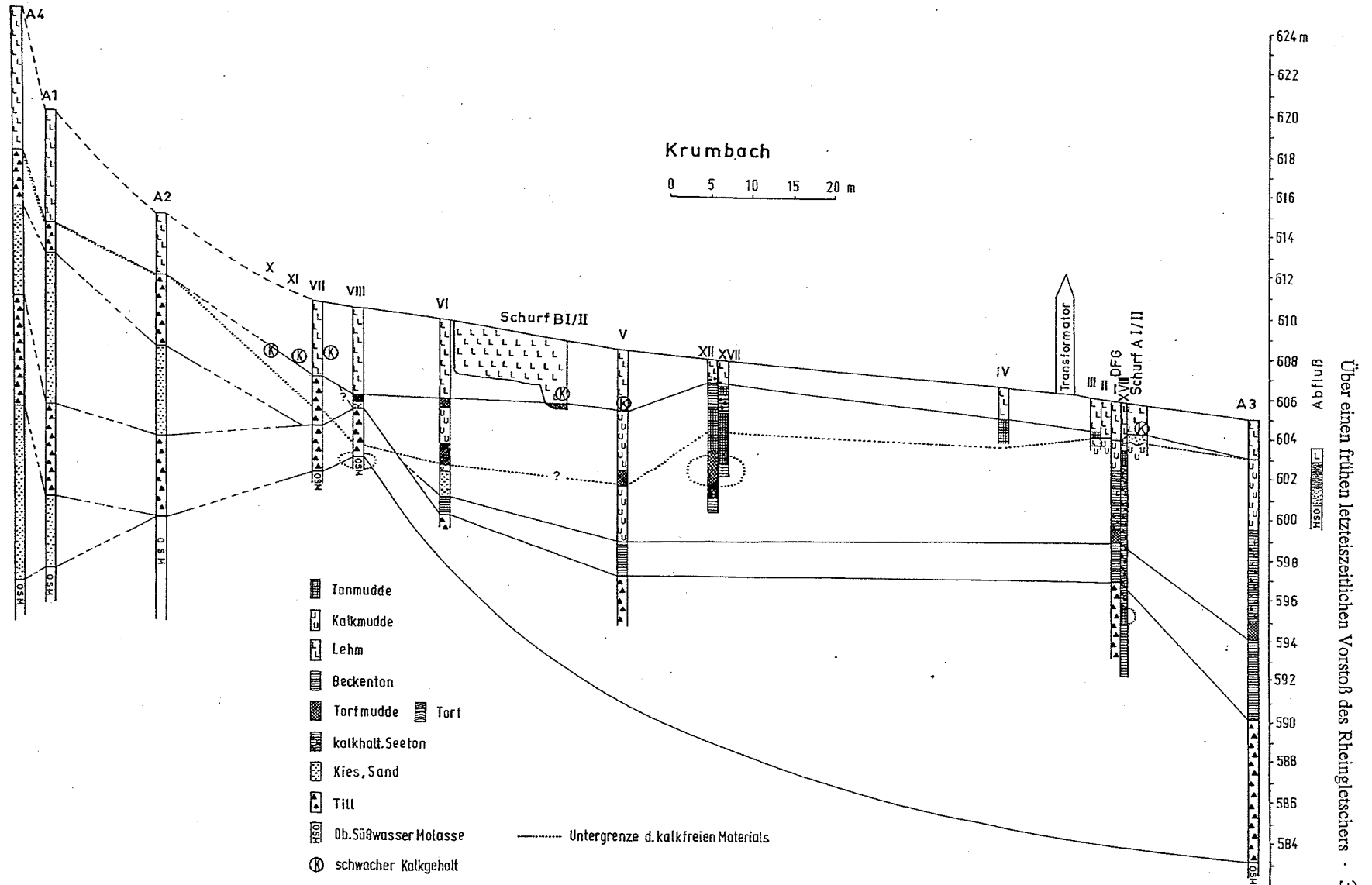


Abb. 4: Von WSW (links) nach ONO (rechts) geführter Schnitt durch das Becken von Krumbach. Ordinate: m NN.

fläche aufweist. Diese wird westlich des Beckens von zwei Till-Schichten bedeckt, getrennt voneinander durch Schotter, sowie in zwei Bohrungen auch durch Reste eines fossilen Bodens. Nach SCHREINER & WERNER (1980) ziehen beide Till-Lagen unter dem Interglazialvorkommen hindurch, die hangenden Lehme des Interglazials seien aber Fließerden und Colluvien. Dies wird im vorliegenden Beitrag zu untersuchen sein. Auf jeden Fall hatte aber das interglaziale Becken von Krumbach ein etwas anderes Aussehen als das heutige (Abb. 5). Heute wird es im äußersten Nordosten entwässert. Es ist aber auf Grund der durchgeführten Bohrungen und Pollenanalysen sehr unwahrscheinlich, daß das Becken diesen Ausfluß schon während des Interglazials gehabt hatte (zum Verlauf seiner damaligen Tiefenlinie vgl. Abb. 2 und 5).

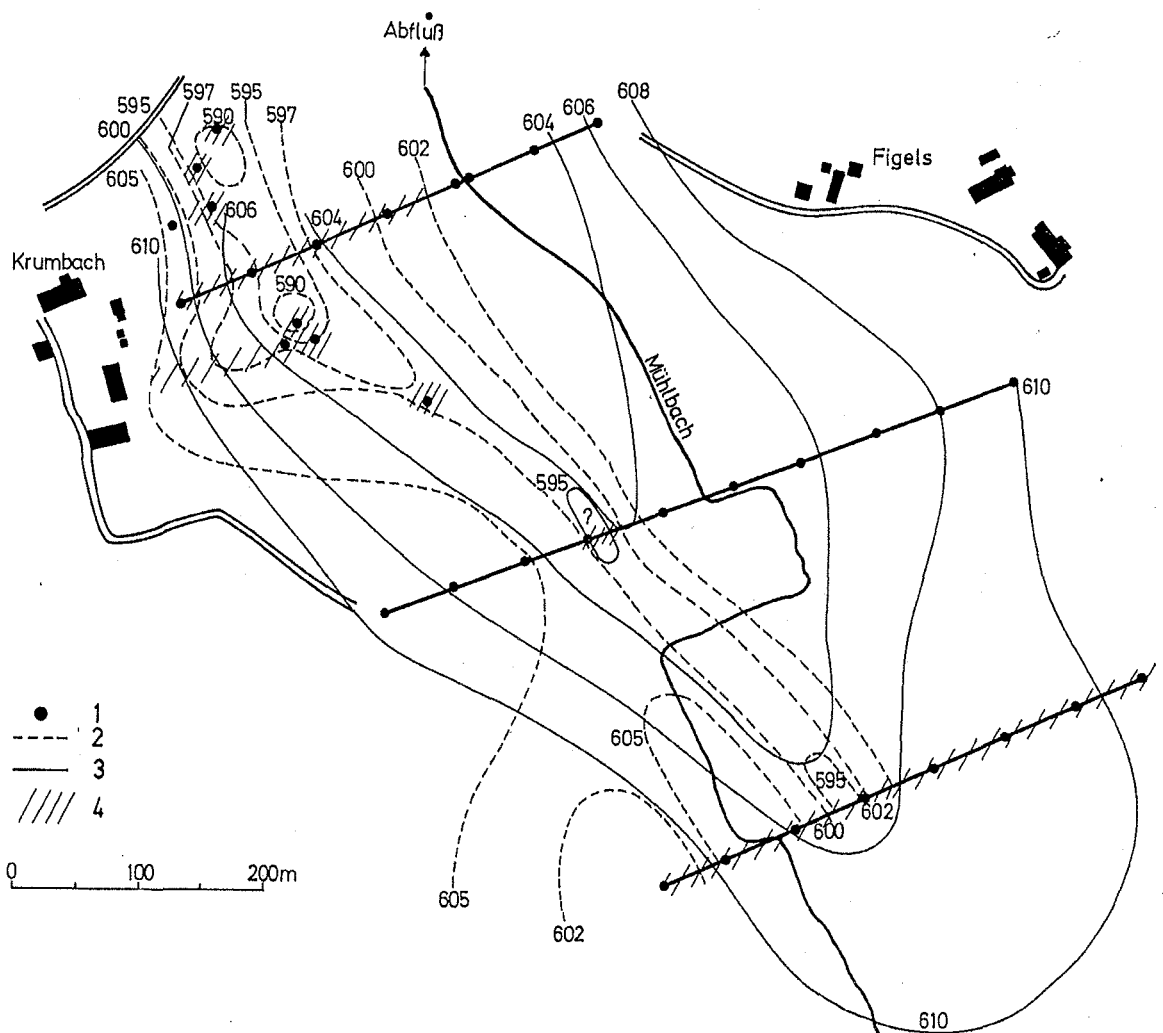


Abb. 5: Das heutige und das interglaziale Becken von Krumbach. 1: Seismik-Meßpunkte bzw. Bohrprofile; 2: Unterkante des interglazialen Seebeckens; 3: Oberfläche des heutigen Beckens; 4: Sedimentologisch und/oder botanisch erwiesener interglazialer See. Höhenangaben in m NN.

Biostratigraphie

Von der großen Zahl der im wesentlichen durch mich analysierten Profile werden hier nur die Bohrungen I (DFG-Bohrung) und V dargestellt (Abb 6, 7). Die ausgezählte Grundsumme beläuft sich meist auf mehr als 500 Sporomorphe, vielfach auf mehr als 1200 Sporomorphe pro Horizont. In anderen Fällen bleibt die Grundsumme geringer, entweder weil der Sachverhalt für die vorliegende Fragestellung zunächst klar, oder weil die Pollendichte gering war. Die Pollenfrequenz pro Deckgläschen (18 mal 18 mm) ist in beiden Diagrammen rechts außen angegeben. Das Diagramm Krumbach V ist noch nicht endgültig ausgezählt worden. Beide Diagramme zusammengenommen erlauben aber eine Zonierung des vegetationsgeschichtlichen Ablaufes nach Diagramm-Abschnitten. Ihre Beschreibung folgt hier von unten nach oben:

DA Kr 1 (Abb. 6): Spätglaziale Kräutersteppenzeit. Der Baumpollen (BP), vor allem *Pinus* und *Betula*, beläuft sich auf 10%. Verschiedene Kräuter, Cyperaceen und Gramineen bestimmen das Bild.

DA Kr 2: Zeit der Wiederbewaldung durch *Betula*-Bestände, zusammen mit *Juniperus*, *Hippophaë* und *Salix*, etwas *Pinus*. Der Baumpollenanteil (BP) steigt rasch auf etwa 60% an. *Artemisia*, *Helianthemum*, *Thalictrum* und *Ephedra* Typ *fragilis* sind charakteristische Elemente.

DA Kr 3: Zeit der lichten *Pinus-Betula*-Bestände, mit *Populus* und einwandernder *Ulmus* und *Quercus*. BP bis 80%. Im Gewässer breiten sich Potamogeten aus.

DA Kr 4: *Quercus-Ulmus-Fraxinus*-Zeit, mit wenig *Pinus*; beginnende Einwanderung von *Corylus*. Im Eichenmischwald (EMW) hat *Quercus* bei weitem die Vorherrschaft erlangt. Die geschlossene Kurve von *Hedera* beginnt; *Ilex* und *Buxus* sind in einzelnen Pollenkörnern (PK) vertreten. Die Wasserflora bereichert sich deutlich.

DA Kr 5: Erste *Corylus*-Zeit mit viel *Quercus*, *Ulmus*, z. T. auch mit *Tilia*, *Hedera* und wenig *Taxus*. Beginn der Einwanderung von *Abies*. Spuren von *Carpinus*. *Picea* breitet sich etwas aus. *Corylus* erreicht Werte von weit mehr als 250% (bezogen auf die BP-Summe). Die Flora der thermophilen und hygrophilen Laubwälder ist sehr reich. Am Ende beginnt die geschlossene Kurve des *Ilex*-Pollens. Nach Ausweis der Pedastren-Typen ist das Gewässer oligosaprob.

DA Kr 6: *Quercus-Corylus-Picea*-Zeit, mit *Hedera*, *Ilex*, etwas *Ostrya*, *Osmunda* und *Brasenia*. *Quercus* herrscht im Walde gemeinsam mit *Corylus* vor. Die Bedeutung der Hasel hat aber gegenüber DA Kr 5 deutlich nachgelassen.

DA Kr 7: Zweite *Corylus*-Zeit mit ansteigender Bedeutung von *Carpinus*, *Abies* und *Picea*. *Hedera* und *Ilex* sind wichtig; wenig *Taxus*. *Corylus* erreicht um 300% der BP-Summe. Vereinzelt treten *Juglans*, *Pterocarya* und *Sciadopitys* auf. Es liegt der Verdacht nahe, daß es sich hierbei um umgelagertes Material der in der Umgebung anstehenden Molasse handelt. Regelmäßiger ist aber *Viscum* vorhanden, und in dem langsam etwas mesosaprob werdenden Gewässer wird *Potamogeton* Sect. *Coleogeton* wichtig.

DA Kr 8: *Carpinus-Corylus*-Zeit mit sehr wenig *Abies*, *Picea*, *Quercus*, *Ulmus*, *Tilia* und *Taxus*; vereinzelt *Brasenia*, *Ostrya*. Der Anteil der Haselnuß geht schrittweise zurück, *Hedera* und *Ilex* bleiben aber weiterhin bezeichnende Elemente. Der See wird stärker mesosaprob.

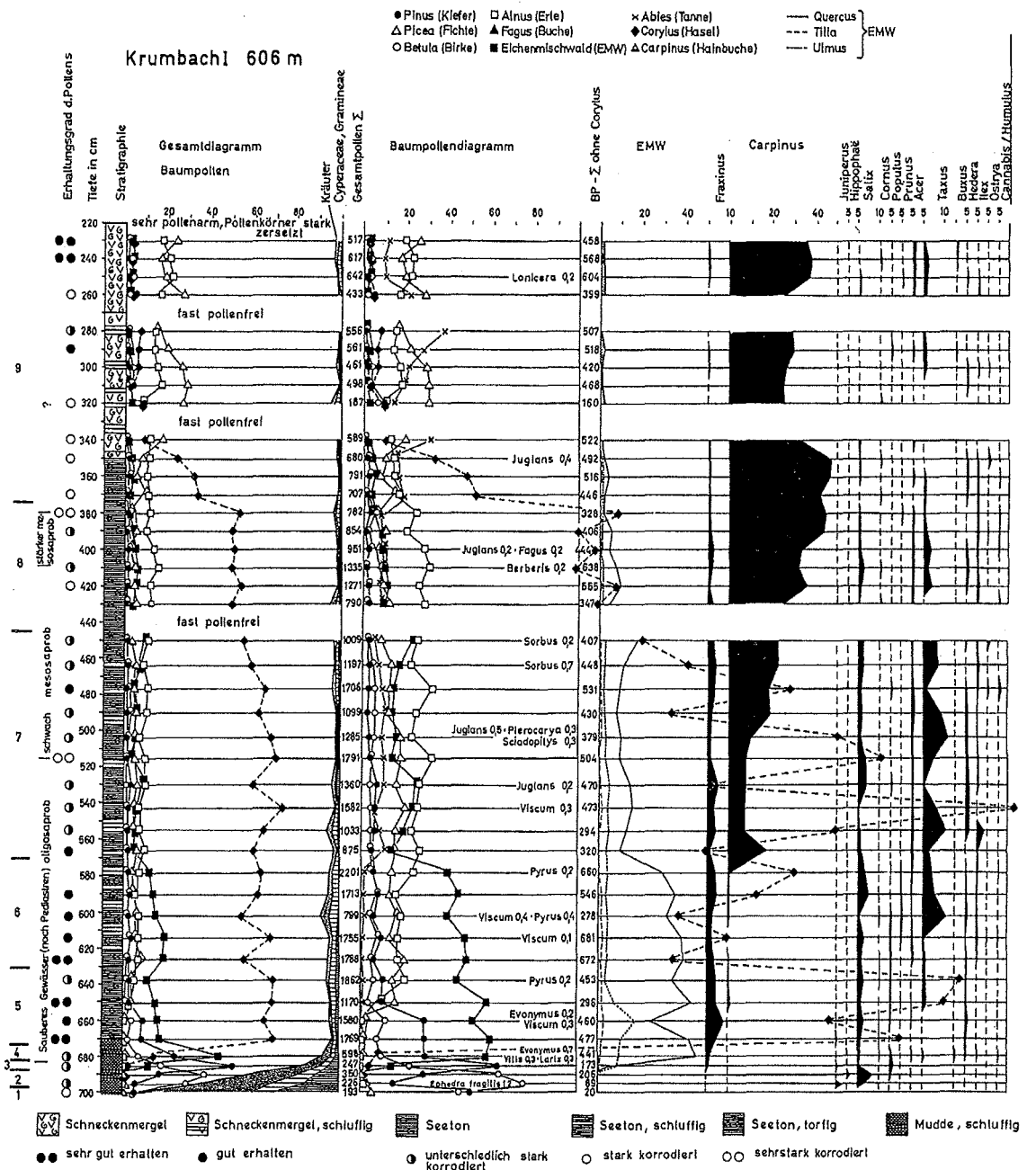


Abb. 6: Pollendiagramm der DFG-Bohrung Krumbach I. Ziffern ganz links: Diagrammabschnitte, vgl. ► Text.

DA Kr 9: *Carpinus-Abies-Picea*-Zeit mit sehr wenig *Corylus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Tilia*. Das Vorkommen von *Hedera* und *Ilex* ist nicht mehr so regelmäßig wie bisher, doch als neues bezeichnendes Element tritt *Buxus* hinzu.

DA Kr 10 (Abb. 7): *Picea-Abies-Carpinus*-Zeit, mit zunehmender Bedeutung von *Pinus*; we-

Krumbach V

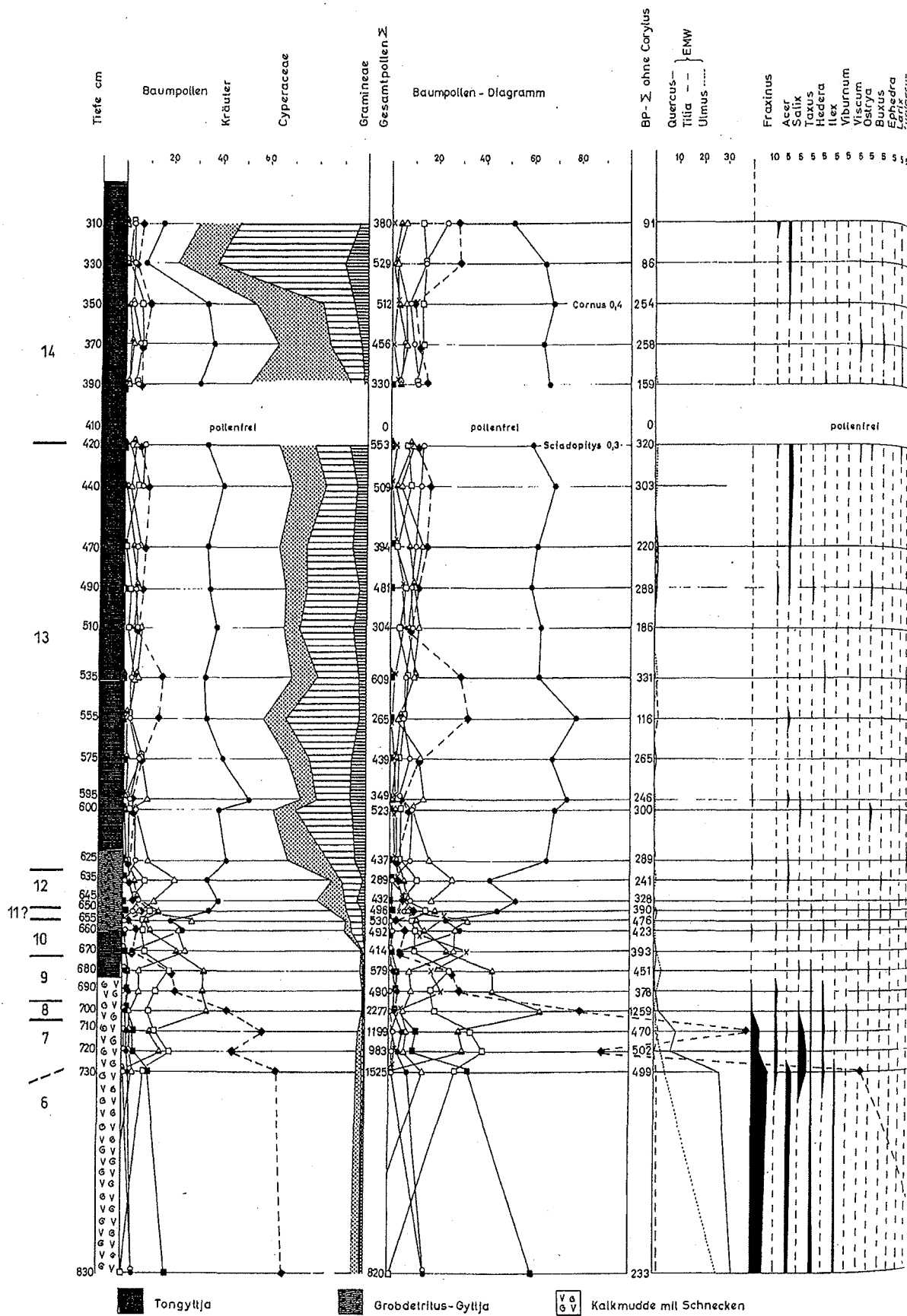
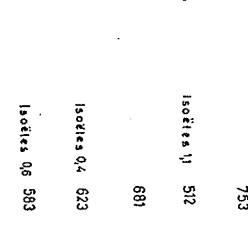
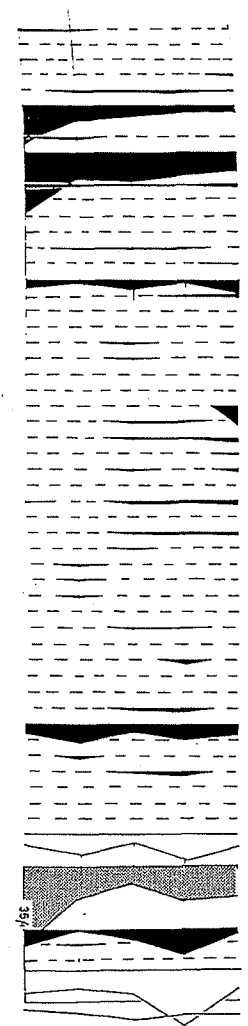
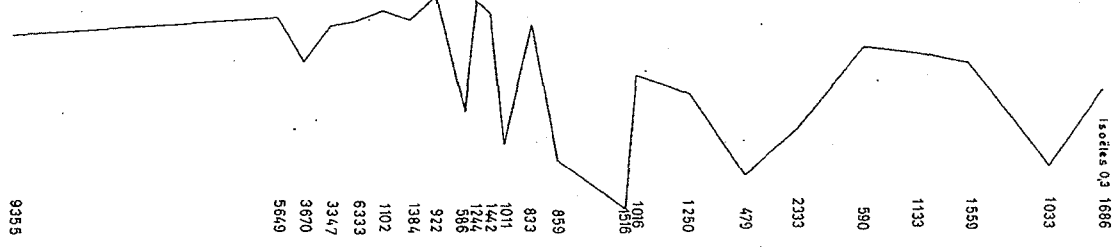
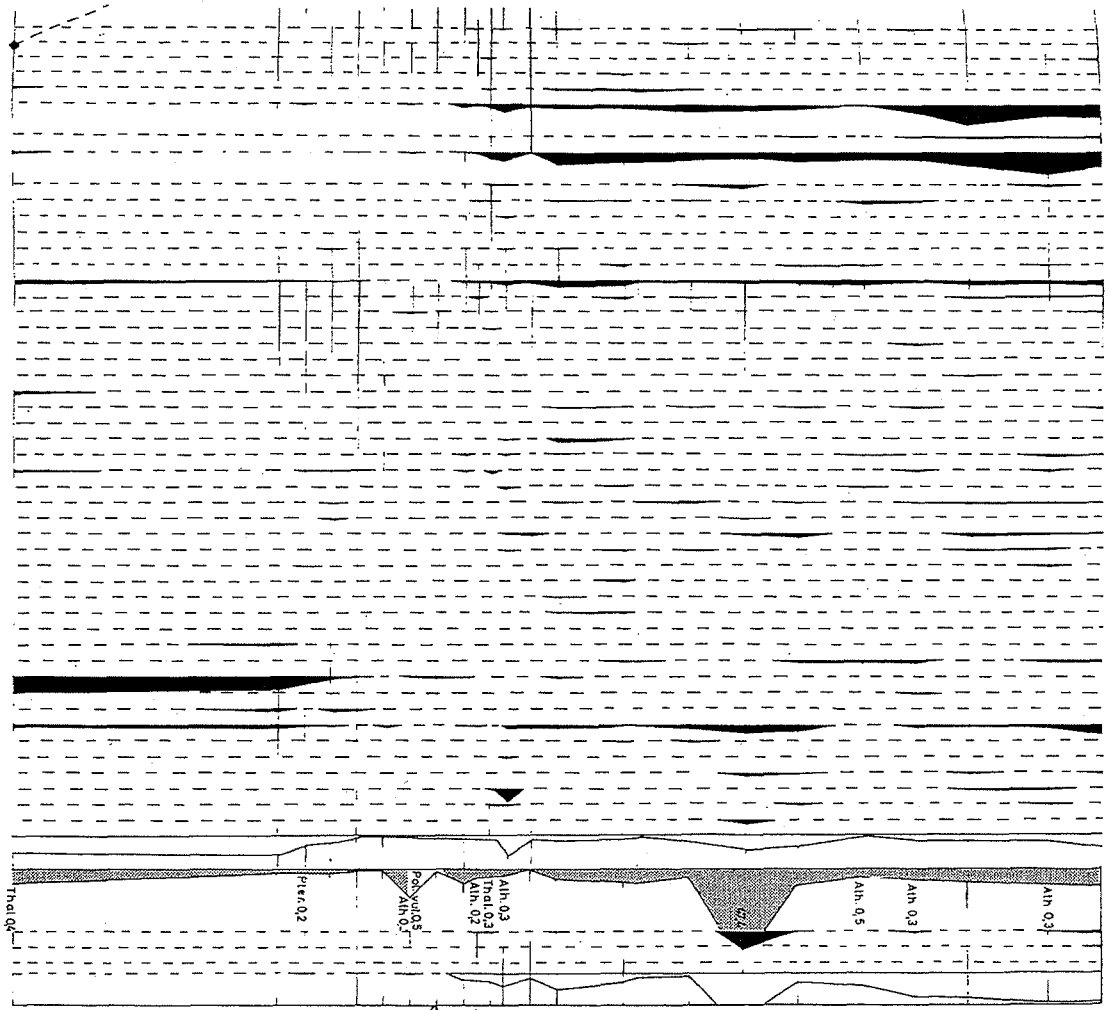


Abb. 7: Pollendiagramm der Bohrung Krumbach V. Lage: Vgl. Abb. 3.



- 10 Hippophaë
- 5 Calluna
- 5 Ericaceae
- 5 Rubus chamaemorus
- 5 Saxifraga oppos. Typ
- 5 Helianthemum
- 5 Thalictrum
- 10 5 Filipendula
- 5 Artemisia
- 10 5 Chenopodiaceae
- 5 Oxyria
- 5 Plantago lanceolata maior/media
- 5 Urtica
- 5 Cerealia
- 5 Ranunculaceae
- 5 Rosaceae
- 5 Potentilla - Typ
- 5 Dryas - Typ
- 5 Papilionaceae
- 5 Vicia - Typ
- 5 Lotus - Typ
- 5 Trifolium - Typ
- 5 Cruciferae
- 5 Lepidium - Typ
- 5 Crambe - Typ
- 5 Polygonum bistorta
- 5 Umbelliferae
- 5 Caryophyllaceae
- 5 Dianthus - Typ
- 5 Liguliflorae
- 5 Tubuliflorae
- 5 Rubiaceae
- 5 Campanula
- 5 Dipsacaceae
- 5 Valerianaceae
- 5 Liliaceae
- 5 Koenigia
- 5 Cladium
- 5 Potamogeton
- 5 Eu-Potamogeton
- 5 Coleogeton
- 5 Caltha
- 5 Batrachium
- 5 Myriophyllum alternif. verticill. spec.
- 5 Typha
- 5 Nuphar
- 5 Butomus
- 5 WPP - Σ
- 10 10 20 5 5 10 10 20 5 5 10 200 400
- 5 Potypodiaceae
- 5 Botrychium
- 5 Selaginella
- 5 Lycopodium
- 5 Sphagnum
- 5 Pediatren, Frequenz

Pollen-Frequenz

9355

1886 1033 1558 1133 590 2333 479 1250 1016 1016 859 833 1011 1442 1244 586 922 1384 1102 6333 3347 3670 5649

753 512 681 623 583

DA Kr 12: *Picea-Pinus*-Zeit mit sich ausbreitenden Heliophyten. Die thermophilen Sippen scheinen zu verschwinden. Ihr Pollen tritt allerdings auch noch später, wohl umgelagert, verschiedentlich auf. Der BP-Anteil geht auf etwa 80% zurück; *Artemisia*, *Helianthemum*, *Chenopodiaceae* und *Oxyria*-Typ treten hervor.

DA Kr 13: Zeit der lichten *Pinus*-Haine mit etwas *Picea*, deren Bedeutung nach oben abnimmt. Starke Ausbreitung der Heliophyten. Der BP-Anteil ist auf etwa 60 bis 65% zurückgegangen. Die Kurvenverläufe zahlreicher thermophiler und hygrophiler Arten lassen an kontinuierliche Umlagerung des älteren, interglazialen Materials denken.

DA Kr 14: Zeit der offenen Vegetation und des reichlich vertretenen umgelagerten älteren Pollens. Der BP-Gehalt geht bis auf 20% zurück.

Das Interglazial beginnt mit der Untergrenze des vegetationsgeschichtlichen Diagramm-Abschnittes 2 und endet mit dem Schluß des DA 12. Wie früher gezeigt werden konnte (FRENZEL & BLUDAU, 1987), umfaßt der Zeitraum vom zweiten Teil des DA 9 bis zur ersten Hälfte des DA 12 mindestens 3000 Jahre, wahrscheinlich aber 4000 Jahre.

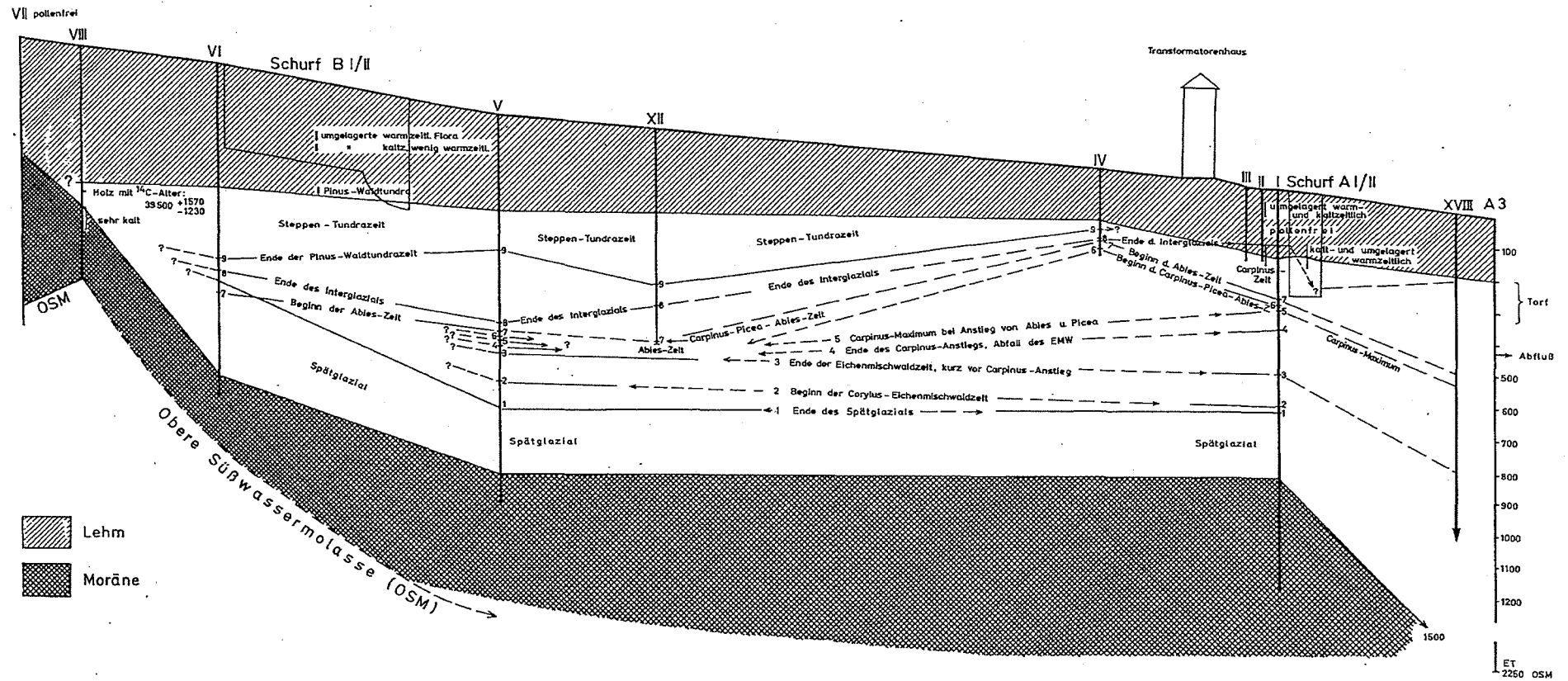
Die Ähnlichkeit dieser interglazialen Vegetationsentwicklung zu derjenigen, die von BEUG (in JUNG et al., 1972) für Zeifen mitgeteilt worden ist, wie auch zu derjenigen der Grande Pile in den südwestlichen Vogesen (WOILLARD, 1979), zu der des obersten Interglazials von Meikirch bei Bern (WELTEN, 1981, 1982), oder zu derjenigen von Les Echêts bei Lyon (DE BEAULIEU & REILLE, 1984) ist so groß, daß Gleichzeitigkeit sicher angenommen werden muß.

Gegen eine Parallelisierung mit dem nord-mitteleuropäischen Eem-Interglazial könnte bestenfalls der geringe Anteil von *Tilia* in der damaligen Vegetationsentwicklung sprechen, kurz vor der Massenausbreitung von *Carpinus*. Doch diese Eigenschaft gilt für alle süd-mitteleuropäische Interglaziale dieses Typs. Man wird daher mit abweichenden Konkurrenz- und Großklimaverhältnissen rechnen müssen, nicht aber mit einer Ungleichzeitigkeit gegenüber dem typischen Eem-Interglazial. BEUG (in JUNG et al., 1972) nahm an, daß in Süddeutschland *Taxus* die Rolle von *Tilia* eingenommen habe. Dies trifft aber in Krumbach ebensowenig zu, wie in der Grande Pile, bei Meikirch (WELTEN, 1981) und bei Les Echêts, so daß der hohe Anteil von *Taxus* im Interglazialvorkommen von Zeifen (JUNG et al., 1972) wohl eher lokal bedingt als ein generelles Kriterium des süddeutschen Eem-Äquivalents gewesen ist.

Aus dem Gesagten ergibt sich die wichtige Schlußfolgerung, daß das Interglazialvorkommen ohne begründete Zweifel biostratigraphisch als Ausdruck des gesamten Eem-Interglazials angesehen werden muß. Klare Übergänge zu nachfolgenden Interstadialen sind in Krumbach bisher nicht gefunden worden.

Lagerungsverhältnisse

Mit Hilfe der zahlreichen eingangs erwähnten Bohrungen und Schürfe sowie der hiermit parallel verlaufenden pollenanalytischen Untersuchungen konnten die Lagerungsverhältnisse einigermaßen aufgeklärt werden (Abb. 8). Es fällt auf, daß das Vorkommen deutlich gestört ist. Beim damaligen Stand der Kenntnisse äußerten SCHREINER & WERNER (1980) die Ansicht, es handle sich hierbei um synsedimentäre Differenzen zwischen Stellen eines stärker durchströmten



gegenüber Bereichen ehemals etwas ruhigeren Wassers. Die seither durchgeführten Bohrungen sprechen eine andere Sprache. Aus Abb. 8 wird deutlich, daß die liegenden spätglazialen Schichten des Interglazials stets ungestört sind. Dies gilt aber nicht mehr für die hangenden Sedimente. Hierbei kann es sein, daß sich spätglaziale Schichten unmittelbar mit denen der Schlußabschnitte des Interglazials überschneiden. In anderen Fällen (Bohrungen V, XII und vermutlich auch I:320 bis 280 cm Tiefe) kommen Überschiebungen vor. Teils fallen die Schichten mit einem Winkel von 50° bis 60° ein, und Schichten können invers liegen. Hiaten sind nicht selten. Sie treten einerseits als pollenfreie Zonen auf, andererseits als klare Unterbrechungen in der sonst regelmäßigen Pollensedimentation (vgl. FRENZEL & BLUDAU, 1987). Der zuletzt genannte Fall findet sich in der sonst eine normale Abfolge der Diagramm-Abschnitte aufweisenden Bohrung XVIII. In der Bohrung C (Lage: Abb. 3) findet sich in Torf eine mehr oder weniger regelhafte vegetationsgeschichtliche Abfolge des zu Ende gehenden Interglazials (Tab. 1). In Bohrung D sind aber in etwa 2,0 bis 7,0 m Tiefe kalt- und warmzeitliche Pollenfloren in steinhaltigem, wiederholt kalkhaltigem Lehm miteinander vermischt, ohne daß in dieser Bohrung lakustrine Sedimente anstehen, und in Bohrung E liegen die älteren pollenführenden Sedimente über den jüngeren. Es kommt hinzu, daß die basalen Schichten der hangenden Lehme des Interglazials wiederholt eine gut erhaltene Mischpollenflora aus kalt- und warmzeitlichem Material enthalten (Bohrungen II und IV, Schürfe A und B), die am Westrand des Beckens stehenden Bohrungen VII und VIII sind aber in den entsprechenden Schichten pollenfrei. Die erwähnten Mischpollenfloren können also nicht vom Hang herabtransportiert worden sein, zumal da diese Floren in der Regel sehr gut erhalten sind. Es ist höchst unwahrscheinlich, daß sie einen längeren Transport hangab durchgemacht hatten, sei es in Form von normalen Hangcolluvien oder als periglazialer Wanderschutt oder Solifluktuionsdecken. Vielmehr drängt sich der Eindruck auf, daß in allen genannten Fällen die warm- und kaltzeitliche Pollenflora der hangenden Lehme aus den liegenden Seeablagerungen aufgenommen worden ist, durch Vorgänge, die auch zu den Störungen der interglazialen Seeablagerungen selbst geführt haben.

Hangende Lehme

Die das Interglazial von Krumbach bedeckenden Lehme werden, wie bereits erwähnt, zwischen ungefähr 170 cm und mehr als 400 cm mächtig. Sie sind meist entkalkt, enthalten aber doch (abgesehen von manchen obersten Schichten mit wohl anthropogener Aufkalkung) verschiedentlich noch deutlich Kalk in größerer Tiefe (Tab. 1, Abb. 8). Im Verlauf der Arbeiten sind mehrere Schürfe angelegt worden. An ihren Wänden konnte in gemeinsamer Arbeit mit verschiedenen Kollegen die folgende Schichtfolge beobachtet werden (von oben nach unten):

- A) Ca. 50 cm schluffiger Lehm, kalkfrei, im wesentlichen Lößlehm, teils etwas verflissen.
- B) 20 bis 50 cm steiniger, sandiger Lehm, fein geschichtet; Steine parallel der Fall-Linie des Hanges eingeregelt. Häufig Mn-Konkretionen. Fließerde, girlandenartig verformt. Streichrichtung eines derartigen Faltenbogens: 150° .
- C) 25 bis 90 cm mächtiger Lehm, schwach sandig, vereinzelt mit kleinen Steinen. Unter- und Oberkante dieser Schicht unregelmäßig: Lößlehm, bzw. Fließerde aus Lößlehm.

Tabelle 1: Schichtenverzeichnis einiger zusätzlicher Bohrungen im Becken von Krumbach. Lokalisierung vgl. Abb. 3.

Bohrung XVII: 52 m oberhalb des Trafos; relative Höhe unter dem Bezugspunkt: — 2,35 m

- 0 — 70 cm Lehm, bei 20 cm kalkhaltig
- 118 cm Lößlehm, steinig
- 173 cm humoser Lehm
- 270 cm grauer Ton
- 530 cm geschichtete Tonmudde, ab 302 cm (nach unten) kalkhaltig
- 588 cm Torf
- Bohrer verloren!

Bohrung XVIII: 20 m vom Trafo in Richtung auf das Beckentiefste; relative Höhe: — 4,50 m.

- 0 — 175 cm Lehm
- 240 cm humoser Schluff
- 281 cm Torf
- 589 cm geschichtete, schneckenhaltige Seekreide
- 649 cm Kalkmudde
- 934 cm Tonmudde, kalkhaltig. 930 bis 934 cm klares Interglazial: Hasel-Eichen-Fichtenzeit mit viel *Taxus*; wenig *Abies* und *Carpinus*
- 1027 cm kalkfreie Tonmudde
- 1300 cm Gletscherton
- Ende?

Bohrung A: Lage siehe Abb 3; relative Höhe: — 5,72 m.

- 0 — 150 cm Lehm, steinig
- 200 cm Sand und Schluff
- 213 cm — Kernverlust —
- 254 cm Sand mit scharfkantigen Steinchen; von oben bis 226 cm entkalkt, danach kalkhaltig
- 300 cm — Kernverlust —
- 460 cm Ton- und Kalkmudde
- 522 cm Seekreide
- 534 cm scharfkantiger Kies
- 644 cm Seekreide
- 708 cm humoser Ton
- 745 cm Tonmudde
- 800 cm Feinsand
- 900 cm Ton, geschichtet. 836—843 cm Holzkohle
- 1100 cm Schluff und Ton mit kleinen Steinchen
- 1200 cm Till

Bohrung B I: Lage siehe Abb.3; relative Höhe: — 5,85 m.

- 0 — 73 cm Lehm
- 132 cm Tonmudde. 100—132 cm Holzkohle
- 200 cm Feinsand
- 222 cm Lehm mit kleinen Steinen
- 305 cm Schluff 170—257 cm kalkhaltig; 257—300 cm kalkfrei
- 400 cm Tonmudde, reich an organischem Material
- Bohrer verloren

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Bohrung B II: Lage und relative Höhe wie B I.

- 0 — 79 cm Lehm, kalkhaltig
- 122 cm Tonmudde, 100—122 cm Holzkohle
- 300 cm Feinsand, 234—300 cm mit Steinen kalkfrei; 251—257 cm kalkhaltig, 257—296 cm kalkfrei
- 515 cm Tonmudde, 370—400 cm Holz
- 618 cm Seekreide
- 700 cm Kalkmudde
- 780 cm — Kernverlust —
- 900 cm Ton- und Kalkmudde
- 903 cm Feinsand
- 952 cm Tonmudde, sehr reich an organischem Material
- 980 cm Ton
- 1412 cm Schluff, tonig, geschichtet
- 1480 cm Feinsand, steinig. Steine schlecht gerundet: Till?

Bohrung C: Lage siehe Abb. 3; relative Höhe: —1,85 cm.

- 0 — 155 cm Lehm, sandig. 75—100 cm kalkhaltig; 134—144 cm kalkhaltig
- 347 cm Lehm, steinig, kalkfrei von 300 bis 330 cm
- 390 cm Lehm, feinkörnig
- 400 cm Torf: Kiefern-Fichtenphase eines zu Ende gehenden Interglazials, mit *Abies*, *Corylus*, *Alnus*, *Carpinus*, *Betula*
- 452 cm Torf, sandig, mit Holz. 400—420 cm schwach kalkhaltig. Tannen-Fichtenphase eines zu Ende gehenden Interglazials, mit etwas *Corylus*, *Carpinus*, *Ilex*
- 498 cm Sand mit Steinen, diese bis 3 cm Durchmesser
- 590 cm Sand und Schluff mit Steinen
- 700 cm Schluff, tonig, mit Steinen, stark kalkhaltig

Bohrung D: Lage siehe Abb. 3; relative Höhe: 3,73 m.

- 0 — 186 cm Sand, lehmig, mit Steinen. 20—30 cm kalkhaltig; 173—200 cm kalkhaltig
 - 400 cm Feinsand, schluffig, mit Steinen. Wiederholt kalkhaltig. 206—240 cm Mischflora: Klar warmzeitlich, mit *Corylus-Carpinus*-Flora eines Interglazials, mit viel *Pinus*, mä-
ßig *Abies*, *Picea*, *Ulmus*, *Buxus* und *Castanea*
 - 600 cm vermutlich wässriger Sand
 - 684 cm Schluff mit gekritzten Geschieben, pollenfrei
 - 705 cm Tonmudde. Florengemisch: Klar kaltzeitlich und durchmischte interglaziale Flora, mit besonders *Corylus*, *Betula*, *Alnus*, *Pinus*, *Quercus*; wenig *Carpinus*, *Taxus*, *Abies*, *Picea*. Vereinzelt: *Fagus*, *Juglans*.
 - 750 cm Sand. Nahezu pollenfrei, etwas umgelagert warmzeitliches Material
- Bohrung sitzt auf Stein auf

Bohrung E: Lage siehe Abb. 3; relative Höhe: — 6,0 m.

- 0 — 130 cm Sand und Ton, mit Steinen. 0—86 cm kalkhaltig
- 260 cm Ton und Schluff, geschichtet
- 350 cm Sand mit Steinen
- 358 cm Tonmudde. Fichten-Kiefernzeit eines zu Ende gehenden Interglazials. Zeitlich vor der folgenden Flora
- 488 cm Feinsand und Schluff, ohne Steine. Pollenarm: Ob Kiefernzeit eines zu Ende gegangenen Interglazials?

Die Schichten A bis C sind sehr wenig verfestigt.

D) Schwach steiniger, sandig-toniger Lehm, sehr dicht lagernd. Beim Hammerschlag muschelig brechend. 63 bis 115 cm stark.

E) Durch feine Humusbänder geschichteter Ton bis Schluff; häufig Molluskenreste: Seeablagerung. In ihr findet sich die Pollenflora des jüngeren Teiles des erwähnten Interglazials, bzw. diejenige kaltzeitlicher Bedingungen mit vielfach umgelagerter warmzeitlicher Pollenflora.

Die Schichten D bis B, einschließlich, führen die oben erwähnte umgelagerte Mischpollenflora.

Die Schichten A bis C und E sind in ihrer Genese klar: Es handelt sich um Seeablagerungen (E), bzw. um Lößlehm oder um Fließerdematerial (A bis C). Schicht D ist genetisch unklar. Daher habe ich, ausgehend von Schicht D, die gesamten hangenden Lehme rasterelektronenmikroskopisch im Blick auf die Textur der Quarzkornoberflächen untersucht, aber auch die ausgeschlammten Steine und Steinchen unter dem Binokular auf glazigene Kritzer überprüft. Abb. 9 unterrichtet über die erzielten Ergebnisse: Schicht D ist reich an glazigen geformten Quarzkörnern. Andere Formungstypen treten stark zurück. Außerdem treten in Schicht D recht häufig gekritzte Geschiebe auf. Dies, zusammen mit der großen Dichte des Materials, seinem wiederholt zu beobachtenden Kalkgehalt, zusammen mit der wahrscheinlich von unten her aufgenommenen Mischpollenflora und den Störungen in den liegenden Seeablagerungen führten mich zu der Ansicht, daß es sich bei Schicht D um den Rest eines Tills handelt, dessen obere Partien später solifuidal verlagert und mit Lößlehm vermischt worden sind.

Diskussion

Wie erwähnt, muß das gesamte Beobachtungsmaterial über das Interglazial von Krumbach, das von verschiedenen Disziplinen aus erarbeitet worden ist, noch *in extenso* veröffentlicht werden. Sollten aber die hier vorgetragenen Beobachtungen einigermaßen den Kern der Wahrheit treffen, bedeutete dies, daß der Rheingletscher nach dem Ende des Eem-Interglazials weit in das Alpenvorland vorgestoßen war, zeitlich beträchtlich vor demjenigen Vorstoß, der die klassischen Jung-Endmoränen geschaffen hatte. Wann dieser Vorstoß erfolgt sein könnte, läßt sich beim gegenwärtigen Stand der Beobachtungen in Krumbach nicht ermitteln, da hier jüngere interstadiale Bildungen, die pollenanalytisch charakterisierbar wären, zu fehlen scheinen.

Die in Krumbach gemachten Beobachtungen sind zunächst isoliert. Die uns zur Verfügung stehenden Unterlagen (Pollenanalyse, Sedimentologie, Quarzkornoberflächen) des Vorkommens des Füramooses südöstlich von Biberach (Abb. 1) scheinen aber in eine vergleichbare Richtung zu verweisen: Auch hier handelt es sich um ein Becken, das innerhalb der Riß-Endmoränen gelegen ist. Es enthält über einem basalen Till ein umgelagertes Interglazial, einen weiteren Till sowie hangende gletschernahe Seeablagerungen, aus denen sich die pollenanalytische Überlieferung eines Interglazials entwickelt, die sich recht gut mit derjenigen des Interglazials von Krumbach vergleichen läßt. Es folgen interstadiale Nadelwaldphasen, kaltzeitliche Bildungen mit (nach Quarzkornoberflächen) glazigen Sedimenten, dann aber erneut umgela-

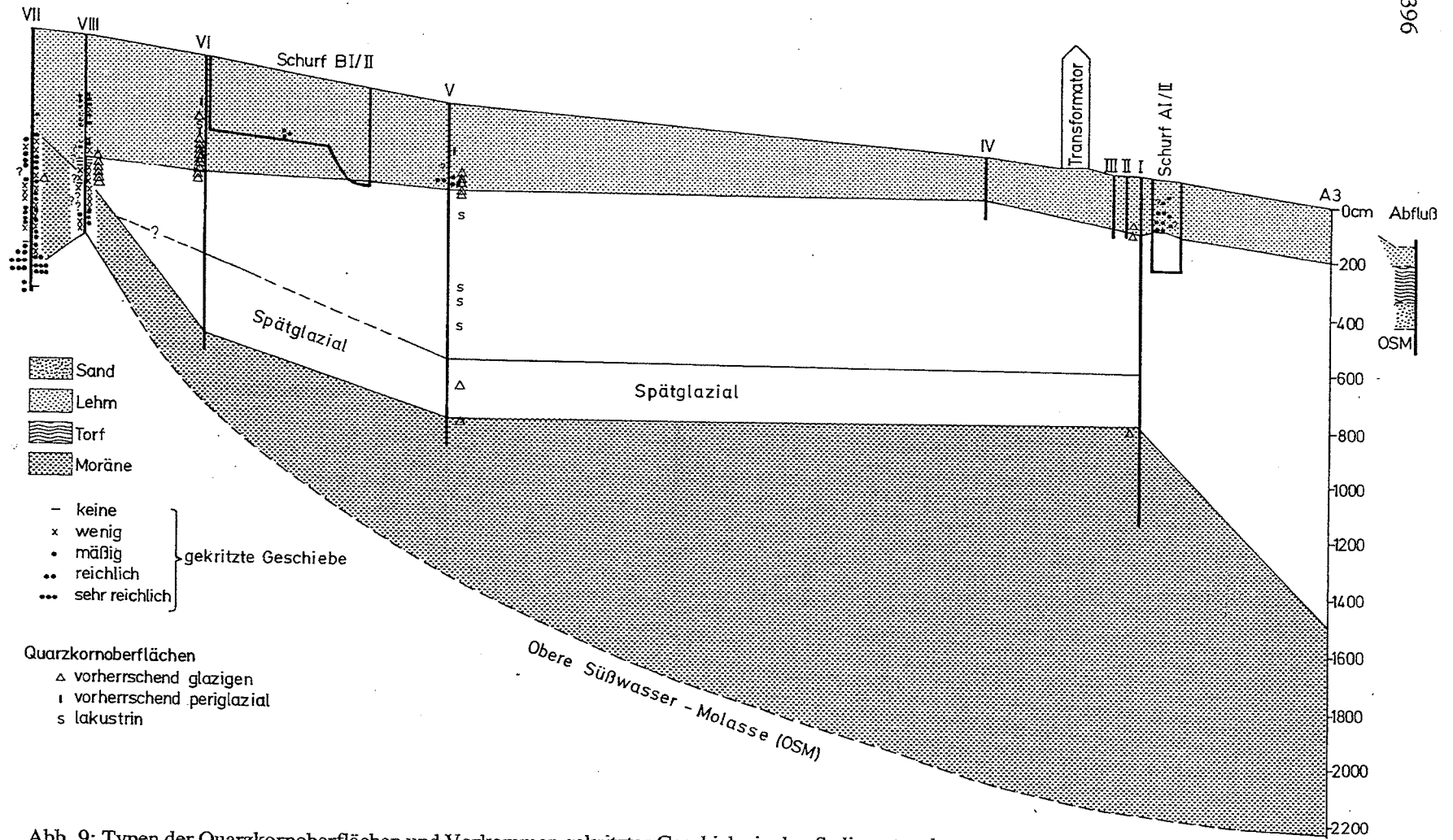


Abb. 9: Typen der Quarzkornoberflächen und Vorkommen gekritzter Geschiebe in den Sedimenten des Beckens von Krumbach. Lage des Schnittes vgl. Abb. 3, Ordinate: Bohrtiefe in cm.

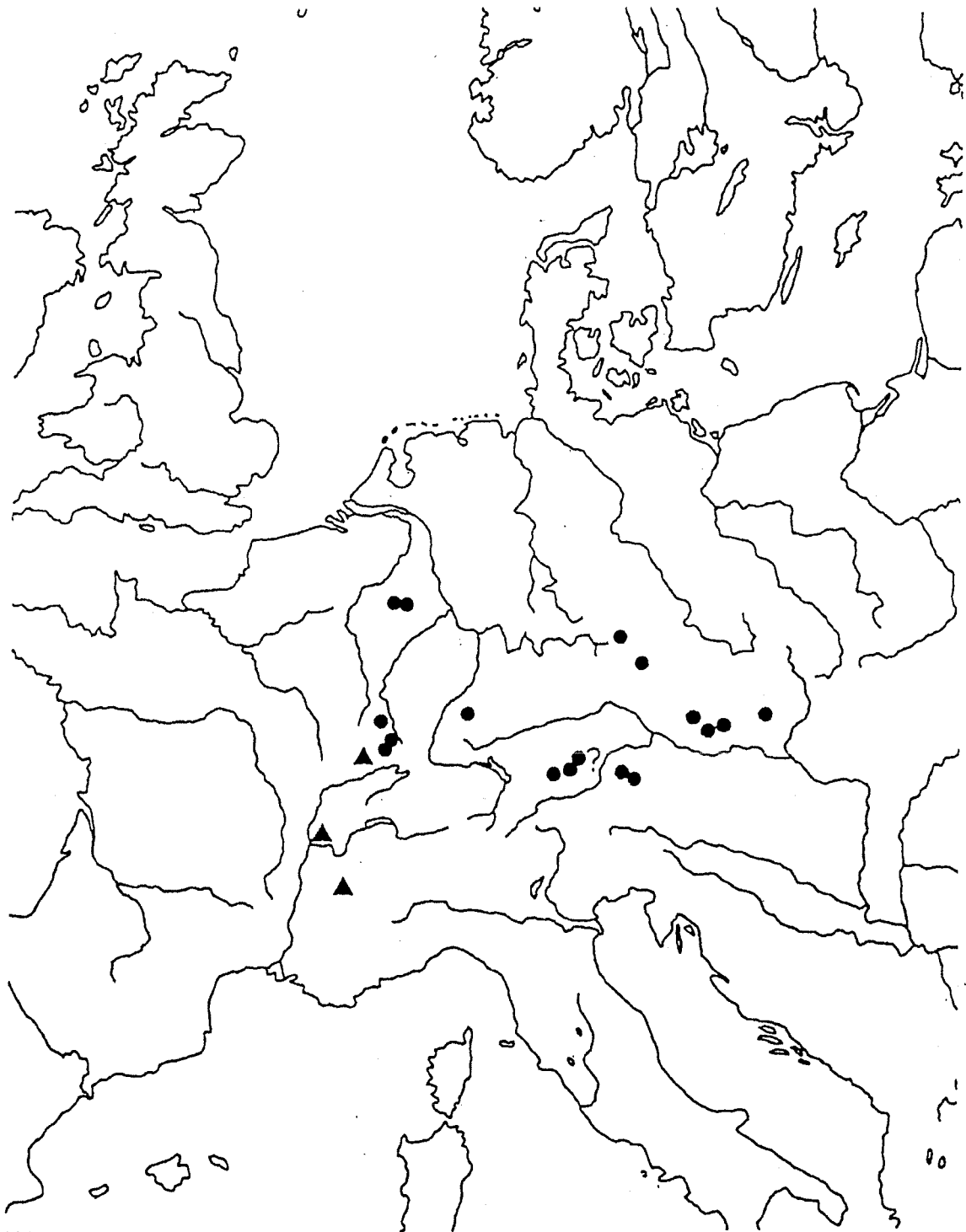


Abb. 10: Verbreitung der Hinweise auf das mögliche Vorkommen der letzteiszeitlichen Warmzeiten vom Typ St. Germain I in Mitteleuropa.

Schwarze Dreiecke: Sequenzen des Eem-Interglazials, einschließlich der Warmzeit St. Germain I; schwarze Kreise: möglicherweise der St. Germain I-Warmzeit angehörende Pollenfloren (meist umgelagert).

gerte warmzeitliche Bildungen mit einem hohen *Fagus*-Anteil, doch nahezu ohne *Carpinus*. Diese *Fagus* führenden Schichten liegen in etwa 2,0 bis 3,0 m Tiefe. Es handelt sich um anorganisches Material, das vereinzelt gekritzte Geschiebe aufweist und dessen Quarzkornoberflächen wiederholt ausnahmslos glazigen geformt sind. Derartige warmzeitliche Bildungen mit z. T. reichlich *Fagus*, doch nahezu ohne *Carpinus*, sind uns aus eigenen Arbeiten, wie aber auch aus Angaben in der Literatur in sonst klar spätglazialen Pollenfloren der Letzten Eiszeit in umgelagerter Form mehrfach bekannt (Abb. 10, aus FRENZEL, 1988). Sie deuten an, daß es vermutlich im jüngsten Pleistozän, und zwar nach dem Eem-Interglazial, im süddeutschen Raum eine Warmzeit unbekanntes Ranges gegeben hatte, deren Flora und Vegetation recht thermo- und hygrophil gewesen ist, die sich aber deutlich vom Eem-Interglazial dieses Raumes und auch von älteren Interglazialen unterschieden hatte. Es liegt der gegenwärtig nicht beweisbare Verdacht nahe, daß es sich um Reste von Bildungen der St. Germain I-Warmzeit gehandelt habe (WOILLARD, 1979; DE BEAULIEU & REILLE, 1984). Diese Warmzeit scheint etwas anderes gewesen zu sein als die Füramoos-Warmzeit, die ja nicht durch thermophile und hygrophile Laubholzarten ausgezeichnet gewesen ist (FRENZEL, 1973). Da die Schichten der buchenführenden Warmzeit bisher nirgends im Alpenvorland eindeutig in situ gefunden worden sind, sondern anscheinend immer nur in umgelagerter Form beobachtet werden konnten, seien sie aus der folgenden Betrachtung ausgelassen. Weitere Forschung muß mehr Klarheit schaffen. Die hangenden Lehme des Interglazialvorkommens von Krumbach sind z. T. stark verwittert. Dies könnte während des Holozäns erfolgt sein, doch ist es auch nicht von der Hand zu weisen, daß ein Teil der tiefgreifenden Verwitterung während eines oder mehrerer Interstadiale der Letzten Eiszeit erfolgt war. Unter dieser zuletzt genannten Voraussetzung bietet sich das folgende stratigraphische Schema an, das sicher noch verbesserungsbedürftig ist (Tab. 2). In diesem Schema ist der klare Verweis auf die Riß-Vereisung vermieden worden, da sich das Denkschema eingebürgert zu haben scheint, daß die Riß-Eiszeit der nordischen Saale-Eiszeit entsprochen habe. Um Begriffsverwirrungen zu vermeiden, ist also für denjenigen Vorstoß des Rheingletschers, der den Till (Schicht D) im Hangenden des Interglazials von Krumbach geschaffen hatte, der Name „Saulgau-Vereisung“ eingeführt worden, versehen mit dem Hinweis darauf, was das Äquivalent dieses Vorstoßes gewesen sein müßte, falls die bisher allgemein acceptierte geomorphologische Gliederung der Landschaft in der Umgebung Krumbachs beibehalten wird.

Sollte die Interpretation der Genese der Schicht D und der Schichtstörungen des Interglazials von Krumbach aber zutreffen, bedeutete dies, daß vermutlich recht schnell nach dem Ende des Eem-Interglazials ein Vorstoß des Rheingletschers das Becken von Krumbach erreicht hatte, noch vor Beginn einzelner Interstadiale der Letzten Eiszeit. So gesehen, müßte die Saulgau-Vereisung den Typ der frühen letzteiszeitlichen Gebirgsvergletscherung der Alpen kennzeichnen, der sich unter einem noch relativ feuchten und nicht so extrem kalten Klima ereignet hatte, wie derjenige der klassischen Jung-Endmoränen. Es liegt dann der Gedanke sehr nahe, daß es sich um den schnellen Vorstoß eines temperierten Gletschers gehandelt hatte. Hieraus würde manches über die geomorphologische Gestaltung des klassischen Riß-Moränengeländes besser verständlich werden, als bei der Annahme eines kalten Gletschers.

Tabelle 2: Südmitteleuropäische Jungpleistozän-Stratigraphie

	Absolutes Alter, vor heute	Mögliche Tiefsee- Äquivalente
Holozän		1
Spätglazial	10 300	
----- Beginn der Murfeld-Steppenphase. <u>Typus-Lokalität:</u> Murfeld bei Bern.	ca. 14 000 ?	
Würm-Vereisung		
----- <u>Typus-Lokalität:</u> a) geomorphologisch: Grünenbacher Feld, südlich von Wolfertschwenden bei Memmingen, b) chronostratigraphisch: Baumkirchen bei Innsbruck		2
----- ca. 20 000		
Würm-Vorrückungsphase		
----- <u>Typus-Lokalität:</u> Breinersried bei Penzberg		
----- ca. 26 000		
Stillfried - B - Thermomer		
----- <u>Typus-Lokalität:</u> Stillfried an der March, Pollau an der Thaya		3
----- -----		
----- <u>Typus-Lokalität:</u> Unter-Wisternitz, Süd-Mähren		4
----- ca. 60 000 ?		
Füramoos-Thermomer = geomorphologisches Rib/Würm. Ob = Häfen bei Penzberg?		5a bis 5c
----- <u>Typus-Lokalität:</u> Füramoos bei Biberach		
----- -----		
Saulgau-Vereisung = Rib IIb bei Biberach, sensu Weidenbach, = Rib von Wilfingen a.d. Donau, des Füramooses, der Umgebung von Jesenwang (bei Fürstfeldbruck).		
----- <u>Typus-Lokalität:</u> Krumbach bei Saulgau		5d
Saulgau-Vorrückungsphase		
----- <u>Typus-Lokalität:</u> a) biostratigraphisch: Krumbach bei Saulgau b) geologisch: Thalgut bei Bern ?		
----- ca. 115 000		
= Eem-Interglazial		
----- <u>Typus-Lokalität:</u> a) unvollständig, doch zuerst beschrieben: Zeifen, nahe Laufens a.d. Salzach b) vollständig: Krumbach bei Saulgau; oberstes Interglazial von Meikirch bei Bern (Schweiz)		5e
----- -----		

Literatur

- BEAULIEU, J.-L. DE & REILLE, M. (1984): A long Upper Pleistocene pollen record from Les Echêts, near Lyon, France. *Boreas* 13, 111—131.
- BRUNNACKER, K. (1962): Das Schieferkohlenlager vom Pfefferbichl bei Füssen. *Jahresber. u. Mitt. d. Oberrhein. Geolog. Ver.* 44, 43—60.
- FRENZEL, B. (1973): 2. Some remarks on the Pleistocene vegetation. *Eiszeitalter u. Gegenwart* 23/24, 281—292.
- (1978): Das Problem der Riß-Würm-Warmzeit im deutschen Alpenvorland. In: FRENZEL, B. (Hrsg.): *Quaternary glaciations in the Northern Hemisphere*, 103—114. *Führer zur Exkursionstagung des IGCP-Projektes 73/1/24 vom 5. bis 13. September 1976 in den Südvogesen, im nördlichen Alpenvorland und in Tirol.*
- (1980): Klima der Letzten Eiszeit und der Nacheiszeit in Europa. *Veröff. Joachim-Jungius-Ges. Wiss. Hamburg* 44, 9—46.
- (1988): V. Forschungen zur Geographie und Geschichte des Eiszeitalters (Pleistozän) und der Nacheiszeit (Holozän). In: *Jahrbuch 1988*, 171—177. *Akademie der Wissenschaften und der Literatur Mainz, F. Steiner, Wiesbaden.*
- (1991): Das Klima des Letzten Interglazials. In: FRENZEL, B. (Hrsg.): *Klimageschichtliche Probleme des Holozäns und des Letzten Interglazials. Paläoklimaforschung 1*, Akademie der Wissenschaften und der Literatur Mainz, Fischer, Stuttgart, New York.
- & BLUDAU, W. (1987): On the duration of the interglacial to glacial transition at the end of the Eemian interglacial (deep sea stage 5e): Botanical and sedimentological evidence. In: BERGER, W. H. & LABEYRIE, L. D. (eds.): *Abrupt climatic change — Evidence and implications. NATO ASI Series C: Mathematical and Physical Sciences* 216, 151—162. D. Reidel, Dordrecht.
- GRUBE, F. (1986): Zur Geomorphologie der Würm-Riss-Grenzzone von Saulgau (Schwaben). *Berliner Geographische Studien* 20, 39—46.
- JUNG, W., BEUG, H.-J. & DEHM, R. (1972): Das Riß-Würm-Interglazial von Zeifen, Landkreis Laufen a. d. Salzach. *Bayer. Akad. d. Wiss. Mathem. Naturw. Kl., Abh. N. F.* 151, 130 S.
- MENKE, B. (1981): Vegetation, Klima und Verwitterung im Eem-Interglazial und Weichsel-Frühglazial Schleswig-Holsteins. *Verh. naturwiss. Ver. Hamburg (NF)* 24, 123—132.
- PENCK, A. & BRÜCKNER, E. (1909): *Die Alpen im Eiszeitalter.* Tauchnitz, Leipzig.
- REICH, H. (1953): Die Vegetationsentwicklung der Interglaziale von Großweil-Ohlstadt und Pfefferbichl im Bayerischen Alpenvorland. *Flora* 140, 386—443.
- TURON, J.-L. (1984): Direct land/sea correlations in the last interglacial complex. *Nature* 309, 673—676.
- SCHREINER, A. & EBEL, R. (1981): Quartärgeologische Untersuchungen in der Umgebung von Interglazialvorkommen im östlichen Rheingletschergebiet (Baden-Württemberg). *Geol. Jb. A* 59, 3—64.
- & Werner, J. (1980): Zur Quartärgeologie in der Umgebung des Eem-Interglazials von Krumbach/Saulgau (Baden-Württemberg). *Geol. Jb. A* 56, 5—43.
- 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 u. Gegenwart* 31, 187—202.
- (1982): Pollenanalytische Untersuchungen im jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. *Beitr. Geol. Karte d. Schweiz, N. F.* 156, Stämpfli, Bern.
- WOILLARD, G. (1979): The last interglacial-glacial cycle at Grande Pile in northern France. *Bull. Soc. belge de Géol.* 88, 51—69.

Adresse des Autors:

Prof. Dr. Dr. h. c. Burkhard Frenzel, Institut für Botanik, Garbenstr. 30, D-7000 Stuttgart 70