

Zur Pollenanalyse von Lössen

Untersuchungen der Lößprofile von Oberfellabrunn und Stillfried (Niederösterreich)

VON BURKHARD FRENZEL, Freising-Weihenstephan

Mit 6 Abbildungen und einer Zähltablelle

Zusammenfassung: Ein neu entwickeltes Verfahren zur pollenanalytischen Untersuchung von Lössen ist nach Abschätzung der zahlreichen möglichen Fehlerquellen durchaus in der Lage, bei echten und verwitterten, aber nicht verschwemmten Lössen Beiträge zur Kenntnis der hochglazialen Vegetationsgeschichte desjenigen Abschnittes der Letzten Eiszeit (aber auch der vorangegangenen Eiszeiten) zu liefern, der bisher vegetationsgeschichtlich nicht recht hatte erfaßt werden können, nämlich der Löß-Zeit.

Die berühmte Abfolge fossiler Böden bei Oberfellabrunn, die unter der Bezeichnung des „Fellabrunner Komplexes“ („Stillfried A“) bekannt geworden ist, muß aufgeteilt werden in den in das letzte Interglazial gehörenden unteren braunen Verlehmungshorizont, sowie in die beiden oberen Humushorizonte, die als Bildungen der Letzten Eiszeit in das Amersfoort- und das Brørup-Interstadial fallen.

Die Klimabesserung des Stillfried-B-Interstadials hatte in dem Untersuchungsgebiet zu einer teilweisen Wiederbewaldung geführt, wobei allerdings die im wesentlichen als subalpin zu kennzeichnenden Fichtenwälder wahrscheinlich nur den größeren Flüssen gefolgt sind, sich hier mit Eschen-Ulmen-Auenwäldern vereinigend, wohingegen die umgebenden Löß-Plateaus weiterhin von Steppengesellschaften eingenommen waren.

Die Lössen wurden im Ostteil Niederösterreichs während des Jungpleistozäns in gramineereichen Kräutersteppen abgelagert, die zeitlich und räumlich in unterschiedliche Typen gegliedert waren. Zeitweise, so besonders nach dem Stillfried-B-Interstadial, waren diesen offenen Pflanzengemeinschaften Elemente der Tundra beigemischt, ohne daß es zur Ausbildung echter Tundrengesellschaften gekommen ist. Bei einem großräumigen Vergleich der letzteiszeitlichen offenen Vegetationstypen mit heutigen Tundren-, Steppen- und Halbwüsten-Gesellschaften wird die bemerkenswerte Tatsache offenkundig, daß die letzteiszeitlichen offenen Pflanzengemeinschaften nicht mit heutigen Biocönososen identisch sind, sondern daß sie einen ganz anderen Charakter getragen haben.

Summary: A method for pollenanalytical investigations of loesses is described. If several sources of error are duly taken into consideration, this method is successful in the reconstruction of the vegetation history of those phases of pleniglacial times, during which the thick loess layers were accumulated. The method can be employed in pollenanalytical investigations of weathered and unweathered loesses, with the exception of redeposited loesses.

It can be shown that the famous sequence of fossil soils at Oberfellabrunn, known as the soils of the „Fellabrunner Komplex“ („Stillfried A“), which is sometimes held to be the equivalent of the „Göttweig Interstadial“, must be divided into the brown loamy soil at the base of the sequence, which was formed during the Eemian Interglacial, and into the younger humic layers, which developed during the Interstadials of Amersfoort and Brørup.

The amelioration of climate during the „Stillfried B-Interstadial“ (perhaps equivalent of the „Paudorf Interstadial“?) was strong enough to enable local subalpine conifer forests and riverine broad-leaved forests to spread along the rivers and other suitable places within the still dominant steppe formations on the drier loess plateaus.

The loess layers of the Riss and Würm glaciations have been accumulated within the eastern part of Niederösterreich in different steppe communities, which can be described at best as belonging to the Gramineae steppe formation, rich in herbaceous plants. Sometimes there occurred plants of recent tundra-communities in the loess steppe; but real tundras did not exist at that time in Niederösterreich. This holds true most of all for the last period of loess accumulation after the Stillfried B-Interstadial. When being compared with pollen spectra of surface samples of recent tundra, steppe and semidesert plant communities, it becomes evident, that the open vegetation, thriving during the last glaciation in vast regions of Northern Eurasia cannot be described in terms of modern plant associations.

Résumé: Une nouvelle méthode pour l'investigation palynologique des loesses permet la reconstruction de l'histoire de la végétation pendant les phases les plus continentales des différentes glaciations pleistocènes, c'est à dire pendant l'accumulation des couches de loess, au cas que les nombreuses sources d'erreur sont évaluées nettement.

La séquence bien connue des paléosols à Oberfellabrunn, constituante le "Fellabrunner Komplex" ("Stillfried A"), étant regardé très souvent comme formation d'interstadial de "Göttweig" de la dernière glaciation, se compose en réalité du sol brun lessivé du dernier interglacial et des deux couches humeuses, dont la formation date des périodes interstadielles d'Amersfoort et Brørup.

L'amélioration du climat pendant l'interstadial de "Stillfried B" (correspondant au interstadial de "Paudorf" ?) a permis des forêts subalpines à *Picea* et des forêts à *Ulmus* et *Alnus* à réimmigrer localement le paysage steppique dans les vallées du March et de ses affluents.

La végétation steppique, dans laquelle les couches de loess ont été accumulées pendant le pleistocène supérieure, peut être caractérisé comme types différentes des steppes à *Gramineae* avec beaucoup de plantes herbeuses. Pendant l'accumulation du loess, associations phytosociologiques des toundras n'existaient pas dans la partie orientale de l'Autriche Basse, malgré le fait, que l'on peut trouver rarement des pollens des plantes de la toundra parmi la grande quantité des pollens des steppes loessiques. Il est impossible, à comparer exactement les associations phytosociologiques des steppes loessiques avec ceux de la toundra récente, ou de la steppe et du désert aux environs du lac de Kaspi. En conséquence, il est vraisemblable, que la steppe loessique pleistocène formait un type phytosociologique spécial.

I. Einleitung

Bei einem Vergleich des paläobotanischen Erforschungsgrades der warmen bzw. der kalten Klimaabschnitte des Eiszeitalters werden unsere nunmehr schon recht guten Kenntnisse von der Vegetations- und Florengeschichte vieler pleistozäner Warmzeiten schnell offenkundig. Demgegenüber sind die Einblicksmöglichkeiten in die Entwicklung und den Werdegang der kaltzeitlichen Vegetationstypen im Allgemeinen unverhältnismäßig viel geringer. Dieses Mißverhältnis beruht in der Hauptsache auf den den paläobotanischen Untersuchungen zur Verfügung stehenden Sedimentarten: Wurden während der Warmzeiten in weiten Räumen der Erde vielfach sehr mächtige organogene Sedimente gebildet, deren pollenkonservierende Eigenschaften bekannt sind, so entstanden diese Sedimentarten während der Kaltzeiten innerhalb der kühl-gemäßigten Breiten nur in untergeordnetem Maße (etwa während einiger Interstadiale), wohingegen die Hauptmasse der kaltzeitlichen Sedimente minerogener Natur ist. Die minerogenen Sedimente haben sich aber wiederholt als pollenarm erwiesen. Das trifft ganz besonders für die Lössе zu, die als typisches hochglaziales Sediment während der verschiedensten pleistozänen Kalt- und Eiszeiten innerhalb der kühl-gemäßigten Breiten mehrfach über große Flächen hinweg abgelagert worden sind. Da aber die Lößbildung während der einzelnen Eis- oder Kaltzeiten nicht nur in der Horizontalen sehr weit verbreitet war, sondern da sie auch lange Zeitabschnitte umfaßt hatte, müßte uns gerade die paläobotanische Analyse des Werdeganges der in dem betreffenden Gebiet damals herrschenden Vegetation wertvolle Aufschlüsse über den historischen Werdegang einzelner Vegetationstypen, wie auch über den Ablauf längerer Abschnitte des Eiszeitalters geben können.

NEHRING (1890) hat wohl als Erster versucht, denjenigen Vegetationstyp zu ermitteln, der zur Zeit der Lößbildung in Mitteleuropa geherrscht hatte. Auf diese paläontologischen Untersuchungen, wie aber auch auf Vergleiche mit der Vegetation in Gebieten heutiger Lößbildung, gehen unsere Vorstellungen über die eiszeitlichen Lößsteppen zurück, die trotz des großen Aufschwunges der paläobotanischen Untersuchungsmethoden während der letzten Jahrzehnte nicht wesentlich über die bereits von NEHRING erarbeiteten Erkenntnisse hinausreichen.

Entscheidend für diesen Sachverhalt war wohl, daß sich die mitteleuropäischen Lössе in den bisher durchgeführten Pollenanalysen, bei denen die Proben im Prinzip nach der HF-Methode von ASSARSON & GRANLUND (1924) aufbereitet worden waren, als außerordentlich pollenarm erwiesen hatten. Dies ist um so erstaunlicher, als Pollenanalysen anderer minerogener Sedimente trotz oft großer Schwierigkeiten in der Interpretation der erhaltenen Pollenspektren durchaus brauchbare Ergebnisse geliefert haben (vgl. hierzu u. a. SELLE, 1940; FIRBAS & BROIHAN, 1936; WELTEN, 1962; DIMLEBY, 1962 a und b; MULLENDERS & MUNAUT, 1960; FLORSCHÜTZ & MENENDEZ AMOR, 1959; HAFSTEN, 1961

und die dort aufgeführte Literatur). So fand SCHÜTRUMPF (zit. bei BRANDTNER, 1956) in den beiden oberen Schwarzerde-Zonen des „Fellabrunner-Komplexes“ von Unter-Wisteritz in insgesamt 40 Präparaten nur 168 Sporomorphe; BRANDTNER (1950) gab aus humosen Schichten der „Aurignac-Schwankung“, die in Lössen Niederösterreichs ausgebildet sind, nur einzelne Pollentypen an, ohne offenbar in der Lage gewesen zu sein, zuverlässige Mengenangaben zu machen; und MÜLLER (1958) basierte seine Schlußfolgerungen über die Vegetationsgeschichte der nordöstlichen Schweiz auf Pollenspektren, die in mehreren Proben nur aus 10 bis maximal 210 Pollenkörnern (PK) bestanden.

Abweichend von den unbefriedigenden Ergebnissen, die bisher in Mitteleuropa bei pollenanalytischen Untersuchungen von Lössen erzielt worden sind, wurden die Lösser Rußlands wiederholt mit Erfolg pollenanalytisch bearbeitet (vgl. u. a. LOMAEVA, 1957, 1961 a, b; GRIČUK, 1954; FEDOROVA, 1955; MOSKVITIN, 1958, 1962). Wenn auch bei diesen Arbeiten die Zahl der bestimmten PK in jeder einzelnen Probe nur recht gering war und selten 300 überstiegen hat, so gestatteten die russischen Untersuchungen doch manchen interessanten Einblick in die hochglaziale Vegetationsgeschichte der Letzten, wie aber auch der früheren Eiszeiten (Zusammenfassungen der hierbei erzielten Ergebnisse vgl. bei LOMAEVA, 1961b; FRENZEL, 1960, 1962; FIRBAS & FRENZEL, 1961).

Die erwähnten russischen Arbeiten bildeten den Ausgangspunkt für die eigenen Untersuchungen. Denn es hatte sich gezeigt, daß Pollenanalysen von Lössen mindestens nicht stets aussichtslos sein müssen. Da die Lösser, wie bereits erwähnt, sehr weit verbreitet sind, da ihre pollenanalytische Untersuchung somit tiefe Einblicke in die hochglaziale Vegetationstypen großer Räume erwarten ließ, schien es gerechtfertigt zu sein, den Versuch zu unternehmen, eine geeignete Methode zu entwickeln, die es gestattet, Lösser pollenanalytisch zu untersuchen. Hierbei sollte allerdings die zu erarbeitende Methode so weit entwickelt werden, daß wesentlich größere Pollenmengen gewonnen werden können, als es in den russischen Löß-Pollenanalysen bisher der Fall gewesen ist.

II. Zur Methodik pollenanalytischer Untersuchungen von Lössen

1. Material und Methode

Das Material, auf dem die folgenden Untersuchungen beruhen, wurde direkt an Lößaufschlüssen entnommen¹⁾; es wurden also keine Bohrungen durchgeführt. Die Aufschlußwände wurden an den interessierenden Stellen mit einem Spaten frisch abgestochen, so daß die späteren Probe-Entnahmestellen einige Dezimeter bergwärts von der bisherigen Aufschlußwand gelegen waren. Nachdem eine frische Wand hergestellt worden war, wurden mit einem Spaten oder mit einem Distel-Stecher aus bestimmten Horizonten etwa 1000 g schwere Proben entnommen, wobei darauf geachtet wurde, daß das Material in großen Brocken aneinander haftete. Aus dem Zentrum dieser Brocken wurden anschließend im Laboratorium 100 g schwere Proben herauspräpariert, die schließlich nach dem unten zu beschreibenden Verfahren für die mikroskopische Analyse vorbereitet wurden.

Wie bereits erwähnt, basiert in Mitteleuropa die bisherige pollenanalytische Untersuchung von Lössen im wesentlichen auf der Flußsäure-Methode von ASSARSON & GRANLUND (1924), die von den einzelnen Autoren verschiedentlich unbedeutend abgewandelt worden ist. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, daß mit erheblichen Mengen der schwer zu handhabenden Flußsäure gearbeitet werden muß, und daß die hierbei gewonnenen PK nach Aufbereitung des Materials aus einer großen Flüssigkeitsmenge durch Zentrifugieren wieder angereichert werden müssen. Eine befriedigende Anreicherung gelingt aber auf diesem Wege nur in den seltensten Fällen, wie eigene Kontroll-Untersuchungen gezeigt haben.

¹⁾ Herrn Professor Dr. J. FINK sei auch an dieser Stelle für die interessanten Führungen sowie für die Hilfe bei der Geländearbeit sehr herzlich gedankt.

Die Gewinnung des Sporomorphen-Materials aus einem minerogenen Sediment hat die Löß-Pollenanalyse gemeinsam mit jeder anderen pollenanalytischen Untersuchung mineralischer Proben. Es schien daher aussichtreich, die in den letzten Jahren entwickelten Flotationsverfahren, bei denen das leichtere Sporomorphen-Material durch Suspension der gesamten Probe in einer schweren Lösung von den mineralischen Partikeln getrennt wird, auch für die Löß-Pollenanalyse zu verwenden, obwohl SCHÜTRUMPF (1951) bei ähnlichen Versuchen keinen Erfolg gehabt hat. Zweifellos mit den Schwierigkeiten der Löß-Pollenanalyse am besten vergleichbar sind diejenigen, die KUYL (1961) bei einer Untersuchung des Pollengehaltes mariner Mergel des Persischen Golfes zu überwinden hatte. Da das von KUYL entwickelte Verfahren (Auflösung des Kalkes und anschließend der Silikate; schließlich Flotation in einem Alkohol-Bromoform-Gemisch, spez. Gew. 2,0) jedoch erst publiziert worden ist, nachdem ich ein eigenes Verfahren entwickelt hatte, wurde diese Methode nicht weiter überprüft. Dasselbe trifft zu für die Abtrennung des Pollenmaterials mit Hilfe des „Vibroséparateur“ (DUMAIT, 1962, a und b).

Im Wesentlichen drei Flotations-Verfahren schienen einer weiteren Untersuchung wert:

1. Die Methode von FREY (1955): Flotation in einem Bromoform-Azeton-Gemisch, spez. Gew. 2,3;
2. Flotation in einer 70%igen wäßrigen Zinkchlorid-Lösung, spez. Gew. 1,95 (ZOLYOMI, 1953).
3. Die in Rußland gebräuchliche Flotation in der Thoulet'schen Lösung, d. h. in einem wäßrigen Kalium-Jodid — Cadmium-Jodid-Gemisch, spez. Gew. 2,5 bis 2,0 (vgl. HALLIK, 1957).

FREY (1955) hatte bereits erwähnt, daß mit dem von ihm entwickelten Verfahren die Trennung der mineralischen Partikel von den Sporomorphen bisweilen nicht vollständig gelingt, so daß PK entweder durch anhaftende feinste mineralische Teilchen verdeckt werden oder daß sie sogar in den Bodensatz der Zentrifugengläser gerissen werden. Bei einer Überprüfung dieses Verfahrens machte sich tatsächlich ganz besonders die Beeinträchtigung des mikroskopischen Bildes durch eine große Menge mineralischer feinsten Partikel störend bemerkbar, so daß jede pollenanalytische Untersuchung der so behandelten Lößproben außerordentlich erschwert wurde. Dieselben Schwierigkeiten traten aber auch bei dem in Rußland üblichen Verfahren der Thoulet'schen Lösung auf. Hierdurch erklärt es sich, daß die Zahl einwandfrei zu mikroskopierender Pollenkörner in jedem Präparat sehr gering war und daß selbst bei Anwendung größter Sorgfalt während der Aufbereitung der Proben, wie aber auch während der anschließenden mikroskopischen Analyse, nie mehr als im günstigsten Falle wenige 100 PK ausgezählt werden konnten.

Bei diesen Kontroll-Untersuchungen zeigte es sich bald, daß die Flotation allein nicht genügt, um einerseits die Sporomorphen von der mineralischen Grundmasse zu trennen und um andererseits das Sporomorphen-Material in ausreichendem Maße anzureichern. Aus diesem Grunde wurde auch das Verfahren von ZOLYOMI (1953) nicht weiter überprüft, sondern es wurde eine Methode ausgearbeitet, die die Vorteile der Flotationsverfahren mit denen der HF-Methode kombiniert.

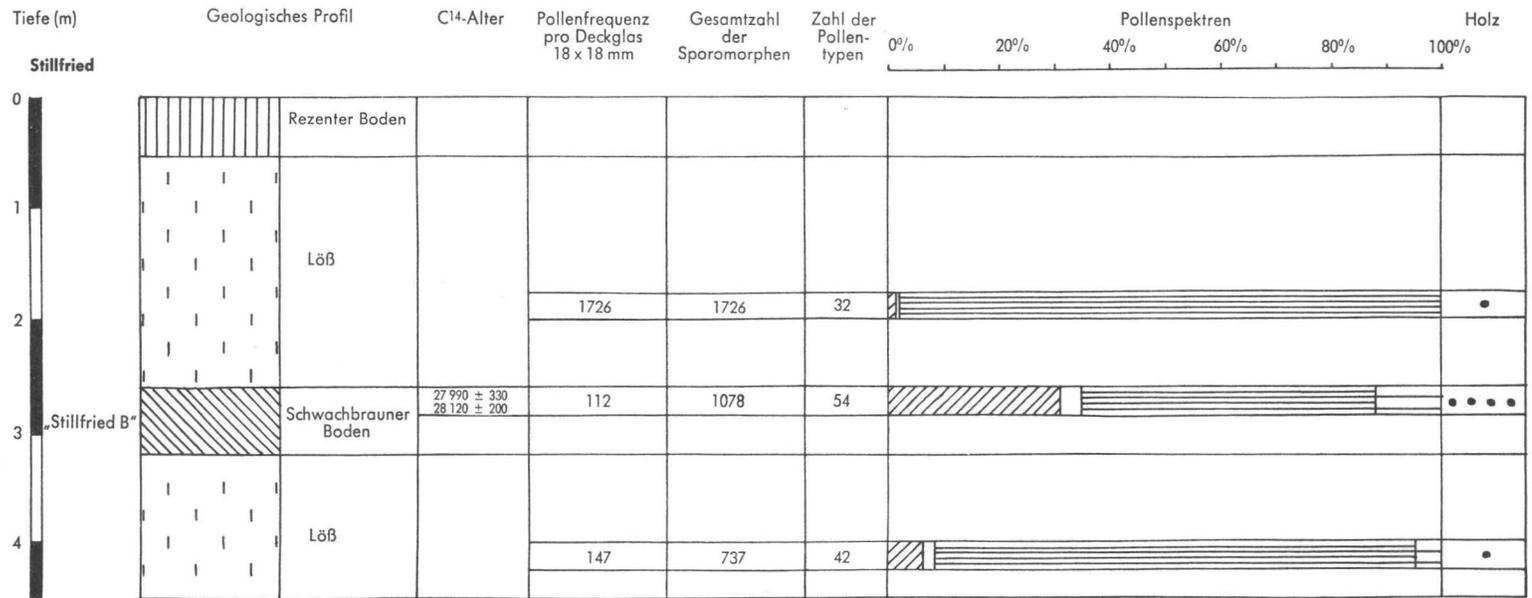
Das Prinzip dieses Verfahrens besteht aus dem Folgenden: Nach Entfernung des Kalkes und der Humus-Substanzen wird das zu analysierende Material (100 g Löß) in der Thoulet'schen Lösung unter sehr langem und heftigem Schütteln flotiert und zentrifugiert. Dieser Vorgang wird fünfmal wiederholt, und stets wird das beim Zentrifugieren Überstehende durch einen und denselben Papierfilter gegossen, dessen Porenweite so bemessen ist, daß hierbei keine Sporomorphen verloren gehen. Anschließend wird der Papierfilter mit dem auf ihm jetzt sehr stark angereicherten leichten Material zweimal mit kochender Flußsäure behandelt, bevor die so von mineralischen Verunreinigungen befreiten Sporomorphen nach weiterhin erfolgter Acetolyse (nach ERDTMAN) in Glyceringelatine einge-

bettet werden. Das wesentliche ist also die Anreicherung des Sporomorphen-Materials durch Flotation und Filterung in nur einem Papierfilter. Nur hierdurch konnte die sehr starke Konzentration der PK (vgl. Abb. 1) erzielt werden.

Im Folgenden sei das ausführliche Rezept der skizzierten Methode gegeben:

1. 100 g Material abwiegen und in einem 400 ml Becherglas zerkleinern.
2. Material mit heißer, 10%iger HCl übergießen und über Nacht zugedeckt stehen lassen.
3. Material 10 Minuten bei 4000 U/min zentrifugieren, abgießen.
4. Rückstand in 10%iger NaOH kochen, bis homogene Suspension vorliegt. Noch heiß bei 4000 U/min 10 Minuten lang zentrifugieren.
5. Rückstand in den Zentrifugengläsern gut mit Wasser waschen. Zentrifugieren.
6. Rückstand in Zentrifugengläsern mit 10%iger kalter HCl waschen und zentrifugieren.
7. Rückstand in Wasser waschen, zentrifugieren.
8. Zu Rückstand etwa 10—15 Tropfen 9%iger HJ-Lösung geben, Wasser nachfüllen, gut umrühren, zentrifugieren.
9. Rückstand mit Wasser waschen, zentrifugieren.
10. Rückstand mit Trennflüssigkeit (Thoulet'sche Lösung, spez. Gew. 2,0) gut in Suspension bringen, in 100 ml Steilbrustflaschen überführen und verschlossen 2 Stunden auf der Schüttelmaschine schütteln. Zentrifugieren. Überstehendes durch einen Papierfilter, Marke Schleicher und Schüll 604, in Vorratsflasche gießen. Die Thoulet'sche Lösung setzt sich zusammen aus: 332 g Kalium-Jodid und 366 g Cadmium-Jodid. Die beiden Substanzen werden sorgfältig im Porzellantiegel verrieben und mit sehr wenig destilliertem Wasser versetzt, bis eine konzentrierte Lösung vorliegt. Je weniger Wasser genommen wird, desto besser ist es.
11. Rückstand noch 5 mal wie unter 10. beschrieben, behandeln. Der Trichter, durch den das Material gegossen wird, bleibt während dieser gesamten Prozedur mit einer Petrischale verschlossen, so daß kein Blütenstaub hereinfliegen kann.
12. Das auf dem Filter gesammelte Material (für die ganze Prozedur nach Möglichkeit nur einen Filter benutzen!) wird in einem Kupfertiegel zusammen mit dem Papierfilter mit 50 ml konzentrierter HF übergossen und allmählich zum Kochen gebracht. 10 Minuten kochen lassen. Nach Abkühlen in Polyäthylen-Zentrifugenröhrchen zentrifugieren. Rückstand wieder in Kupfertiegel bringen und noch 2 mal in derselben Art behandeln.
13. Den zersetzten Rückstand mit heißer, 5n HCl 2 mal waschen, zentrifugieren.
14. Unter Verwendung von 10%iger NaOH Rückstand in Becherglas bringen (100 ml-Glas) und in kochendem Wasserbad 20 Minuten erhitzen, zentrifugieren.
15. Rückstand mit Wasser waschen, zentrifugieren.
16. Rückstand mit Eisessig waschen, zentrifugieren.
17. Rückstand unter Verwendung von frisch angesetztem Acetolysegemisch (nach ERDTMAN) in ein 100 ml Becherglas bringen, im kochenden Wasserbad 15 Minuten lang erhitzen. In Zentrifugengläser übertragen und zentrifugieren. Denselben Vorgang noch einmal wiederholen, damit der gesamte Zellstoff zerstört wird.
18. Rückstand mit Eisessig waschen, zentrifugieren.
19. Rückstand unter Verwendung von 10%iger NaOH in 100 ml Becherglas bringen; im kochenden Wasserbad 20 Minuten lang erhitzen, zentrifugieren.
20. Rückstand 2 mal mit Wasser waschen, zentrifugieren; 3—5 Tropfen Glycerin hinzugeben und nach Bedarf hiervon Dauerpräparate herstellen.

Aus dem oben Mitgeteilten ist ersichtlich, daß eine leistungsfähige, viel Material fassende Zentrifuge und ein gut belüfteter Abzug unbedingt erforderlich sind. Die Aufbereitung einer 100 g schweren Lössprobe erfordert 2 $\frac{1}{2}$ Tage.



Oberfellabrunn

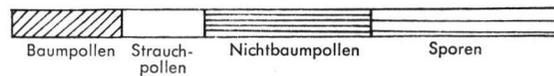
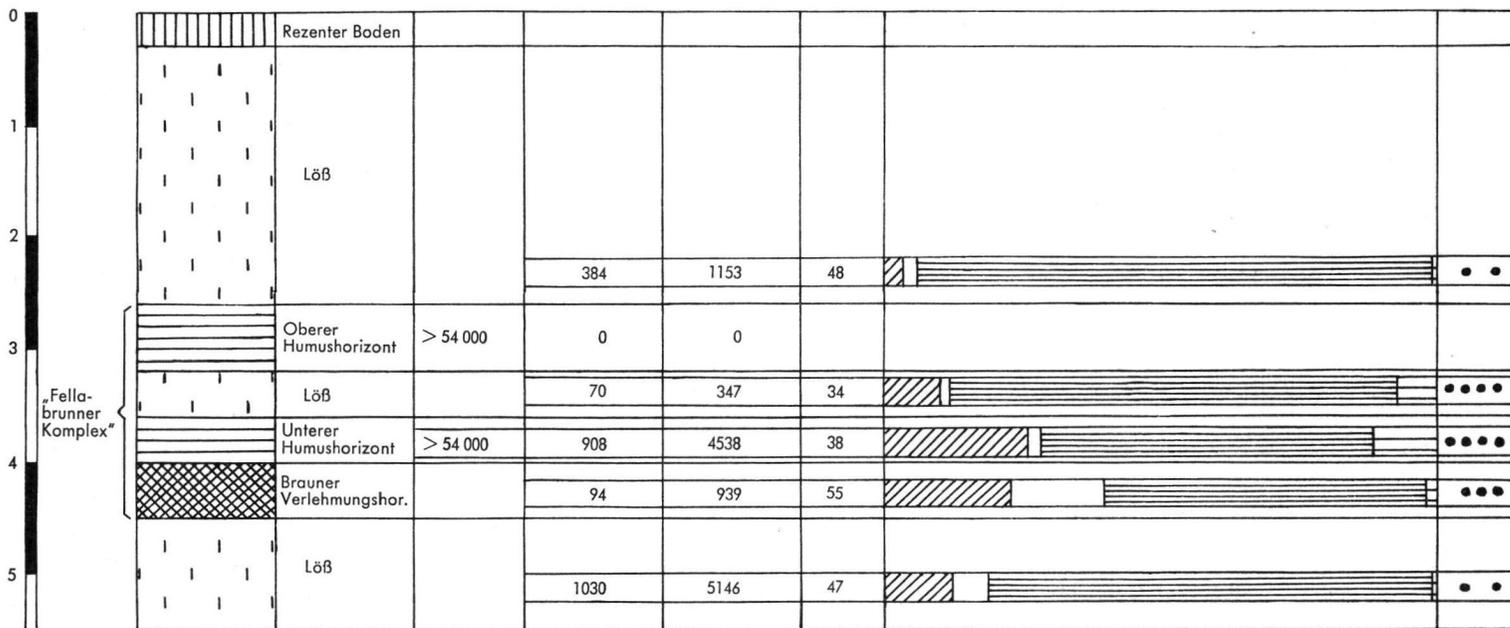


Abb. 1. Übersichtsdiagramm der Lößprofile von Oberfellabrunn und Stillfried. Der untere untersuchte Lößhorizont in Stillfried entspricht stratigraphisch ungefähr dem obersten Lößhorizont in Oberfellabrunn. — Die Zahl der Punkte in der ganz rechts befindlichen Rubrik gibt die ungefähre Menge des in den mikroskopischen Präparaten beobachteten Holzes wieder: Ein Punkt: sehr wenig Holz; vier Punkte: sehr viel Holz.

Die Leistungsfähigkeit der Methode geht aus Abb. 1 hervor: In neun bisher untersuchten Horizonten der Profile von Oberfellabrunn und Stillfried sind rund 16 000 PK gezählt worden, wobei innerhalb der einzelnen mikroskopischen Präparate eine Pollendichte pro Deckglas (18 x 18 mm) erzielt wurde, die durchaus befriedigend ist und die teilweise sogar überaus hohe Werte erreicht, so daß die ursprünglichen Proben verdünnt werden mußten (das trifft etwa für den oberen Löß-Horizont von Stillfried zu). Diese Befunde stehen in starkem Gegensatz zu den bisher von anderen Autoren gemachten Erfahrungen. Eine sorgfältige Abschätzung der Fehlermöglichkeiten ist daher ganz besonders notwendig.

2. Abschätzung der Fehlerquellen

a) Durchwaschung (Percolation).

Das Problem der nachträglichen Durchwaschung von Pollenkörnern durch den mineralischen Boden ist mehrfach von verschiedener Seite ausführlich behandelt worden (vgl. u. a. SELLE, 1940; FIRBAS & BROIHAN, 1936; WELTEN, 1962; DIMBLEBY, 1962 a und b; MULLENDERS & MUNAUT, 1960; FLORSCHÜTZ & MENENDEZ-AMOR, 1959). Es wurde hierbei deutlich, daß in mineralischen Böden unter gewissen Bedingungen tatsächlich eine Percolation der PK auftreten kann, die wesentlich stärker ist als etwa in Torfen. Auch bei den eigenen Untersuchungen der Löß-Pollenflora liegt daher die Vermutung nahe, daß mindestens ein großer Teil der im Löß gefundenen Sporomorphen erst nachträglich in den Löß gelangt ist, d. h. daß er aus der rezenten Pollenflora stammt und somit nichts mit der Vegetation zu tun hat, die zur Zeit der Löß-Akkumulation in dem Untersuchungsgebiet geherrscht hat.

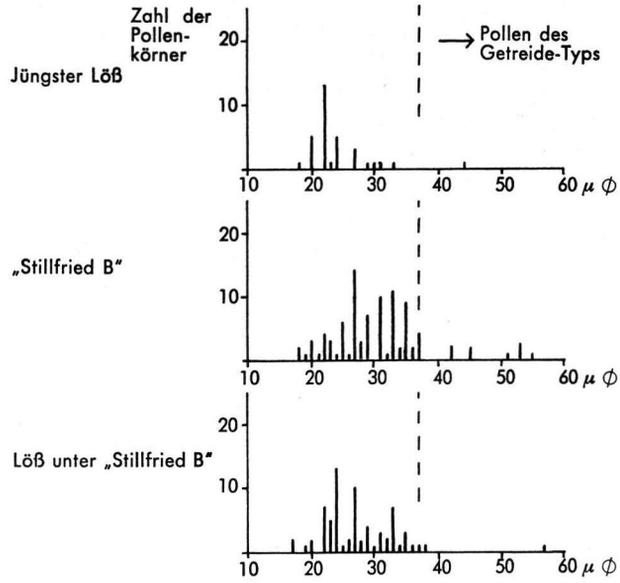
In Abb. 1 ist auf dem rechten Teil der Abbildung der prozentuale Anteil der Baumpollen (BP), Sträucherpollen, Nichtbaumpollen (NBP) und der Sporen an der gesamten Sporomorphen-Summe der einzelnen Horizonte dargestellt²⁾. Hierbei tritt deutlich hervor, daß die echten, unverwitterten Lössе in Oberfellabrunn und in Stillfried stets durch einen außerordentlich geringen Gehalt an BP, Sträucherpollen und Sporen auffallen, wohingegen der Anteil dieser Pollen und der Sporen an der gesamten Sporomorphen-Summe der fossilen Böden recht beachtlich ist, so daß der NBP-Anteil in den fossilen Böden nur etwa 60% ausmacht, gegenüber 90—95% in den unverwitterten Lössen. Bereits dieser Sachverhalt, der auch bei Kontroll-Untersuchungen verschiedener Proben ein und desselben Horizontes immer wieder in der gleichen Weise hervortrat, weist darauf hin, daß in den untersuchten Lößprofilen die Hauptmasse der gefundenen Sporomorphen an primärer Lagerstätte liegt und nicht über den Umweg einer sekundären Durchwaschung aus der heutigen Pollenflora abgeleitet werden kann. Dies gilt um so mehr, als die bearbeiteten Profile recht tief sind. So stammt etwa die unterste Lößprobe von Oberfellabrunn aus 5,0 m Tiefe (vgl. Abb. 1; dort auch die Tiefen-Angaben der übrigen Proben). Ein seitlicher Anflug rezenter Pollens an die Aufschlußwände ist ausgeschlossen, da einerseits, wie bereits erwähnt, die Aufschlußwände vor jeder Probe-Entnahme mehrere Dezimeter tief sorgfältig freipräpariert worden waren und da es andererseits kaum verständlich sein dürfte, welche Gründe für eine Selektion der einzelnen Pollentypen durch einzelne Horizonte verantwortlich gemacht werden könnten.

Jedoch nicht nur diese quantitativen Verhältnisse, sondern auch die qualitativen Unterschiede in der Pollenflora der einzelnen Proben weisen darauf hin, daß die Hauptmasse der gezählten Sporomorphen in den betreffenden Horizonten *in situ* liegt.

Der heute nicht mehr existierende Aufschluß von Oberfellabrunn war umgeben von weiten Feldfluren, und das Profil von Stillfried befindet sich am Rande der Gärten eines

²⁾ Hier, wie auch in den folgenden Ausführungen, beruhen die mitgeteilten Zahlenwerte nur auf der Gesamtsumme bestimmbarer Sporomorphen. Diese ist in einzelnen Horizonten (vgl. Zähl-tabelle) beträchtlich kleiner als die Summe der beobachteten Sporomorphen, da verschiedentlich in großer Menge ein tricolporoidater (?) Pollentyp auftrat, der bisher trotz seines guten Erhaltungszustandes nicht bestimmt werden konnte.

Stillfried



Oberfellabrunn

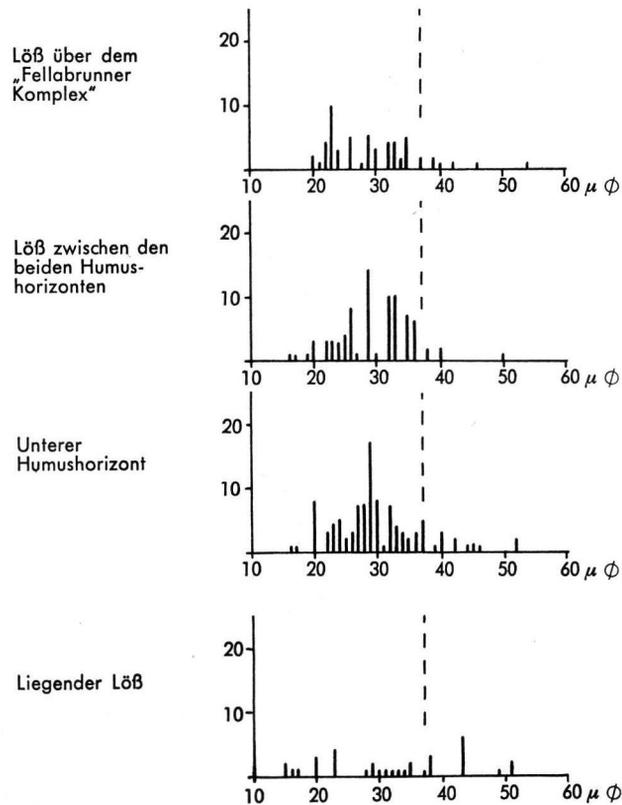


Abb. 2. Größenklassen-Häufigkeit der Gramineepollen (größter Durchmesser) in den untersuchten Horizonten der Lössprofile von Oberfellabrunn und Stillfried.

Dorfes, am Übergang zu Wiesen und Feldern. Falls die heutige Vegetation einen großen Teil des Pollengehaltes der einzelnen Horizonte der betrachteten Profile geliefert haben sollte, dann wäre zu erwarten, daß besonders die oberen Horizonte beider Profile relativ reich an *Gramineae*-Pollen des Cerealia-Typs sind. Wie Abb. 2 zeigt, in der die Häufigkeit der Größenklassen der ausgemessenen *Gramineae*-Pollen dargestellt ist, trifft diese Annahme jedoch nicht zu. Es treten vielmehr im Gegenteil große Gramineen-Pollen im Profil von Stillfried nur bevorzugt in dem berühmten Horizont des Interstadials von „Stillfried B“ auf (2,50 m unter Flur!), wohingegen der hangende und der liegende Löß dieses Profils durch kleine Gramineen-Pollen ausgezeichnet sind. Wenn auch in Oberfellabrunn der jüngste untersuchte Lößhorizont relativ viele Getreide-ähnliche Pollenkörner aufweist (etwa 2,25 m unter Flur), so wird doch aus Abb. 2 schnell deutlich, daß die Hauptmasse dieser PK erst in dem unteren Humushorizont des „Fellabrunner Komplexes“, sowie in dem liegenden Löß enthalten ist. Aus diesen Beobachtungen auf eine übermäßig starke Durchwaschung der „Getreide-Pollen“ bis in etwa 5 m Tiefe schließen zu wollen, geht aber nicht an, weil der braune Verlehmungshorizont des „Fellabrunner Komplexes“ zwischen diesen beiden „Getreide-Pollen“-reichen Horizonten eine recht reiche Baumpollenflora enthält (Abb. 1), in der thermophile Pflanzen wie *Quercus* (3,00%), *Ulmus* (1,00%), *Carpinus* (14,00%), *Fraxinus* (9,50%), *Fagus* (5,50%), sowie *Corylus* (31,00%) vertreten sind, wodurch dieser Horizont gegenüber dem hangenden unteren Humushorizont des „Fellabrunner Komplexes“ schroff unterschieden ist, in dem mit Ausnahme einer sehr geringen Zahl von *Corylus*-Pollen (4,90%) keine Pollen thermophiler Bäume oder Sträucher vorhanden sind. Hingegen ist dieser untere Humushorizont gekennzeichnet durch eine BP-Flora, in der neben der vorherrschenden *Pinus* Sect. *Diploxylon* (59,40%) noch *Pinus Cembra* (3,30%), *Picea Abies* (13,70%), *P. omoricoides* (7,70%), *Alnus viridis*, sowie *Lycopodium Selago*, *L. clavatum* und *L. alpinum* auftreten. Weder *Pinus Cembra*, noch *Picea omoricoides*, *Alnus viridis*, oder *Lycopodium Selago*, *L. clavatum* und *L. alpinum* kommen jedoch heute bei Oberfellabrunn vor. Ihr Auftreten kann sicher nicht durch rezente Ferntransport sowie anschließende Percolation erklärt werden, sondern es handelt sich bei ihnen offenbar um eine mit der fossilen Bodenbildung synchrone Pollenflora.

Bei einer näheren Analyse der Pollenflora der einzelnen Horizonte (vgl. Zähltablelle) wird weiterhin ersichtlich, daß sich der Charakter der Löß-Pollenflora der unverwitterten Lössse sehr stark von dem der verwitterten unterscheidet, und zwar so, daß ganz verschiedene Pflanzengemeinschaften angenommen werden müssen, die im Falle der unverwitterten Lössse einen wesentlich xerophileren Charakter getragen haben, als diejenigen der fossilen Böden (Tabelle 1).

Die bemerkenswerte Tatsache, daß die fossilen Böden, die sicher unter einem feuchteren Klima gebildet worden sind als demjenigen der Löß-Akkumulation, eine wesentlich hygrophilere Pollenflora enthalten als die unverwitterten Lössse, spricht abermals dafür, daß sich die Pollenflora der untersuchten Horizonte im wesentlichen *in situ* befindet, und daß sie auf keinen Fall als das Ergebnis einer Percolation rezenten Blütenstaubes gedeutet werden kann.

Diese Folgerung besagt aber nicht, daß innerhalb der betrachteten Lößprofile überhaupt keine Durchwaschung jüngeren Blütenstaubes in ältere Horizonte stattgefunden habe. Hiergegen spricht schon die allgemein bekannte Tatsache der Kalkanreicherung unterhalb fossiler Böden im Löß.

Besonders deutlich tritt diese Durchwaschung in den fossilen Böden zu Tage. Die Lößprobe des braunen Verlehmungshorizontes von Oberfellabrunn (unterer Teil des „Fellabrunner Komplexes“) wurde in der unteren Hälfte dieses Horizontes entnommen. Da es sich bei diesem Horizont um den unteren Teil einer autochthonen Bodenbildung handelt (FELGENHAUER, FINK & DE VRIES, 1959; BRANDTNER, 1954) und keine Hinweise für eine mit der Bodenbildung parallelgehende Löß-Akkumulation vorhanden sind, muß die thermophile Baumpollen-Flora von der damaligen Bodenoberfläche aus während der

Tabelle 1

Quantitatives Verhältnis der Pollen und Sporen hygrophiler³⁾ und xerophiler³⁾ Pflanzen der einzelnen Horizonte zueinander.

Lokalität	Horizont		Absolute Menge	Verhältnis hygrophil : xerophil
Stillfried	Jüngster Löß	hygrophil	14	1 : 17,44
		xerophil	244	
„	Stillfried B	hygrophil	376	1 : 0,48
		xerophil	181	
„	Liegender Löß	hygrophil	76	1 : 1,85
		xerophil	141	
Oberfellabrunn	Oberster Löß	hygrophil	59	1 : 1,24
		xerophil	73	
„	Löß zwischen den beiden Humushorizonten	hygrophil	25	1 : 3,10
		xerophil	77	
„	Unterer Humushorizont	hygrophil	100	1 : 0,25
		xerophil	25	
„	Brauner Verlehmungshorizont	hygrophil	230	1 : 0,33
		xerophil	75	
„	Untester Löß	hygrophil	78	1 : 1,85
		xerophil	144	

³⁾ Als hygrophile Pflanzen werden hier angesehen: *Picea*, *Abies*, *Alnus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Carpinus*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Populus*, *Acer*, *Salix*, *Corylus*, *Cornus*, *Taxus*, *Plantago maior*, *P. media*, *P. lanceolata*, *Arum/Asarum*, *Balsamineae*, *Onagraceae*, *Valerianaceae*, *Polypodiaceae*, *Botrychium*, *Lycopodium*.

Als xerophile Pflanzen gelten in dieser Tabelle: *Juniperus*, *Hippophaë*, *Ephedra*, *Ligustrum*, *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Helianthemum*, *Filipendula*, *Thalictrum*, *Onosma*, *Plantago maritima*, *Urtica*, *Plumbaginaceae*, *Papaveraceae*, *Linaceae*, *Rubiaceae*, *Dipsacaceae*, *Sanguisorba minor*, *Centaurea Scabiosa*, *C. solstitialis*.

Bodenbildung in die Tiefe gewaschen worden sein. Dasselbe trifft für die Nadelholz-Pollenflora des hangenden unteren Humushorizontes des „Fellabrunner Komplexes“ wahrscheinlich ebenfalls zu, da auch diese Probe aus dem unteren Teil des entsprechenden Horizontes entnommen worden ist. Nennenswerte Ausmaße hat aber diese Durchwaschung sicher nicht erreicht, denn die Pollenflora des zuletzt genannten unteren Humushorizontes des „Fellabrunner Komplexes“ beeinflusste offenbar die Pollenflora des liegenden Verlehmungshorizontes nicht in merkbarem Maße (Zähltablette), obwohl die beiden Niveaus, aus denen die Proben entnommen worden sind, nur 45 cm in der Vertikalen voneinander entfernt sind. Auf das geringe Ausmaß der Durchwaschung trotz intensiver Bodenbildung weist ebenfalls die Beobachtung hin, daß der älteste untersuchte Löß in Oberfellabrunn 50—60 cm unterhalb der Probeentnahme-Stelle für den braunen Verlehmungshorizont nur noch unbedeutende Spuren einer thermophilen Waldpollenflora enthält (4 PK von *Carpinus*, 28 PK von *Corylus*, bei insgesamt 5146 gezählten Sporomorphen), die möglicherweise als Ergebnis einer Durchwaschung von derjenigen Bodenoberfläche her gedeutet werden müssen, die zur Zeit der Bodenbildung des „braunen Verlehmungshorizontes“ bestand.

Aus dem Gesagten folgt, daß der Pollengehalt der untersuchten Lössen nicht aus einer Durchwaschung oder Einschwemmung rezenter Sporomorphen-Materials erklärt werden kann. Vielmehr ist die Percolation selbst bei starker Bodenbildung und damit intensiver absteigender Wasserbewegung nur gering und kann in den hier untersuchten Proben vernachlässigt werden. Sie macht sich aber sicher bei einer feinstratigraphischen Untersuchung der Lössen störend bemerkbar. Wie außerdem später gezeigt wird, verhindert die Perco-

lation der Sporomorphen in den Lössen in den meisten Fällen eine zuverlässige Angabe über den Grad der Bewaldung während der Bodenbildungszeiten, falls die Proben nicht aus dem obersten Horizont des untersuchten fossilen Bodens stammen.

b) Umlagerung

Während der Lößbildung wird älteres Material aufgearbeitet und wieder sedimentiert, und zwar unabhängig davon, ob es sich bei dem untersuchten Material um äolischen Löß oder um Schwemmlöß und ähnliche Produkte handelt. Diese Aufbereitung älteren Materials birgt die Gefahr in sich, daß ein großer Teil der Löß-Pollenflora nicht Ausdruck der während der Löß-Bildung herrschenden Vegetation ist, sondern daß er aus wesentlich älteren Zeiten stammt.

In dieser Beziehung erscheint es bemerkenswert, daß trotz des weiten Vorkommens tertiärer Sedimente in der Umgebung von Oberfellabrunn keine tertiären Pollentypen in den untersuchten Profilen beobachtet werden konnten. Eine etwa vorhandene Umlagerung kann demnach lediglich quartäre Sporomorphe betreffen. Das von GIJZEL (1961) empfohlene Verfahren zur Bestimmung älterer Pollen an sekundärer Lagerstätte, das auf der Veränderung der Eigenfluoreszenz der Sporomorphen mit zunehmendem Alter beruht, konnte in der vorliegenden Untersuchung aus technischen Gründen nicht angewandt werden. Es schien auch überflüssig zu sein, da im Mittel nur 7,9% der beobachteten Sporomorphen (maximal 15,8% und 13,8%) so deformiert und korrodiert waren, daß eine Bestimmung nicht durchgeführt werden konnte. Die weitaus überwiegende Mehrzahl der Sporomorphen war jedoch sehr gut erhalten, eine Tatsache, die sich schwer mit Umlagerungen vereinbaren läßt. Außerdem müßten bei Umlagerungen Pollenspektren auftreten, die ein pflanzensoziologisch schwer verständliches Bild ergäben. Wie die Zähltablelle sowie Abb. 1 und Tabelle 1 zeigen, ist das jedoch bei den hier vorliegenden Untersuchungen in der Regel nicht der Fall, so daß hieraus auf die zu vernachlässigende Bedeutung der Umlagerung älteren Sporomorphen-Materials geschlossen werden kann. Das Auftreten einzelner stark korrodierter Pollenkörner, so etwa von *Carpinus* im jüngsten Löß von Oberfellabrunn oder von *Pinus* und *Picea* im jüngsten Löß von Stillfried lehrt jedoch, daß immer wieder, wenn auch nur in unbedeutendem Ausmaß, Umlagerungen älteren Materials vorgekommen sind.

c) Selektive Zerstörung

Mit einer selektiven Zerstörung einzelner Pollentypen in unterschiedlichen Sedimentarten ist immer zu rechnen, und zwar besonders dann, wenn, wie in dem vorliegenden Falle, ein bestimmter Horizont (oberer Humushorizont in Oberfellabrunn) im Gegensatz zu den hangenden und liegenden Schichten pollenfrei ist, obwohl angenommen werden muß, daß auch dieser Horizont ehemals Sporomorphe in vergleichbarer Menge aufgewiesen hat.

Die absolute Pollenmenge der einzelnen Proben dürfte kaum ein geeignetes Maß für die etwaige selektive Zerstörung der Sporomorphen darstellen, da in diesen Zahlenwert der Deckungsgrad der ehemaligen Vegetation, die Pollenproduktion der einzelnen Arten, sowie deren Abhängigkeit von den Jahreszeiten hineinspielen. Einen besseren Anhaltspunkt stellt die Zahl der Formentypen, sowie das Auftreten von Pollen mit groben und feinen Membranen dar, obwohl das Ausmaß der Pollenzerstörung sicher nicht nur von der Membrandicke, sondern auch von deren Chemismus abhängt. Da jedoch über den Chemismus der Membranen der einzelnen Sporomorphen-Typen, sowie über seinen Einfluß auf die Zerstörbarkeit der Sporomorphen durch unterschiedliche Agentien bisher keine Beobachtungen vorliegen, kann hier nur neben der Zahl der Formentypen das gemeinsame Vorkommen von Sporomorphen mit dicker und feiner Membran berücksichtigt werden.

Es ist zu erwarten, daß in fossilen Böden, deren Pollenflora aus einem Gemisch der

Sporomorphen derjenigen Vegetation besteht, die zur Zeit der Löß-Akkumulation herrschte, sowie derjenigen, unter der der betreffende fossile Boden gebildet worden ist, die Zahl der verschiedenen Sporomorphen-Typen besonders hoch sein muß, falls eine selektive Zerstörung einzelner Pollentypen vernachlässigt werden kann. Aus Abb. 1 ist ersichtlich, daß, abgesehen von der oberen Humuszzone des „Fellabrunner Komplexes“ in Oberfellabrunn, die Zahlenverhältnisse der größeren pollenmorphologischen Typen der einzelnen Horizonte diesen Erwartungen entsprechen, soweit direkt über einander folgende Horizonte oberhalb und unterhalb eines fossilen Bodens miteinander verglichen werden. Der Formenreichtum selbst ist aber viel größer, als aus den Zahlen der Abb. 1 zu entnehmen ist, da sich die größeren pollenmorphologischen Typen meist in eine Fülle weiterer Typen aufgliedern lassen (so etwa die *Chenopodiaceae*, *Compositae*, *Cruciferae*, *Umbelliferae*, *Papilionaceae* u. a.), wobei Sporomorphe mit grober und feiner Membran in gleichem Maße vorhanden sind. Der mögliche Einwand, daß in denjenigen Löß-Horizonten, in denen die Zahl der Formentypen besonders gering ist (jüngster Löß in Stillfried, Lößschicht zwischen den beiden Humushorizonten in Oberfellabrunn, unterer Humushorizont in Oberfellabrunn), eine beachtliche selektive Zerstörung einzelner Pollentypen stattgefunden habe, scheint angesichts der hohen Pollenfrequenz im jüngsten Löß von Stillfried, sowie im unteren Humushorizont des „Fellabrunner Komplexes“ wenig wahrscheinlich zu sein. Außerdem sind die größeren pollenmorphologischen Typen dieser Horizonte in sich sehr einheitlich. Sie weisen also keine nennenswerte Gliederung in kleinere pollenmorphologische Typen auf, so daß gefolgert werden muß, die größeren pollenmorphologischen Typen seien in diesen Fällen nur von sehr wenigen Arten geliefert worden. Da angenommen werden darf, daß in der Regel der Chemismus der Pollenmembranen verwandter Arten und Gattungen weniger unterschiedlich ist als derjenige weniger nah verwandter Taxa höherer systematischer Einheiten, kann aus dieser Beobachtung ebenfalls unter Vorbehalt entnommen werden, daß eine selektive Zerstörung einzelner Sporomorphen-Typen jedenfalls nicht von so großer Bedeutung gewesen ist, daß das gesamte gewonnene Bild unzuverlässig wird. Hiermit soll aber nicht behauptet werden, daß überhaupt keine selektive Zerstörung stattgefunden habe. Es ist im Gegenteil anzunehmen, daß sie gewirkt hat. So ist das nahezu völlige Fehlen von Lärchenpollen in denjenigen Löß-Horizonten, deren BP-Flora auf subalpine Nadelwälder schließen läßt (Horizont „Stillfried B“, unterer Humushorizont des „Fellabrunner Komplexes“), kaum anders als durch selektive Zerstörung dieses auch sonst als wenig widerstandsfähig bekannten Pollentyps zu erklären. Vielleicht deutet in dieselbe Richtung der sehr geringe Birken-Anteil in der unteren Humuszzone des „Fellabrunner Komplexes“, sowie im Horizont von „Stillfried B“. Allerdings enthalten subalpine Wälder dieser Art auch heute nur in sehr untergeordnetem Maße Birken, so daß es ebenso denkbar ist, daß die Birke diesen Wäldern ehemals in Niederösterreich tatsächlich weitgehend gefehlt hat.

d) Nahtransport — Ferntransport

In offenen Vegetationstypen, wie etwa Steppen und Tundren, wird die Fälschung des auf pollenanalytischem Wege gewonnenen Bildes der ehemaligen Vegetation durch den Ferntransport besonders stark. Das Ausmaß dieser Fehlerquelle, wie Möglichkeiten zu ihrer Korrektur, sind in zahlreichen Untersuchungen bearbeitet worden (vgl. hierzu u. a. FIRBAS, 1934; AARIO, 1944; LÜDI, 1937; REMPE, 1938; SCAMONI, 1949; TICHOMIROV, 1950; VARESCHI, 1935, 1940; WELTEN, 1950; FEDOROVA, 1955; POTTER & ROWLEY, 1960; MAL'GINA, 1959; ŚRODOŃ, 1960; HAFSTEN, 1961; LUBLINER-MIANOWSKA, 1962 und die dort zitierte Literatur). Da es sich bei den hier untersuchten Lössen um Sedimente einer offenen Steppenvegetation handelt, sind die möglichen Störungen durch den ehemaligen Ferntransport der Sporomorphen besonders zu beachten.

Aufschluß über die Mengenverhältnisse der in den untersuchten Lössen enthaltenen Pollen windblütiger (anemogamer) und insektenblütiger (entomogamer) Pflanzen gibt Tabelle 2, Spalten 1—3.

Tabelle 2

Mengenverhältnisse der Pollen windblütiger (anemogamer) und insektenblütiger (entomogamer) Pflanzen in den untersuchten Löß-Horizonten von Oberfellabrunn und Stillfried.

	Gesamtzahl der Pollen anemogamer Pflanzen	Gesamtzahl der Pollen entomogamer Pflanzen	Quotient Anemogam/ Entomogam	Zahl der Pollen anemogamer Bäume und Sträucher	Zahl der Pollen entomogamer Pflanzen und anemogamer Pflanzen d. Krautschicht	Quotient: Pollen ane- mogamer Bäume und Sträucher zu entomo- gamen Pflanzen und anemogamen Pflanzen der Krautschicht
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Stillfried:						
Jüngster Löß	293	1389	1 : 4,74	21	1661	1 : 79,10
Stillfried B	810	196	1 : 0,24	355	651	1 : 1,83
Liegender Löß	341	230	1 : 0,68	46	525	1 : 11,41
Oberfellabrunn:						
Jüngster Löß	211	627	1 : 2,97	51	787	1 : 15,45
Löß zwischen den beiden Humushorizonten des „Fellabrunner Kompl.“						
Unterer Humushorizont	234	111	1 : 0,47	41	304	1 : 7,41
Brauner Verlehmungshorizont	411	108	1 : 0,26	197	322	1 : 1,63
Ältester Löß	429	182	1 : 0,42	346	265	1 : 0,77
	317	345	1 : 1,09	129	533	1 : 4,14

Demnach sind die fossilen Böden durch einen besonders hohen Gehalt an Pollen windblütiger Pflanzen ausgezeichnet; aber auch die unverwitterten Lössen können in einzelnen Fällen in der überwiegenden Mehrzahl Pollen anemogamer Pflanzen enthalten. Hierbei muß aber berücksichtigt werden, daß sich der Ferntransport von Pollen anemogamer Pflanzen nur dann entscheidend störend bemerkbar macht, wenn die betreffenden Pflanzen als Bäume oder höhere Sträucher in die höheren Luftschichten hineinragen, so daß deren Blütenstaub von den weiterreichenden Winden mitgenommen werden kann. Der Windtransport des Pollens anemogamer Pflanzen der Krautschicht ist jedoch außerordentlich gering (vgl. hierzu aus der neueren Literatur u. a. LUBLINER-MIANOWSKA, 1962; POTTER & ROWLEY, 1960; FEDOROVA, 1959; MONOSZON, 1959). Wird dem Unterschied zwischen anemogamen Pflanzen der Krautschicht und denjenigen der Baum- und Strauchschicht Rechnung getragen, dann ergeben sich die in Tabelle 2, Spalten 4 bis 6, enthaltenen Werte. Hierbei wurden als anemogame Pflanzen der Baum- und Strauchschicht angesehen: *Picea*, *Abies*, *Larix*, *Pinus*, *Betula*, *Alnus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Carpinus*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Populus*, *Juniperus*, *Salix*, *Corylus*, *Hippophaë* und *Taxus*. Da eine pollenmorphologische Unterscheidung zwischen den niederliegenden und aufrechten Formen von *Betula*, *Salix* und *Juniperus* bisher nicht einwandfrei möglich ist, wurden in der Tabelle 2 die Gesamtwerte der Pollen dieser drei Genera zu den windblütigen höheren Sträuchern gezählt.

Die Zahlenwerte der Spalte 6, Tabelle 2, zeigen klar, daß die überwiegende Menge der Sporomorphen, die sich in den echten Lössen befinden, von Pflanzen der damaligen nächsten Umgebung geliefert worden sind. Der Ferntransport dürfte jedoch nur in denjenigen Proben störend hervortreten, die aus den fossilen Böden entnommen worden sind. Da in den fossilen Böden der Gehalt an Holz (Abb. 1) unvergleichlich viel höher als in der Mehrzahl der echten Lössen ist (Ausnahme: Löß-Schicht zwischen den beiden Humushorizonten von Oberfellabrunn), muß allerdings schon aus dieser Beobachtung, wie aber auch aus dem Vorhandensein der fossilen Böden, auf eine stärkere Bewaldung zur Zeit der Bodenbildung geschlossen werden, ohne daß hieraus jedoch das Ausmaß des stattgefundenen Ferntransportes erkannt werden kann.

e) Nachweis der ehemaligen Bewaldung

Wie bereits oben gesagt, stößt der Versuch, das Ausmaß der ehemaligen Bewaldung zu rekonstruieren, auf besondere Schwierigkeiten. Diese bestehen vor allem einerseits in dem möglichen Ferntransport der Pollen anemogamer Bäume und höherer Sträucher sowie in der Percolation der Pollen derjenigen Flora, die zur Zeit der Bodenbildung geherrscht hat. Daß während der Akkumulation der unverwitterten Lössen in dem Untersuchungsgebiet keine Wälder oder Haine größeren Umfanges vorhanden waren, geht aus den außerordentlich geringen BP-Werten und deren Zusammensetzung aus Pollen anemogamer Pflanzen klar hervor. Andererseits zeigt bereits das gehäufte Auftreten von Holzresten in den fossilen Böden, daß während der Bodenbildung mindestens einzelne Gehölze vorhanden waren. Wie bereits eingangs erwähnt worden ist, sind die Proben des braunen Verlehmungshorizontes und des unteren Humushorizontes des „Fellabrunner Komplexes“ jeweils in den unteren Teilen dieser Bodenhorizonte entnommen worden. Oben wurde schon dargelegt, daß die Pollenflora dieser Proben aus einem Gemisch besteht, das sich aus Blütenstaub derjenigen Pflanzen zusammensetzt, die zur Zeit der Löß-Akkumulation in dem Untersuchungsgebiet gediehen, sowie aus den später hineingewaschenen Sporomorphem derjenigen Vegetation, unter der die heute fossilen Böden entstanden sind. Bei dieser Durchwaschung und Mischung der beiden verschiedenen alten Pollenfloren sind sicherlich so starke quantitative Veränderungen in der Gesamtzahl der BP aufgetreten, daß aus dem prozentualen Anteil der BP an der gesamten Pollensumme der betrachteten beiden Horizonte das Ausmaß der ehemaligen Bewaldung nicht mehr erschlossen werden kann. Anders liegen die Verhältnisse in dem Horizont von „Stillfried B“. Hier sind die betreffenden Proben aus dem Holzkohlen-Horizont an der Oberkante dieses fossilen Bodens entnommen worden. Die durch das feuchtere Klima dieses Interstadials hervorgerufene absteigende Wasserbewegung im Boden mußte sowohl die während des Interstadials dort anfliegenden Sporomorphem als auch diejenigen, die aus der Zeit der Löß-Akkumulation stammten, langsam nach unten transportieren, so daß zu vermuten ist, daß die Pollenflora der Löß-Bildungszeit im Vergleich zu derjenigen des Interstadials relativ abnahm. Da weiterhin keine Hinweise darauf vorliegen, daß die auf das „Stillfried B“-Interstadial folgende Lößzeit feucht genug war, um einen nennenswerten Transport der Pollen dieser jüngeren Lößbildungszeit in den liegenden „Stillfried-B“-Boden zu verursachen, darf geschlossen werden, daß aus dem prozentualen Anteil der BP, NBP, Sporen und Sträucherpollen an der gesamten Pollensumme des obersten Horizontes des „Stillfried-B“-Bodens auf das Ausmaß der damaligen Bewaldung geschlossen werden kann, falls die Baum-Pollenflora des Interstadials nicht sogar im Vergleich zu der älteren Löß-Steppenflora etwas überbetont ist. Die Werte der relativen Häufigkeit der vier betrachteten Sporomorphem-Gruppen zeigen unter dieser Voraussetzung, daß zur Zeit des „Stillfried-B“-Interstadials die Umgebung von Stillfried Wälder getragen haben muß, die allerdings wohl nur die March begleiteten, ohne auf die trockenen Plateaus überzugreifen, auf denen sicher auch damals noch die Steppenvegetation gedieh (vgl. später).

f) Zusammenfassung

Die vorliegenden Ausführungen dürften gezeigt haben, daß die entwickelte Methode zur pollenanalytischen Untersuchung von Lössen Einiges zur Klärung vegetationsgeschichtlicher und vielleicht auch stratigraphischer Probleme des Eiszeitalters beizutragen vermag, falls in jedem einzelnen Falle eine Reihe von Fehlerquellen beachtet und soweit wie möglich ausgeschaltet wird. Bei den hier referierten Untersuchungen muß mit dem Folgenden gerechnet werden:

1. Die in den einzelnen Proben enthaltene Pollenflora datiert im Wesentlichen aus der Zeit der Löß-Akkumulation bzw. der Bildung der heute fossilen Böden. Sie ist auf keinen Fall ein Ergebnis einer rezenten Percolation oder anderer Verunreinigungen des Lösses.

2. Bei der Bildung der fossilen Böden fand ein Transport der Sporomorphen von der damaligen Bodenoberfläche in die Tiefe statt, der aber nur wenige Dezimeter umspannte, und dessen Ausmaß im Einzelnen sicher von den damaligen klimatischen Verhältnissen, sowie von der Dauer der feuchteren Perioden abhing.
3. Die Umlagerung älterer Pollen ist in den hier untersuchten Proben zu vernachlässigen.
4. Wenn auch einzelne Pollentypen selektiv zerstört sein mögen, so kann doch diese selektive Zerstörung nicht für den starken Unterschied in der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung der Pollenflora der einzelnen Horizonte verantwortlich gemacht werden.
5. Die Hauptmenge der in den Proben enthaltenen Sporomorphen wurde von derjenigen Flora geliefert, die zu den einzelnen Zeiten in der Nähe der betreffenden Lokalitäten gedieh. Die fossile Löß-Pollenflora stellt also ein Abbild der lokalen Vegetation dar. Lediglich zu den Zeiten der Bildung der fossilen Böden ist mit einem stärkeren Ferntransport von Baumpollen zu rechnen.
6. Bodentypen und fossile Holzreste zeigen jedoch, daß dieser Ferntransport der Baumpollen nicht überbewertet werden darf, sondern daß das Untersuchungsgebiet tatsächlich während der Bodenbildungszeiten Gehölze getragen hat.
7. Das Ausmaß der ehemaligen Bewaldung ist aber nur dann einigermaßen zuverlässig zu ermitteln, wenn die zu untersuchenden Lößproben aus dem obersten Horizont des ungestörten fossilen Bodens entnommen worden sind.

3. Anwendungsbereich der vorgeschlagenen Methode

Die vorangegangenen Bemerkungen lassen erkennen, daß Lössе tatsächlich nicht immer so pollenfrei oder pollenarm sind, wie vielfach angenommen wird. Vielmehr wurde deutlich, daß die bei der vorliegenden Untersuchung in fast allen Proben ausgezählten Pollenmengen, die ohne jede Mühe um ein Vielfaches gesteigert werden können, da bisher nur ein kleiner Teil der in jeweils 100 g Löß enthaltenen Sporomorphen berücksichtigt worden ist, ausreichen, um auf pollenanalytischem Wege die Vegetation der eiszeitlichen Lößsteppen zu ermitteln. Diese Erfolge dürfen aber nicht darüber hinwegtäuschen, daß auch der hier beschriebenen Methode recht enge Grenzen gesetzt sind. Diese werden dann deutlich, wenn Material untersucht werden soll, das verschwemmt worden ist. Denn in diesen umgelagerten Lössen sinkt die noch erhalten gebliebene Sporomorphen-Menge auf sehr geringe Werte ab. Einen Hinweis hierauf stellt der obere verschwemmte Humushorizont des „Fellabrunner Komplexes“ in Oberfellabrunn dar, der sich trotz wiederholter Kontroll-Untersuchungen als pollenfrei erwiesen hat. Diese Beobachtung konnte bei mehreren orientierenden Analysen anderer Lößprofile, in denen deutlich aquatisch umgelagerte Horizonte anstehen, in ähnlicher Weise bestätigt werden. So weit es sich heute überblicken läßt, scheint demnach bei der Umlagerung des Lösses durch fließendes Wasser (oder allgemein bei starken Schwankungen des Wassergehaltes) ein großer Teil der ehemals im Löß enthaltenen Sporomorphen zerstört zu werden, so daß selbst eine weitere Verfeinerung der Methode ohne Erfolg bleiben muß. Wie stark jedoch die Zerstörung des Löß-Pollenmaterials fortgeschritten ist, d. h. ob noch eine pollenanalytische Untersuchung verschwemmter Lössе lohnt oder nicht, kann im Voraus nicht bestimmt werden, sondern es müssen auf jeden Fall zunächst Pollenanalysen angesetzt werden.

Scheinen somit die Schwemmlössе für eine pollenanalytische Untersuchung wenig ergiebig zu sein, so sind nach den bisherigen Erfahrungen die echten, unverwitterten Lössе, aber auch die fossilen Böden innerhalb der Lössе im Hinblick auf Pollenanalysen von höchstem Interesse. Bei ihnen stellen nur die mühevollere Aufbereitung der Proben, sowie die Fülle der Nichtbaumpollen die begrenzenden Faktoren dar.

III. Ergebnisse pollenanalytischer Untersuchungen der Löß-Profile von Oberfellabrunn und Stillfried

1. Beiträge zur Stratigraphie des Jungpleistozäns im Untersuchungsgebiet

a) Der „Fellabrunner Komplex“ („Stillfried A“)

Einen der in der gegenwärtigen Quartärforschung am stärksten umstrittenen Zeitabschnitt stellt jene Phase innerhalb des Jungpleistozäns dar, während der die fossilen Böden des „Fellabrunner Komplexes“ („Stillfried A“) gebildet worden sind. Die einzige, nicht angezweifelte Annahme ist die, daß der liegende braune Verlehmungshorizont des „Fellabrunner Komplexes“ dem fossilen Boden von Göttweig entspricht, soweit die stratigraphische Lage betrachtet wird. Über das Alter dieser Bildungen gehen aber die Ansichten weit auseinander. Betrachten FINK (u. a. 1960), BRUNNACKER (1956, 1957), LIEBEROTH (1962), neuerdings auch WOLDSTEDT (1962) sowie KLIMA, KUKLA, LOŽEK & DE VRIES (1961) diesen liegenden braunen Verlehmungshorizont als Ausdruck des letzten Inter-glazials (Eem), so sehen BRANDTNER (1956), GROSS (u. a. 1960 a und b), EBERS (1960), UNGER & RAU (1961) u. a. denselben Horizont nur als Teil mehrerer Bodenbildungen an, die während des sehr langen „Göttweig-Interstadials“ der Letzten Eiszeit, das vielfach auch als „Aurignac-Interstadial“ bezeichnet wird, entstanden sind. BIRKENMAJER & ŠRODOŇ (1960) fassen aber unter der Bezeichnung „Aurignac-Interstadial“ die Interstadiale von Göttweig, Brørup und Chelford zusammen, obwohl das „Göttweig-Interstadial“ nach GROSS (1960) und WOLDSTEDT (1960) jünger sein soll als die Wärmeschwankungen von Chelford und Brørup. Unlängst pflichtete schließlich KNEBLOVA-VODIČKOVA (1963) der Ansicht BIRKENMAJERS und ŠRODOŇS bei, als sie erwog, ob nicht das neu entdeckte letzteiszeitliche Interstadial von Český Tešín am Fuße der Beskiden in das „Göttweig-Interstadial“ zu stellen sei, dieses aber dem Brørup-Interstadial entspreche. Offenbar angesichts dieser Schwierigkeiten und der Unmöglichkeit, über größere Entfernungen hinweg Konnektierungen bestimmter Horizonte lediglich auf Grund von C^{14} -Altersbestimmungen durchzuführen, falls Zeiträume betrachtet werden, die an der Grenze der Anwendbarkeit dieser Methode gelegen sind, ließen ANDERSEN (1961), ZAGWIJN (1961), sowie ANDERSEN, DE VRIES & ZAGWIJN (1960) die Frage nach dem Alter des „Göttweig-Interstadials“ und seiner Beziehungen zu den Interstadialen von Amersfoort und Brørup überhaupt offen.

Die in Oberfellabrunn durchgeführten Pollenanalysen scheinen geeignet zu sein, einige Beiträge zur Klärung dieser strittigen Fragen zu liefern. Es muß allerdings ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß bisher nur sehr wenige Proben untersucht worden sind, so daß keine zusammenhängenden Pollendiagramme konstruiert werden können. Dadurch kann aber auch nicht der Ablauf der Vegetationsgeschichte lückenlos rekonstruiert werden, sondern nur einzelne Stichproben geben über ihn Auskunft. Weiterhin sei hervorgehoben, daß die folgenden Betrachtungen ausschließlich auf Oberfellabrunn beschränkt sind. Ein Vergleich mit anderen Lokalitäten Europas, in denen Interstadiale der Letzten Eiszeit ermittelt worden sind, die mit dem „Göttweig-Interstadial“ oder mit den Interstadialen von Amersfoort und Brørup in der Literatur verglichen worden sind, bleibt in der vorliegenden Untersuchung weitgehend unberücksichtigt, weil einerseits die bisher beschriebenen letzteiszeitlichen Interstadiale in der Mehrzahl der Fälle vegetationsgeschichtlich zu wenig voneinander unterschieden sind, um sichere Parallelisierungen oder Unterscheidungen vornehmen zu können, und weil sich andererseits gezeigt hat, daß die C^{14} -Methode bisher wiederholt überfordert worden ist, was sich in einer zunehmenden „Alterung“ ein und desselben Horizontes mit zunehmender Verfeinerung der Methode bemerkbar macht.

Neben den auch in den Proben des braunen Verlehmungshorizontes und des unteren Humushorizontes des „Fellabrunner Komplexes“ vorherrschenden NBP treten in diesen beiden Schichten doch so viele BP auf (Abb. 3), daß Aussagen über die damaligen Waldtypen in groben Zügen gemacht werden können (200 BP im braunen Verlehmungshorizont;

182 BP im unteren Humushorizont). Mit 51,5% herrschte *Betula* in der BP-Flora des braunen Verlehmungshorizontes von Oberfellabrunn vor. Der Anteil der Coniferen (2,5% *Pinus* Sect. *Diploxylon*; 2,5% *Picea Abies*; 0,5% *Abies*) blieb erstaunlich gering, gegenüber der recht hohen Bedeutung thermophiler Laubhölzer: *Quercus* 3,0%, *Ulmus* 1,0%, *Carpinus* 14,0%, *Fraxinus* 9,5%, *Fagus* 5,5% und *Populus* 2,5%. Zu ihnen gesellten sich *Corylus* mit 31,0%, sowie *Rhamnus* (0,5%) und *Taxus* (0,5%). Im Hangenden dieses Horizontes steht der untere Humushorizont des „Fellabrunner Komplexes“ an, der durch eine ganz andere BP-Flora gekennzeichnet wird: In ihm dominieren die Coniferen: *Pinus* Sect. *Diploxylon* 59,4%, *Pinus Cembra* 3,3%, *Picea Abies* 13,7% und *Picea omoricoides* 7,7%. Die Bedeutung der Laubhölzer ist außerordentlich gering (*Betula* 3,3%, *Alnus* 4,9% — nach pollenmorphologischen Merkmalen z. T. wohl von *A. viridis* gestellt —, *Populus* 3,3%, *Corylus* 4,9%). Hinzu treten als klimatisch besonders interessante Pflanzen *Lycopodium Selago*, *L. alpinum* und *L. clavatum*.

Die heutige natürliche Vegetation des Gebietes wird beherrscht von Eschen-Ulmen-Auenwäldern entlang den Flüssen, Eichen-Hainbuchenwäldern in den Tieflagen und den montanen Buchenwäldern im Wiener Wald, sowie dem im Westen gelegenen Waldviertel (FIRBAS, 1949, 1952; WENDELBERGER, 1961). Mit dieser rezenten natürlichen Vegetation hatte offenbar diejenige Waldvegetation qualitativ sehr viel gemeinsam, deren Pollenflora in dem braunen Verlehmungshorizont des „Fellabrunner Komplexes“ bei Oberfellabrunn enthalten ist. Wie bereits auf S. 19 gesagt worden ist, kann das Ausmaß der ehemaligen Bewaldung nicht rekonstruiert werden, da die betreffenden Proben aus dem unteren Teil des fossilen Bodens entnommen worden sind. Gegenüber der heutigen natürlichen Vegetation fällt der hohe Anteil von *Betula* an der BP-Summe besonders auf. Hier ist jedoch zu berücksichtigen, daß sich die *Betula*-Pollensumme sowohl aus den älteren kaltzeitlichen, als auch aus den warmzeitlichen *Betula*-Pollen zusammensetzen kann. Der in der Literatur vielfach unternommene Versuch, die *Betula*-Pollen *Betula nana* einerseits, sowie den hochstämmigen Birken andererseits auf Grund der Pollenmorphologie und größenstatistischer Befunde zuzuweisen (Abb. 4), scheint jedoch wenig beweiskräftig zu sein, obwohl erwartungsgemäß aus Abb. 4 hervorgeht, daß der liegende Löss dicht unter dem braunen Verlehmungshorizont, entsprechend den Angaben von ANDERSEN (1961, S. 37) sowohl Pollen des *Betula nana*-Typs (23–25 μ Durchmesser), als auch diejenigen des möglicherweise später

Oberfellabrunn

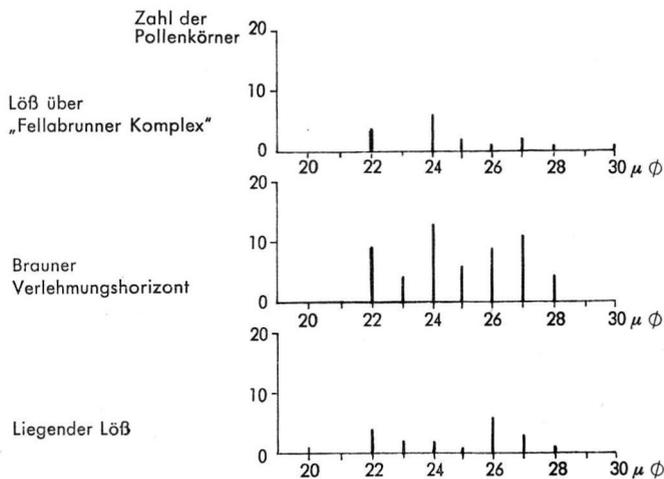


Abb. 4. Größenklassen-Häufigkeit der *Betula*-Pollen in einigen Horizonten des Lößprofils von Oberfellabrunn.

hineingewaschenen Pollentyps der hochstämmigen Birken (27-29 μ Durchmesser) enthält; dasselbe trifft für den braunen Verlehmungshorizont zu, der sich damit deutlich von dem unverwitterten jüngsten Löß in Oberfellabrunn unterscheidet (in ihm herrscht der Pollen von „*Betula nana*“ vor), oberhalb dessen erst in etwa 2,0 bis 2,5 m Entfernung der nächste (rezente) Boden folgt. Die Angaben von ANDERSEN (1961) decken sich aber nicht mit denjenigen, die OŠURKOVA (1959) in einer Monographie über die Pollentypen der gegenwärtig im Gebiet der UdSSR vorkommenden Birken mitteilte (Größenstatistik und Pollenmorphologie). Andererseits können OŠURKOVAS Beschreibungen auch nicht durch TERASMAES (1951) Beobachtungen bestätigt werden, so daß hier von einer Bestimmung der *Betula*-Pollen abgesehen wird. Vielmehr ist nur mit der Möglichkeit einer Vermengung verschiedenen alter *Betula*-Pollen, sowie der schon lange bekannten Überrepräsentierung dieser Art in Pollendiagrammen zu rechnen, so daß insgesamt an der qualitativen Ähnlichkeit der auf pollenanalytischem Wege erschlossenen Waldvegetation, die bei Oberfellabrunn zur Zeit der Bildung des braunen Verlehmungshorizontes geherrscht hatte, mit der heutigen natürlichen Waldvegetation nicht ernsthaft zu zweifeln ist.

Sollte die damalige Waldvegetation jedoch der rezenten natürlichen Waldvegetation desselben Gebietes stark gähnelt haben, dann muß diejenige Zeit, innerhalb der der braune Verlehmungshorizont gebildet worden ist, ein Interglazial gewesen sein, falls nicht angenommen werden soll, daß ein sehr langer Abschnitt, der offenbar durch ein recht mildes Klima ausgezeichnet war, doch noch als Interstadial klassifiziert werden kann. Da es sich bei dem braunen Verlehmungshorizont um eine jungpleistozäne Bildung handelt, kommt für diese Warmzeit, soweit sie als Interglazial angesehen wird, nur das Eem in Frage. Gegen diese Ansicht spricht einerseits eine Reihe älterer C^{14} -Daten, deren Aussagekraft ich jedoch, wie erwähnt, nicht als sehr beweisend ansehe, da sie von neueren C^{14} -Altersdatierungen beträchtlich korrigiert worden sind. Andererseits steht zu dieser Ansicht in Widerspruch der bekannte Aufschluß im Drumlin von Hörmatting (EBERS, 1960), der von BRUNNACKER (1962) allerdings ganz anders gedeutet wird, als es Frau EBERS und ihre Mitarbeiter taten, so daß auch dieses Gegenargument nicht so stark zu sein scheint, wie zunächst angenommen werden mußte. Schließlich spricht gegen die Zuordnung des braunen Verlehmungshorizontes bei Oberfellabrunn zu dem Eem-Interglazial, daß in diesem fossilen Boden nach den hier vorliegenden Untersuchungen *Fagus*-Pollen in recht beträchtlicher Anzahl (11 Pollenkörner) gefunden worden sind, obwohl zu diesem Interglazial gehörende sichere *Fagus*-Vorkommen in Mitteleuropa bisher nicht bekannt geworden sind (vgl. die Literaturübersicht bei FIRBAS, 1958). Vielmehr werden die jungpleistozänen Buchen-Vorkommen Mitteleuropas, einem Vorschlage von FIRBAS (1958) folgend, vielfach in das „Göttweig-Interstadial“ gestellt. Es wäre daher denkbar, daß auch die Baumpollen-Flora des braunen Verlehmungshorizontes von Oberfellabrunn tatsächlich nur der Ausdruck des „Göttweig-Interstadials“ ist.

Der Versuch, zwischen diesen beiden Möglichkeiten zu entscheiden, muß das Folgende berücksichtigen:

1. FIRBAS (1958) gründete seine Annahme eines beträchtlichen *Fagus*-Vorkommens im Südteil Mitteleuropas während des „Göttweig-Interstadials“ auf pollenanalytische Untersuchungen der Schieferkohlen von Schambach am Inn, sowie auf einen Vergleich dieser Kohlen mit *Fagus*-Vorkommen in einer wahrscheinlich zu dem jüngeren Moustérien gehörenden Kulturschicht bei Veringenstadt in Hohenzollern, und die in dem unteren Abschnitt der „Alluvion ancienne“ von LÜDI (1953) bei Montfleury (Nähe von Genf) gefundene Pollenflora, in der *Fagus* mit bis zu 15,20% der BP vertreten ist. Diese „Alluvion ancienne“ ist älter als die Würm-Moräne, aber jünger als die Riß-Moräne. FIRBAS zog hieraus, wie aber auch aus der sich immer wieder bestätigenden Tatsache, daß *Fagus* in nennenswerter Menge aus letztinterglazialen Sedimenten Mitteleuropas nicht bekannt ist, sehr vorsichtig den Schluß, bei dem Schambacher Schieferkohlen-Flöz, wie aber auch bei den anderen durch *Fagus* charakterisierten Vorkommen von Veringenstadt und Montfleury, könne es sich um Bildungen des „Göttweig-Interstadials“ gehandelt haben. Der

außerordentlich hohe *Fagus*-Anteil (bis 60,0% der BP-Summe) der Schambacher Schieferkohle ist allerdings für ein letzteiszeitliches Interstadial recht auffallend. Hinzu kommt, daß aus den Lagerungsverhältnissen bei Schambach allein die Zuordnung dieser Kohlen zu dem „Göttweig-Interstadial“ nicht zwingend gefolgert werden muß, da sich die gestauchten Kohlen in dem unteren Teil eines mächtigen Schotterpaketes befinden, in dessen Hangendem zwar die würmeiszeitliche Moräne ansteht, dessen Liegendes aber von Tertiär gebildet wird. Auch das wahrscheinlich jüngere Moustérien von Veringenstadt muß nicht unbedingt auf das „Göttweig-Interstadial“ verweisen, sondern es kann ebenso gut einen Abschnitt des letzten Interglazials bezeichnen. In diesem Zusammenhang ist bemerkenswert, daß *Fagus* aus eem-interglazialen Schichten Oberitaliens wohl bekannt ist (u. a. MARCHESONI, 1960); die Buche kam damals aber auch in Serbien vor (im Becken der Me-tohija, 21°10' ö. L., 43°00' n. Br.: MARKOVIČ-MARIANOVIČ, 1962), und ihre Kohle wurde sogar aus der Gravette-Kulturschicht von Unter-Wisternitz an den Pollauer Bergen Süd-Mährens beschrieben (KNEBLOVA, 1953), wie auch aus der dem Mittel-Aurignacien angehörenden Kulturschicht in der Istállóskó-Höhle im ungarischen Bükk-Gebirge (VERTES, 1955; zit. bei SCHWABEDISSEN, 1956). Diese Befunde lehren, daß *Fagus* zwar sicherlich während des Eem-Interglazials in Mitteleuropa nahezu unbekannt war, aber schon damals im Nordteil Süd- und Südost-Europas vorhanden war und selbst durch die Unbilden der Letzten Eiszeit nicht vollständig aus diesem Gebiet vertrieben werden konnte. Hiermit liegt der Schluß nahe, daß das Fehlen von *Fagus* während des letzten Interglazials in weiten Teilen Mitteleuropas nicht so sehr ein Effekt eines ungeeigneten Klimas gewesen ist, sondern daß vielmehr einwanderungsgeschichtliche Gründe verantwortlich sein dürften. Damit ist es aber möglich, daß *Fagus* auch während des letzten Interglazials in Gebieten, die zu ihren älteren Refugien günstig gelegen waren, wie etwa in Niederösterreich, eingewandert ist, ohne sich von dort aus allerdings weiter zu verbreiten.

2. Die Baum-Pollenflora des braunen Verlehmungshorizontes von Oberfellabrunn weist, wie oben dargelegt worden ist, große qualitative Ähnlichkeiten mit der heute dort gedeihenden Dendro-Flora auf. Die klimatischen Gegebenheiten müssen demnach zu der hier interessierenden Zeit derart gewesen sein, daß die erwähnte Flora hatte einwandern können. Nun kommen heute *Quercus*, *Ulmus* und *Tilia* durchaus noch in recht kontinentalen, winterkalten Klimaten vor. Aus ihrem Auftreten in dem braunen Verlehmungshorizont von Oberfellabrunn braucht daher noch nicht auf ein Interglazial geschlossen zu werden. *Fagus sylvatica*, *Carpinus Betulus*, *Fraxinus excelsior* und *Taxus baccata* weisen aber gegenwärtig so enge Bindungen an die milden, feuchten und nicht winterkalten subozeanischen Klimate Europas auf (Verbreitungskarten 51 a, 60 d und 33 b bei MEUSEL, 1943), daß ihr gemeinsames Auftreten (zusammen 29,5% der BP-Summe) in dem braunen Verlehmungshorizont in Oberfellabrunn auf ein damaliges Klima verweist, das dem heutigen desselben Gebietes sehr ähnelte. Angesichts dieser Verhältnisse fällt es schwer, den so charakterisierten Klimaabschnitt als Interstadial anzusehen, auch wenn über das Ausmaß der damaligen Bewaldung auf Grund der bisher vorliegenden Analysen keine Angaben gemacht werden können.

3. Der hohe Anteil an *Carpinus*-Pollen, zusammen mit der recht starken Beteiligung anderer edler Laubhölzer bei nur geringer Bedeutung der Coniferen-Pollen, läßt sich bei dem jetzigen Stand unserer Kenntnis am besten dadurch erklären, daß in den betreffenden Proben die *Carpinus*-Zeit des letzten Interglazials erfaßt ist, kurz bevor die Coniferen ihre starke Ausbreitung angetreten hatten. Der sehr geringe Prozentsatz der Coniferen-Pollen mag auch noch dadurch erklärt werden, daß die großen Coniferen-Pollen bei der Bodenbildung schlechter im Löß nach unten gewaschen werden als die kleineren Laubholz-Pollen.

4. Nach den Angaben von REICH (1953) wurde das letzte Interglazial im oberbayerischen Alpenvorland gefolgt von einer „subarktischen“ Phase (ab Zone 8 bei REICH), in der sich zwei wärmere Phasen (11 und 13) abzeichneten, deren erste durch das Auftreten von *Picea omoricoides* gekennzeichnet war. Einen ähnlichen Ablauf der Vegetationsent-

wicklung am Ende des letzten Interglazials spiegeln die Arbeiten von ZAGWIJN (1961) und ANDERSEN (1961) aus Holland und Dänemark wieder, jedoch mit dem Unterschied, daß *Picea omoricoides* dort erst in der zweiten Wärmephase, dem „Brørup-Interstadial“ auftrat. In den Lössen von Oberfellabrunn folgt nun, wie oben hervorgehoben wurde (vgl. auch Abb. 3 und die Zähltablelle) auf den braunen Verlehmungshorizont mit der thermophilen Laubholz-Pollenflora ein Abschnitt mit einer BP-Flora, die am besten als Ausdruck einer subalpinen Waldvegetation aufgefaßt werden kann. Dieselbe Nadelwald-Pollenflora findet sich in dem nur sehr geringen BP-Anteil der Lössschicht, die zwischen den beiden Humuszonen des „Fellabrunner Komplexes“ gelegen ist. Besonders bemerkenswert ist in diesen beiden Schichten, daß sie durch das Auftreten von *Picea omoricoides* gekennzeichnet werden, eine Tatsache, die auf den analogen Ablauf der Vegetationsentwicklung vom Ende des letzten Interglazials bis zum Beginn der Letzten Eiszeit in Oberbayern sowie in Holland und Dänemark verweist.

Die mitgeteilten Beobachtungen und Überlegungen lassen erkennen, daß es wenig gerechtfertigt erscheint, den „Fellabrunner Komplex“ als Ausdruck des „Göttweig-Interstadials“ zu betrachten. Vielmehr ist es offenbar so, daß die unter diesem Namen zusammengefaßte Gruppe fossiler Böden zwei ganz verschiedenen Zeiten angehört: Der braune Verlehmungshorizont wurde während des letzten Interglazials gebildet; der untere Humushorizont dürfte aber der Phase 11 in der von REICH (1953) geschilderten Vegetationsentwicklung der Schieferkohlen von Großweil und Pfefferbichl entsprechen. d. h. er gehört bereits der Letzten Eiszeit an und wird hier dem Amersfoort-Interstadial gleichgesetzt. Der obere Humushorizont des „Fellabrunner Komplexes“ von Oberfellabrunn scheint aber dem Interstadial von Brørup zu entsprechen, wenn sich diese Annahme auch nicht durch pollenanalytische Ergebnisse unterbauen läßt. Das frühe Auftreten von *Picea omoricoides* in Niederösterreich und im bayerischen Alpenvorland gegenüber dem etwas späteren Vorkommen dieser Fichte in Dänemark und Holland ist wohl durch die große Entfernung zwischen dem Alpenvorland einerseits und den betrachteten nordwesteuropäischen Gebieten andererseits zu erklären.

Die Datierung des braunen Verlehmungshorizontes von Oberfellabrunn — als Bildung des Eem-Interglazials — steht mit der von FINK zuerst gemachten Beobachtung in Einklang, daß der fossile Boden bei Göttweig kontinuierlich von seinem bisher bekannten Vorkommen innerhalb eines mächtigen Lößpaketes bis in die obersten Horizonte der rißeiszeitlichen Hochterrasse verfolgt werden kann. Dieser Aufschluß läßt im Gelände an Deutlichkeit und Klarheit nichts zu wünschen übrig.

b) Das Stillfried-B-Interstadial

Ein wichtiger Leithorizont in jungpleistozänen Profilen ist der fossile Boden des Stillfried-B-Interstadials (vielfach auch als „Paudorf“ bezeichnet), der allerdings schwächer und typologisch unklarer ausgebildet ist als die liegenden fossilen Böden des letzten Interglazials und der anschließenden Interstadiale von Amersfoort und Brørup (vgl. hierzu Mittelrhein: REMY, 1960; PAAS, 1962; Tschechoslowakei: KUKLA & LOŽEK, 1961; KLIMA, KUKLA, LOŽEK & DE VRIES, 1961; KUKLA, LOŽEK & BARTA, 1962; Niederösterreich: FINK, 1962; BRANDTNER, 1956; Desnagebiet: VELIČKO, 1961). Die frühere Auffassung, daß der fossile Boden „Stillfried B“ gleichzeitig mit dem „Paudorf“-Boden gebildet worden sei, und daß hierfür insgesamt nur ein relativ kurzer Zeitraum von wenigen Jahrtausenden ausgereicht habe, wird neuerdings von KLIMA & KUKLA (1961), sowie von KLIMA, KUKLA, LOŽEK und DE VRIES (1961) bestritten, die nicht nur eine recht lange Zeitdauer für diese Bodenbildung annehmen (etwa 10 000 Jahre; KLIMA & KUKLA, 1961; d. h. ungefähr von 35 000 (?) bis 25 000 (?) I. v. h.), sondern die diesen Abschnitt des Jungpleistozäns auch als eine Abfolge mehrerer Wärmewellen gedeutet wissen möchten (KLIMA, KUKLA, LOŽEK & DE VRIES, 1961; KUKLA, LOŽEK & BARTA, 1962). Hierin nähern sich die Autoren der Ansicht, die schon früher LEROI-GOURHAN (1960) geäußert hatte, daß nämlich der fragliche Abschnitt des Jungpleistozäns aus dem älteren Interstadial von Arcy (31 000 bis 30 000

vor heute [v. h.] und dem jüngeren Paudorf-Interstadial (28 000 bis 25 000 v. h.) bestanden habe. Unterstützt wird diese Ansicht durch C^{14} -Daten von Proben, die an den Oberkanten des „Stillfried-B“-Bodens in Stillfried und des „Paudorf“-Bodens in Paudorf entnommen worden sind. Hiernach hat die Oberkante des Stillfried-B-Bodens in Stillfried ein Alter von $27\,990 \pm 300$, bzw. $28\,120 \pm 200$ Jahren v. h.; diejenige des Paudorf-Bodens in Paudorf ergab aber mehrfach ein Alter von 30 000 Jahren v. h. (FINK, 1962 b und mündliche Mitteilung).

Die mitgeteilten Beobachtungen lehren, daß auch diese jungpleistozäne Wärmeschwankung möglicherweise einen verwickelteren Ablauf gehabt hat, als bisher angenommen worden ist; vor allem aber zeigen sie, daß das Interstadial einen recht beachtlichen Zeitraum umspannte. In guter Übereinstimmung hiermit steht die von BROTZEN (1961) mitgeteilte Beobachtung einer zwischen 30 000 und 26 000 v. h. bei Göteborg in Süd-Schweden erfolgten Transgression (vgl. weiterhin das Alter der 44-77 m Terrasse auf Franz-Joseph-Land: 36 000 bis 39 000 v. h.: BLAKE, zit. bei DIBNER, 1961).

Sollte die hier noch provisorisch unter dem Namen des Stillfried-B-Interstadials zusammengefaßte Wärmeschwankung tatsächlich einen derart langen Zeitraum eingenommen haben, wie aus den mitgeteilten Beobachtungen hervorzugehen scheint, dann ist unsere bisherige geringe Kenntnis von den Veränderungen, die sich damals in der Vegetationsdecke möglicherweise abgespielt haben, um so erstaunlicher.

LEROI-GOURHAN (1960) kennzeichnete die südfranzösische Vegetation des Interstadials von Arcy als im wesentlichen aus offenen Pflanzengemeinschaften zusammengesetzt (BP nur 20% der gesamten Sporomorphen-Summe). Im Paudorf-Interstadial sei sogar die Bedeutung der BP noch weiter zurückgegangen (nur noch 10%). Bemerkenswert ist, daß während des Interstadials von Arcy im locus classicus neben den nicht weiter erwähnten kälteresistenten Arten auch noch *Quercus*, *Tilia*, *Carpinus* und *Fraxinus* vorgekommen sein sollen; in den Pyrenäen sei aber bei Isturitz *Corylus*, *Alnus* und *Ulmus* gefunden worden. Aus den tschechischen Lößlandschaften beschrieb KNEBLOVA (1953) hingegen eine während des „W_{II-III}“-Interstadials (Stillfried-B) bei Unter-Wisternitz gedeihende subalpine Gehölzvegetation, deren Holzkohlenreste in der Gravette-Kulturschicht sich aus *Pinus silvestris* (35 Stück), *P. Cembra* (29 Stück), *P. cf. mugo* (18 Stück), *Picea excelsa* (17 Stück), *Larix decidua* (12 Stück) und *Fagus sylvatica* (ein Stück) zusammensetzte. Hiermit in Einklang steht die Beobachtung, daß die für die C^{14} -Analysen verwandten Holzkohlen des locus typicus für den Stillfried-B-Horizont ausnahmslos aus Resten von *Picea* oder *Larix* bestanden haben (die früher bei FINK, 1962 b, enthaltene Angabe von *Larix decidua*-Kohlen dieses Horizontes muß in der oben gegebenen Form revidiert werden, da die von GREGUSS, 1955, aufgeführten xylotomischen Merkmale doch nicht so sicher zu sein scheinen, daß zwischen den Kohlen von *Picea* und *Larix* einwandfrei unterschieden werden kann). Ausmaß und Art der damaligen Bewaldung lassen sich jedoch weder aus den Beobachtungen bei Unter-Wisternitz noch bei denjenigen von Stillfried ermitteln. Hier vermögen die pollenanalytischen Untersuchungen des Holzkohlen-Horizontes von Stillfried B Aufschluß zu geben.

Auf S. 19 wurde bereits auf Grund des Verhältnisses der BP zu der gesamten Sporomorphen-Summe geschlossen, daß das Gebiet damals Gehölze getragen haben muß. Der Anteil von 31,0% BP, der sich mit Ausnahme der Pollen von *Tilia* und *Acer* lediglich aus Blütenstaub anemogamer Pflanzen zusammensetzt, läßt jedoch erkennen, daß die Bewaldung nicht geschlossen gewesen sein kann, sondern daß wahrscheinlich nur schmale Waldgebiete den Flüssen an edaphisch günstigen Standorten gefolgt sind. Zu Gunsten dieser Ansicht spricht weiterhin der hohe Anteil von *Botrychium*-Sporen an der gesamten Sporensomme (71 von 127 Sporen); denn der heutige Verbreitungsschwerpunkt dieses Farns liegt in den offenen Pflanzengemeinschaften, nicht aber im Wald. Entsprechend den paläobotanischen Befunden in Unter-Wisternitz und Stillfried bestand die Baumvegetation in den betrachteten Gebieten damals wohl im wesentlichen aus Nadelhölzern (Pollenflora

bei Stillfried: *Picea Abies* 49,5%, *Pinus* Sect. *Diploxylon* 21,3%, *Abies alba* 1,3%, *Larix* 0,6%). Ihnen gesellten sich aber an den feuchteren Standorten verschiedene Laubhölzer hinzu, und zwar etwa bei Stillfried die Holzpflanzen des Ulmen-Eschen-Auenwaldes: *Ulmus* 8,5%, *Fraxinus* 1,2%, *Acer* 0,3%, *Populus* 0,6%; hierher ist vielleicht auch *Salix* (7,8%) zu zählen. An edaphisch und kleinklimatisch besonders begünstigten Standorten des Marchtales und seiner Nebenflüsse, vielleicht aber auch in den im Osten benachbart gelegenen Kleinen Karpathen, scheinen *Quercus* (0,3%), *Tilia* (0,3%) und *Carpinus* (1,6%) lokal vorgekommen zu sein, ergänzt von *Fagus*, die nach KNEBLOVAS Angaben (1953) vereinzelt bei Unter-Wisternitz gestockt haben dürfte.

Hatten sich also damals neben den in den Tälern vorherrschenden Fichten- und Kiefernwäldern, denen vereinzelt *Abies* und *Larix* (Pollen!) beigemischt war, und deren subalpiner Charakter sowohl durch die Holzkohlen von *Pinus Cembra* und *P. cf. mugo*, als auch durch *Selaginella* und *Botrychium* erwiesen zu sein scheint, auch edelere Laub-Mischwaldtypen beigelegt, so dürften die trockeneren Plateaus der umgebenden Lößlandschaft doch noch von steppenartigen Pflanzengemeinschaften eingenommen gewesen sein (NBP im Holzkohlenhorizont von „Stillfried B“ 52,9%). Sie wurden beherrscht von *Gramineae* (21,8% der NBP-Summe), *Artemisia* (18,7%), sehr verschiedenen anderen Compositen (10,4%), *Plantaginaceae* (8,6%), *Urtica* (6,2%), *Papilionaceae* (5,7%), sowie *Polygonaceae* (4,4%) und *Chenopodiaceae* (4,0%); vgl. auch die Zähltablelle und Abb. 5). Ob in diesen Steppen damals noch Löss gebildet worden sind, läßt sich gegenwärtig nicht feststellen.

Die mitgeteilten Beobachtungen lehren, daß während des Stillfried B-Interstadials (*sensu lato*) sowohl in Süd-Frankreich als auch in Niederösterreich und in Mähren der Wald wieder eingewandert war, daß er aber in allen bisher untersuchten Gebieten offenbar von nur geringer Bedeutung gewesen ist und lediglich die besonders begünstigten und feuchteren Standorte eingenommen hatte. Im Übrigen herrschte auch damals die offene, steppenartige Vegetation auf weiten Flächen Mitteleuropas. Dieser Sachverhalt, zusammen mit den oben mitgeteilten Angaben über eine möglicherweise recht lange Dauer des erwähnten Interstadials sowie über die marine Transgression bei Göteborg, ist aber gegenwärtig noch recht unverständlich. Sicherlich war das Klima in dem Untersuchungsgebiet während der Lößzeiten vor und nach der Bildung des fossilen Bodens von Stillfried B wesentlich trockener als gegenwärtig. Aber beide Löß-Steppenzeiten hatten nicht denselben Klimacharakter, denn der Pollenanteil xerophiler Pflanzen gegenüber demjenigen hygrophiler Pflanzen ist in dem liegenden letzteiszeitlichen Löß viel geringer als in dem oberhalb des Stillfried-B-Bodens anstehenden Löß (Tabelle 1). Diese Befunde werden gestützt durch LOŽEKS malakozoologische Analysen tschechischer Löss (vgl. LOŽEK, 1955; 1961; PROŠEK & LOŽEK, 1953, 1954, 1957; LOŽEK & KUKLA, 1959; KUKLA & LOŽEK, 1961; KLIMA, KUKLA, LOŽEK & DE VRIES, 1961; KUKLA, LOŽEK & BARTA, 1962), nach denen ebenfalls die auf das Stillfried-B-Interstadial folgende Lößsteppenzeit wesentlich trockener und kälter war als die vorangegangene. War somit die ältere Löß-Steppenzeit feuchter als die jüngere, so mögen in ihr Gehölzpflanzen an edaphisch und kleinklimatisch geeigneten Standorten, wie etwa in den Karpathen oder aber auch im ungarischen Mittelgebirge und in den nordjugoslawischen Gebirgen, vereinzelt vorgekommen sein, die bei einer nur geringen Klimabesserung schnell nach Norden vorstoßen konnten. Diese Klimaschwankung während des Stillfried B scheint einerseits eine geringe Verbesserung des Wasserhaushaltes gebracht zu haben, wie aus der Kalkanreicherung unterhalb des fossilen Bodens in Stillfried geschlossen werden kann (FINK, 1955; für Unter-Wisternitz: KLIMA, KUKLA, LOŽEK & DE VRIES, 1961). Andererseits dürfte sie in einer schwachen Temperaturzunahme bemerkbar gewesen sein. Falls angenommen werden darf, daß die damalige Gehölzvegetation ihre bezüglich der thermischen Verhältnisse maximal mögliche Ausdehnung und Zusammensetzung erlangt hatte, dann folgt aus dem Charakter der Baumpollen-Flora des Holzkohlenhorizontes von Stillfried B, daß die Jahresmitteltem-

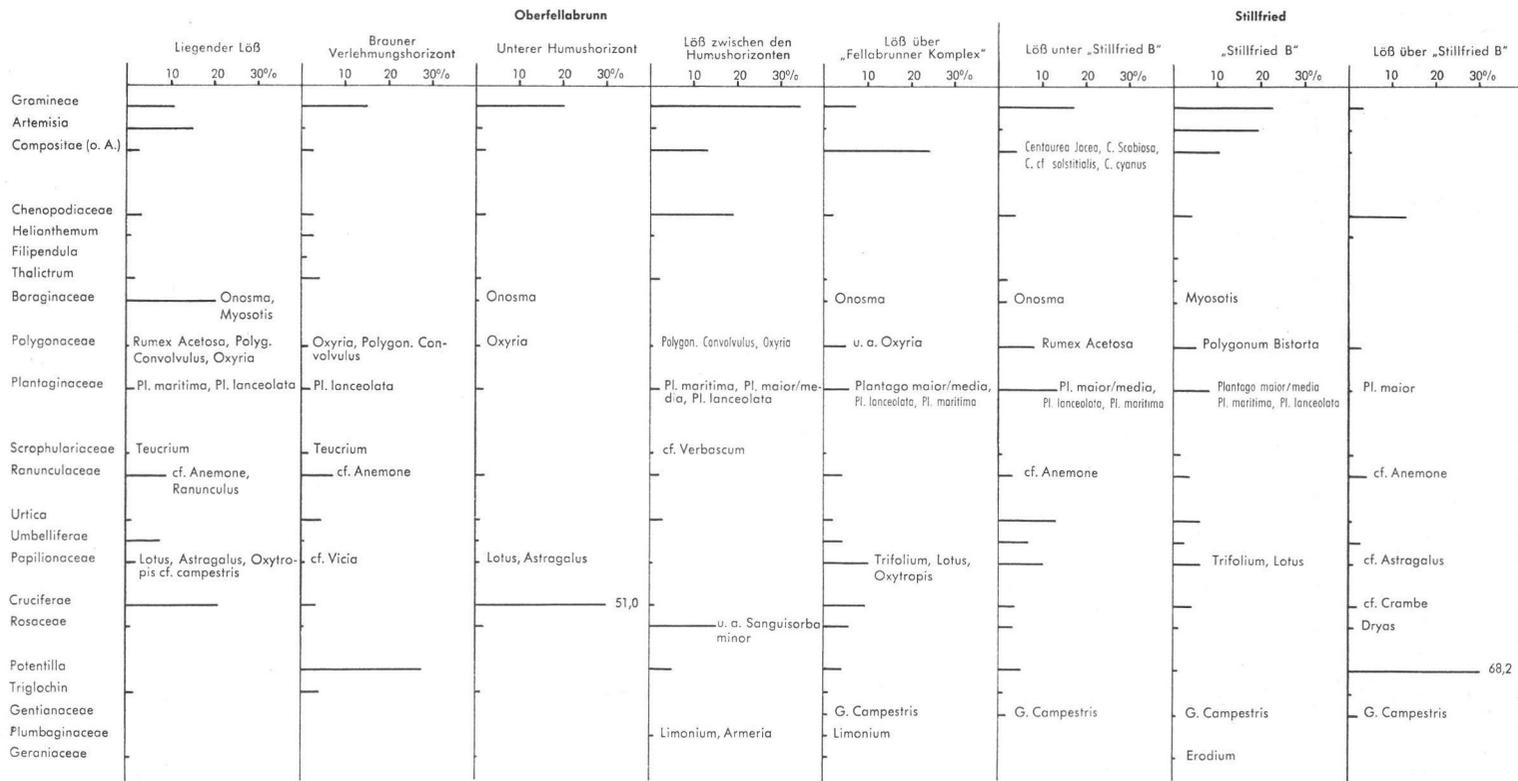


Abb. 5. Nichtbaumpollen-Spektren der untersuchten Horizonte der Lößprofile von Oberfellabrunn und Stillfried. Gegenüber den Werten der Zähltable sind hier nur die wichtigsten Pollentypen berücksichtigt worden.

Zähltable

Pollentypen	Oberfellabrunn					Stillfried		
	Liegender Löß	Brauner Verwitterungshorizont	Unterer Humushorizont	Löß-Zwischenschicht	Jüngster Löß	Würrmlöß unter Stillfried B	Stillfried B	Würrmlöß über Stillfried B
Nichtbaumpollen, Summe = 100%								
Gramineae	10,4	15,0	19,8	33,7	6,8	16,7	21,8	2,9
Artemisia	16,3	0,5	1,0	1,1	0,3	0,6	18,7	0,2
Compositae (ohne A.)	2,2	2,2	2,0	12,8	23,8	4,0	10,4	0,35
Chenopodiaceae	2,8	2,2	1,4	18,8	1,5	3,1	4,0	12,6
Helianthemum	0,7	2,5	—	0,7	—	—	—	0,2
Filipendula	—	1,1	—	—	—	—	0,2	—
Thalictrum	1,3	4,1	0,6	1,8	0,5	1,5	0,6	—
Boraginaceae	20,2	—	0,6	—	1,1	1,5	0,2	—
Polygonaceae	0,2	1,6	1,0	0,2	5,1	8,0	4,4	2,5
Plantaginaceae	1,3	1,9	1,2	1,8	5,3	13,5	8,6	0,06
Scrophulariaceae	0,4	1,4	—	0,3	0,3	0,9	1,7	0,7
Ranunculaceae	8,7	7,1	2,0	1,8	3,9	2,9	3,1	3,4
Urtica	0,2	4,4	0,7	2,5	1,5	13,1	6,2	0,1
Umbelliferae	7,6	0,5	0,2	—	3,9	6,5	2,4	2,4
Papilionaceae	2,0	0,5	0,8	0,3	9,7	9,7	5,7	0,8
Cruciferae	21,0	2,7	51,0	0,7	9,4	3,4	4,0	1,5
Rosaceae	0,9	0,5	1,4	14,5	5,6	2,9	0,7	0,3
Potentilla	—	27,3	—	4,5	4,0	4,9	0,9	68,2
Triglochin	1,3	3,8	0,2	—	0,3	0,6	—	0,1
Gentianaceae	—	—	—	—	0,9	1,3	0,2	2,0
Plumbaginaceae	—	—	—	0,3	0,2	—	—	—
Geraniaceae	0,2	—	0,2	—	0,8	—	0,2	—
Cyperaceae	0,9	1,2	1,0	0,4	0,1	—	—	—
Caryophyllaceae	0,4	—	1,0	2,1	0,4	1,1	0,7	—
Campanulaceae	—	0,2	0,2	—	—	1,1	2,6	—
Colchicum	—	0,2	—	—	—	—	—	—
Papaveraceae	0,4	1,2	—	—	0,1	0,2	—	0,9
Arum/Asarum	—	1,0	—	—	—	—	—	—
Teucrium	—	0,2	—	—	—	—	—	—
Linaceae	—	0,4	—	0,4	—	—	0,2	—
Saxifragaceae	—	0,4	—	—	0,2	—	0,2	—
Labiatae	0,4	0,2	0,2	0,4	0,2	0,8	0,6	—
Rubiaceae	0,4	0,4	0,2	0,4	0,8	1,1	1,1	—
Balsamineae	—	0,2	—	—	—	—	—	—
Onagraceae	—	0,4	—	—	—	—	—	—
Liliac./Iridac.	0,7	—	0,2	—	—	—	—	—
Valerianaceae	0,2	—	—	—	—	—	—	—
Euphorbiaceae	0,7	—	—	—	—	0,6	—	—
Polygalaceae	0,2	—	—	—	0,1	—	—	—
Dipsacaceae	—	—	—	—	0,2	—	0,2	0,4
Malvaceae	—	—	—	—	0,1	—	—	—
Violaceae	—	—	—	—	—	—	0,4	0,3
Hypericum	—	—	—	—	—	0,2	—	—
Primulaceae	—	—	—	—	—	—	—	0,06
Daphne	—	—	—	—	—	—	—	0,06

Sporen, absolut:

Polypodiaceae	5	14	33	11	3	10	38	1
Lycopodium	—	—	8	1	3	—	2	—
Selaginella	—	1	—	1	1	1	1	—
Musci	2	3	36	11	1	15	15	—
Botrychium	—	—	—	—	—	1	71	—

peratur bei Stillfried etwa 5° C geringer war als gegenwärtig, denn an die Stelle der heutigen Eichen-Hainbuchenwälder war damals die untere Stufe des subalpinen Fichten-Lärchen-Kiefern-Waldes getreten, dessen Untergrenze auf den benachbarten Gebirgen gegenwärtig rund 1000 m höher gelegen ist. Ob eine derart geringe Jahresmittel-Temperatur allerdings ausgereicht haben kann, eine Transgression des Weltmeeres zu erzeugen (BROTZEN, 1961), ist fraglich, besonders, da wir nicht wissen, in wie starkem Maße sich vorher das Meer zurückgezogen hatte. Es ist allerdings ebenfalls denkbar, daß das Klima während des Stillfried-B-Interstadials zwar in dem geschilderten Maße trockener als heute war, daß die Jahresmitteltemperaturen aber doch höher lagen, als oben angenommen worden ist. Dann müßte der unbedeutende Vorstoß edler Laubhölzer einwanderungsgeschichtlich erklärt werden; denn es ist in diesem Falle denkbar, daß die mehrmaligen Oszillationen des Klimas während des Stillfried B-Interstadials, von denen eingangs die Rede war, nicht die klimatisch mögliche Wiederbewaldung zugelassen hatten. Die vorliegenden Untersuchungen reichen nicht aus, um zwischen diesen Möglichkeiten zu entscheiden, oder um eine andere Ursache zu erkennen. Weitere pollenanalytische Beobachtungen können hier ein gutes Stück weiterführen.

2. Über die eiszeitlichen Steppen im Ostteil Niederösterreichs

In den vorangegangenen Ausführungen ist mehrfach auf die eiszeitlichen Lößsteppen verwiesen worden, ohne daß diese bisher genauer charakterisiert worden sind. Die Zähl-tabelle und Abb. 5 zeigen nun, daß die Zusammensetzung der Nichtbaumpollen-Flora innerhalb der einzelnen untersuchten Horizonte außerordentlich stark voneinander verschieden ist. Da sich diese Unterschiede nicht nur auf die entomogamen, sondern auch auf die anemogamen Pflanzen der Krautschicht erstrecken, müssen innerhalb der Löß-Steppenvegetation zu verschiedenen Zeiten, wahrscheinlich aber auch in unterschiedlichen Gebieten (vgl. jüngster Löß von Oberfellabrunn und der mehr oder weniger gleichalte älteste untersuchte Löß in Stillfried, Abb. 5), von einander abweichende Pflanzengemeinschaften vorgekommen sein. Es kann also nicht von der Löß-Steppe als einem pflanzengeographischen Typ schlechthin gesprochen werden.

In nahezu allen untersuchten Löß-Horizonten sind die *Gramineae* mit hohen Prozent-sätzen vertreten. Dies ist angesichts der in dieser Familie weitaus vorherrschenden Anemogamie, damit aber auch der hohen Pollenproduktion und leichten Verwehbarkeit des Blütenstaubs, nicht verwunderlich. Desto erstaunlicher ist es, daß der jüngste Löß in Stillfried, der bereits früher als besonders reich an Pollen xerophiler Pflanzen gekennzeichnet worden ist (Tabelle 1), nur einen außerordentlich geringen Gramineen-Anteil aufweist (2,9%), im Gegensatz zu dem hohen Gehalt an Pollen der *Chenopodiaceae*, aber auch verschiedener anderer Kräuter, so besonders derjenigen des *Potentilla*-Pollentyps. Diese Besonderheiten in der NBP-Flora des jüngsten Lösses von Stillfried, wie aber auch die Beobachtung, daß bisher nur in diesem Lößhorizont Pollen von *Dryas* vorgekommen ist und daß die Menge des *Gentiana Campestris*-Pollentyps in ihm recht hohe Werte erreicht, streicht noch einmal die Sonderstellung derjenigen Löß-Steppenvegetation heraus, die nach unseren bisherigen Kenntnissen während des Kältemaximums der letzten Eiszeit geherrscht hat.

Der hohe Anteil der *Chenopodiaceae*-Pollen an der NBP-Flora dieses jüngsten Lösses einerseits, sowie die bemerkenswerte Tatsache, daß die *Chenopodiaceae*-Pollen in diesem Löß nur durch einen einzigen Typ vertreten sind, wohingegen alle älteren Lössse eine große Vielzahl der verschiedensten *Chenopodiaceae*-Pollentypen aufweisen, auch wenn ihr Anteil an der gesamten NBP-Summe nur gering ist, läßt Artbestimmungen wünschenswert erscheinen. Umfangreiche eigene Kontroll-Untersuchungen an rezentem Vergleichsmaterial (z. T. in dem Subdepartment of Quaternary Research in Cambridge durchgeführt, wofür auch an dieser Stelle Herrn Professor Dr. H. GODWIN sehr herzlich gedankt sei), haben aber bedauerlicherweise gezeigt, daß entgegen den Angaben von MONOSZON

(1952) und GAMS (1958) eine palynologische Bestimmung der Arten und Gattungen dieser Familie gegenwärtig noch nicht möglich ist.

Ein ebenfalls hervorstechendes Charakteristikum der fossilen Steppenflora dürfte sein, daß die windblütige *Artemisia* mit Ausnahme des ältesten Lösses von Oberfellabrunn und desjenigen des Holzkohlenhorizontes von Stillfried B nur von untergeordneter Bedeutung gewesen ist, so daß die damalige Vegetation sicher nicht als *Artemisia*-Steppe bezeichnet werden darf, sondern eher als verschiedene Typen einer gräserreichen Kräutersteppe angesehen werden muß. Daß aber selbst unter den Gramineen zu den verschiedensten Zeiten recht unterschiedliche Gattungen und Arten beteiligt waren, geht aus den gröszenstatistischen Beobachtungen hervor, deren Ergebnisse in Abb. 1 zusammengetragen sind. Denn, obwohl eine weitere Bestimmung der Gramineen-Pollen, etwa nach den Angaben von BEUG (1961), bisher aus Zeitgründen noch nicht durchgeführt worden ist, wird aus dieser Abbildung deutlich, daß die Gramineenflora zu den verschiedenen Zeiten aus abweichenden Gattungen und Arten bestanden hat.

In den jüngeren Lössen ist verschiedentlich *Plantago* recht wichtig. Hierbei zeigt es sich schnell, daß die echten Lössen durch einen relativ hohen Gehalt an *Plantago maritima*-Pollen gekennzeichnet sind, der innerhalb des Holzkohlenhorizontes von Stillfried B auf nur sehr geringe Werte absinkt (Tabelle 3).

Tabelle 3

Anteil der einzelnen *Plantago*-Pollentypen an der Gesamtzahl der *Plantago*-Pollen
(absolute Werte)

Lokalität und Horizont	<i>lanceolata</i>	<i>Plantago</i> <i>maior/media</i>	<i>maritima</i>
Stillfried:			
Stillfried B	6	16	7
Liegender Löß	13	25	30
Oberfellabrunn:			
Jüngster Löß	9	18	17

Die älteren Lössen und der jüngste Löß in Stillfried eignen sich leider nicht zu derartigen Analysen, weil in ihnen *Plantago* nur mit geringen Werten vertreten ist. Das Auftreten von *Plantago maritima*, als einer halophilen Art, läßt an Böden denken, die unter dem extrem trocken-kalten Klima versalzen waren. Diese Ansicht ist schon früher von MONOSZON (1957, 1961) auf Grund des angeblichen Vorkommens von Pollen halophiler *Chenopodiaceae*, wie etwa *Suaeda confusa*, *S. caniculata*, *Salsola* sp., *Kochia prostrata*, *Salicornia herbacea*, *Petrosimonia* sp. u. a. für mittelrussische hochglaziale Sedimente behauptet worden. Wie bereits oben erwähnt worden ist, lassen aber eigene Kontroll-Untersuchungen an rezemem Vergleichsmaterial diese Artbestimmungen nicht zu. Ob also der Salzgehalt des Bodens während des Hochglazials infolge der klimatischen Gegebenheiten allgemein besonders erhöht war, oder ob sich in dem gehäuftesten Auftreten von *Plantago maritima* in letzteiszeitlichen Sedimenten, die älter als das „Stillfried B“ sind, nur lokale Besonderheiten des auch heute durch seine halophile Flora bekannten Gebietes am Unterlauf der March abzeichnen, ist vorläufig nicht zu beantworten. Allerdings sprechen der geringe Anteil der *Plantago maritima*-Pollen in der offenen Vegetation zur Zeit der unter einem humideren Klima erfolgenden Bildung des Stillfried B-Bodens sowie die von FLORSCHÜTZ (1958) aus den Niederlanden mitgeteilten Funde (38 100 ± 500 v. h.) makroskopischer Reste der halophilen *Blysmus rufus*, *Corispermum* sp., *Triglochin maritima* und *Zannichellia palustris* ssp. *pedicellata* für die Richtigkeit der Annahme, daß mindestens während des ersten Teiles der Würm-Eiszeit die Böden Mitteleuropas aus klimatischen Gründen verschiedentlich versalzen waren. Weshalb diese Salzanreicherung in den oberen

Bodenhorizonten während des viel extremer trocken-kalten Abschnittes der Letzten Eiszeit nach dem Stillfried B-Interstadial in den untersuchten Profilen nicht oder nicht so deutlich nachgewiesen werden kann, dürfte wohl erst dann zu erklären sein, wenn wir über mehr Angaben über Ausmaß und Mächtigkeit des Dauerfrostes innerhalb der einzelnen Abschnitte der Würm-Eiszeit verfügen.

In der spätglazialen Vegetation Europas sind Pflanzengemeinschaften recht wichtig gewesen, in denen neben *Artemisia* noch *Helianthemum*, *Filipendula* und *Thalictrum* eine bisweilen recht große Rolle gespielt hatten. Daß *Artemisia* in den eiszeitlichen Steppen Niederösterreichs nicht wesentlich hervorgetreten ist, wurde bereits gesagt. Aber auch die Bedeutung der anderen heliophilen Spätglazialpflanzen ist in den Löß-Pollenfloren außerordentlich gering. Diese Beobachtung wird noch bestätigt durch das fast völlige Fehlen von *Ephedra* in allen Proben. Vielleicht war das Klima für die erwähnten Charakterpflanzen des Spätglazials doch bereits zu kalt. Zu Gunsten dieser Ansicht könnte gewertet werden, daß diejenige Gattung, deren heutiger Verbreitungsschwerpunkt auf die geringste Kälteresistenz schließen läßt, nämlich *Filipendula*, insgesamt in den untersuchten Proben am seltensten vorkommt; *Helianthemum*, deren einzelne Vertreter gegenwärtig bis in die alpine Region hinaufsteigen, kam damals etwas häufiger vor, und *Thalictrum*, das mit einzelnen Arten noch heute in der alpinen Region und in der Tundra vertreten ist, wird in den Präparaten am häufigsten verzeichnet. Unabhängig davon, ob diese Interpretation zutrifft, kann aus der geringen Bedeutung der für das Spätglazial so charakteristischen Pflanzen geschlossen werden, daß die Vegetation der eiszeitlichen Lößsteppen Niederösterreichs nicht mit derjenigen der spätglazialen Steppenvegetation identisch gewesen ist.

Während der Letzten Eiszeit war auch in dem Untersuchungsgebiet der Boden über längere Zeiten hinweg ewig gefroren, und der Frost verursachte starke Deformationen und Kryoturbationen in den Sedimenten auf den älteren Teilen des Reliefs, so etwa auf der „Gänsersdorfer Terrasse“ (FINK, 1955). Diese klimatischen Verhältnisse lassen einen damaligen Vorstoß der Tundravegetation bis an den Nordfuß der Alpen möglich erscheinen. Bemerkenswerterweise konnten jedoch mit Ausnahme des jüngsten Lösses bei Stillfried, wo, wie bereits erwähnt, wenige Pollenkörner von *Dryas*, aber auch zwei Pollenkörner von cf. *Koenigia islandica* gezählt worden sind, in den untersuchten Proben niemals Hinweise auf eine eiszeitliche Tundravegetation gefunden werden. Abgesehen von dem Fehlen oder der nur untergeordneten Bedeutung der schon aus edaphischen Gründen kaum zu erwartenden *Cyperaceae* und *Juncaceae*, fällt das vollständige Fehlen von *Ericaceae*- und *Empetrum*-Pollen besonders auf. Vereinzelt wurde *Oxyria* beobachtet (vgl. Abb. 5), aber unter etwa 16 000 PK wurde kein einziges Korn von *Polemonium* registriert. Außerdem ist die qualitative Zusammensetzung der hier mitgeteilten Pollenspektren ganz anders, als etwa die von FIRBAS (1934) und AARIO (1940, 1944) aus der Tundra beschriebenen Pollenspektren rezenter Oberflächenproben vermuten lassen. Dieser Befund führt zu der Frage, ob die eiszeitliche offene Vegetation überhaupt mit den heutigen Tundren oder Steppen verglichen werden kann. Um hierauf eine Antwort zu finden, sind in Abb. 6 auf der Karte der letzteiszeitlichen Vegetation Nord-Eurasiens (FRENZEL, 1960) Sektorendiagramme der hochglazialen offenen Vegetation eingetragen, wobei die Prozentwerte bestimmter bezeichnender Gruppen, nämlich von *Artemisia*, *Gramineae*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae* und verschiedenen Kräutern zusammengefaßt sind (Literatur bei FRENZEL, 1960, 1962, 1963; FIRBAS & FRENZEL, 1960, 1961). Zum Vergleich sind auf dieser Abbildung Pollenspektren rezenter Pflanzengemeinschaften aufgetragen, und zwar von Steppen und Halbwüsten des Kaspi-See-Gebietes (FEDOROVA, 1955), von nordeuropäischen Tundren (AARIO, 1940, 1944), sowie von einer arktischen Steppengesellschaft auf der Taimyr-Halbinsel (ZAKLINSKAJA, 1959). Wie Abb. 6 zeigt, kann innerhalb der letzteiszeitlichen offenen Vegetation Nord-Eurasiens ein nördlicher und sibirischer Typ einerseits unterschieden werden, der in der Regel durch sehr hohe Anteile von *Artemisia*, verschiedenen Kräutern und Gramineen gekennzeichnet wurde, bei nur untergeordneter Beteiligung der

Chenopodiaceae; ihm steht andererseits der südliche Typ der eiszeitlichen offenen Vegetation gegenüber, der durch die oft absolute Vorherrschaft der *Chenopodiaceae* charakterisiert wird, wohingegen in ihm besonders *Artemisia* und die Gramineen, vielfach aber auch die verschiedenen Kräuter zurücktreten. Wie weit das für Niederösterreich angegebene Pollenspektrum des jüngsten Lösses von Stillfried einen eigenen, westlichen Typ der eiszeitlichen offenen Vegetation darstellt, müssen weitere pollenanalytische Untersuchungen erst zeigen. Bei einem Vergleich dieser eiszeitlichen Pollenspektren mit denen der rezenten offenen Vegetationstypen fällt auf, daß die beiden herausgeschälten Spektrentypen nicht mit denjenigen der heutigen Vegetation vergleichbar sind: Der hohe Chenopodiaceen-Anteil nähert zwar den Typ der südlichen eiszeitlichen Vegetation demjenigen der heutigen Halbwüsten des Kaspisee-Gebietes. Die gegenwärtigen Halbwüsten fallen aber durch das nahezu völlige Fehlen anderer Kräuter auf, wie auch durch den sehr geringen Anteil an Gramineen-Pollen (die Pollenspektren der rezenten Oberflächenproben aller zum Vergleich betrachteter Gebiete stellen Mittelwerte aus einer größeren Zahl von Einzeluntersuchungen dar). Die heutigen Steppen dieses Gebietes sind jedoch bezüglich ihres hohen *Artemisia*-Pollengehaltes mit dem nördlichen eiszeitlichen Vegetationstyp vergleichbar; sie unterscheiden sich aber von ihm durch den nur sehr geringen Anteil an anderen Kräutern, sowie durch das Fehlen der Cyperaceen. Die heutige nordeuropäische Tundravegetation ist wiederum nicht direkt mit einem der beiden eiszeitlichen Vegetationstypen vergleichbar, weil in ihr Artemisien und Chenopodiaceen völlig fehlen. Das Fehlen der Chenopodiaceen in den Oberflächenproben der Taimyr-Halbinsel weist aber bei sonst recht guter Übereinstimmung mit dem nördlichen eiszeitlichen Vegetationstyp darauf hin, daß auch diese Pflanzengemeinschaft nicht als direkter Nachkomme der eiszeitlichen offenen Vegetation angesehen werden kann.

Aus dem Gesagten geht somit hervor, daß die eiszeitliche offene Vegetation des Untersuchungsgebietes, wie aber auch der weiten Löss-Landschaften in den übrigen Gebieten Nord-Eurasiens, nicht mit der Nomenklatur der heutigen Tundren, Steppen oder Halbwüsten beschrieben werden kann, sondern daß sie aus besonderen, heute mindestens in größerem Maße nicht mehr existierenden Typen bestand, die zeitlich und räumlich deutlich voneinander unterschieden waren. Am ehesten lassen sich die jungpleistozänen offenen Vegetationstypen Niederösterreichs, in denen damals Löss akkumuliert wurde, noch als gramineenreiche Kräutersteppen bezeichnen, in denen zeitweise (so besonders während des Kältemaximums der Letzten Eiszeit) einzelne Elemente der heutigen Tundrenflora vorhanden waren, ohne daß von ihnen damals echte Pflanzengesellschaften der heutigen Tundren gebildet worden sind. Wie weit die Bedeutung der Tundrenflora während der durch eine heftige Solifluktion gekennzeichneten Abschnitte der Letzten Eiszeit auch in dem Untersuchungsgebiet zugenommen hatte, müssen künftige Arbeiten zeigen.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt. Meiner Technischen Assistentin, Fräulein Birgit LÜTTCHER, danke ich für die verständnisvolle Mitarbeit.

Literaturverzeichnis

- AARIO, L.: Waldgrenzen und subrezente Pollenspektren in Petsamo Lappland. - Ann. Acad. Sci. Fennicae, Ser. A, 54, Nr. 8, 120 S., Helsinki 1940. -- Über die pollenanalytischen Methoden zur Untersuchung von Waldgrenzen. - Geol. Fören. Förhandl. 66, 337-354, Stockholm 1944.
- ANDERSEN, S. Th.: Vegetation and its Environment in Denmark in the Early Weichselian Glacial (Last Glacial). - Danmarks geol. Unders., II. Raekke, Nr. 75, 175 S., Kopenhagen 1961.
- ANDERSEN, S. Th., H. DE VRIES, and W. H. ZAGWIJN: Climatic Change and Radiocarbon Dating in the Weichselian Glacial of Denmark and the Netherlands. - Geologie en Mijnbouw, N. S. 22, 38-42, Delft 1960.

- ASSARSON, G., och E. GRANLUND: En metod för pollenanalys av minerogena jordarter. - Geol. Fören. Förhandl. 46, 76-82, Stockholm 1924.
- BEUG, H.-J.: Leitfaden der Pollenbestimmung. - Stuttgart 1961.
- BIRKENMAJER, K., i. A. SRODON: Interstadial oryński w Karpatach. - Z badań czwartorzędowej w Polsce 9, 9-70, Warszawa 1960.
- BRANDTNER, F.: Über die relative Chronologie des jüngeren Pleistozäns Niederösterreichs. - Archaeologia Austriaca 5, 101-113, Wien 1950. - - Jungpleistozäner Löss und fossile Böden in Niederösterreich. - Eiszeitalter u. Gegenw. 4/5, 49-82, 1954. - - Lössstratigraphie und paläolithische Kulturabfolge in Niederösterreich und in den angrenzenden Gebieten. - Eiszeitalter u. Gegenw. 7, 127-175, 1956.
- BROTZEN, F.: An Interstadial (Radiocarbon Dated) and the Substages of the Last Glaciation in Sweden. - Geol. Fören. Förhandl. 83, 144-150, Stockholm 1961.
- BRUNNACKER, K.: Regionale Bodendifferenzierungen während der Würmeiszeit. - Eiszeitalter u. Gegenw. 7, 43-48, 1956. - - Die Geschichte der Böden im jüngeren Pleistozän in Bayern. - Geologica Bavarica 34, 95 S., München 1957. - - Bemerkungen zum Profil Hörmating/Obb. - Eiszeitalter u. Gegenw. 13, 125-128, 1962.
- DIBNER, V. D.: Neue Angaben zur Paläogeographie des Anthropogens von Franz-Joseph-Land im Lichte neuer Radiocarbon-Daten. - Doklady Akad. Nauk SSSR 138, 893-894, Moskau 1961 (russ.).
- DIMBLEBY, G. W.: Soil Pollen Analysis. - Journal of Soil Sciences. - 12, 1-11, Oxford 1961 (a). - - Transported Material in the Soil Profile. - Journal of Soil Sciences. - 12, 12-22, Oxford 1961 (b).
- DUMAIT, P.: Le vibroséparateur. - Pollen et Spores 4, 311-316, Paris 1962(a). - - Le vibroséparateur et son emploi dans la concentration des pollens contenus dans les sédiments. - C. R. Acad. Sci. Paris 255, 1637-1639, 1962.
- EBERS, E.: Drumlinkerne, ältere Würmschotter und das Würm-Interstadial-Profil von Hörmating/Obb. - Eiszeitalter u. Gegenw. 11, 64-76, 1960.
- FEDOROVA, R. V.: Waldphasen in der spät-holozänen Vegetationsgeschichte des Stavropol- und Ergeni-Gebietes. - Trudy Inst-a Geografii, Akad. Nauk SSSR, 63; Materialy po geomorf. i paleogeografii SSSR 13, 57-127, Moskau 1955 (russ.). - - Der Transport der Graspollen in der Luft. - Trudy Inst-a Geografii, Akad. Nauk SSSR 77; Materialy po geomorf. i paleogeografii, SSSR 21, 145-156, Moskau 1959 (russ.).
- FELGENHAUER, F., J. FINK & H. DE VRIES: Studien zur absoluten und relativen Chronologie der fossilen Böden in Österreich. I. Oberfellabrunn. - Archaeologia Austriaca 25, 35-73, Wien 1959.
- FINK, J.: Das Marchfeld. - Verhandl. geol. Bundesanstalt, Sonderheft D, 88-116, Wien 1955. - - Leitlinien einer österreichischen Quartärstratigraphie. - Mitt. geol. Ges. Wien 53, 249-266, 1960. - - Die Gliederung des Jungpleistozäns in Österreich. - Mitt. geol. Ges. Wien 54, 1-25, 1962(a). - - Studien zur absoluten und relativen Chronologie der fossilen Böden in Österreich. II. Wetzleinsdorf und Stillfried. - Archaeologia Austriaca 31, 1-18, Wien 1962(b).
- FIRBAS, F.: Über die Bestimmung der Walddichte und der Vegetation walddloser Gebiete mit Hilfe der Pollenanalyse. - Planta 22, 109-145, Berlin 1934. - - Waldgeschichte Mitteleuropas, I, 480 S., Jena 1949; II, 256 S., Jena 1952. - - Über das *Fagus*-Vorkommen im „Interglazial“ von Wasserburg am Inn (Oberbayern). - Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich 33, 81-90, 1958.
- FIRBAS, F., & F. BROIHAN: Das Alter von Trockentorfschichten im Hils. - Planta 26, 291-302, Berlin 1936.
- FIRBAS, F. & B. FRENZEL: Floren- und Vegetationsgeschichte seit dem Ende des Tertiärs. - Fortschritte der Botanik 22, 87-111, Berlin 1960. - - Floren- und Vegetationsgeschichte seit dem Ende des Tertiärs. - Fortschritte der Botanik 23, 139-151, Berlin 1961.
- FLORSCHÜTZ, F.: Steppen- und Salzsumpfelemente aus den Floren der letzten und vorletzten Eiszeit in den Niederlanden. - Flora 146, 489-492, Jena 1958.
- FLORSCHÜTZ, F. & J. MENENDEZ AMOR: Un fenomeno periglacial en Asturias y algunas consideraciones y deducciones relativas a la formación y datación palinológica de suelas. - Boletín de la Real Soc. Españ. de Hist. Natural 57, 133-140, Madrid 1959.
- FRENZEL, B.: Die Vegetations- und Landschaftszonen Nord-Eurasiens während der letzten Eiszeit und während der postglazialen Wärmezeit. II. Teil: Rekonstruktionsversuch der letzteiszeitlichen und wärmezeitlichen Vegetation Nord-Eurasiens. - Abh. math.-nat. Kl. Akad. Wiss. u. Lit. 1960, Nr. 6, 290-453, Mainz 1960. - - Floren- und Vegetationsgeschichte seit dem Ende des Tertiärs. - Fortschritte der Botanik 24, 101-122, Berlin 1962. - - Floren- und Vegetationsgeschichte seit dem Ende des Tertiärs. - Fortschritte der Botanik 25, 172-189, Berlin 1963.

- FREY, D. G.: A Differential Flotation Technique for Receiving Microfossils from Inorganic Sediments. - *New Phytologist* 54, 257-258, London 1955.
- GAMS, H.: Beiträge zur Nichtbaumpollen-Diagnostik. - *Abh. naturw. Ver. Bremen* 35, 242-248, 1958.
- GIJZEL, P. VAN: Autofluorescence and Age of Some Fossil Pollen and Spores. - *Proc. Koninkl. Nederl. Akad. van Wetensch., Ser. B.*, 64, 56-63, Amsterdam 1961.
- GREGUSS, P.: Xylotomische Bestimmung der heute lebenden Gymnospermen. - 308 S., Budapest 1955.
- GRIČUK, V. P.: Beiträge zur paläobotanischen Charakterisierung pleistozäner und pliozäner Sedimente im Nordwest-Teil der Prikaspijskaja Nizmennost'. - *Trudy Inst-a Geogr., Akad. Nauk SSSR*, 61; *Materialy po geomorf. i paleogeografii SSSR* 11, 5-79, Moskau 1954 (russ.).
- GROSS, H.: Die Bedeutung des Göttweiger Interstadials im Ablauf der Würm-Eiszeit. - *Eiszeitalter u. Gegenw.* 11, 99-106, 1960(a). - - Die Lösung des Problems der Gliederung der Letzten Eiszeit in Mitteleuropa. - *Forschungen u. Fortschr.* 34, 297-301, Berlin 1960(b).
- HAFSTEN, U.: Pleistocene Development of Vegetation and Climate in the Southern High Plains as Evidenced by Pollen Analysis. - - In: WENDORF, F.: *Paleoecology of the Llano Estacado*. - *Museum of New Mexico*, Nr. 1, 59-91, 1961.
- HALLIK, R.: Eine Flüssigkeit zur Trennung von organischem Material und Sand für die Pollenanalyse. - *Neues Jahrb. Geol. Paläont., Monatshefte*, 188-189, Stuttgart 1957.
- KLIMA, B., & J. KUKLA: Absolute Chronological Data of Czechoslovak Pleistocene. - *Czwartorzęd Europy środkowej i wschodniej*, 1, Instytut Geol., Prace 34, 171-174, Warszawa 1961.
- KLIMA, B., J. KUKLA, V. LOŽEK, H. DE VRIES: Stratigraphie des Pleistozäns und Alter des paläolithischen Rastplatzes in der Ziegelei von Dolni Vestonice (Unter Wisternitz). - *Anthropozoikum* 11, 93-145, Prag 1961.
- KNEBLOVÁ, V.: Fytopaleontologický rozbor uhlíků z paleolitického sídlíste v Dolních Vestonicích. - *Anthropozoikum* 3, 297-299, Prag 1953. - - Die jungpleistozäne Flora aus Sedimenten bei Český Těšín (letztes Glazial). - *Preslia* 35, 52-64, Prag 1963.
- KUKLA, J., and V. LOŽEK: Loesses and Related Deposits. - *Czwartorzęd Europy środkowej i wschodniej*, 1, Instytut Geol., Prace 34, 11-28, Warszawa 1961.
- KUKLA, J., V. LOŽEK & J. BARTA: Das Lössprofil von Nové Mesto im Waagtal. - *Eiszeitalter u. Gegenw.* 12, 73-91, 1962.
- KUYL, O. S.: The Pollen Preparation of Calcareous Sediments. - *Mededel. van de Geol. Stichting, N.S.*, 13, 27-28, Haarlem 1961.
- LEROI-GOURHAN, A.: Flores et climats du paléolithique récent. - *C. R. du Congrès préhist. de France*, Monaco 1959; 1-6, Le Mans 1960.
- LIEBEROTH, I.: Ein Beitrag zum Klima und zur Chronologie des Jungpleistozäns. - *Forschungen und Fortschr.*, 36, 73-77, Berlin 1962.
- LOMAEVA, E. T.: Sporomorphenkomplesse der südukrainischen Lössen. - *Trudy Inst-a Geol. Nauk Akad. Nauk USSR, Ser. geomorf. i četvert. geol.*, 1, 89-94, Kiew 1957 (russ.). - - Geschichte der pollenanalytischen Erforschung quartärer (anthropogener) Sedimente der USSR. - *Četvertičnyj Period.* 13-15, 323-338, Kiew 1961a. (russ.) - - Einige Ergebnisse von Pollenanalysen quartärer Sedimente der Ukrainischen SSR. - *Materialy vsesojuznogo soveščanija po izuč. četvert. per.*, 1, 304-308, Moskau 1961b (russ.).
- LOŽEK, V.: Měkkvíř československého kvartéru. - *Rozpravy Ústředního ústavu geologického* 17, 510 S., Praha 1955. - - Development of Fauna and Flora: Mollusca. - *Czwartorzęd Europy środkowej i wschodniej*, 1, Instytut Geol., Prace 34, 119-124, Warschau 1961.
- LOŽEK, V., & J. KUKLA: Das Lössprofil von Leitmeritz an der Elbe, Nordböhmen. - *Eiszeitalter u. Gegenw.* 10, 81-104, 1959.
- LUBLINER-MIANOWSKA, K.: Pollen Analysis of the Surface Samples of Bottom Sediments in the Bay of Gdansk. - *Acta Soc. Bot. Poloniae* 31, 305-312, Warszawa 1962.
- LÜDI, W.: Die Pollensedimentation im Davoser Hochtal. - *Bericht über d. Geobot. Forsch.-Inst. Rübel. f. d. Jahr 1936*, 107-127, Bern 1937. - - Die Pflanzenwelt des Eiszeitalters im nördlichen Vorland der Schweizer Alpen. - *Veröff. d. Geobot. Inst. Rübel in Zürich* 27, 208 S., Bern 1953.
- MARKOVIČ-MARIANOVIČ, J.: Sedimenti Metohije i odredivanje donje granice kvartara. - *Rep. of the Fifth Meeting of the Geol. of the F.P.R. of Yugoslavia*, 181-192, Belgrad 1962.
- MAL'GINA, E. A.: Zum Problem der Entstehung von Pollenspektren in den Wüsten Mittel-Asiens. - *Trudy Inst-a Geografii. Akad. Nauk SSSR*, 77; *Materialy po geomorf. i paleogeografii SSSR*, 21, 113-138, Moskau 1959 (russ.).
- MARCHESONI, V.: Lineamenti paleobotanici dell'interglaciale Riss-Würm nella pianura Padana. - *Nuovo Giorn. Bot. Ital.*, 67, 306-311, Florenz 1960.
- MEUSEL, H.: Vergleichende Arealkunde. Einführung in die Lehre von der Verbreitung der Gewächse mit besonderer Berücksichtigung der mitteleuropäischen Flora. 2, Berlin 1943.

- MONOSZON, M.: Beschreibung des Pollens der in der UdSSR wachsenden Chenopodiaceen. - Trudy Inst-a Geografii, Akad. Nauk SSSR, 52, 127-207, Moskau 1952 (russ.). - - Vertreter der Familie der *Chenopodiaceae* in eiszeitlichen Sedimenten des Europäischen Teiles der UdSSR. - Tezisy dokladov vsesojuznogo mežvedomstvennogo soveščanja po izučeníju četvert. per. Sekcija istorii iskopaemoi flory i fauny, 14-15, Moskau 1957 (russ.). - - Der Transport der Chenopodiaceenpollen in der Luft. - Trudy Inst-a Geografii, Akad. Nauk SSSR, 77; Materialy po geomorf. i paleogeografii SSSR, 21, 157-165, Moskau 1959 (russ.). - - Über Pollenfunde von Vertretern der Chenopodiaceen in quartären Sedimenten des europäischen Teiles der UdSSR. - Materialy vsesojuznogo sovešč. po izuč. četvert. per., I, 317-330, Moskau 1961 (russ.).
- MOSKVIČIN, A. I.: Pleistozäne Sedimente und die Entstehungsgeschichte des Wolgatales im Mittellauf dieses Flusses. - Trudy Geol. Inst-a, Akad. Nauk SSSR, 12, 210 S., 1958 (russ.). - - Das Pleistozän am Unterlauf der Wolga. - Trudy Geol. Inst-a Akad. Nauk SSSR, 64, 263 S., Moskau 1962 (russ.).
- MÜLLER, P.: Pollenanalytische Untersuchungen im Gebiet des jüngeren Deckenschotters und Lösses im Frauenwald zwischen Rheinfeldern und Olsberg. - Veröff. d. Geobot. Inst. Rübél in Zürich 33, 165-174, Bern 1958.
- MULLENDERS, W., et A. MUNAUT: Recherches palynologiques sur les sols sableux du district picardo-brabançon. - Bull. de la Soc. Roy. de Bot. de Belgique 92, 271-272, Brüssel 1960.
- NEHRING, A.: Über Tundren und Steppen der Jetzt- und Vorzeit, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Fauna. - Berlin 1890.
- OŠURKOVA, M. V.: Beschreibung der Pollenformen einiger *Betula*-Arten, die im Gebiet der UdSSR gedeihen. - Problemy Botaniki 4, 68-91, Moskau-Leningrad 1959 (russ.).
- PAAS, W.: Rezente und fossile Böden auf niederrheinischen Terrassen und deren Deckschichten. - Eiszeitalter u. Gegenw. 12, 165-230, 1962.
- POTTER, L. D., & J. ROWLEY: Pollen Rain and Vegetation, San Augustin Plains, New Mexiko. - Botanical Gazette 122, 1-25, Chicago 1960.
- PROŠEK, F., i. V. LOŽEK: Sprašový profil v Bance u Piešťan (Západni Slovensko). - Anthropozoikum 3, 301-323, Prag 1953. - - Výzkum sprašového profilu v Zamarovcích u Trenčína. - Anthropozoikum 4, 181-211, Prag 1954. - - Stratigraphische Übersicht des tschechoslowakischen Quartärs. - Eiszeitalter u. Gegenw. 8, 37-90, 1957.
- REICH, H.: Die Vegetationsentwicklung der Interglaziale von Großweil-Ohlstadt und Pfefferbühl im bayerischen Alpenvorland. - Flora 140, 386-443, Jena 1953.
- REMPE, H.: Untersuchungen über die Verbreitung des Blütenstaubes durch die Luftströmungen. - Planta 27, 93-147, Berlin 1938.
- REMY, H.: Der Löß am unteren Mittel- und Niederrhein. - Eiszeitalter u. Gegenw. 11, 107-120, 1960.
- SCAMONI, A.: Beobachtungen über den Pollenflug der Kiefer und Fichte. - Forstwiss. Centralbl. 68, 735-751, Berlin 1949.
- SCHÜTRUMPF, R.: Die pollenanalytische Datierung der altsteinzeitlichen Funde. - In: BOHMERS, A.: Die Höhlen von Maern. - Palaeohistoria 1, 10-20, Groningen 1951.
- SCHWABEDISSEN, H.: Fällt das Aurignacien ins Interstadial oder ins Interglazial? - Germania 34, 12-41, Berlin 1956.
- SELLE, W.: Die Pollenanalyse von Ortstein-Bleichsandschichten. - Beih. z. Botan. Centralbl. 60 B, 525-549, Dresden 1940.
- ŠRODON, A.: Pollen Spectra from Spitsbergen. - Folia Quaternaria 3, 17 S., Kraków 1960.
- TERASMAE, J.: On the Pollen Morphology of *Betula nana* L. - Svensk bot. Tidskr. 45, 358, Stockholm 1951.
- TICHOMIROV, B. A.: Angaben über den Transport von Baumpollen über die nördliche Waldgrenze hinaus. - Doklady Akad. Nauk SSSR 71, 753-755, Moskau 1950 (russ.).
- UNGER, K. P., & D. RAU: Gliederung und Altersstellung der Lößablagerungen im Thüringer Becken und dessen Randgebiet. - Czwartorzęd Europy środkowej i wschodniej, I, Instytut Geol., Prace 34, 227-235, Warszawa 1961.
- VARESCHI, V.: Blütenpollen im Gletschereis. - Zs. f. Gletscherkunde 23, 255-276, Berlin 1935. - - Pollenniederschlag in den Hochalpen. - Zs. f. d. gesamte Naturwiss., 62-74, Braunschweig 1940.
- VELIČKO, A. A.: Geologičeskij vozrast verchnego paleolita central'nych rajonov russkoj ravniny. - 296 S., Moskau 1961.
- WELTEN, M.: Beobachtungen über den rezenten Pollenniederschlag in alpiner Vegetation. - Bericht über d. Geobot. Forsch.-Inst. Rübél f. d. Jahr 1949; 48-57, Bern 1950. - - Bodenpollen als Dokumente der Standorts- und Bestandsgeschichte. - Veröff. d. Geobot. Inst. d. E.T.H. Stiftung Rübél, in Zürich, 37, 330-345, Bern 1962.
- WENDELBERGER, G.: Die Auenwälder an der mittleren und unteren Donau. - Allgemeine Forstzeitung 72, Folge 3/4, 3 S., Wien 1961.

- WOLDSTEDT, P.: Die letzte Eiszeit in Nordamerika und Europa. - *Eiszeitalter u. Gegenw.* 11, 148-165, 1960. - - Über die Gliederung des Quartärs und Pleistozäns. - *Eiszeitalter u. Gegenw.* 13, 115-124, 1962.
- ZAGWIJN, W. H.: Vegetation, Climate and Radiocarbon Datings in the Late Pleistocene of the Netherlands. Part I: Eemian and Early Weichselian. - Mededelingen Geol. Stichting, N.S. 14, 15-45, Haarlem 1961.
- ZAKLINSKAJA, E. D.: Sporomorphenspektren pleistozäner Sedimente aus dem Fundgebiet des Taimyr-Mammut. - In: MARKOV, K. K., i A. I. POPOV: *Lednikovyj period na territorii evropejskoj časti SSSR i Sibiri.* 276-300, Moskau 1959 (russ.).
- ZOLYOMI, B.: Die Entwicklungsgeschichte der Vegetation Ungarns seit dem letzten Interglazial. - *Acta Biologica Acad. Scient. Hungaricae* 4, 367-430, Budapest 1953.

Manusk. eingeg. 21. 8. 1963.

Anschrift des Verfassers: Hochschuldozent Dr. Burkhard Frenzel, Botanisches Institut der Technischen Hochschule München; 805 Freising-Weißenstephan.