

**Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen zur Datierung
interglazialer Ablagerungen auf dem Elm bei Braunschweig**

**Staatsexamensarbeit, vorgelegt von Eberhard Grüger
am 24. August 1965**

Gliederung

A. Einleitung

B. Geographie und Geologie des Elm

C. Die Bohrungen - Methodik und Stratigraphie

D. Die Diagramme

Erdfall 1

Erdfall 2

Fehlermöglichkeiten

E. Die Pflanzenliste

F. Verlandung und Vegetationsgeschichte

G. Die Datierung

a. Datierungsmöglichkeiten mit Hilfe der
Stratigraphie

b. Datierungsmöglichkeiten aufgrund der
pollenanalytischen Befunde

1. Die Eemwarmzeit

2. Die Diagramme vom Typ Ober-Ohe

3. Die Holsteinwarmzeit

4. Die Cromerwarmzeit

H. Zusammenfassung

I. Literatur

A. Einleitung

Es gilt heute als sicher, dass das skandinavische Inlandeis im Pleistozän während mindestens dreier Kaltzeiten weit nach Mitteleuropa hinein vordringen konnte und dass Kaltzeiten und ausgesprochene Warmzeiten aufeinander folgten. Hinweise darauf liefert u.a. die Tatsache, dass mancherorts zwischen kaltzeitlichen mineralischen Sedimenten organogene Ablagerungen wie Mudden oder Torfe vorkommen. Neben den älteren, auf stratigraphischen Beobachtungen fussenden Methoden zur Datierung solcher warmzeitlicher Sedimente hat in den letzten Jahrzehnten in zunehmendem Masse die Pollenanalyse an Bedeutung gewonnen. Es hat sich nämlich gezeigt, dass die Tertiärflora durch die erste Kaltzeit nicht vollständig aus dem europäischen Bereich verdrängt wurde. Die Zahl ihrer Arten nimmt vielmehr in der Folge der Warmzeiten allmählich ab. Aufgrund dieser Veränderungen ist es möglich, die altpleistozänen Warmzeiten nach ihrem Anteil an tertiären Formen voneinander zu unterscheiden. In den drei jüngsten Warmzeiten (Cromer-, Holstein-, Eem-Interglazial) kommen jedoch fast nur noch die heute in Mitteleuropa heimischen Baumarten vor. Obwohl für diese drei Abschnitte des Pleistozäns keine floristischen Leitfossilien bekannt sind - ausser *Azolla filiculoides*, die jedoch wegen ihres Vorkommens in mehreren Warmzeiten nur mit Vorbehalt ein Leitfossil genannt werden kann -, ist es möglich, sie voneinander zu trennen, da sie sich durch Besonderheiten in der Waldentwicklung unterscheiden.

Die Frage, welcher Warmzeit eine Ablagerung zuzuordnen ist, lässt sich mit Hilfe pollenanalytischer Methoden nur dann sicher lösen, wenn ein hinreichend langer und vegetationsgeschichtlich charakteristischer Abschnitt in den Sedimenten festgehalten worden ist und wenn genug Vergleichsmaterial zur Verfügung steht. Die Zahl der bekannten eemzeitlichen Ablagerungen ist wesentlich höher als die der älteren Warmzeiten. Das ist verständlich; denn gewiss wurden viele ältere Vorkommen beim nächsten Eisvorstoss entweder ganz zerstört oder aber so tief unter Moränenmaterial begraben, dass sie nur durch einen Zufall gefunden werden können. Dementsprechend ist auch die Kenntnis

der Vegetationsentwicklung in den verschiedenen Warmzeiten unterschiedlich gut. So kommt es, dass die Vegetationsgeschichte der letzten Warmzeit am besten, die des Cromer-Interglazials dagegen am schlechtesten bekannt ist.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit einer interglazialen Ablagerung, die R. Goedeke bei den Geländearbeiten für seine Dissertationsarbeit über "Die Oberflächenformen des Elm" (Göttingen 1965) entdeckt hat. Es soll versucht werden, zu einer Aussage über die zeitliche Einordnung dieser Sedimente zu gelangen und die Vegetationsgeschichte der betreffenden Warmzeit zu schildern.

B. Geographie und Geologie des Elm

Der Elm liegt im nördlichen Harzvorland, etwa 15 km südöstlich von Braunschweig. Er ist ein langgestreckter, schildförmiger Höhenzug von etwa 20 km Länge und einer durchschnittlichen Breite von 7 km. Mit seinen höchsten Erhebungen, dem Eilumer Horn am Kuxberg (323,3 m NN), dem Drachenberg (313,2 m NN) im Westelm und dem Bärensohl (289,6 m NN) im Ostelm liegt er etwa 200 m über den tiefsten Lagen der umliegenden breiten Talmulden. Während in diesen im wesentlichen Keuper, Kreide und tertiäre Sande anstehen, die teilweise von pleistozänen Ablagerungen überdeckt sind, wird der Höhenrücken des Elm fast ausschliesslich vom Muschelkalk gebildet. Der Keuper bleibt auf eine schmale Zone am Elmrand beschränkt, und der Buntsandstein tritt lediglich im Reitlingstal als Röt zutage. Der Elm besteht also im wesentlichen aus den Stufen des Muschelkalks, von denen der Obere Muschelkalk, der die Fläche des gesamten Ostelms bildet, die weiteste Ausdehnung erreicht, während im Westelm auch der Mittlere und der Untere Muschelkalk anstehen. Auf diesen Schichten lagert fast überall eine dünne Lössdecke.

Gebiete, in denen Kalke anstehen, zeigen häufig Verkarstungserscheinungen, so auch der Elm. Vornehmlich im Bereich des Oberen Muschelkalks sind auf den Höhen des Elmrückens Erdfälle zu finden, deren Dichte stellenweise $30/\text{km}^2$ beträgt; insgesamt

sind es wahrscheinlich mehr als 600. Sie sind durch Einsturz unterirdischer Auslaugungshohlräume entstanden. Harbort (1913) führte ihre Entstehung auf Lösungsvorgänge in den Gipsbänken des Mittleren Muschelkalks zurück (siehe auch Goedeke 1965). Die Erdfälle sind zu den verschiedensten Zeiten eingesunken. Die ältesten liegen auf dem Drachenberg. Sie sind mit tertiären Sanden aufgefüllt und stammen wahrscheinlich aus dem Oligozän (Goedeke). Die pleistozänen Erdfälle sind mit Löss und Geschiebelehm, mit Wanderschutt oder - wenigstens teilweise - mit Torfen gefüllt (siehe Goedeke, Erdfall 21). Die meisten der heute zu beobachtenden Erdfälle sind erst im Holozän entstanden. Ihrem geringen Alter entsprechend stellen sie fast ausnahmslos noch Hohlformen dar. Nur wenige führen Wasser oder sind mit Torfen verlandet. Die pollenanalytische Untersuchung einiger Proben aus diesen jungen Erdfällen hat gezeigt, dass schon in den tiefsten Schichten der verlandeten Erdfälle Pollenkörner wärmeliebender Arten (EMW, Fagus, Carpinus) vorkommen. Das deutet darauf hin, dass die Verlandung erst unter warmzeitlichen Bedingungen einsetzte, heisst aber nicht, dass die Erdfälle erst im Postglazial eingesunken sind, da zwischen ihrer Entstehung und dem Beginn der Verlandung grosse Zeiträume liegen können. Die Erdfallbildung dauert im Elm heute noch an. An alten Erdfällen sind häufig Nachsackungen zu beobachten.

Der Erdfall 1 (gleich Erdfall 21 nach Goedeke, R 21760, H 82920, MTB 3831), mit dem sich die vorliegende Arbeit befasst, liegt im Distrikt Sundern etwa 1 km südöstlich Brunsleberfeld (Tafel I) auf einer kleinen Verebnung, die sich mit ca. 222,5 m NN ein wenig über die nähere Umgebung heraushebt. Dieser Distrikt trägt statt des im Elm vorherrschenden Buchenwaldes einen Fichtenhochwald, in dem mehrere vernässte Lichtungen, sogenannte Nassgallen, auffallen. Einige sind frei von Baumwuchs, andere mit Erlen bestanden. Die Gruppe, zu der Erdfall 1 gehört, besteht aus mindestens fünf vollkommen aufgefüllten Erdfällen, von denen drei in einer Reihe so dicht hintereinander liegen, dass sie eine gemeinsame Lichtung bilden. Im nördlichsten dieser Erdfälle (Erdfall 1) wurden drei Bohrungen (A, B, C) niedergebracht, im Nachbarerdfall (Erdfall 2) eine Bohrung (D).

C. Die Bohrungen - Methodik und Stratigraphie

Alle Bohrungen wurden mit einem Sandbohrer (Doppelspiralbohrer) ausgeführt¹⁾. Mit diesem Gerät können Tone, Sande und stark gepresste Torfe ohne Schwierigkeiten gebohrt werden. Für lockere Torfe eignet es sich nicht. Die Bohrkerne sind etwa 7 cm dick und 20 cm lang. Sie bestehen aus zwei ursprünglich voneinander getrennten, spiralgewundenen Streifen, die beim Bohren sofort wieder längs der alten Schnittfläche miteinander verschmelzen. Trotzdem ist eine saubere Entnahme von Proben für die pollenanalytische Untersuchung möglich. Nur bei der Vorbereitung der Proben für die Grossrestanalyse war es manchmal schwierig, die durch die Bohrkerne sich hindurchziehende Naht wiederzufinden, um sie von möglicherweise eingeschleppten rezente Verunreinigungen zu säubern. Die frischen Bohrkerne wurden in Plastikfolie eingewickelt und zum Teil in geschlossenen Gefässen aufbewahrt.

Die für die pollenanalytischen Untersuchungen entnommenen Proben (ca. 1 ccm) wurden - soweit sie Kalk enthielten und humos waren - mit Salzsäure entkalkt, mit Kalilauge erhitzt und in 70 - 75 %ige Flussäure gegeben. Nicht humose, kalkfreie Proben wurden direkt in Flussäure gelegt. Die weitere Aufbereitung erfolgte nach dem Azetolyse-Verfahren von Troels-Smith, wie es Beug (1957) beschreibt. In den Proben der Profile A, B und C wurden bei 500-facher Vergrösserung möglichst 500 Pollenkörner ausgezählt, in Profil D dagegen lediglich 200 Pollenkörner/Probe. Die Pollendichte war unterschiedlich gross, jedoch reichte meistens ein Deckglas (18 x 18 mm) für eine Zählung aus. Bis auf die obersten Proben aus den Tonen und bis auf einige Proben aus den liegenden Sanden war die Pollenerhaltung sehr gut. Da der Anteil der Nichtbaumpollen in allen Proben sehr gering war, wurden alle Angaben in Prozenten auf die Grundsumme (GS = 100 %) bezogen. Die GS enthält mit Ausnahme der Pollenkörner von Wasserpflanzen und der Farnsporen alle Baumpollen (BP) und Nichtbaumpollen (NBP). Die Diagramme sind also sogenannte Gesamtpollendiagramme.

¹⁾Lediglich vier Proben aus den hangenden Schichten des Profils A wurden mit einer Dachnowski-Sonde gewonnen.

Die Proben der Profile A, B und C wurden auch auf Grossreste untersucht. Um Verunreinigungen mit rezentem Material möglichst weitgehend auszuschliessen, wurden die Bohrkern geschält. In einigen Fällen liess sich eine Verunreinigung der Proben jedoch nicht sicher ausschliessen. Die gereinigten Bohrkern wurden auf verschiedene Weise behandelt: Torfe, Sande und tonige Torfe zerfielen in Kalilauge (10 %) im Verlaufe weniger Stunden bis mehrerer Wochen. Danach wurde das Material gesiebt, gewaschen und etwa 14 Tage lang mit 5 %iger Oxalsäurelösung stehen gelassen. Die reinen und die schwach humosen Tone zerfielen weder in Kalilauge - auch nicht nach mehrstündigem Kochen - noch nach mehrwöchiger Behandlung mit verdünnter 10 %iger Salpetersäure. Sie zerfielen aber sehr rasch in Wasserstoffperoxid (ca. 30 %). Die aus elesenen Makrofossilien wurden unter Glycerin, Hölzer in einem Alkohol-Glycerin-Gemisch (1:1) aufbewahrt.

Stratigraphie

Profil A, Erdfall 1, 10 cm vor Markierungspunkt 12, d.h. zwischen den Punkten 11 und 12 entnommen (Tafel II).

- 0 - 95 cm vergleyter Lösslehm, nach unten hin zunehmend sandiger und steiniger
- 95 - 120 cm Feinsand mit nordischem Material
- 120 - 200 cm Geschiebelehm mit Kalksteinen und nordischem Material
- 200 - 305 cm Ton
- 305 - 355 cm humoser Ton
- 355 - 400 cm Braunmoostorf
- 400 - 420 cm grauer Sand

Profil B, Erdfall 1, ~~10 cm~~^{ca} vor Markierungspunkt 13 entnommen

- 0 - 75 cm vergleyter Lösslehm
- 75 - 105 cm Lösslehm, feinsandig
- 105 - 178 cm Geschiebelehm mit Kalksteinen und nordischem Material
- 178 - 305 cm graublauer bis dunkelbrauner, zum Teil sandiger Ton
- 305 - 386 cm Übergang von Tonen zu blättrigen Moostorfen
- 386 - 417 cm stark gepresster, blättriger Braunmoostorf
- 417 - 435 cm grauer, humoser Feinsand
- 435 - 480 cm grauer, humoser Grobsand, mit nordischem Material
- 480 - 500 cm Lehm mit Grobsand
- 500 - 520 cm Grundmoräne (Lehm, Grobsand, Kalksteine)

Profil C, Erdfall 1, direkt neben Profil B entnommen

0 - 175 cm Lösslehm und Geschiebelehm, zum Teil feinsandig
175 - 255 cm Ton mit einigen Kalksteinen

Profil D, Erdfall 2

0 - 180 cm okerfarbener Lösslehm
180 - 310 cm Geschiebelehm mit nordischem Material
310 - 345 cm Ton, feinsandig
345 - 572 cm graubrauner, zum Teil fetter, humoser Ton
572 - 577 cm Torf mit geringem Tonanteil
577 - 578 cm weisser Sand
578 - 635 cm grauer Feinsand

In keiner Probe aus den Profilen A und C war Kalk enthalten.
Die Proben des Profils B aus den Tiefen 340 - 450 cm und alle
Proben des Profils D aus den Tiefen unter 350 cm zeigten beim
Übergiessen mit Salzsäure eine schwache CO₂-Entwicklung.

D. Die Diagramme

Erdfall 1 (Tafeln III und IV)

Die Profile B und C überlappen einander. Zusammen stellen sie
das vollständigste bislang verfügbare Profil dar. Sie sollen
deshalb in folgenden als Hauptdiagramme der Beschreibung zu
Grunde gelegt werden. Das Diagramm A lässt sich leicht mit dem
Hauptdiagramm B parallelisieren. Alle Angaben, die sich auf
das Diagramm A beziehen, sind durch den Buchstaben A gekenn-
zeichnet. Entsprechendes gilt weiter unten für das Diagramm D.

I. Die Kiefern-Birkenzeit

Ia. Die 1. Kiefern-Birkenphase, Diagramm B 495 - 422,5 cm
Dieser Abschnitt ist durch hohe Kiefernwerte (bis 53,6 %) **gekennzeichnet**. Die Birkenkurve, die unter der Kiefernkurve
liegt, fällt anfangs ab und bewegt sich dann um die 30 %-Grenze.
Die Werte für die Fichte liegen bei 2,5 %. Wacholder, Erle,
Eiche, Ulme und Hasel sind zwar regelmässig, aber nur schwach
vertreten (ca. 1,5 %). Die Weide hat am Ende dieses Abschnitts
ein Maximum von 7,8 %. Gleichzeitig kulminiert auch die Cypera-
ceen-Kurve (6 %), deren Werte teilweise fast die Hälfte der
NBP-Werte ausmachen. Die Summe der NBP erreicht in diesem

Abschnitt ihr absolutes Maximum (12,3 %). Neben den Cyperaceen sind vor allem die Gramineen daran beteiligt, aber auch *Artemisia* und *Filipendula* sind relativ reichlich vertreten. Unter den Farnsporen sind die trileten Sporen von *Pteridium* besonders häufig. Die Farnkurve wird ganz von dem Verhalten der *Pteridium*-werte bestimmt, die niedrig beginnend langsam wachsen und am Ende dieses Abschnitts sprunghaft auf 25 % ansteigen. Ausser den Sporen des Adlerfarns konnten Sporen vom *Lycopodium annotinum*-Typ, von *Polypodium vulgare* und von *Botrychium* bestimmt werden. Pollen von *Nymphaea* und *Nuphar* war regelmässig nachweisbar.

Als Ende dieses Abschnitts wird der Schnittpunkt der abfallenden Pinuskurve mit der ansteigenden Betulakurve gewählt.

Ib. Die Birken-Kiefern-Phase, Diagramm A 420 - 400 cm,
Diagramm B 422,5 - 410 cm

Der Abschnitt Ib ist in beiden Diagrammen nur in je zwei Proben erfasst. Er setzt sich jedoch durch einen hohen, spitzen Birken-gipfel (59,4 %) deutlich von der Zone Ia ab. Der Anstieg der Birke erfolgt auf Kosten der Kiefer, die auf 21,6 % absinkt. Gleichzeitig nehmen die Werte für Farnsporen und für Pollen von *Salix*, Cyperaceen und den übrigen NBP stark ab. In geringem Umfang geht auch die Beteiligung von *Picea* und *Juniperus* am Pollenspektrum zurück. Das gleiche gilt für die EMW-Werte. Zur Zeit der Birkenausbreitung erfolgt ein relativ kräftiger Vorstoss der Erle, deren Pollenkurve in einem spitzen Gipfel einen Höchstwert von 13,8 % erreicht. In dieser Zone wurden Sporen von *Osmunda regalis*, *Matteucia struthiopteris* und *Polypodium* gefunden. Dieser Abschnitt wird durch den Schnittpunkt der Birkenkurve mit der Kiefernkurve beendet.

Ic. Die 2. Kiefern-Birken-Phase, Diagramm A 400 - 360 cm,
Diagramm B 410 - 385 cm

Nach dem Birkenvorstoss in der Zone Ib gelangt die Kiefer noch einmal zur Vorherrschaft (60,6 %). Die Birke wird auf etwa 25 % zurückgedrängt. Die Werte für alle anderen Pollenarten einschliesslich der NBP liegen unter 5 %. Trotzdem ist gegenüber der Zone Ib ein zwar schwacher, aber doch deutlicher Anstieg der EMW-Werte zu verzeichnen. Die Farnkurve ist erneut angestiegen

und erreicht im Maximum 17,2 %. Unter den Farnsporen, die bestimmt werden konnten, befindet sich eine Spore von *Blechnum spicant*. Sporen von *Dryopteris thelypteris* sind häufiger zu finden. Pollenkörner von *Viscum* und *Rhamnus frangula* kommen vereinzelt vor.

Der Abschnitt Ic reicht bis zum Beginn des ersten steilen Anstiegs der Ulmenkurve.

II. Die Eichenmischwaldzeit

IIa. Die Ulmen-Kiefern-Phase, Diagramm A 360 - 340 cm,
Diagramm B 385 - 377 cm

Dieser Abschnitt ist in beiden Profilen nur durch eine einzige Probe erfasst worden. Er ist durch den steilen Anstieg der Ulmenkurve von 1,7 % auf 28 % im Diagramm A und durch den weniger steilen Abfall der Kiefernkurve gekennzeichnet. Besonders das Diagramm A zeigt deutlich, dass die Ulme sich vor der Eiche ausbreitet. Linde und Esche fehlen in dieser Zone in den Profilen A und B noch ganz. Ilexpollen ist zum ersten Male nachweisbar.

Durch den Schnittpunkt der Ulmenkurve mit der steil ansteigenden Eichenkurve wird die Zone IIa beendet.

IIb. Die Eichen-Ulmen-Phase, Diagramm A 340 - 310 cm,
Diagramm B 377 - 325 cm

Nach der Ulme breitet sich sehr rasch die Eiche aus. Sie bleibt während des ganzen Abschnitts IIb vorherrschend (30 - 40 %). Ihre Ausbreitung erfolgt anfangs nicht auf Kosten der Ulme sondern vielmehr auf Kosten von *Pinus* und *Betula*, deren Werte auf etwa 20 % bzw. unter 5 % absinken. Später wird aber auch die Ulme von der Eiche zurückgedrängt, so dass ihr Wert während des Eichenmaximums (41,2 %) mit 19,2 % etwa 10 % unter dem Höchstwert liegt, den sie nach ihrer raschen Ausbreitung am Anfang der Eichen-Ulmen-Phase besass. In dieser Zone erreicht die Esche mit 5 % fast ihren Höchstwert. Die geschlossene Lindenkurve beginnt. *Acer* ist mit wenigen Pollenkörnern im Profil A nachgewiesen. Vereinzelt ist Pollen von *Hedera* und *Ilex* zu finden. Die NBP-Kurve liegt weiterhin unter der 5 %-Grenze. Sporen von *Osmunda regalis*, *Dryopteris thelypteris*, *Dryopteris austriaca* und *Polypodium* kommen vereinzelt vor. Am Ende dieser Phase steigt die Ulmenkurve

erneut an, während die Eichenwerte absinken. Der Schnittpunkt dieser beiden Kurven soll als Ende des Abschnitts IIb gelten.

IIc. Die Ulmen-Eichen-Phase, Diagramm A 310-240 cm,
Diagramm B 325 - 240 cm, Diagramm C 250 - 232,5 cm

In diesem Abschnitt gelangt die Ulme auf Kosten der Eiche wieder zur Vorherrschaft (A bis 56,8 %). Die Esche erreicht mit 5,8 % ihr Maximum. Die Linde ist mit nur wenigen Prozenten vertreten. Trotzdem besitzt der LMW in dieser Zone sein absolutes Maximum (B 75,2 %, D 85 %), an dem Ulme und Eiche etwa im Verhältnis 2:1 beteiligt sind. In den höheren Proben beginnen die Kurven der Linde, der Hasel, der Erle und der NBP anzusteigen. Die wenigen bestimmbaren Sporen dieser Zone gehören zum *Lycopodium annotinum*-Typ und zum *Lycopodium clavatum*-Typ, zu *Matteucia struthiopteris*, *Dryopteris thelypteris*, *Dryopteris austriaca* und *Eotrychium*. Sporen von *Pteridium* sind relativ selten. Die Kurve der Farnsporen und die der Ulme erreichen etwa gleichzeitig ihre höchsten Werte. Das Farnmaximum ist im Diagramm A besonders deutlich ausgeprägt.

Das Ende dieser Zone wird durch den Schnittpunkt der abfallenden Eichenkurve mit der steil ansteigenden Lindenkurve bestimmt.

IId. Die Ulmen-Linden-Phase, Diagramm A 240 - 200 cm,
Diagramm B 240 - 215 cm, Diagramm C 232,5 - 180 cm

Die obersten Proben der Diagramme A und B zeigen einen deutlichen Anstieg der Lindenwerte. Die Ulmenkurve sinkt zwar weiterhin ab, liegt aber fast immer über der Lindenkurve. Diese Zeit ist im Diagramm C am vollständigsten erfasst. Die Linde hat dort ein Maximum von 20 %, das nur wenig unter dem zugehörigen Ulmenwert liegt. Eschenpollen wird immer seltener und fehlt schliesslich ganz. Die Kurve der Eiche sinkt stetig ab (Minimum 3,5 %). Hasel (23,8 %) und Erle (29,4 %) erreichen ihre höchsten Werte, während die Kiefernkurve unter 5 % absinkt. Die NBP-Kurve ist angestiegen und nähert sich der 10 %-Grenze. Dabei fällt die Zunahme der Gramineenwerte am stärksten ins Gewicht, obgleich auch die anderen krautigen Pflanzen im Pollenniederschlag stärker vertreten sind als in den früheren Abschnitten der Diagramme. Während in der Zone Ia die hohen NBP-Werte einen beträchtlichen Anteil an Cyperaceen enthalten, spielen diese in der Zone IId nur eine geringe Rolle.

Erdfall 2 (Profil D, Tafel V)

Dieser Erdfall, der so nahe an der Nassgalle 1 liegt, dass man annehmen könnte, er hätte zeitweise mit dieser in direkter Verbindung gestanden, - auch heute noch sind in Elm Doppelbildungen zu sehen - ist in dem Bereich, der bei der Bohrung erfasst wurde, im wesentlichen mit Tonen aufgefüllt worden. Die Torfe bilden eine nur 5 cm mächtige Schicht (Stratigraphie S.6). Der Stratigraphie nach scheint eine Parallelisierung mit dem Erdfall 1 nicht ohne weiteres möglich zu sein. Allerdings stimmt die Aufeinanderfolge der einzelnen Sedimentarten, die ihrem Aussehen nach in beiden Erdfällen gleich sind, überein. Weil über die Sedimentationsvorgänge nichts ausgesagt werden kann, ist es schwierig, eine Erklärung dafür zu finden, warum die verschiedenen Sedimente in beiden Erdfällen unterschiedlich mächtig sind. Es mag aber folgende Erklärung möglich sein: das Profil D wurde viel näher am Zentrum des Erdfalls entnommen als die drei Profile im Erdfall 1. In diesem Bereich ist natürlich mit einer rascheren Sedimentation zu rechnen als in randnahen Partien, während die Torfe im Zentrum schwerlich schneller wuchsen als am Rande des Erdfalls. Für eine raschere Sedimentation spricht auch - wie im folgenden ersichtlich werden wird - das Pollendiagramm. Leider war es bei der Bohrung D nicht möglich, das Anstehende zu erreichen.

Das Pollendiagramm lässt sich leicht in zwei Abschnitte gliedern, nämlich in einen älteren mit Ulmeherrschaft und in einen jüngeren, in dem die Eiche die Hauptkomponente des EMW ist. Diese Tatsache legt es nahe, eine Parallelisierung dieser Diagrammabschnitte mit den Abschnitten IIa und IIb der Diagramme A und B zu versuchen. Wie der Vergleich zeigt, sind die Parallelen so gut, dass kaum Einwände gegen eine Gleichsetzung dieser Abschnitte in den verschiedenen Profilen erhoben werden können. Das bedeutet, dass beide Erdfälle in der gleichen Warmzeit aufgefüllt wurden, obwohl sie natürlich nicht gleich alt sein müssen. Um diese Frage entscheiden zu können, muss eine Bohrung durchgeführt werden, die das Liegende bzw. die untere Grundmoräne erreicht.

Die Diagrammabschnitte IIa und IIb sind im Profil B in 85 cm Sediment enthalten, in Profil D aber in mindestens 310 cm. Diese starke Dehnung des Diagramms bringt es mit sich, dass einige

Pollenarten, die bevorzugt in diesen Abschnitten enthalten sind, im Diagramm D viel besser zur Geltung kommen. Das gilt besonders für Acer, der im Abschnitt IIa nur in zwei Proben fehlt.

IIa. Die Ulmen-Kiefern-Phase, Diagramm D 632,5 - 513 cm

Das Diagramm D setzt während einer ulmenreichen Phase ein, in welcher die Werte der Ulme in fast jeder Probe über 30 % liegen und die Eiche nur Werte um 5 % erreicht. Fraxinuspollen kommt spärlich vor, Lindenpollen gar nicht. Dagegen hat der Ahorn in diesem Abschnitt eine fast geschlossene Kurve, die mit maximal 2,5 % allerdings keine sehr hohen Werte erreicht. Acerpollen ist im Erdfall 1 nur in zwei Proben (IIb) gefunden worden. Neben dem Ulmenpollen ist der Kiefernpollen am häufigsten (um 30 %); seine Werte nehmen aber in den höheren Proben mehr und mehr ab. Die Birkenkurve bewegt sich zwischen 10 und 20 %, die Erlenkurve schwankt um 10 %. Coryluspollen ist regelmässig, aber spärlich vorhanden. Wie in den anderen Diagrammen so spielt auch hier die Fichte eine nur geringe Rolle. In diesem Abschnitt sind Pollenkörner von Viburnum opulus regelmässig vorhanden. Von den übrigen Gattungen, deren Pollen zu den BP gezählt wird, ist nur noch Juniperus zu nennen. Dieser Pollentyp ist im Abschnitt IIa zum letzten Male mit einigen Prozenten vertreten. Wie im Diagramm B sinken auch im Diagramm D die NBP-Werte im Abschnitt IIa kontinuierlich ab. Artemisia und die Cyperaceen sind an der NBP-Summe zum Teil mit zusammen etwa 50 % beteiligt. Der Anteil der Gramineen ist gering. Niedrig sind auch die Sporenzahlen, die selten mehr als 10 % erreichen. In dieser Zone wurden die meisten Sporen von Dryopteris filix-mas gefunden. Im Erdfall 1 konnten sie nicht nachgewiesen werden.

IIb. Die Eichen-Ulmen-Phase, Diagramm D 513 - 315 cm

Nach einer raschen Ausbreitung, die schon am Ende der Zone IIa beginnt, herrscht die Eiche im EMW während dieses ganzen Abschnitts vor. Von den anderen Komponenten des EMW sind die Ulme (um 25 %) und die Esche (Maximum 3,6 %) relativ reichlich vertreten. Die Ulmenkurve verläuft merkwürdigerweise fast immer reziprok zur Kiefernkurve. Das kann auch im Abschnitt IIa an der Stelle des Sedimentwechsels Sand/Torf deutlich festgestellt werden und ist auch in den anderen Diagrammen zu beobachten. Ahornpollen ist vorhanden, aber nur in weniger als der

Hälfte der Proben. Alle BP, die nicht zum EMW gerechnet werden - einschliesslich des Kiefernpollens und der NBP -, werden stark zurückgedrängt. Der EMW erreicht mit 85 % sein absolutes Maximum. Die Sporenwerte sind ein wenig angestiegen. In den obersten Proben des Profils D beginnen die Linden-, die Ulmen- und die Sporenkurve anzusteigen, während die Eichenwerte abfallen. Das deutet darauf hin, dass an dieser Stelle das Ende des Abschnitts IIb zu suchen ist.

Fehlermöglichkeiten

Es liegt nahe, danach zu fragen, ob die oben beschriebenen Diagramme aus ungestörten Ablagerungen stammen oder ob die Abfolge der pollenführenden Schichten verändert und der Pollengehalt verfälscht worden sein kann. Goedeke (1965) gibt an, dass an Erdfällen häufig Nachsackungen zu beobachten sind. Sie treten jedoch fast nur im zentralen Teil der Erdfälle auf, weil die Wände eines Erdfalls das Regenwasser zum Mittelpunkt desselben hinleiten, wo es dann versickert. Deshalb ist bevorzugt unter dem Zentrum von Erdfällen mit einer weiteren Auslaugung von Salzen zu rechnen, weniger aber in den peripheren Bereichen. Nachsackungen sind also in dem Bereich, in dem die Bohrungen A, B und C niedergebracht wurden (etwa 8 - 9 m vom Erdfallzentrum entfernt), nicht zu erwarten. Ausserdem weist in dem von Goedeke veröffentlichten Schnitt durch den Erdfall (Tafel II) nichts auf eine Störung der Schichten im fraglichen Bereich hin. Dazu kommt noch, dass die Diagramme A und B keine wesentlichen Unterschiede aufweisen, wie es ja bei einer gestörten Schichtenfolge zu erwarten wäre. Es ist jedoch denkbar, dass der gesamte Schichtenkomplex sekundär nachgesackt ist. In diesem Falle ist aber ebenfalls nicht mit einer Störung der Profile zu rechnen. Das gleiche gilt offensichtlich auch für die Bohrung D im Nachbarerdfall.

Eine andere Fehlermöglichkeit besteht darin, dass in den ausgewerteten Proben Pollen enthalten sein kann, der aus aufgearbeitetem Material stammt. Nach Iversen (1936) gilt das Auftreten von Hystrichosphaerideen als Anzeichen für solche Verunreinigungen. Organische Reste, die als Hystrichosphaerideen angesprochen werden können, wurden in vielen Proben aus allen Sedimentarten - ausser den reinen Tonen - in geringer Zahl gefunden.

Ausserdem kam vereinzelt sogenannter Tertiärpollen vor, so im Diagramm B in sechs Proben aus der Zone Ia insgesamt zwölf Pollenkörner. Ihre Anzahl ist in den anderen Diagrammen geringer. Sie sind fast ausschliesslich auf die tiefen Proben der Kiefern-Birkenzeit beschränkt. Es muss also damit gerechnet werden, dass die Pollendiagramme durch umgelagerten Blütenstaub verzerrt sein können. Iversen (1936) gibt eine Methode an, die es ermöglicht, "sekundäres Pollen" zu eliminieren. Sie besteht darin, dass aus eindeutig umgelagertem Material im Liegenden, z.B. aus Geschiebelehm, Proben entnommen und auf ihren Pollengehalt untersucht werden. Die so ermittelten Nullwerte werden in den Proben der Diagramme von den errechneten Prozentwerten abgezogen. Eine solche Korrektur, die ohnehin recht grob ist, da der Anteil an umgelagertem Blütenstaub gewiss nicht in allen Proben gleich ist, hat nur dann Sinn, wenn die Summe der Nullwerte der einzelnen Pollenarten gross ist. Das ist hier nicht der Fall. Zwei Proben aus dem Bereich der liegenden Grundmoräne des Profils B (500 - 520 cm) wurden nämlich auf ihren Pollengehalt hin untersucht. Neben relativ viel Pollen von Pinus wurden fast 15 % "tertiäre" Pollenkörner gezählt. Die Pollendichte war äusserst gering; sie betrug nur $1/8$ - $1/75$ der Pollendichte in den Proben der Diagramme, so dass ihr Anteil zu gering ist, um eine wahrnehmbare Korrektur vornehmen zu können. Da zu der Zeit, als die Auffüllung des Erdfalls begann, das Gelände rings um den Erdfall herum mit einer Decke von Moränenmaterial bedeckt gewesen sein muss, dessen Pollengehalt offensichtlich gering war, ist anzunehmen, dass die vorgelegten Pollendiagramme durch umgelagerten Pollen nicht wesentlich verfälscht sind; das heisst aber, dass die Vegetationsentwicklung so verlaufen ist, wie die Diagramme es angeben. Als besonders charakteristisch sind die folgenden Merkmale hervorzuheben:

1. deutlich ausgeprägte und scharf gegeneinander abgesetzte Phasen in der Waldentwicklung
2. Ausbreitung der Ulme vor der Eiche, hohe EMW-Werte
3. niedrige Haselwerte, ohne ein markantes Maximum
4. in allen Proben fast konstante, niedrige Fichtenwerte

E. Die Pflanzenliste

In dieser Zusammenstellung sollen alle bis jetzt in den Sedimenten der beiden Erdfälle durch Pollen oder Grossreste festgestellten Pflanzenarten aufgeführt werden. Da die Grossreste zum grössten Teil noch nicht bestimmt sind, ist die Liste nicht vollständig. Die genannten Arten sind jedoch auf ihr Fehlen bzw. ihr Vorkommen in allen Bohrkernen untersucht worden. Die Angaben gelten für die Diagramme B und C. Arten, die nur in den Profilen A oder D oder in einem von beiden in anderen Tiefen gefunden wurden, vervollständigen die Liste. Sie sind durch den Buchstaben des jeweiligen Profils gekennzeichnet. Es muss beachtet werden, dass sich mit zunehmendem Tongehalt von den liegenden zu den hangenden Schichten eine kontinuierliche Abnahme der Zahl der Makrofossilien bis zum völligen Fehlen derselben feststellen liess. Das bedeutet, dass ein allmähliches Verschwinden von Resten einer Art eventuell sedimentbedingt ist und nicht darauf zurückgeführt werden muss, dass die Art am Standort ausstarb.

In den sehr fossilreichen Proben der Zone Ia fanden sich viele Holzreste, die aber sämtlich noch nicht bestimmt sind. Das gleiche gilt von den Moosen, die in den Zonen Ic bis Iib in grossen Mengen zu finden sind.

Abkürzungen: Fr = Frucht, P = Pollen, Sp = Spore, S = Same

4/2 bedeutet 4 Funde einer Art in zwei Proben

Thallophyta

Chara, Nitella, Oosporen, Ia bis Iib regelmässig

Botryococcus, vereinzelt

Bryophyta

mehrere noch unbestimmte Arten (Braunmoose), u.a. Drepanocladus

Sphagnum, Sp sehr selten, keine Grossreste

Pteridophyta

Elechnum cf spicant, Sp 1/1 Ic

Botrychium, Sp 1/1 Ia, 1/1 IIa, 1/1 IIc

Dryopteris austriaca, Sp 2/2 Iib, A 1/1 IIc

Dryopteris filix-mas, Sp D 5/5 IIa, D 4/4 Iib

Dryopteris thelypteris, Sp 1/1 Ic, 5/1 IIa, 7/3 Iib, A 13/3 Ic,

A 2/1 IIc, D 11/7 IIa, regelmässig bis 5 % in D Iib

Equisetum, Sp regelmässig in geringer Zahl

Filicinae, Sp ohne die einzeln genannten Arten, in allen Proben,

Maximum 17,2 % Ic

Lycopodium annotinum-Typ, Sp 6/2 Ia, A 1/1 IIc

Lycopodium clavatum-Typ, Sp A 1/1 IIc

Matteucia struthiopteris, Sp A 4/2 Ib, A 2/1 Ic, A 1/1 IIb

Osmunda regalis, Sp 1/1 IIc, A 1/1 Ib, A 1/1 IIb

Polypodium vulgare, Sp 1/1 Ia, 2/2 IIb, A 9/2 Ib, D 1/1 IIb

Pteridium aquilinum, Sp in Ia bis auf 25 % ansteigend, dann abnehmend, in IID fehlend

Spermatophyta

Abies, P 1/1 IIb, A 2/1 Ib, A 2/1 Ic, D 3/3 IIa, D 2/2 IIb

Acer, P A 3/2 IIb, D regelmässig bis 2,5 % in IIa, D 9/7 IIb

Alnus, P in allen Proben, in Ib, IIc, IID über 10 %, sonst unter 5 %, Maximum 29,4 % in IID

Artemisia, P in fast allen Proben, z.T. 50 % der - allerdings niedrigen - NBP-Werte

Betula, P in fast allen Proben, jedoch nur in Ia bis IIb über 5 %, Maximum 59,4 % in Ib; Fr 375/8 Ia, 20/1 Ib, 222/3 Ic, 10/1 IIa, 35/5 IIb; Fruchtschuppen 64/7 Ia, 3/1 Ib, 32/3 Ic, 2/1 IIa, 2/1 IIb; eine Artbestimmung anhand der Früchtchen war nicht möglich, da die Flügel gar nicht oder nur in Resten erhalten waren. Die Gestalt der Fruchtschuppen macht es aber wahrscheinlich, dass *B.pendula* und *B.pubescens* vorkam.

Campanula, P D 1/1 IIb

Campanulaceae, P 1/1 Ia, 1/1 IID

Carpinus betulus, P A 1/1 IIc

Caryophyllaceae, P 5/3 Ia, 1/1 Ib, 2/2 IIc, 8/6 IID; S 5/1 Ia

Chenopodiaceae, P etwa in jeder zweiten Probe, 3/4 Ia, 1/1 Ic, 1/1 IIa, 3/3 IIb, 11/6 IIc, 17/6 IID

Compositae, P 15/7 Ia, 1/1 Ib, 5/3 Ic, 1/1 IIa, 3/3 IIb, 3/2 IIc, 16/6 IID

Corylus, P in fast allen Proben, in IID und IIc über 10 %, sonst unter 2,5 %, Maximum 24,7 % in IID

Cruciferae, P 5/4 Ia, 3/1 Ic, 2/2 IIb, 5/5 IIc, 8/6 IID

Cyperaceae, P in fast allen Proben, nur in Ia über 2,5 %, Maximum 6 %, in vielen Proben Radicellen, siehe *Dulichium*

Dulichium spathaceum, Fr 37/7 Ia, 9/3 Ic, 1/1 IIb. Da die Zahl der Makrofossilien in den höheren Proben immer mehr abnahm, kann aus der Verteilung der Früchtchen von *Dulichium* nicht sicher geschlossen werden, dass diese Gattung während des

Wärmeoptimums am Rande des Erdfalls fehlte. *Dulichium spathaceum* gehört mit *Azolla filiculoides*, *Brasenia schreberi* und *Euryale ferox* zu den Pflanzen, die während des Pleistozäns aus Mitteleuropa verschwanden. Die Gattung *Dulichium* lebte schon während des Pliozäns in Europa. Sie kam hier noch in der Eem-Warmzeit vor, fehlt aber in postglazialen Ablagerungen. Heute ist *Dulichium spathaceum* nur noch entlang der Ost- und der Westküste Nordamerikas, also in Gebieten mit ozeanischem Klima, zu finden und zwar in den Seggengürteln von Seen und Flüssen (Tralau 1959).

Epilobium, P A 1/1 Ic

Epipactis-Typ, P A 2/1 IIc

Ericaceae, P 2/2 Ia, 1/1 Ib, 1/1 Ic, 1/1 IIa, 1/1 IIc

Fagus, P 8/3 Ia, 1/1 IIc, A 3/1 Ic, D 1/1 IIa. Es ist anzunehmen, dass diese Pollenkörner aus umgelagertem Material stammen.

Filipendula, P 44/8 Ia, 5/2 Ib, 8/4 Ic, 1/1 IIa, 3/2 IIb, 4/4 IIc, 10/4 IID

Fraxinus, P in IIb und IIc regelmässig, sonst vereinzelt, Maximum 5,8 % in IIc, Maximum in D IIb 8,6 %

Geum-Typ, P D 1/1 IIa

Gramineae, P in allen Proben, im allgemeinen unter 4 %, Maximum 5,4 % in Ia

Hedera helix, P 2/2 IIc, A 1/1 IIb

Helianthemum, P A 1/1 Ib

Ilex aquifolium, P 3/2 IIb, A 1/1 IIa

Juncus, Fr 2/2 Ia, 17/3 Ic, 6/2 IIb, 6/2 IIc

Juniperus, P 40/8 Ia, 3/2 Ib, 3/2 Ic, 3/1 IIa, 10/5 IIb, 5/3 IIc, 1/1 IID, Maximum 2,2 % in Ia, D IIa bis 3,5 %

Labiatae, P 1/1 IIc

Lemna P A 1/1 Ib

Liliaceae, P 2/2 IID

Menyanthes trifoliata, P 1/1 IIb, 2/2 IIc, 1/1 IID; auch Samenfund

Myriophyllum, P A 1/1 IIc

Nuphar, P, 1/1 Ia, 2/2 Ib, 1/1 IIb, 3/2 IIc, 3/3 IID

Nymphaea, P in fast allen Proben, 22/7 Ia, 4/2 Ib, 6/3 Ic, 2/1 IIa, 3/3 IIb, 10/5 IIc, 24/7 IID; auch Samenfund

Papilionaceae, P 2/2 Ia, 1/1 IIc

Picea, P im Diagramm B stets unter 3,2 %, Durchschnitt aller Proben 2 %

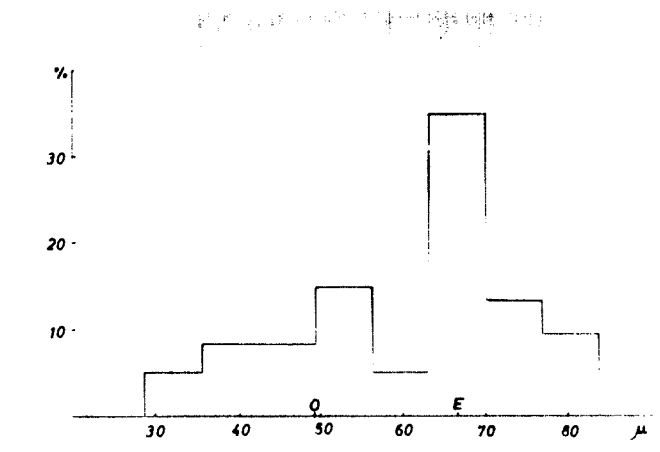
Fichtenpollen ist in allen Proben mit fast konstanten Werten gefunden worden. Es ist aber nicht sicher, ob die Fichte auf dem Elm vorgekommen ist; denn die niedrigen Pollenzahlen können leicht durch Fernflug erklärt werden. Andererseits sind in den verschiedensten Tiefen vereinzelt Fichtennadeln gefunden worden, von denen ein Teil mit Sicherheit erst während des Bohrens in das Bohrloch geraten ist; denn einige Nadeln klebten aussen am Bohrkern. Da zu der Zeit, als die Profile A und B entnommen wurden, die flache Mulde des Erdfalls 1 sehr nass war, floss stets Wasser in das Bohrloch. Auf diese Weise konnte Material aus der Nadelstreu der Umgebung eingeschwemmt werden. Da in einigen Fällen die Reinigung der Bohrkernschwierig war, können rezente Verunreinigungen nicht ausgeschlossen werden. Vielleicht kann diese Frage bei der noch ausstehenden Untersuchung der Grossreste von Profil D, welches ganz "trocken" erbohrt wurde, geklärt werden¹⁾. Die gefundenen Nadeln gehören zu *Picea abies*.

Ein weiteres, allerdings schwaches Argument dafür, dass die Piceanadeln rezent sind, ist folgende Tatsache: im Durchschnitt aller Proben gehören nur 2 % aller gezählten Pollenkörner zur Gattung *Picea*, von der nur einige Nadeln gefunden wurden. Pinuspollen ist ungleich häufiger. Trotzdem wurde nur ein einziger Grossrest gefunden, der als Teil eines Kurztriebes von *Pinus* angesprochen werden kann. Das stärkt den Verdacht, dass die Fichtennadeln nicht subfossil sind.

Es wurde ausserdem untersucht, ob neben Pollenkörnern von *Picea abies* ebenso wie in vielen Ablagerungen aus den verschiedenen Warmzeiten auch im Elm die kleineren Pollenkörner vom *Omorica*-Typ vorkommen. Dazu wurde (nach Firbas 1927) die Luftsackhöhe gemessen. Unter den ohnehin nicht häufigen *Picea*-Pollenkörnern fanden sich indes nur wenige, die nicht gequetscht waren und deren Luftsackhöhen gemessen werden konnten. Deshalb ist die Zahl der grossen

¹⁾ Bei einer weiteren Bohrung, deren Ergebnisse noch nicht vorliegen, konnte beobachtet werden, dass frische Bohrkernschwierig mit rezenten Piceanadeln verunreinigt waren, obwohl von der Oberfläche kein Wasser in das Bohrloch floss.

Pollenkörner gewiss viel zu gering, während die Zahl der kleineren Pollenkörner unbeeinflusst blieb. Die beigegefügte Treppenkurve mit zwei Maxima zeigt jedoch, dass eine Anzahl von Luftsackhöhen weit unterhalb der von Beug (1961) für *Picea excelsa* angegebenen Werte liegt (47 bis 85 μ , Mittelwert E 66,5 μ). Es ist also möglich, dass ein Teil des Fichtenpollens dem Omorica-Typ angehört (33 bis 73,6 μ , Mittelwert O 49,3 μ).



Es muss aber berücksichtigt werden, dass die statistische Sicherheit dafür äußerst gering ist; denn weniger als 4 % (genau 60) aller in den Präparaten vorhandenen Pollenkörner der Gattung *Picea* waren messbar.

Pinus, P in allen Proben, Maximum 55,6 % in Ic

Plantago, P A 1/1 IIb

Polygonum lapathifolium, Fr 29/3 Ia, 1/1 Ic, 1/1 IIb

Potamogeton, P 1/1 Ia, 4/2 IIb, 4/3 IIc, 8/2 IIId, D 2/2 IIa,

D 8/5 IIb. Die Häufigkeit der Pollenkörner ist merkwürdigerweise in den Proben am grössten, in denen auch die Esche ihre höchsten Werte hat, während die Proben, in denen die Gattung *Potamogeton* durch Steinkerne nachgewiesen ist, keine Pollenkörner dieser Gattung enthalten. Es könnte sich also um stark korrodierten *Fraxinus*pollen handeln. In grosser Zahl wurden die Steinkerne mehrerer Arten gefunden: 215/6 Ia, 3/1 Ib, 15/3 Ic, 5/1 IIa, 1/1 IIb

Potentilla-Typ, P D 1/1 IIa

Quercus, P in allen Proben, in Ia bis IIa unter 2,5 %, Maximum

41,2 % in IIb (D IIb 45 %), in IIc um 20 %, in IIId unter 10 %

- Ranunculaceae, P 1/1 IID, A 1/1 IIB, A 3/2 IIC, D 2/2 IIA,
siehe auch Thalictrum
- Rhamnus frangula, P 1/1 Ia, 2/2 Ic, A 1/1 Ib, D 2/2 IIA, D 2/2 IIB
- Rosaceae, P 4/3 Ia, 1/1 Ib, 1/1 IIC, 1/1 IID, D 4/4 IIA, D 2/2 IIB.
siehe auch Filipendula, Geum-Typ, Potentilla-Typ
- Rubiaceae, P 1/1 Ic, 1/1 IIB, 1/1 IIC, 7/4 IID
- Rumex acetosa-Typ, P A 1/1 Ib, D 1/1 IIA
- Rumex maritimus, Perigonreste 42/5 Ia
- Rumex, P 2/2 Ia, A 1/1 IIC
- Salix, P Maximum 7,4 % in Ia, 9/2 Ib, 10/4 Ic, 1/1 IIA, 9/5 IIB,
3/3 IIC
- Saxifraga-Typ, P A 1/1 Ib,
- Sparganium-Typ, P 1/1 IID, A 1/1 IIC, A 1/1 Ib, D 1/1 IIA,
D 2/2 IIB
- Taxus baccata, P 9/6 Ia, 1/1 Ib, 6/5 IIB, 1/1 IIC, D 3/2 IIA,
D 4/4 IIB
- Thalictrum, P 8/6 Ia, 1/1 Ib, 2/2 Ic, 1/1 IIB
- Tilia, P 6/3 Ia, ab IIB geschlossene Kurve, Maximum 21,5 % in
B IID
- Typha-Typ, P 2/2 Ia, 2/2 Ic, 1/1 IIA, 1/1 IIB, 2/2 IIC
- Ulmus, P in fast allen Proben, in Ia bis Ic unter 2,5 %, absolutes
Maximum 46,0 % in IIC
- Umbelliferae, P 13/6 Ia, 1/1 Ib, 3/2 Ic, 4/4 IIB, 1/1 IIC, 2/2
IID, D 9/5 IIA, D 5/5 IIB
- Urticaceae, P 1/1 Ia
- Utricularia, P D 1/1 IIA
- Valeriana, P 1/1 Ia
- Viburnum opulus, P 1/1 Ic, 3/1 IIA, 7/3 IIB, 4/4 IIC, 1/1 IID,
in D IIA regelmässig bis 2 %
- Viscum, P 1/1 Ic, D 2/2 IIA, D 2/2 IIB
- Tertiärpollen, 10/4 Ia, 1/1 IIB, 1/1 IIC, A 8/2 Ib, A 1/1 IIB,
A 1/1 IIC, D 1/1 IIA, D 2/1 IIB, aus den Gattungen Carya,
Castanea, Cryptomeria, Juglans, Liquidambar, Rhus, Sciadopitys,
Tsuga; hierher gehören mit grosser Wahrscheinlichkeit die oben erwähnten
Pollenkörner von Fagus, die zum grössten Teil in der Zone Ia, also im
kiefernzeitlichen Abschnitt gefunden wurden.

F. Verlandung und Vegetationsgeschichte

Es ist nicht möglich einen genauen Zeitpunkt für die Entstehung des Erdfalls 1 anzugeben. Fest steht nur, dass er zu einer Zeit eingesunken ist, in welcher der Elm bereits mit Moränenmaterial überdeckt war. Das beweist die Auskleidung des Erdfalls mit Geschiebelehm. Wie lange der Erdfall danach als Hohlform existiert hat, kann nicht gesagt werden. Aber aus den heutigen Verhältnissen kann über die Veränderungen, die sich an ihm vollzogen haben, einiges geschlossen werden.

Der grösste Teil der heute im Elm zu beobachtenden Erdfälle stellt schüsselartige Hohlformen dar. Manche von ihnen zeigen am Grunde vernässte Stellen, die auf den Beginn der Abdichtung des Erdfalls hinweisen. Nach Harbort (1913) erfolgt sie durch eingespültes Verwitterungsmaterial aus dem Oberen Muschelkalk. Beim Erdfall 1 ist es aber auch denkbar, dass der liegende Geschiebelehm, der sehr viel Muschelkalkmaterial enthält, die Abdichtung bewirkte. Wenn die Niederschlagsmengen hinreichend gross sind, kann in einer solchen Hohlform ein Tümpel entstehen. Derartige Bildungen sind im Elm selten. Es gibt aber eine Reihe von Erdfällen, die ständig oder wenigstens in feuchten Jahren Wasser führen.

In diesem Stadium befand sich wahrscheinlich der untersuchte Erdfall, als die Ablagerung der pollenführenden Sedimente begann. Zuerst kamen grobe, später feinere Sande zur Ablagerung, die nordisches Material (Durchmesser meist kleiner als 1 cm) enthalten. Da die Sande, die nach Angaben von Goedeke geschichtet sind und nur an der Westseite des Erdfalls auftreten, Pollen, Holzstückchen und andere Grossreste (Steinkerne, Perigonreste usw.) enthalten, kann angenommen werden, dass sie durch Schüttung in das Gewässer gelangten.

Im Pollenniederschlag dieser Periode (Ia) sind nur *Pinus* und *Betula* reichlich vertreten. Die NBP-Werte sind relativ hoch. Das deutet auf eine offene Vegetation hin. Wacholder und Eibe waren vorhanden. Der Adlerfarn bildete offenbar grössere Bestände. *Botrychium*, *Polypodium* und *Lycopodium annotinum* (falls die Sporen dieses Typs zur namengebenden Art gehören) mögen an geeigneten Standorten vorgekommen sein. Um den Tümpel herum bildeten wahrscheinlich Erlen, Weiden und vielleicht auch *Rhamnus frangula*

ein kleines Auengebüsch, in dem *Thalictrum* und *Artemisia*-Arten vorkamen. Am Rande des Mümpels, dort wo schon die Verlandung begann, wuchsen *Filipendula*, *Typha*, *Juncus* und *Cyperaceen*, deren Pollen einen beträchtlichen Teil der NBP ausmacht. Von den *Cyperaceen* ist *Dulichium* durch zahlreiche Funde von Grossresten nachgewiesen. Das gleiche gilt von *Polygonum lapathifolium* und *Rumex maritimus*, deren Früchtchen bzw. Perigonreste nur in dieser Zone gefunden wurden. Beide Arten gelten als Pionierpflanzen auf nährstoffreichen, eventuell zeitweise überfluteten Böden. Das Gewässer war von *Chara*, *Nitella*, von mehreren *Potamogeton*-arten sowie von *Nymphaea* und *Nuphar* schon seit den frühesten Abschnitten der Kiefern-Birkenzeit besiedelt.

Die Florenliste der folgenden Birken-Kiefern-Phase (Ib) ist im wesentlichen die gleiche wie die der vorhergehenden Zeit. Allerdings haben sich die Dominanzverhältnisse geändert. Das Waldbild wird jetzt von der Birke beherrscht. Die Kiefer ist stark zurückgedrängt worden. Gleichzeitig hat sich - wohl im Bereich des Erdfalls - die Erle ausgebreitet. Die Pollendiagramme A und B zeigen deutlich, dass in dieser Zeit die *Cyperaceen* zurückgedrängt wurden. Aus den heutigen Verhältnissen und daraus, dass die Sedimentation der Sande aufhört, kann vielleicht geschlossen werden, dass der Erlenvorstoss eine trockenere Phase anzeigt. In den Fichtenhochwald des Distrikts Sundern - aber nicht nur hier - sind kleine, recht trockene Bezirke eingestreut, die von Erlen bestanden sind. Die Riedgräser bilden nur auf den dauernd feuchten, baumfreien Nassgallen grössere Bestände. Selbst am Rande solcher Standorte ist *Alnus* heute nur selten zu finden. Gleichzeitig ist das Klima wahrscheinlich kälter geworden. Darauf weist der Birkenvorstoss hin. In dieser Zeit mag *Osmunda* in der Nähe des Erdfalls vorgekommen sein, deren Sporen auch in der EMW-Zeit nachgewiesen sind. Dieser Farn gilt heute als Charakterart des *Blechno-Alnetums*. Er kommt in Erlenbrüchen und Weiden-Bruchwaldgebüsch auf stausickernassen Sand- und Tonböden vor. Ein ähnliches Biotop verlangt der Straussfarn, *Mattencia struthiopteris*, dessen Sporen ebenfalls zu dieser Zeit nachgewiesen sind. Auf die Feinsande folgen in den Profilen A, B und D in scharfem Wechsel nach oben hin Braunmoostorfe, die wahrscheinlich unter

dem Einfluss der nachfolgenden Eiszeit, aus der die hangende Moränendecke stammt, sehr stark gepresst wurden. Mit diesen Torfen, die von amphibischen Braunmoosen (u.a. von Drepanocladus-Arten), nicht aber von Torfmoosen gebildet wurden, ist der Tümpel verlandet. Wie die geringen NBP-Werte zeigen, war der Elm damals von dichten Birken-Kiefernwäldern bestanden (Ic). Am Rande des Erdfalls mögen ausserdem Erlen, vielleicht auch Weiden und der Faulbaum Rhamnus frangula vorgekommen sein. Bei den wenigen NBP, die wohl aus der nächsten Nähe des Erdfalls stammen, handelt es sich um die gleichen Arten, die schon während der ersten Kiefern-Birken-Phase vorhanden waren. Neben dem Adlerfarn wurden auch Sporen von Blechnum spicant und Dryopteris thelypteris in dieser Zone gefunden. Der Anteil der Cyperaceen an der NBP-Summe ist stark zurückgegangen.

Nur während dieser Periode wurden reine Torfe gebildet. Später, d.h. in den höheren Schichten nimmt der Tonanteil immer zu, bis schliesslich die Hohlform des Erdfalls mit reinen Tonen vollkommen aufgefüllt ist. Die Einlagerung der Tone beginnt zur Zeit der EMW-Ausbreitung. Das ist merkwürdig, weil derartige Sedimente im allgemeinen als kaltzeitliche Bildungen angesprochen werden. Es ist unklar, woher diese Tone stammen und ob sie durch die Wirkung von Wind oder Wasser - etwa durch Hangabspülung - in den Erdfall gelangten.

Von den Baumarten, die man gewöhnlich zum EMW rechnet, breitet sich als erste die Ulme auf Kosten der Kiefer aus (IIa). Gleichzeitig erscheint Acer, der wahrscheinlich stark untervertreten ist. Zum ersten Male lässt sich in dieser Zeit der Pollen der Hülse (Ilex) nachweisen. Pollenkörner von Viburnum opulus, einer Art, die heute in Auenwäldern auf Lehm- und Tonböden vorkommt, sind in dieser Periode häufiger zu finden und auch in fast allen jüngeren Proben regelmässig vorhanden.

Im folgenden vegetationsgeschichtlichen Abschnitt (IIb) war der Elm von Eichen-Ulmenwäldern bestanden. Der nächst häufigste Baum war die Kiefer. Auch die Birke, die Esche und der Ahorn mögen an geeigneten Stellen vorgekommen sein. Selten oder gar nicht vorhanden waren Erle, Weide, Hasel und Linde, die in den Proben aus dieser Zeit nur geringe Pollenwerte besitzen. Hederapollen

ist zum ersten Male nachweisbar. In der folgenden Ulmen-Eichen-Phase (IIc) beginnt die Ablagerung der reinen Tone, die kaum noch Grossreste enthalten. Das ist ein Zeichen dafür, dass die Sedimentation sehr ruhig erfolgte und die Einschwemmung von Pflanzenresten sehr gering war. Die niedrigen Erlen- und Cypereaceenwerte, das Fehlen von Weidenpollen während der Zeit der Tonablagerung und die starke Ausbreitung der wärmeliebenden Arten des EMW deuten auf ein trockenes und warmes Klima hin. Die Bewaldung war dicht; denn zu keiner Zeit sind die Pollenkörner von krautigen Pflanzen so spärlich wie in dieser Periode. Die hohe Ulmenbeteiligung - wahrscheinlich edaphisch bedingt - ist bemerkenswert; denn nach Angaben von Firbas (1949) ist die Ulme in nacheiszeitlichen Sedimenten noch stärker untervertreten als die Eiche. Wenn das auch für interglaziale Ablagerungen zutrifft, dann muss bei ihrer erfahrungsgemässen Überrepräsentation die Kiefer, die 10 bis 20 % erreicht, zu jener Zeit eine unbedeutende Rolle gespielt haben. Während die Kiefer immer mehr verschwindet, beginnen Erle, Hasel und Linde sich auszubreiten (IIId). Die Linde gewinnt neben der Ulme sehr an Bedeutung. Der Pollen krautiger Pflanzen wird wieder häufiger. Das spricht dafür, dass die Linden-Ulmenwälder lichter waren als die Ulmen-Eichenwälder. Die Lindenzeit ist der jüngste Abschnitt der Vegetationsgeschichte dieses Interglazials, der bislang festgestellt werden konnte. Möglicherweise war jedoch die Sedimentation mit dieser Periode noch nicht beendet. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Eismassen der nachfolgenden Eiszeit die jüngsten Schichten der Erdfallfüllung abgetragen haben.

G. Die Datierung

Im Folgenden soll mit Hilfe der stratigraphischen und pollenanalytischen Befunde eine Datierung der in den Erdfällen in Sundern ruhenden Ablagerungen versucht werden.

a. Datierungsmöglichkeiten mit Hilfe der Stratigraphie

Die Oberfläche des Elm ist in weiten Teilen von Löss überdeckt, an dessen weichselzeitlicher Abäagerung keine Zweifel bestehen. Allein aus diesem Grunde ist ein nacheiszeitliches Alter der Sedimente auszuschliessen.

Unter dem Löss, der im Bereich des Erdfalls vergleyt ist, liegt eine Decke von Geschiebelehm, die eine Mächtigkeit zwischen 0,3 und 1,5 m besitzt (nach Goedeke 1965) und Kalksteine sowie nordisches Material enthält. Sie steht an den Rändern des Erdfalls in Verbindung mit einer anderen Lehmschicht, die ebenfalls nordisches Material enthält und die den Grund des Erdfalls auskleidet. Zwischen beiden Schichten liegen die pollenführenden Sedimente. Da nach Woldstedt (1950) nur die Eismassen der Elster- und der Saaleeiszeit, nicht aber die der Weichselvereisung den Elm überfahren haben, muss das Material der hangenden Geschiebelehmdecke spätestens in der Saalekaltzeit auf den Elm transportiert worden sein. Es wäre denkbar, dass dieses Material solifluidal verlagert worden ist. Diese Möglichkeit schliesst Goedeke aus, weil die Mächtigkeit der Geschiebelehmdecke sehr schwankt und weil ihre Oberfläche sehr ungleichmässig ausgebildet ist (Tafel II). Wenn man ausserdem annimmt, dass seit der Saalekaltzeit auf dem Elm keine grösseren Abtragungsvorgänge stattgefunden haben, dann ist auch aus topographischen Gründen Solifluktion während der Weichselkaltzeit auszuschliessen; denn das Gelände ist heute fast eben und liegt ausserdem auf einer kleinen Erhebung. Es kommt hinzu, dass die untere Geschiebelehm Lage viel stärker verwittert ist als die obere, so dass beide Schichten kaum gleichaltrig sein können. Das bedeutet aber, dass die untere Geschiebelehmdecke nicht jünger als elsterzeitlich, die obere aber nicht jünger als saalezeitlich sein kann. Damit ist es mehr als nur unwahrscheinlich, dass die Sedimente während der Eemwarmzeit abgelagert wurden.

b. Datierungsmöglichkeiten aufgrund der pollenanalytischen Befunde

1. Die Eemwarmzeit

Aus Nordwesteuropa sind bislang mehr als 70 warmzeitliche Ablagerungen bekannt (von der Brélie 1955), die mit grosser Wahrscheinlichkeit im letzten Interglazial, der Eemwarmzeit, entstanden sind. Dazu gehören die von Selle (1962) bearbeiteten Profile von Honerdingen, Nedden-Averbergen, Mangebostel, Grevenhof und andere. Sie stellen zusammen mit den Ablagerungen von Wallensen (Rabien 1953) und Schwindebek - Grevenhof (Behre 1962) die dem Elm nächstgelegenen Fundorte eemzeitlicher Vorkommen

dar, von denen pollenanalytische Untersuchungen vorliegen (siehe auch Averdieck 1962, Hallik 1953, Jessen und Milthers 1928, Müller 1958, Schütrumpf 1937, van der Vlerk und Florschütz 1953, Walker 1953, West 1957, Zagwijn 1961 u.a.).

Beim Vergleich der Pollendiagramme zeigt sich, dass die Vegetationsentwicklung in dieser Warmzeit in ganz Nordwesteuropa - von lokalen Einflüssen abgesehen - recht gleichartig verlaufen ist. Selle (1962) unterscheidet folgende Abschnitte:

- Birkenzeit I
- Kiefern-Birkenzeit IIa
- Kiefern-EMW-Zeit IIb
- Kiefern-EMW-Haselzeit IIIa
- Hasel-EMW-Zeit IIIb
- Hasel-Lindenzeit IIIc
- Hainbuchenzeit IVa
- Hainbuchen-Fichtenzeit IVb
- Fichtenzeit Va
- Kiefern-Fichten-Tannenzeit Vb
- Kiefern-Fichtenzeit VIa
- Kiefernzeit VIb

Diese Zonierung findet sich auch in den Ablagerungen von Honerdingen (Tafel VI), die schon mehrfach untersucht worden sind. Selle (1962) beschreibt im Diagramm 7 die bislang vollständigste aus dem norddeutschen Raum bekannte Abfolge der einzelnen Phasen einer eemzeitlichen Waldgeschichte. Jessen und Milthers (1928), Selle (1941, 1953, 1957), Woldstedt, Rein und Selle (1951), Hallik (1953) und Behre (1962) gliedern die Vegetationsentwicklung anders, ohne dass aber grundlegende Abweichungen voneinander zu verzeichnen wären. Die Unterschiede rühren von dem unterschiedlichen Verhalten der Fichte her, deren Ausbreitung in der zweiten Hälfte dieses Interglazials in den einzelnen Profilen zu verschiedenen Zeiten erfolgt. Im Gegensatz zum Holstein- Interglazial sind die einzelnen Abschnitte der Waldentwicklung deutlich gegeneinander abgesetzt. Sie sind gekennzeichnet durch die Maxima einzelner Baumarten, deren Pollenkurven in folgender Anordnung nacheinander oder fast gleichzeitig kulminieren: Birke, Kiefer; Eiche, Hasel; Linde, Ulme; Hainbuche; Fichte, Tanne; Kiefer. Wie wahrscheinlich alle Warmzeiten so begann auch das letzte Interglazial mit einer Birkenzeit, auf

die eine ausgeprägte Kiefern-Birkenzeit folgt (Selle 1953). Während die Birke zu Beginn der Ausbreitung von EMW und Hasel zurückgeht, behält die Kiefer in dieser Phase ihre hohen Werte zunächst noch bei. Sie sinken aber bald ab und steigen erst nach der Hainbuchenzeit rasch zu einem zweiten Maximum an. Der Eichenmischwald, zu dem Eiche, Ulme, Linde, Esche und Ahorn gerechnet werden, erreicht sehr hohe Werte (Honerdingen 7, 60 %). Die Ahornkurve ist nur selten geschlossen (z.B. Rabien 1953, West 1957, West and Sparks 1960). Oft kommt Acer nur vereinzelt oder gar nicht vor. Das gleiche gilt für die Esche. Das weitgehende Fehlen von Ahorn- und Eschenpollen ist aber nicht charakteristisch für die Eemwarmzeit, sondern ist auch in den anderen Warmzeiten zu beobachten. Der EMW wird also im wesentlichen von Eiche, Ulme und Linde gebildet. Die Eiche hat im Eem ihr Maximum vor der Ulme, obwohl die Ulme häufig ein wenig vor der Eiche erscheint. Die von Hallik (1957) genannten Profile aus dem Hamburger Gebiet mit einem geringen Ulmenmaximum vor der Ausbreitung der Eiche gelten als lokal bedingte Ausnahmen. Im letzten Drittel der EMW-Zeit breitet sich die Linde aus, die beträchtliche Werte erreichen kann. Gleichzeitig erreicht auch die Eibe ihre maximalen Werte (Behre 1962, Grovenhof 24,2 %). Leider enthalten alle deutschen Pollendiagramme, die vor 1962 veröffentlicht wurden, keine Angaben über das Vorkommen von Taxuspollen. Es ist aber wahrscheinlich, dass die Eibe auch in anderen eemzeitlichen Ablagerungen eine grössere Rolle gespielt hat, zumal sie vielerorts durch Grossreste nachgewiesen ist. Die Haselausbreitung beginnt in der frühen EMW-Zeit. Das Maximum folgt meistens direkt auf das Eichenmaximum und erreicht im allgemeinen zwischen 200 und 300 %. Anstieg und Abfall der Erlenkurve verlaufen etwa parallel zur Haselkurve.

Auf die EMW-Zeit folgt eine ausgeprägte Hainbuchenzeit, welche durch die Ausbreitung von Fichte und Tanne beendet wird. Die auffallende Hainbuchendominanz gilt als charakteristisch für die Eemwarmzeit. Für einige eemzeitliche Diagramme gibt Hallik (1953) ein mehrfaches Alternieren von Picea- und Carpinusgipfeln an. Da nur wenige Diagramme dieses Merkmal zeigen, kann es nicht als Charakteristikum der Eemwarmzeit gewertet werden. Gleichzeitig mit der Fichte hat auch die Tanne ihr Maximum. Während jedoch die

Fichte meist reichlich vertreten ist (Honerdingen 26 %), erreicht die Tanne nur selten höhere Werte (Rabien 1953, 16 %). Am Ende der Fichten-Tannenzeit beginnt die erneute Ausbreitung von Kiefer und Birke, die das Heranrücken der neuen Eiszeit ankündigt. *Dulichium spathaceum* und *Brasenia purpurea*, die in Europa als typische Interglazialpflanzen gelten, sind in der Eemwarmzeit noch vorhanden. *Azolla filiculoides* hingegen fehlt.

Folgende Punkte können als charakteristisch für die Vegetationsentwicklung des letzten Interglazials angesehen werden:

1. Die einzelnen Vegetationsphasen sind deutlich gegeneinander abgesetzt.
2. Der Rückgang der Kiefer beginnt nach der Ausbreitung des EMW, oft erst nach dem Eichenmaximum.
3. Gleichzeitig mit der Eiche breitet sich die Hasel sehr rasch aus. Sie besitzt ein ausgeprägtes Maximum am Anfang der EMW-Zeit.
4. Auf die EMW-Zeit folgt eine deutliche Hainbuchenzeit. Erst danach breiten sich Fichte und Tanne aus.

Wie in den Diagrammen des letzten Interglazials sind auch im Elm die einzelnen Vegetationsabschnitte sehr deutlich gegeneinander abgesetzt. Dieses Merkmal trifft jedoch auch für das Cromer-Interglazial zu, gestattet aber eine Unterscheidung von eemzeitlichen Vorkommen und Ablagerungen aus der Holsteinwarmzeit. Leider sind bei den Bohrungen im Elm nie pollenführende Schichten aus der Zeit nach dem Klimoptimum erfasst worden; denn Profil C endet mit der Lindenphase der EMW-Zeit. Im Eem folgt auf diese Periode die Hainbuchenzeit. Obwohl die Ausbreitung der Hainbuche sehr rasch erfolgt, beginnt die geschlossene *Carpinus*-kurve meistens noch vor dem *Corylus*-maximum. Es kann also erwartet werden, dass zumindest während der Linden-Phase regelmässig Pollenkörner der Hainbuche zu finden sind. Es wurde jedoch nur ein einziges Pollenkorn gefunden (Profil A IIc).

Die Fichte erscheint im Eem sehr spät, im Elm ist sie dagegen schon in den tiefsten Proben nachweisbar. Haselpollen ist im Elm in fast allen Tiefen mit geringen Werten zu finden. Erst während der Linden-Phase erreicht die Hasel Werte über 10 %, bleibt aber stets unter 20 %. Das für die Eemzeit charakteristische Haselmaximum zu Beginn der EMW-Zeit fehlt also. Ebenso fehlt auch die

Kieferndominanz am Anfang der EMW-Zeit. Diese Befunde schliessen eine Einordnung der Diagramme aus dem Elm in die Eemwarmzeit aus. Die pollenanalytischen Ergebnisse und die stratigraphischen Befunde lassen daher den Schluss zu, dass die Erdfälle im Sundern während des letzten Interglazials bereits aufgefüllt waren.

2. Die Diagramme vom Typ Ober-Ohe

In der Tabelle zur "pollenanalytischen Gliederung des Pleistozäns in Nordwestdeutschland" (von der Brelie 1955) folgt auf die Eemwarmzeit das Ohe-Interglazial, zu dem die Kieselgurvorkommen von Neu-Ohe (Gistl 1928), Ober-Ohe und Klieken/Anhalt (Selle 1954, 1955) und Munster (Rein in Woldstedt 1947, Woldstedt, Rein und Selle 1951, Selle 1955) gerechnet werden. Die Stellung dieser Vorkommen war lange Zeit unsicher. Aus pollenanalytischen Erwägungen wollte man diese Ablagerungen in die Holsteinwarmzeit stellen. Die Lagerungsverhältnisse schienen aber eher für ein eemzeitliches Alter zu sprechen. Neuere geologische Untersuchungen haben inzwischen gezeigt, dass die Kieselgurlager von Ober-Ohe mit Sicherheit aus der Holsteinwarmzeit stammen und dass die Ablagerungen von Munster sehr wahrscheinlich ebenso alt sind (Lüttig, mündliche Mitteilung). Ein Vergleich der Diagramme aus dem Elm mit denen vom Typ Ober-Ohe erübrigt sich also.

3. Die Holsteinwarmzeit

Aus der Holsteinwarmzeit sind viel weniger in ihrer Stellung gesicherte, pollenführende Vorkommen bekannt als aus dem letzten Interglazial. Trotzdem ist es möglich, in grossen Zügen die Vegetationsgeschichte dieses Abschnitts aus dem Pleistozän zu beschreiben.

Als Standardprofil für den norddeutschen Raum kann das Diagramm von Hamburg-Hummelsbüttel dienen (Hallik 1960, Tafel VII), dessen Datierung durch den elsterzeitlichen Lauenburger Ton im Liegenden gesichert ist. Das Diagramm beginnt mit dem Ende einer subarktischen Phase, die durch hohe Hippophae- und NBP-Werte gekennzeichnet ist. Es folgt eine Phase der Ausbreitung von Birke und Kiefer, deren Werte bei 50 % liegen. In diesem Abschnitt beginnen die geschlossenen Kurven von Erle und Fichte, von Hasel und EMW. In der nächsten Phase breiten sich Erle und Fichte auf Kosten von Birke und Kiefer aus. Zu dieser Zeit erreicht auch der EMW

seine höchsten Werte, die aber stets unter 10 % liegen. Neben der Eiche kommen auch Ulme und Linde regelmässig, aber nur mit geringen Werten vor. Mit dem BWV erscheint auch die Hasel. Sie erreicht in der auf die Fichten-Erlenzeit folgenden Tannen-Hainbuchenzeit ein kleines Maximum von etwa 10 %. Das Tannenmaximum liegt bei 20 %. Die Hainbuche bleibt unter 5 %, so dass eine deutliche Hainbuchenzeit wie in der Eemwarmzeit fehlt. Mit der Tanne breitet sich die Kiefer erneut aus und bleibt im gesamten jüngeren Abschnitt des Profils dominant.

Der Kiefernpollen herrscht also in allen Proben - ausgenommen die der Fichten-Erlenzeit, in denen die Erle dominiert - vor. Alle Baumarten ausser der Erle und der Birke erreichen Werte, die höchstens halb so hoch sind wie die der Kiefer. Ihre Dominanz kann also als Charakteristikum dieser Ablagerung gelten. Nach Hallik lässt sich das Diagramm folgendermassen gliedern:

1. Subarktische Zeit
2. Birken-Kieferzeit
3. Fichten-Erlenzeit
4. Tannen-Hainbuchenzeit
5. Kieferzeit

Alle anderen aus Deutschland bekannten holsteinzeitlichen Diagramme sind nicht so vollständig wie das Hummelsbütteler Profil. Sie lassen sich aber mit Teilen daraus parallelisieren. Das gilt z.B. für Wiechel (Hallik 1960) und Ummendorf (Selle 1941, Tafel VII) oder für die Berliner Paludinenschichten (Heck 1930). Allerdings erreichen die Hainbuche und die Hasel zum Teil höhere Werte (30 bzw. 50 %), während die Tanne in Ummendorf sogar fehlt, was eventuell mit dem sehr grossen Probenabstand erklärt werden kann. Alle Diagramme sind durch Coniferen- oder Erlendominanz gekennzeichnet. In die Holsteinwarmzeit werden auch die Krefeld-Kempener Schichten gestellt (Rein 1950, von der Brelie und Rein 1952), in denen die Tanne in hohem Grade an der Coniferendominanz beteiligt ist. Eine sehr ähnliche Vegetationsentwicklung zeigt auch das Diagramm von Tornskov in Südjütland (Andersen 1963).

Zu den bekanntesten holsteinzeitlichen Ablagerungen in Holland gehören die Tone von Neede (Van der Vlerk und Florschütz 1953) und Bantega (Brouwer 1949).. In Neede liegen das Hainbuchen- und das Haselmaximum unter 10 %. Die Fichte schwankt zwischen 20 und 40 %.

Die Tanne erreicht in Maximum 45 %. In Bantega ist dieses eigenartigerweise sehr niedrig und fällt ausserdem in die Zeit der Massenentfaltung von Picea.

In allen genannten Diagrammen ist eine gleichförmige Vorherrschaft von Kiefer und Erle zu beobachten. "Eine eigentliche Eichenmischwald- oder Hainbuchen-Zeit ist nicht vorhanden, obwohl es sich doch um Ablagerungen aus dem sog. 'grossen Interglazial' handelt" (Rein 1955, S.22 unten).

Auch aus England sind mehrere interglaziale Vorkommen bekannt, die als holsteinzeitlich angesprochen werden. Dazu gehören die Ablagerungen von Hoxne (West 1956, Tafel VIII), deren Pollendiagramme sich in einigen Punkten von dem Hummelsbütteler Diagramm unterscheiden. Von einer ausgeprägten Kieferndominanz kann keine Rede sein; denn fast stets erreicht die Eiche allein höhere Werte (max. 56 %) als die Kiefer. Da neben der Eiche auch die Ulme und die Linde reichlich vertreten sind und da auch Acer nicht fehlt, erreicht der EMW Werte, die zum Teil über 45 % liegen, meist aber um 40 % schwanken. Solche hohen EMW-Werte sind nur aus englischen holsteinzeitlichen Ablagerungen bekannt. Die Hasel hat eine sehr lange Anlaufphase, bis sie am Ende der EMW-Zeit ihr Maximum (45 %) erreicht.

Aus stratigraphischen Gründen und weil ausserdem Hoxne die für die Eemwarmzeit typischen Phasen mit hohen Hainbuchen- und Fichtenwerten fehlen und weil auch eine Parallelisierung mit cromerzeitlichen Bildungen (im weiteren Sinne) unmöglich erscheint, hält West diese Sedimente für holsteinzeitlich. Dazu kommt noch, dass die Erle, die ja auch in Hummelsbüttel zeitweise vorherrschte, in Hoxne fast dauernd dominiert und dass die Diagramme trotz der hohen EMW-Beteiligung eine gewisse Gleichförmigkeit zeigen, welche ja auch die holsteinzeitlichen Bildungen auf dem Kontinent aufweisen. Ausserdem erreicht in den englischen Holsteinablagerungen die Tanne nach dem Verschwinden des EMW zum Teil sehr hohe Werte wie in manchen holländischen Vorkommen der gleichen Zeit (etwa in Neede). Das hohe Tannenmaximum gilt als Charakteristikum der englischen Holsteinvorkommen. Im Eem war die Tanne zwar auch vorhanden, spielt aber in den meisten Diagrammen nur eine untergeordnete Rolle. In den holsteinzeitlichen Ablagerungen

von Clacton-on-Sea (Pike und Godwin 1953) und Nar Valley (Stevens 1960) dominiert der Erlenpollen ebenfalls; aber auch die Kiefer erreicht in einigen Zonen Werte, die wesentlich höher sind als die des EMW, so dass diese Profile denen des nordwest-europäischen Festlandes mehr ähneln als Hoxne. Die Ähnlichkeit ist jedoch nicht in allen Punkten gleich gut. So liegt in Nar Valley das Haselmaximum bei 193 % der BP-Summe. Dieser Wert entspricht etwa 65 % der GS.

Merkwürdigerweise unterscheiden sich die irischen Ablagerungen aus dem Elster-Saale-Interglazial, Gort (Jessen, Andersen und Farrington 1959) und Kilbeg (Watts 1959), deutlich von den oben beschriebenen englischen Vorkommen. Ihre Pollendiagramme ähneln aber denen aus Holland (etwa Spannenburg, Bantega, Neede). Mit den Diagrammen vom Festland haben sie eine deutliche Kiefern-Erlendominanz, die geringe Beteiligung des EMW an der BP-Summe und die niedrigen Haselwerte, mit denen aus England die relativ hohen Tannenwerte gemeinsam. In beiden Profilen sind Ilex, Buxus und Rhododendron vertreten. Besonders in Gort fällt die hohe, zweigipfelige Eibenkurve auf, die zwischen dem ersten Kiefernmaximum und der Erlenausbreitung, also am Beginn der schwach ausgeprägten EMW-Zeit, einsetzt, ein erstes hohes Maximum von über 60 % erreicht, dann bis auf 10 % abfällt und später ein zweites niedriges Maximum besitzt.

Bei einer Neubearbeitung der Proben von Hoxne wurden inzwischen auch dort hohe Taxuswerte nach der Ausbreitung des EMW nachgewiesen (West 1962).

Bei Szafer (1953) findet sich eine Zusammenstellung der wichtigsten polnischen Vorkommen aus dem Masovien I, also jenem Abschnitt des Pleistozäns, welcher der Holsteinwarmzeit entspricht. Die Vegetationsentwicklung weicht wegen lokaler Einflüsse oder wegen des kontinentaleren Klimas in manchen Einzelheiten von derjenigen westlicher Vorkommen ab. In allen Diagrammen ist aber deutlich zu erkennen, dass die Coniferen viel stärker vertreten sind als die sommergrünen Laubbäume, wenn man von der Birke und in gewissem Masse auch von der Erle absieht. Die Erle spielt aber längst nicht die Rolle wie in den westeuropäischen Ablagerungen. In den nordöstlichen Gebieten bis in die Sowjet-

Union hinein herrschen Fichte und Kiefer vor. In Polen dagegen erreicht die Tanne hohe Werte. Sogar Larixpollen ist nachgewiesen. Der EMW und die Hasel sind im allgemeinen in Polen noch schwächer vertreten als in weiter westlich gelegenen Ablagerungen. Ihre Kurven kulminieren entweder in der Tannen-Hainbuchenzeit oder zwischen den Maxima von Fichte und Hainbuche. Die Hainbuchenwerte können bis zu 26 % der BP ausmachen. Solche hohen Werte sind aus den westlichen holsteinzeitlichen Vorkommen nicht bekannt.

Die kurze Beschreibung der wichtigsten Pollendiagramme aus Nordwesteuropa und Polen sollte deutlich machen, dass es trotz der grossen Entfernungen zwischen den einzelnen Vorkommen und trotz der geringen Anzahl gesicherter Holsteinprofile möglich ist, charakteristische Gemeinsamkeiten im Ablauf der Vegetationsentwicklung aufzuzeigen.

Das auffallendste Merkmal ist die überall nachgewiesene, lang anhaltende Dominanz von Erle oder Nadelbäumen. An der Coniferendominanz sind je nach Lage des Fundorts verschiedene Gattungen beteiligt. Diese Baumarten herrschen in einer solchen Masse vor, dass die Gattungen des EMW und die Hasel im Pollendiagramm kaum in Erscheinung treten. Deshalb fehlt in den holsteinzeitlichen Diagrammen eine deutlich abgesetzte EMW-Zeit. Wo aber wie in Hoxne höhere EMW-Werte vorkommen, werden sie fast nur von der Eiche hervorgerufen, während die Ulme und die Linde nur einen geringen Anteil daran haben. Gemeinsam ist ferner das sehr frühe Erscheinen der Fichte, die sich allerdings im nordwesteuropäischen Bereich erst spät ausbreitet und im ganzen schwächer vertreten ist als in östlicheren Vorkommen.

Die Diagramme aus dem Elm zeigen im Unterschied zu typischen Holsteindiagrammen keine durchgehende Dominanz von Kiefer oder Erle, sondern zeichnen sich dadurch aus, dass die einzelnen Abschnitte der Vegetationsentwicklung sehr deutlich gegeneinander abgesetzt sind. In Übereinstimmung mit holsteinzeitlichen Diagrammen erscheint die Fichte sehr früh. Ausserdem ist die Hasel während der EMW-Zeit mit niedrigen Werten vertreten. Ihre Kurve beginnt erst am Anfang der Lindenphase anzusteigen. Ein Gipfel ist aber nicht vorhanden. Der EMW erreicht sehr hohe

Werte (D 85 %). Darin ähneln die Profile von allen Holsteindiagrammen am ehesten dem von Hoxne (max. über 56 %). Es fehlt aber die Erlendominanz zur EMW-Zeit. Ausserdem sind Ulme und Linde im Elm mit sehr hohen Werten vertreten. Die Eibe hat keine geschlossene Kurve.

Selbst wenn diese Unterschiede auf lokale Einflüsse zurückgeführt werden könnten, wäre es - schon wegen der grossen Entfernung - schwierig, die Ablagerungen auf dem Elm und die von Hoxne in befriedigender Weise miteinander zu parallelisieren. Ausserdem sind aus unmittelbarer Nähe des Elm (knapp 25 km Luftlinie) holsteinzeitliche Ablagerungen bekannt (Ummendorf, Selle 1941, Tafel VII), die ein ganzes Interglazial umfassen sollen und deren Pollendiagramm im wesentlichen denen aus holsteinzeitlichen Ablagerungen und nicht denen aus dem Elm entspricht. Da der Wert der Pollenanalyse für die Erforschung der Vegetationsgeschichte gerade darin liegt, dass ein Diagramm nicht nur die lokalen Besonderheiten des Pollenniederschlags sondern auch die Vegetationsentwicklung der weiteren Umgebung widerspiegelt, ist eine Parallelisierung der Ablagerungen auf dem Elm mit holsteinzeitlichen Vorkommen kaum möglich, auch wenn einige Ähnlichkeiten mit dem ohnehin aus der Reihe der nordwesteuropäischen Vorkommen herausfallenden Diagramm von Hoxne zu verzeichnen sind. Als einziges typisches holsteinzeitliches Vorkommen aus dem norddeutschen Raum bietet sich nur das Pollendiagramm von Hamburg-Hummelsbüttel zu einem Vergleich an. Es ist leicht zu erkennen, dass zwischen den Diagrammen beider Lokalitäten nur wenige Ähnlichkeiten, dafür aber um so mehr Unterschiede - wie die deutlich gegeneinander abgesetzten Vegetationsabschnitte und die hohen EMW-Werte im Elm - bestehen, so dass die Erdfälle im Sundern mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht während der Holsteinwarmzeit aufgefüllt worden sein können.

Jessen und Milthers (1928) beschreiben zwei Profile aus Starup und Harreskov in Westjütland. In beiden Diagrammen erreicht der EMW hohe Werte. Nicht nur die Eiche sondern auch die Ulme ist sehr stark vertreten. Von einer Coniferendominanz kann nicht gesprochen werden. Aus diesen Gründen stellt Andersen (1963, 1965) die genannten Ablagerungen zusammen mit einem neuen, ähn-

- 34 -

lichen Profil aus Ølgod nicht mehr in die Holsteinwarmzeit, sondern hält sie für älter. Beide Diagramme zeigen auffallende Ähnlichkeiten mit den Profilen aus dem Elm. Da eine Einordnung der Sedimente auf dem Elm in die Holstein- oder in die Eemwarmzeit ohne Zwang nicht erfolgen kann, ist zu untersuchen, ob die Erdfälle im Sundern cromerzeitliche Ablagerungen enthalten.

4. Die Cromerwarmzeit

Aus Deutschland sind einige Ablagerungen bekannt, die wenigstens zeitweise als cromerzeitlich angesehen wurden. Die Fundorte sind Schwanheim in der Mainebene (Baas 1932), Johnsbach in Schlesien (Stark und Overbeck 1932), Neuenförde (Selle 1958) und Bilshausen/Unter-Eichsfeld (Lüttig und Rein 1954, Chanda 1962, Averdieck und von der Brelie 1963, Müller 1965).

Baas untersuchte den Schwanheimer Kohleton und datierte ihn aus stratigraphischen Gründen als cromerzeitlich. Da aber im Pollendiagramm sog. Tertiärpollen sehr stark vertreten ist (in einigen Proben über 50 % *Tsuga*, 20 % *Pterocarya*) ist diese Datierung unhaltbar. Woldstedt (1958) parallelisiert den Kohleton mit den altpleistozänen Tegeler Schichten. Nach Zagwijn (1960) ist auch eine Einordnung in die Waalwarmzeit möglich. Parallelen zu den Verhältnissen im Elm sind aber nicht vorhanden.

Die humosen Sande, welche die diluviale Flora von Johnsbach bei Wartha enthalten, werden nach Woldstedt (1958) von der Grundmoräne der Elstervereisung überlagert. Sie sind also cromerzeitlich oder älter. Da das Pollendiagramm aber einen offensichtlich sehr späten Abschnitt eines Interglazials umfasst, der aus den Ablagerungen im Elm nicht bekannt ist, soll dieses Vorkommen nicht weiter behandelt werden.

Etwa 150 km nordwestlich des Elm liegt bei Verden/Aller das interglaziale Vorkommen von Neuenförde (Tafel IX). Es handelt sich um ein Lager von Süßwassermergeln. Selle hat dieses Mergellager nicht eindeutig datieren können, hielt aber eine cromerzeitliche Datierung für richtiger als eine Einordnung in die Holstein- oder in die Eemwarmzeit. Sehr auffallend ist jedoch die starke Kieferndominanz (zum Teil über 70 %), die nur in wenigen Proben von der Vorherrschaft der Erlen unterbrochen wird. Während dieser Erlenphase erreichen die Hasel und der EMW ihre

höchsten Werte. Der EMW setzt sich im wesentlichen nur aus Eichen und Ulmen zusammen. Merkwürdigerweise ist in dieser Ablagerung die Ulme von grösserer Bedeutung als die Eiche. Diese Tatsache ist wohl ein Grund dafür, dass Selle ein cromerzeitliches Alter für möglich hält. Die Ulmenkurve bleibt bis auf drei Proben unter der 10 %-Grenze, so dass auch in Neuenförde der EMW ohne Bedeutung ist. Hainbuche und Tanne sind mit geringen Werten vertreten, ebenfalls die Fichte, die nur in wenigen Proben fehlt. Trotz einiger Besonderheiten - wie die hohe Ulmenbeteiligung, die fehlende Fichtenphase usw. - lassen sich meines Erachtens die Süßwassermergel von Neuenförde leichter mit holsteinzeitlichen Diagrammen parallelisieren als mit cromerzeitlichen. Zur Datierung der Erdfälle im Elm kann dieses Vorkommen ohnehin nicht dienen, weil zwischen den Diagrammen aus Neuenförde und aus dem Elm zu grosse Unterschiede bestehen.

Obwohl die Bilshausener Tone (Tafel X) schon mehrfach untersucht worden sind, ist ihre Stellung im Pleistozän immer noch unsicher. Die stratigraphischen und die faunistischen Befunde sprechen für die Einstufung in eine Prä-Elsterwarmzeit, die vorläufig als Rhume-Interglazial (nach Lüttig) bezeichnet werden soll, weil nicht feststeht, ob es sich bei dem Vorkommen tatsächlich um cromerzeitliche Tone handelt. Diese Datierung gilt als so sicher, dass der von Chanda gemachte Hinweis, die Pollendiagramme von Bilshausen ähnelten eemzeitlichen Diagrammen, nicht mehr als Einwand gegen die von Lüttig und Rein (1954) vorgenommene Datierung angesehen werden kann, obwohl die Diagramme aus der Cromerwarmzeit und aus dem Eem-Interglazial einander in manchen Punkten sehr ähnlich sind.

In den Bilshausener Profilen werden mehrere verschieden gefärbte Tonschichten unterschieden, von denen der "Kohleton" der Rhumewarmzeit zugeschrieben wird, während die liegenden und die hangenden Tone in kälteren Phasen zur Sedimentation gelangt sind. Die pollenanalytische Untersuchung des Kohletons ergab folgendes Bild (H.Müller 1965): im Gegensatz zu den Diagrammen aus den beiden jüngsten Warmzeiten, die mit einer Kiefern-Birkenzeit beginnen, breiten sich in Bilshausen nach einer waldfreien Zeit sofort Ulme, Fichte, Kiefer und Erle aus (Abschnitt c und d).

Die Birke ist relativ schwach vertreten. Die NBP-Werte liegen in den einzelnen Proben unterschiedlich hoch, nehmen aber deutlich ab. Schon in dieser frühen Phase sind Eiche, Linde, Esche, Ahorn und Corylus vorhanden, aber nur in geringem Masse. Mit der Ausbreitung von Tanne und Eiche, die auf Kosten der Kiefer und der Erle erfolgt, erscheinen *Osmunda cf. claytoniana* und *Azolla filiculoides* (Abschnitt e). Die weitere Ausbreitung des EMW wird von einem jähen Kiefern-Birkenvorstoss unterbrochen (Abschnitt f). Mit dieser Phase beginnen die 1954 und 1963 veröffentlichten Diagramme. Auf diesen Abschnitt folgt - deutlich abgesetzt - eine EMW-Zeit (Abschnitt g), in der die Eiche zwar vorherrscht (zum Teil etwa 50 %), in der aber auch die Ulme (um 20 %) und die Linde (um 10 %) verglichen mit anderen interglazialen Profilen reichlich vertreten sind. Etwa gleichzeitig mit der Eiche hat die Linde ihre grösste Verbreitung. Die Haselwerte bewegen sich um 10 %. Nach dem EMW-Maximum von ca. 80 % steigen die Werte von *Carpinus* und *Abies* stark an. Die Fichte wird in dieser Periode sehr zurückgedrängt. Sie breitet sich erst nach der Hainbuchenzeit zum zweiten Male rasch aus. Darauf erfolgt ein neuer Vorstoss der Birken, der Kiefern und der krautigen Pflanzen. Alle anderen Baumarten werden verdrängt. Eine neue Eiszeit rückt heran.

Ein Vergleich der Diagramme aus dem Elm mit dem von Lüttig und Rein veröffentlichten Diagramm zeigt, dass die Vegetationsentwicklung in den Abschnitten a und b mit der im Elm recht gut übereinstimmt, wenn man von den niedrigen *Carpinus*werten absieht. Eine Parallelisierung mit den entsprechenden Abschnitten f und g des von Müller vorgelegten vollständigen Diagramms ist indessen nicht ohne weiteres möglich, weil der EMW zur Zeit des Kiefern-Birkenvorstosses nicht verschwindet, sondern im Gegenteil recht hohe Werte beibehält. Entsprechendes gilt für *Picea*, deren reichliches Vorkommen allerdings sehr wahrscheinlich lokal bedingt ist.

Da im Elm die Ulme vor der Eiche erscheint - wie Profil D IIa besonders deutlich zeigt -, ist auch ein Vergleich mit den Abschnitten c und d des neuen Profils aus Bilshausen notwendig. Bis auf *Picea* und *Alnus*, die in Bilshausen wahrscheinlich aufgrund der besonderen Standortverhältnisse so hohe Werte erreichen, sind die übrigen Baumarten in beiden Diagrammen etwa gleich stark ver-

treten, so dass eine Parallelisierung möglich erscheint. Allerdings kann in diesem Falle zu der deutlichen Kiefern-Birkenzeit im Elm in Bilshausen kein Äquivalent gefunden werden. Ausserdem bleibt die Frage offen, welcher Abschnitt in Bilshausen der Zone IIb im Elm, in welcher die Eiche vorherrscht, zuzuordnen ist, da der Abschnitt e im Diagramm von Müller wegen der relativ hohen Abieswerte nicht in Frage kommen kann.

Aus Holland sind mehrere Vorkommen bekannt, die aus guten Gründen in die Cromerwarmzeit gestellt werden. Die Profile Westerhoven I und VI (Zagwijn und Zonneveld 1956, Tafel XI) zeigen eine ausgeprägte EMW-Zeit mit hoher Beteiligung der Ulme, die sich vor der Eiche ausbreitet und stets stärker vertreten ist als diese. Während dieser Zeit schwanken die Erlenwerte um 30 %. Alle anderen Baumarten liegen meistens weit unter 15 %. In den höchsten Proben kommt Tannen- und Hainbuchenpollen vor (um 1 %). Ähnliche Verhältnisse zeigen auch die Diagramme von Loenermark (Polak, Maarleveld und Nota 1962, Tafel XII), in denen offensichtlich nur der Endabschnitt der EMW-Phase erfasst worden ist. EMW und Erle dominieren. Der EMW wird von Ulme und Eiche gebildet, die beide gleich hohe Werte erreichen. Die Ulme breitet sich aber vor der Eiche aus und hat nach dem Abfall der Eichenkurve ein zweites Maximum. Die Hainbuche ist teilweise reichlich vertreten (20 %). Fichte und Tanne sind ohne Bedeutung. Merkwürdig sind die regelmässig auftretenden, meist unter 10 % liegenden Werte von *Eucommia* und *Carya*. Zusammen mit den gefundenen *Hystriochosphaerideen* deuten sie darauf hin, dass die Pollenkurven durch umgelagertes Material verzerrt sein können. Weil der Anteil der tertiären Pollenkörner an der Gesamtsumme zu gering ist, weil die geologischen und die mineralogischen Befunde dafür sprechen und schliesslich weil auch Übereinstimmungen mit Teilen der Diagramme von Westerhoven und anderen noch zu besprechenden cromerzeitlichen Sedimenten zu finden sind, stellen die Bearbeiter dieses interglaziale Vorkommen in die Cromerwarmzeit.

Ein weiteres cromerzeitliches Vorkommen bei Oosterbeek/Niederrhein wurde von Teunissen und Florschütz (1957) beschrieben. Es handelt sich um den "de Duno" Ton, dessen Alter mittels der Rheinterrassen bestimmt wurde. Das Pollendiagramm umfasst nur die Hainbuchenzeit. Es stellt also einen sehr jungen Abschnitt dieses

Interglazials dar, der im Elm bislang fehlt. Eine Parallelisierung dieses Bereichs mit der Zone d (nach Lüttig) in Bilshausen ist möglich.

Die neueste Arbeit über das Cromer Forest Bed in Ostengland wurde 1963 von S. Duigan veröffentlicht (siehe auch Thomson in Woldstedt 1950, Tafel VIII). Da kein vollständiges Profil bekannt ist, rekonstruierte Duigan aus 32 Diagrammteilen ein hypothetisches Baumpollendiagramm. Es lässt sich in folgende Abschnitte gliedern:

1. eine Zeit mit Birken- und Kieferndominanz zu Beginn der Warmzeit.
2. eine EMW-Zeit mit hoher Beteiligung der Erle. Die Ulme ist mindestens ebenso reichlich vertreten wie die Eiche. Sie scheint vor der Eiche eingewandert zu sein. Die Linde kulminiert am Ende der EMW-Zeit etwa gleichzeitig mit der Fichte, die - gemessen an Pinus und Ulmus - nur eine untergeordnete Rolle spielt. Die Hasel hat ein kleines Maximum am Ende der EMW-Zeit.
3. eine Zeit, in der Birke und Kiefer sich erneut ausbreiten. Zu Beginn dieses Abschnitts war die Hainbuche vorhanden. Das Vorkommen der Tanne wird bezweifelt, weil nur vereinzelt Pollenkörner gefunden wurden¹⁾.

Die schon oben erwähnten interglazialen Vorkommen von Starup, Harreskov und Ølgod (Tafel XIII), die offensichtlich alle aus der gleichen Warmzeit stammen, liegen in Westjütland ausserhalb der Grenze, welche die Eismassen der Weichselvereisung gerade noch erreichten. Sie werden von Andersen (1965) in die Harreskovwarmzeit gestellt, die wahrscheinlich mit dem Cromer-Interglazial identisch ist. Nur in Harreskov bestehen die Deckschichten aus Moränennmaterial. In Ølgod und Starup sind die ursprünglichen Deckschichten mehr oder weniger abgetragen, so dass eine einwandfreie Datierung auf stratigraphischer Grundlage in keinem Falle möglich ist. Lediglich für Harreskov lässt sich also ein einzeitliches

¹⁾Eine Neubearbeitung der Cromer Forest Bed Serie von West Runton durch West (im Druck) ergab, dass unter dem eigentlichen Cromervorkommen eine weitere interglaziale Ablagerung ruht, deren Vegetationsgeschichte noch nicht bekannt ist. Ausserdem ist das hypothetische Diagramm von Duigan in einigen Punkten zu ergänzen: auf die EMW-Zeit folgt eine kurze Carpinuszeit und auf diese eine Tannenzeit. Erst danach breitet sich die Fichte aus, die am Ende der Warmzeit von Birke und Kiefer verdrängt wird.

Alter ausschliessen. Der Vegetationsgeschichte nach ist aber ein holsteinzeitliches Alter kaum möglich.

Die drei Diagramme ähneln einander sehr. Sie beginnen mit einem steilen Abfall der Birken- und der Kiefernkurve und einem raschen Anstieg der EMW-Werte, deren Maximum in Starup (S) etwa 46 %, in Harreskov (H) 48 % und in Ølgod (Ø) 58 % beträgt. Die Ulme breitet sich am Beginn der EMW-Zeit aus und kulminiert (S 29 %, H 38 %, Ø 35 %) noch vor der Eiche, die ihr Maximum kurz danach erreicht (S 31 %, H 26 %, Ø 39 %). Die Lindenwerte liegen unter 10 %. Sie nehmen gegen Ende der EMW-Zeit ein wenig zu. Die Hasel ist während der ganzen EMW-Zeit vorhanden, aber stets mit niedrigen Werten. Ihr Maximum (S 8 %, H 33 % bzw. bei Andersen ca. 28 %, Ø 16 %; alle Werte sind auf die GS bezogen) erreicht sie erst nach dem Eichengipfel. Auffallend ist ein hoher Eibengipfel in Ølgod, der zwischen dem Eichen- und dem Haselmaximum liegt und den Andersen auch in Harreskov bei der Neubearbeitung gefunden hat. Die Fichte erscheint früh und ist in fast allen Proben mit geringen Prozenten vertreten. Erst bei der Wiederausbreitung der Birke und der Kiefer in den oberen Proben steigt auch die Fichtenkurve an (H 28 %, S 11 %, Ø 10 %). Die Hainbuche kommt nur vereinzelt vor, die Tanne scheint zu fehlen. Die Erle dominiert während der EMW-Zeit in Starup (40 - 50 %) und ist in Ølgod und Harreskov etwa in gleicher Masse vertreten wie die Eiche (um 20 %). Die Kurve der NBP bewegt sich bei den Vorkommen von Harreskov und Ølgod während der EMW-Zeit unter 10 % und steigt erst bei der zweiten Pinusausbreitung an, ohne aber bedeutende Werte zu erlangen. In den Diagrammen von Ølgod und Harreskov sind Pollen von Rhamnus frangula und Sporen von Pteridium mit wenigen Prozenten fast immer vorhanden. In Ølgod kommt auch Ilex vor.

Diese wenigen prä-elsterzeitlichen Vorkommen, die weit voneinander entfernt sind und deren Gleichaltrigkeit nicht erwiesen ist, zeigen eine Reihe von Gemeinsamkeiten:

1. Ein steiler Abfall der Birken- und Kiefernkurven vor dem Beginn der EMW-Zeit, die dadurch deutlich gegen die Kiefern-Birkenzeit abgesetzt ist (Westerhoven, Cromer, Dänemark, Bilshausen: Zone a nach Lüttig und Rein 1955 ?).

2. Hohe EMW-Werte, an denen die Ulme stark beteiligt ist. Die Ulme hat vor der Eiche ihr erstes Maximum (Bilshausen 1963, 1965, Dänemark, Westerhoven VI) und in Loenermark I noch ein zweites Maximum nach dem Abfall der Eichenkurve. In Westerhoven I ist ihr Anteil am EMW viel höher als der der Eiche. Die Linde erreicht ihre höchsten Werte in der zweiten Hälfte der EMW-Zeit (Bilshausen, Cromer, Dänemark).

3. Die Fichte ist in allen Diagrammen auch in den tiefsten Proben nachweisbar. In Bilshausen (1965) und in Westerhoven erreicht sie schon vor der EMW-Ausbreitung relativ hohe Werte, in Dänemark und in England dagegen erst am Ende der EMW-Zeit.

4. Die Hasel erreicht selten mehr als 10 bis 20 %. Ihr Maximum liegt in der zweiten Hälfte der EMW-Zeit.

5. Die Erle ist unterschiedlich stark vertreten. Werte über 40 % sind aber selten.

6. In den jüngeren Abschnitten tritt die Hainbuche mit hohen Werten auf (Loenermark, Oosterbeek, Cromer, Bilshausen).

7. Die Tanne ist nur in Bilshausen mit nennenswerten Zahlen vertreten. In allen anderen Diagrammen bleibt sie unter der 5 % Grenze oder fehlt sogar.

8. Die neuen Diagramme von Harreskov und Ølgod sind durch einen hohen Eibengipfel gekennzeichnet, der auf das erste Eichenmaximum folgt. In den anderen Arbeiten finden sich über das Vorkommen oder das Fehlen der Eibe keine Angaben.

Es ist jetzt möglich, eine Aussage über die Datierung der Erdfälle im Sundern zu machen. Eine Einordnung in die Reihe der senzeitlichen und der holsteinzeitlichen Diagramme ist ohne Zwang nicht möglich. Wenn jedoch die Punkte 1. bis 5. der vorstehenden Charakteristik prä-elsterzeitlicher Ablagerungen mit der Vegetationsentwicklung im Elm verglichen werden, dann zeigt es sich, dass an dieser Stelle eine Parallelisierung am leichtesten möglich ist. Besonders bedeutungsvoll für die Datierung sind dabei das frühe Auftreten der Fichte, die kleinen Hasel- und die großen EMW-Zahlen sowie die Tatsache, dass die Ulme vor der Eiche hohe Werte erreicht. Die Punkte 6. und 7. können im Elm nicht überprüft werden, da die Diagramme nach der Lindenphase enden.

Die Tatsache, dass kein Eibengipfel vorhanden ist, zwingt nicht dazu, ein prä-elsterzeitliches Alter auszuschliessen, da über das Vorkommen der Eibe nicht nur in der Cromerwarmzeit sondern auch in den anderen Interglazialen noch zu wenig bekannt ist.

Die Sedimente in den Erdfällen können nicht aus der Waal- oder aus der Tegelenwarmzeit stammen, da in diesen Interglazialen ein beträchtlicher Teil des Pollenniederschlags aus präquartären Pollenformen, dem sog. Tertiärpollen, besteht (Zagwijn 1960), der im Elm sehr selten ist und leicht als "sekundäres Pollen" erklärt werden kann. Es ist also am wahrscheinlichsten, dass die beiden bearbeiteten Erdfälle im Sundern in einer Warmzeit aufgefüllt wurden, die zwischen dem Waal-Interglazial und der Elsterzeit lag. Bislang wurde dieses Interglazial als Cromerwarmzeit bezeichnet.

Wenn diese Datierung richtig ist, dann folgt unter Berücksichtigung der stratigraphischen Verhältnisse im Elm aus dieser Feststellung, dass schon vor der Elsterkaltzeit nordische Eismassen weit in den norddeutschen Raum vorgestossen sind.

H. Zusammenfassung

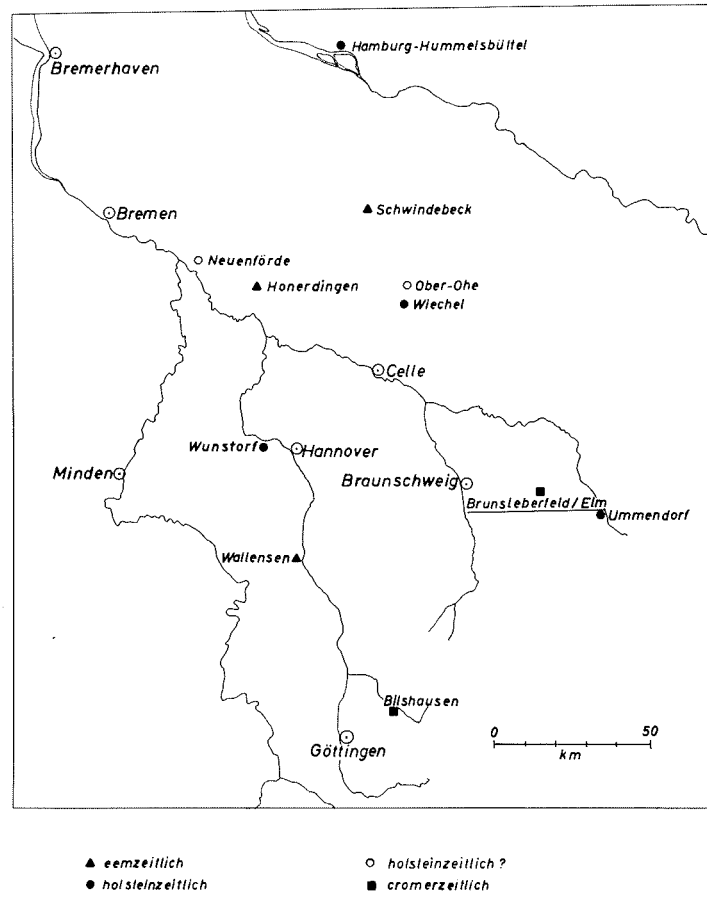
Interglaziale Sedimente in zwei verlandeten Erdfällen auf dem Elm bei Braunschweig wurden pollenanalytisch untersucht. Die Diagramme umfassen eine ältere Kiefern-Birkenzeit und eine jüngere EMW-Zeit, die durch niedrige Hasel- und sehr hohe Ulmenwerte gekennzeichnet ist. Die Ulme erscheint vor der Eiche. Die hohen EMW-Werte schliessen ein holsteinzeitliches, die fast gänzlich fehlenden präquartären Pollenformen ein altpleistozänes Alter aus. Stratigraphische Befunde, niedrige Haselwerte und das Vorkommen von Piceapollen selbst in den tiefsten Proben sprechen gegen ein eemzeitliches Alter, während die Zuordnung der Sedimente zu einer Prä-Elsterwarmzeit (Cromer-Interglazial?) unter anderem wegen des hohen Anteils von Ulmenpollen am Pollenniederschlag der EMW-Zeit möglich erscheint.

I. Literatur

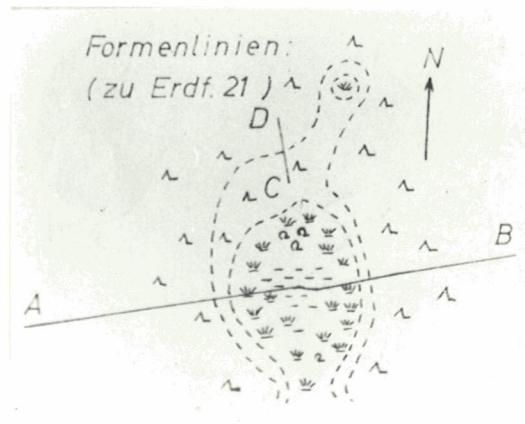
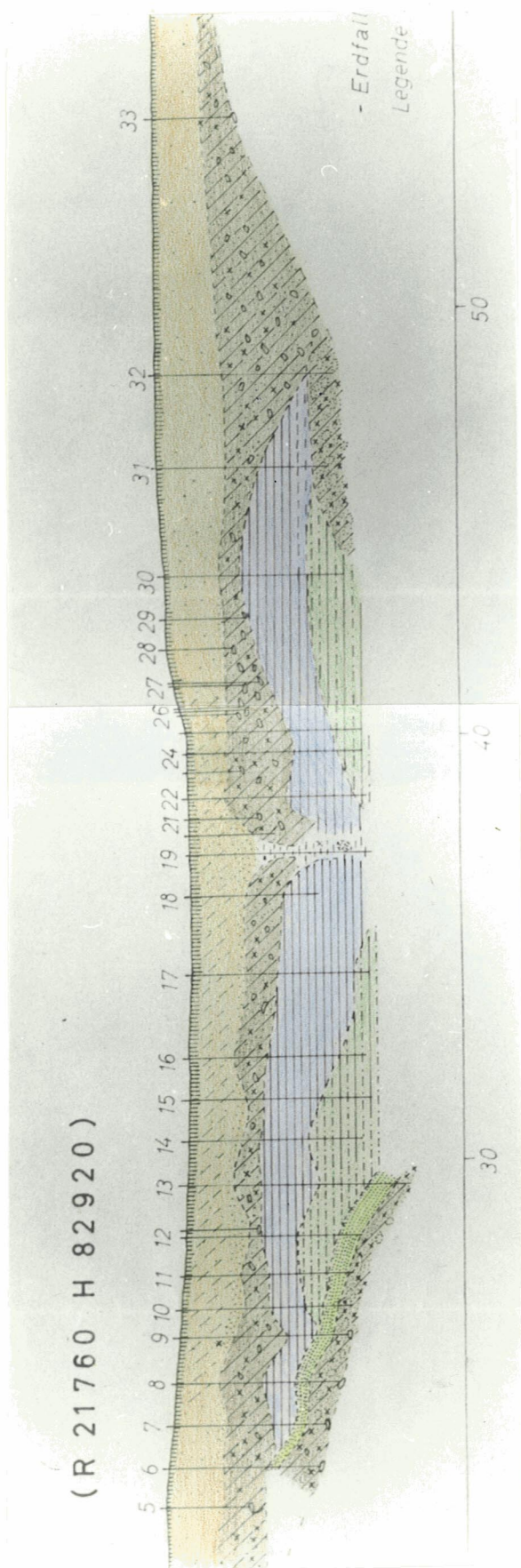
- Andersen, S.Th., 1963, Pollen analysis of the Quaternary marine deposits at Tornskov in South Jutland, *Dann.Geol.Unders.*, IV.R., 4, 8, 1-23
- 1965, Interglacialer og interstadialer i Danmarks kvartaer, *Mødd.fra Dansk Geol.Forening* 15, 4, 486-506
- Averdieck, F.-R., 1962, Das Interglazial von Fahrenkrug in Holstein, *Eiszeitalter und Gegenwart* 13, 5-14
- und Brellie, G.v.d., 1963, Neue Beiträge zur pollenanalytischen Untersuchung des Interglazials von Bilshausen, *Geol.Jb* 80
- Baas, J., 1932, Eine fröhdiluviale Flora im Mainzer Becken, *Jena*
- Behre, K.E., 1962, Pollen- und diatomeenanalytische Untersuchungen an letztinterglazialen Kieselgur lagern der Lüneburger Heide, *Flora* 152, 325-370
- Beng, H.-J., 1957, Untersuchungen zur spätglazialen und frühpostglazialen Floren- und Vegetationsgeschichte einiger Mittelgebirge, *Flora* 145, 167-211
- 1961, Leitfaden der Pollenbestimmung, Lief. 1, Stuttgart
- Brellie, G.v.d., 1955, Die pollenstratigraphische Gliederung des Pleistozäns in Nordwestdeutschland. 2. Pollenstratigraphie im jüngeren Pleistozän, *Eiszeitalter und Gegenwart* 6, 25-38
- und Rein, U., 1952, Die Interglazialbildungen im niederrheinischen Diluvium, *Der Niederrhein* 19, 63-68, Krefeld
- Brouwer, A., 1949, Pollenanalytisch en geologisch onderzoek van het Onder-en Midden-Pleistocene van Noord-Nederland, *Leidse Geol. Meded.* 14 B, 259-346
- Chanda, S., 1962, Untersuchungen zur pliozänen und pleistozänen Floren- und Vegetationsgeschichte im Leinetal und im südwestlichen Harzvorland (Untereichsfeld), *Geol.Jb* 79, 783-844
- Duigan, S.L., 1963, Pollen analysis of the Cromer Forest Bed Series in East Anglia, *Phil.Trans. B* 246, 149-202
- Firbas, F., 1927, Beiträge zur Kenntnis der Schieferkohlen des Innals und der interglazialen Waldgeschichte der Ostalpen, *Zeitschr.f.Gletscherkunde* 15
- 1949, Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen, Bd 1, Jena
- Gisl, R., 1928, Die letzte Interglazialzeit der Lüneburger Heide pollenanalytisch betrachtet, *Bot.Arch.* 21, 3/4, 648-710
- Goedeke, R., 1966, Die Oberflächenformen des Elm, *Diess. Göttingen*
- Hallik, R., 1953, Zur Feinstratigraphie des Eeminterglazials, *Geol. Jb* 68, 179-184
- 1957, Material zur Vegetationsentwicklung während der Eem-Warmzeit in Nordwestdeutschland, *Mitt.Geol.Staatsinst.Hamburg* 26, 31-38
- 1960, Die Vegetationsentwicklung der Holstein-Warmzeit in NW-Deutschland und die Altersstellung der Kieselgur lager der südlichen Lüneburger Heide, *Z.Dtsch.Geol.Ges.* 112, 326-333
- Harbort, E., 1913, Erläuterungen zur geologischen Karte von Preussen und benachbarten Bundesstaaten, Lief. 185, Blatt Königsutter, *Kgl.Geol.Landesanstalt Berlin*
- Heck, H.L., 1930, Zur Fossilführung der Berliner Paludinschichten, ihre Beschaffenheit und Verarbeitung, *Z.Dtsch.Geol.Ges.* 82, 7
- Iversen, J., 1936, Sekundäres Pollen als Fehlerquelle, *Dann.Geol. Unders. IV.R.*, 2, 15
- Jessen, K., Andersen, S.Th., Farrington, A., 1959, The interglacial deposit near Gort, Co. Galway, Ireland, *Proc.R.Irish Acad.* B 60, 3-77, Bd 1, Dublin

- Jessen, K., and Milthers, V., 1928, Interglacial fresh-water deposits in Jutland and NW-Germany, Danm. Geol. Unders., II. R., 48, 1-380
- Lüttig, G., und Rein, U., 1954, Das Cromer- (Günz/Mindel) Interglazial von Bilshausen (Unter-Eichsfeld), Geol. Jb 70, 159 ff
- Müller, H., 1958, Die Altersstellung der Interglazialablagerungen bei Rosche, Liebenau und Hetendorf (Niedersachsen), Geol. Jb 73, 725-736
- 1965, Eine pollenanalytische Neubearbeitung des Interglazialprofils von Bilshausen (Unter-Eichsfeld), Geol. Jb
- Pike, K., and Godwin, H., 1953, The interglacial at Clacton-on-Sea, Essex, Quart. J. Geol. Soc. Lond. 103, 261-272
- Polak, B., Maarleveld, G. C., Nota, D. J. G., 1962, Palynological and sedimentary petrological data of a section in ice-pushed deposits (Southern Veluwe, Netherlands), Geol. en Mijnb. 41, 333-350
- Rabien, I., 1953, Die Vegetationsentwicklung des Interglazials von Wallensen in der Hilsmulde, Eiszeitalter und Gegenwart 3, 96-127
- Rein, U., 1950, Pollenanalytische Untersuchungen zur Pliozän-Pleistozän-Grenze am linken Niederrhein, Geol. Jb 65, 773-778
- 1955, Die pollenstratigraphische Gliederung des Pleistozäns in Nordwestdeutschland. 1. Die Pollenstratigraphie des älteren Pleistozäns, Eiszeitalter und Gegenwart 6, 16-24
- Schütrumpf, R., 1937, Das Interglazialprofil von Lauenburg, a. d. Elbe (Kuhgrund II) im Lichte der Pollenanalyse, Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg 16, 37-45
- Selle, W., 1941, Beiträge zur Mikrostratigraphie und Paläontologie der nordwestdeutschen Interglaziale, Jb Reichsstelle Bodenforschung für 1939 60, 197-231, Berlin
- 1953, Gesetzmässigkeiten im pleistozänen und holozänen Klimaablauf, Abh. naturw. Ver. Bremen 33, 2, 259-290
 - 1954, Die Vegetationsentwicklung des Interglazials von Ober-Ohe in der Lüneburger Heide, Abh. naturw. Ver. Bremen 33, 457 ff
 - 1955, Die Vegetationsentwicklung des Interglazials vom Typ Ober-Ohe, Abh. naturw. Ver. Bremen 34, 1, 33-46
 - 1957, Das letzte Interglazial in Niedersachsen, Ber. d. naturhist. Ges. zu Hannover 103, 77-89
 - 1958, Das Interglazial von Neuenförde, Geol. Jb 76, 191-198
 - 1962, Geologische und vegetationskundliche Untersuchungen an einigen wichtigen Vorkommen des letzten Interglazials in Nordwestdeutschland, Geol. Jb 79, 295-352
- Stark, P., Overbeck, F., 1932, Eine diluviale Flora von Johnsbach bei Wartha (Schlesien), Planta 17, 2, 437-452
- Stevens, L. A., 1960, The interglacial of the Nar Valley, Norfolk Quart. J. Geol. Soc. Lond. 115, 291-316
- Szafer, W., 1953, Pleistocene stratigraphy of Poland from the floristical point of view, Ann. Soc. Geol. de Pologne, 22, 1, 1-99
- Teunissen, D., and Florschütz, F., 1957, Over een pollenhoudende Kleilaag op "de Duno" bij Oosterbeek, Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. 76, 413-421, Leiden
- Tralau, H., 1959, Extinct aquatic plants of Europe, Botaniska Notiser 112, 4, 385-406, Lund
- Vlerk, J. M. v. d., and Florschütz, F., 1953, The palaeontological base of the subdivision of the Pleistocene in the Netherlands, Verh. Akad. Wet. Amst., I. R. 20, 2, 1-58

Tafel I



Karte der wichtigsten norddeutschen Interglazialvorkommen

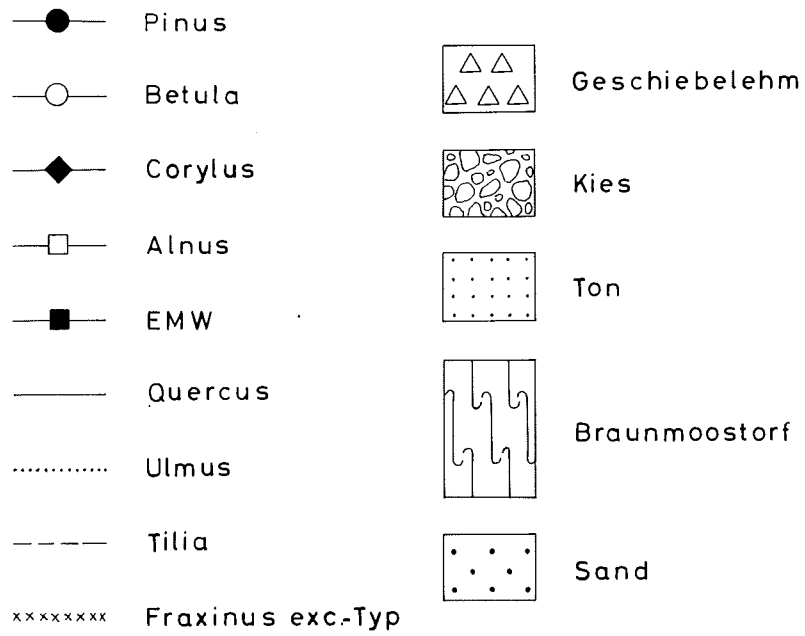


Formenlinien zu Erdfall 1
(aus Goedeke 1965, Erdfall 21)
1 cm auf der Karte = 20 m in
der Natur

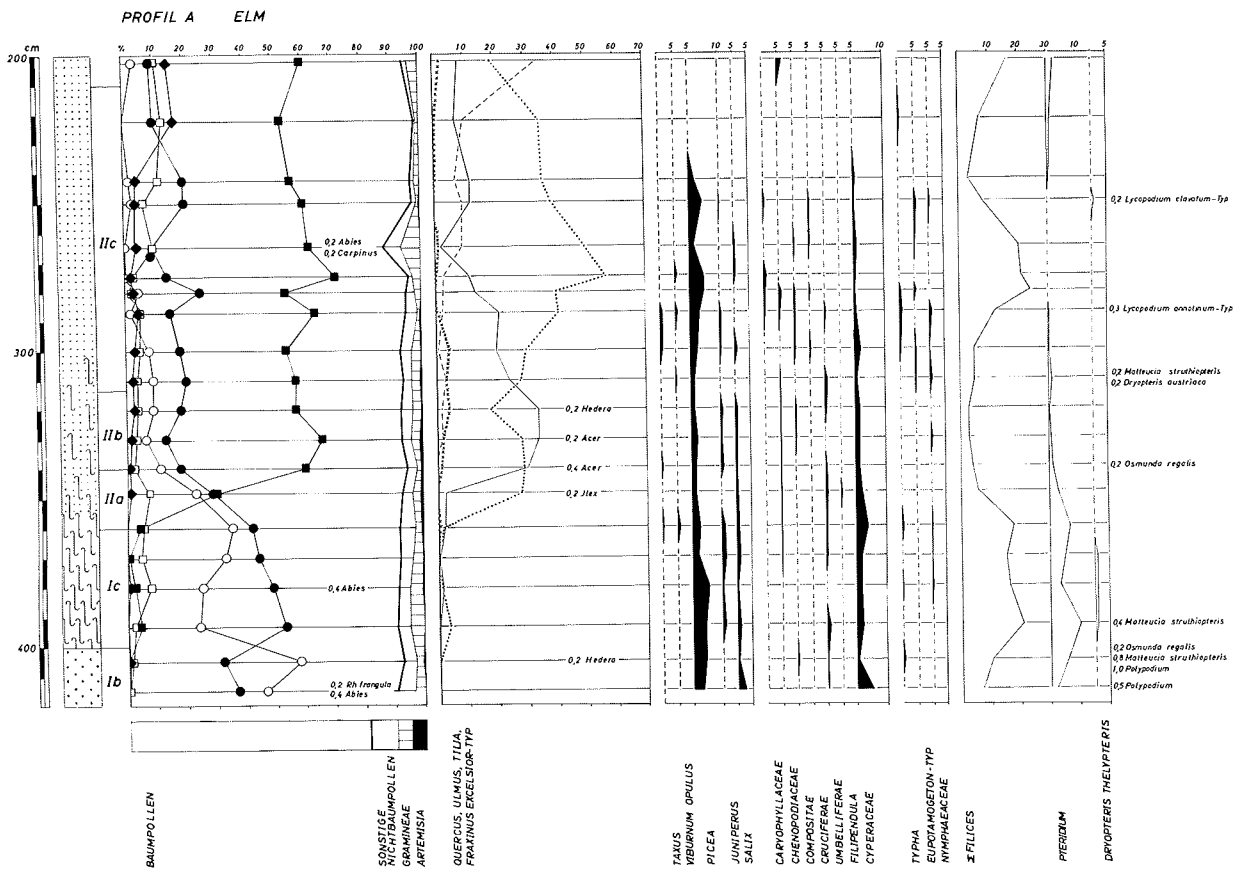
Schnitt durch den Erdfall 1
(aus Goedeke 1965)

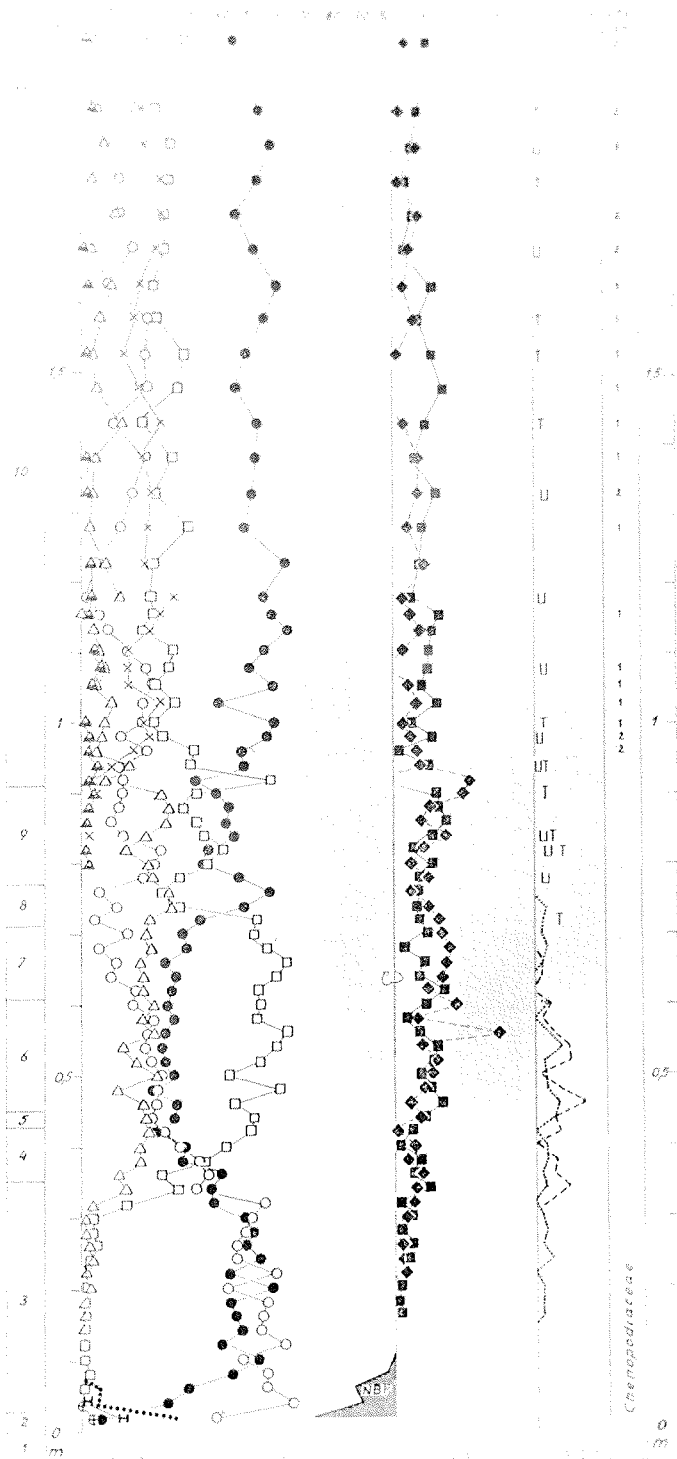
- | | |
|------------|----------------------|
| okerfarben | = Löss |
| braun | = Geschiebelehm |
| blau | = Ton, pollenführend |
| grün | = Torf, " |
| gelb | = Sand, " |

Tafel III

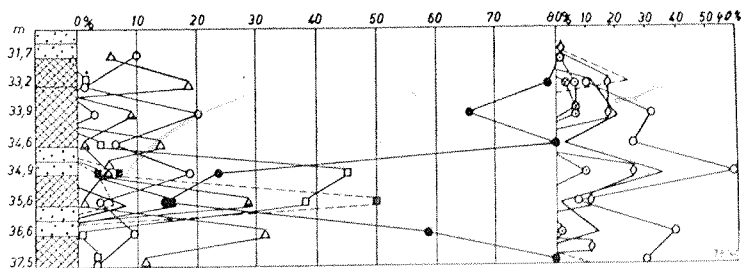


Legende zu den Diagrammen A, B, C und D (Tafeln III, IV, V)



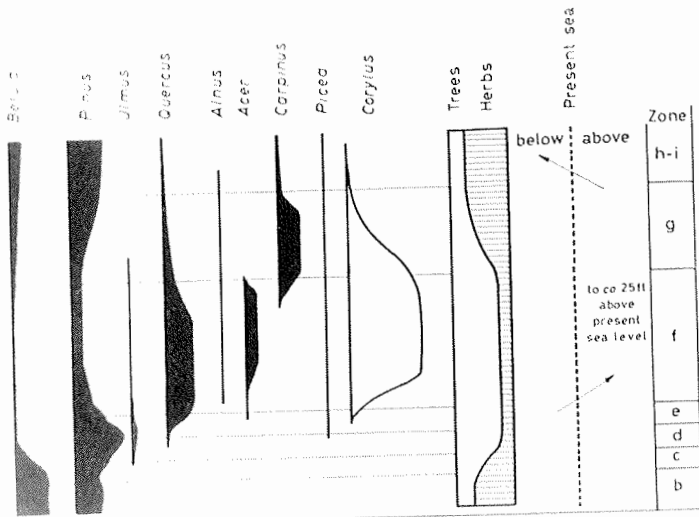


Pollendiagramm der Holsteinwarmzeit von Hamburg-Hummelsbüttel (aus Hallik 1960)

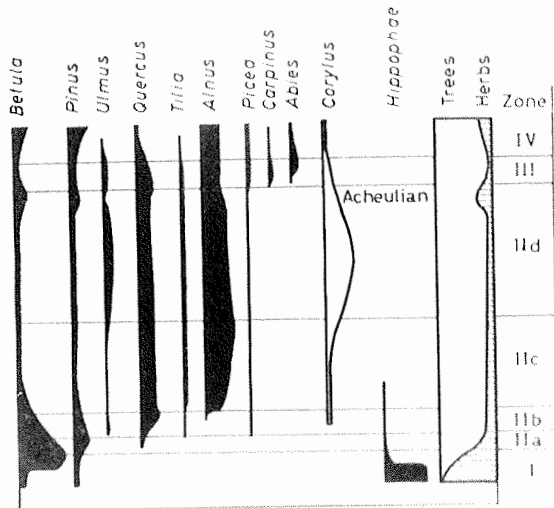


Pollendiagramm der Holsteinwarmzeit von Ummendorf (aus Selle 1941)

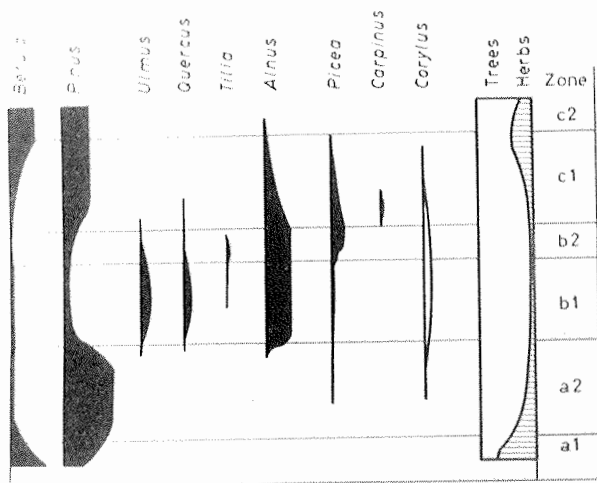
Tafel VIII



Eemwarmzeit

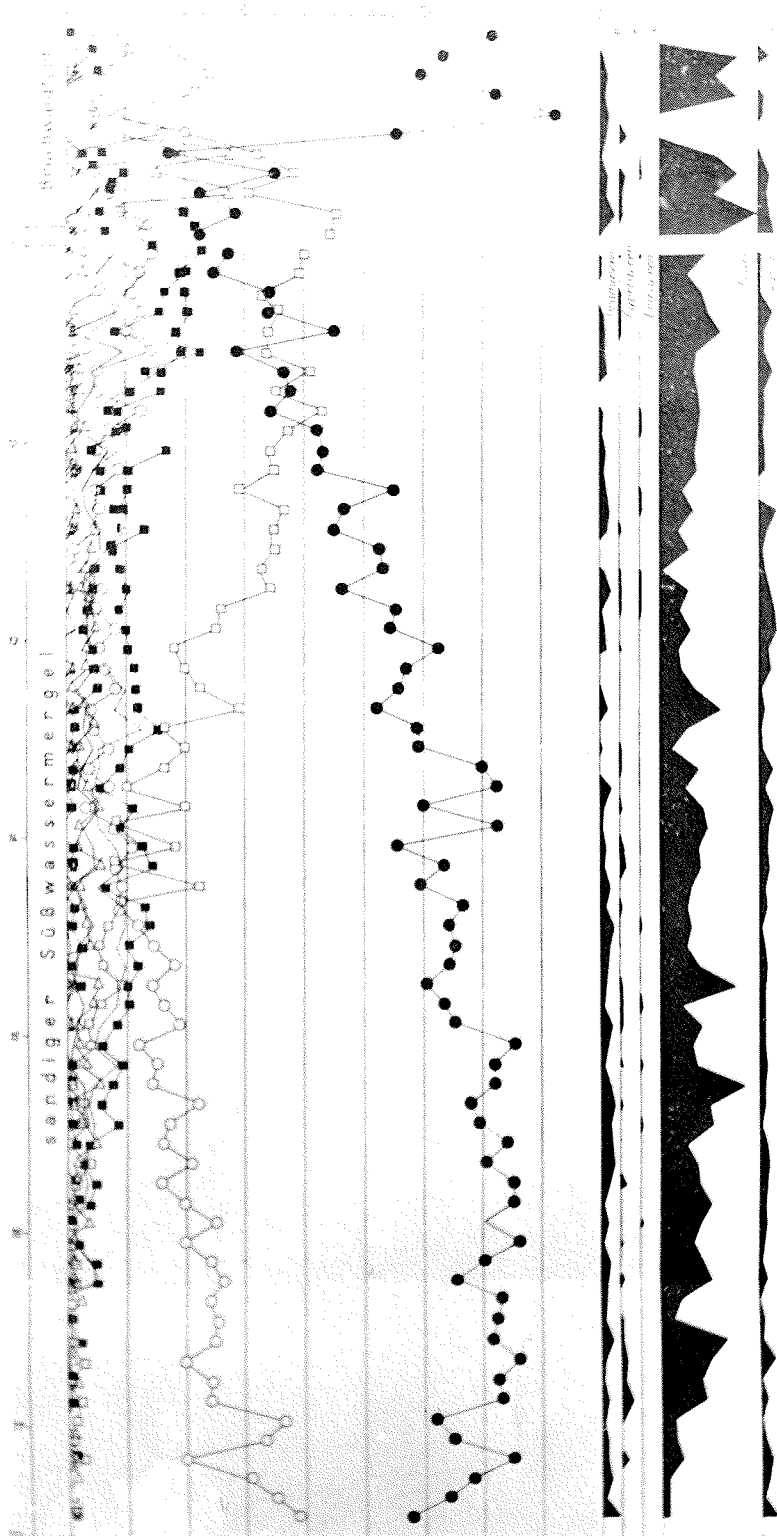


Holsteinwarmzeit

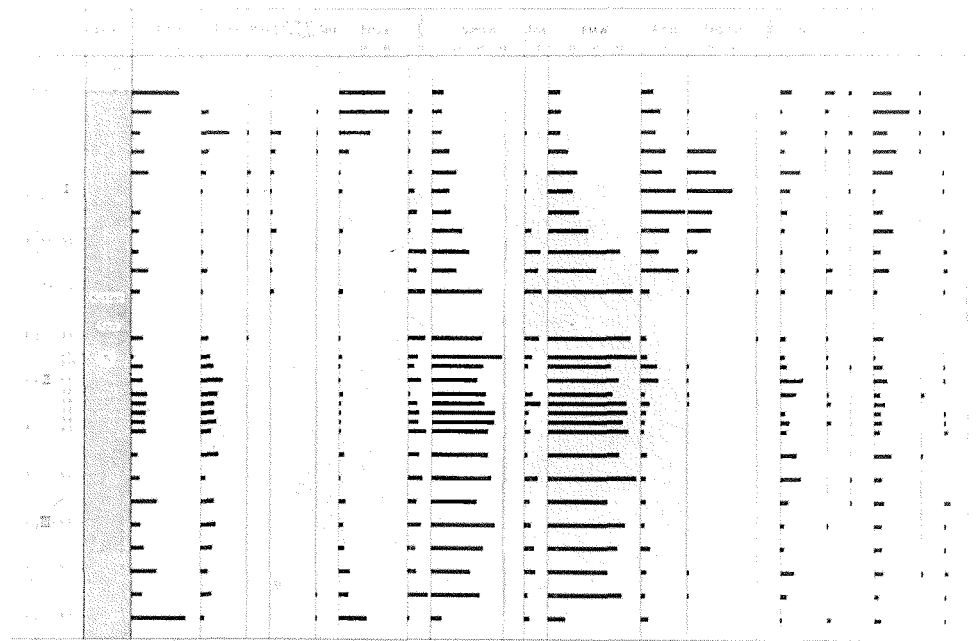
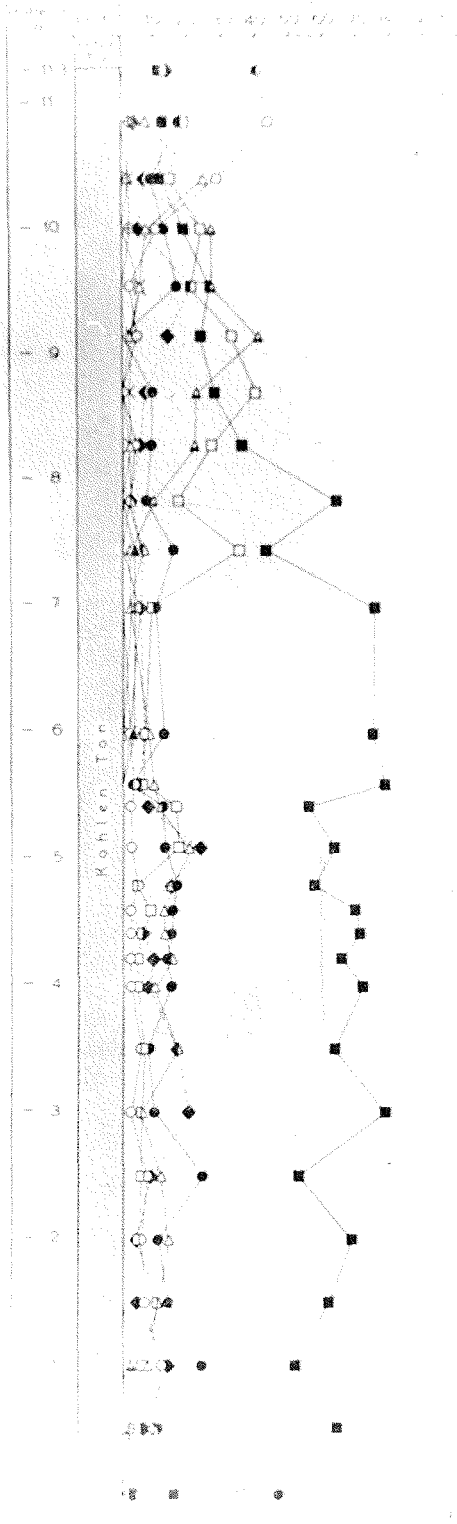


Cromerwarmzeit

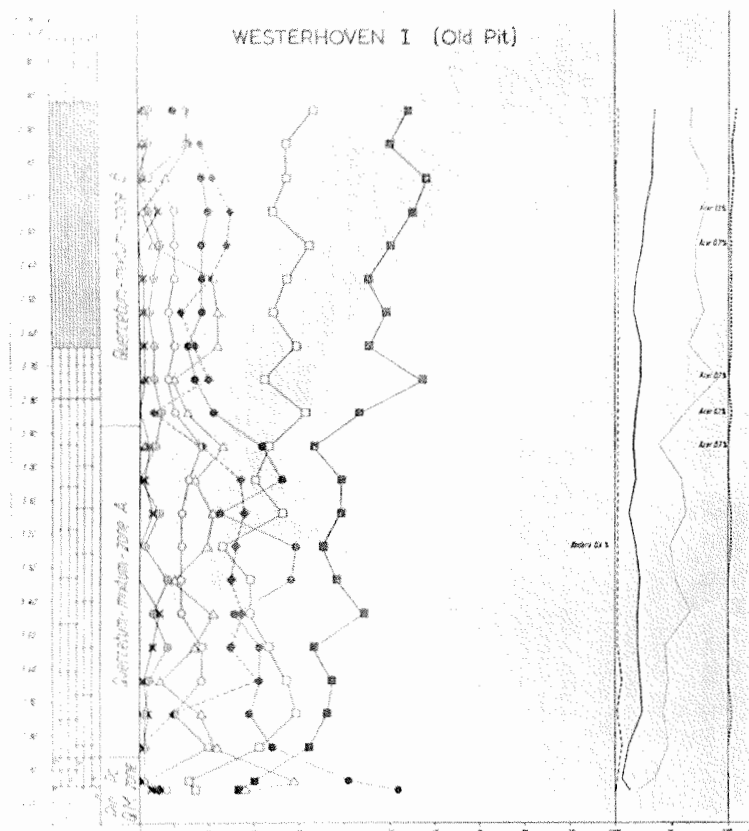
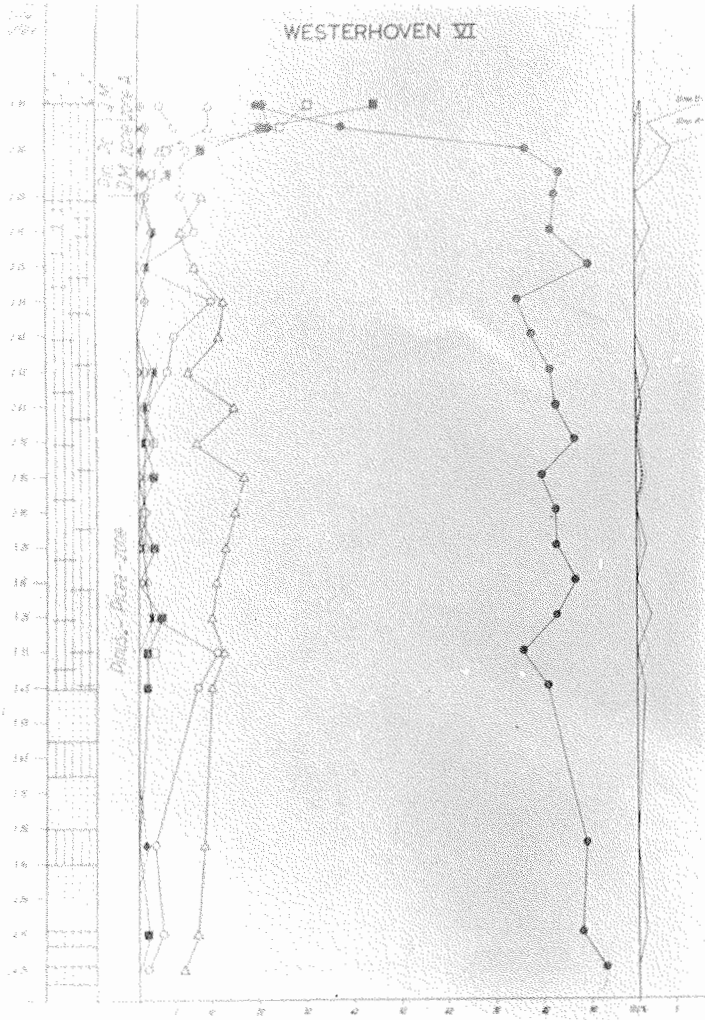
Schemata englischer Pollen-
diagramme (aus West 1961)



Pollendiagramm von Neuenförde (aus Selle 1958)

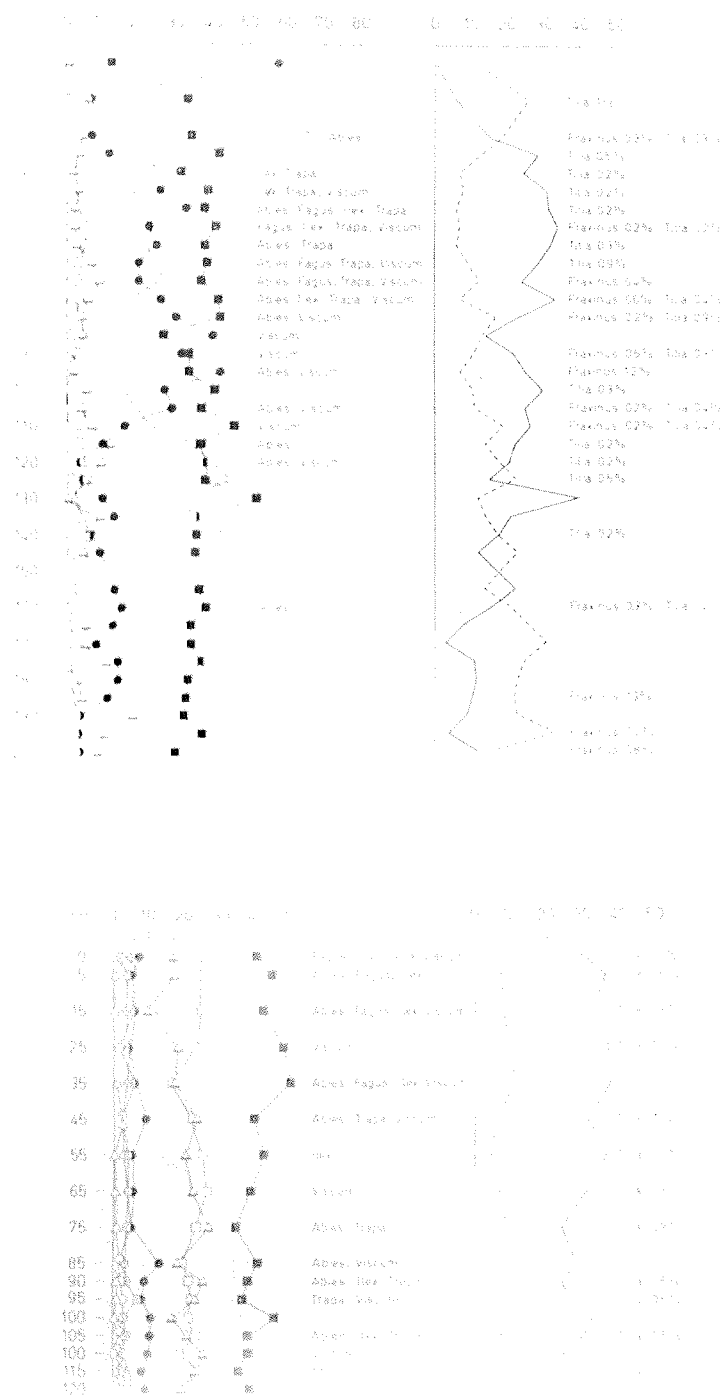


Pollendiagramm von Bilshausen (aus Lüttig und Rein 1954 bzw. aus Teunissen und Florschütz 1957 nach Lüttig und Rein 1954)



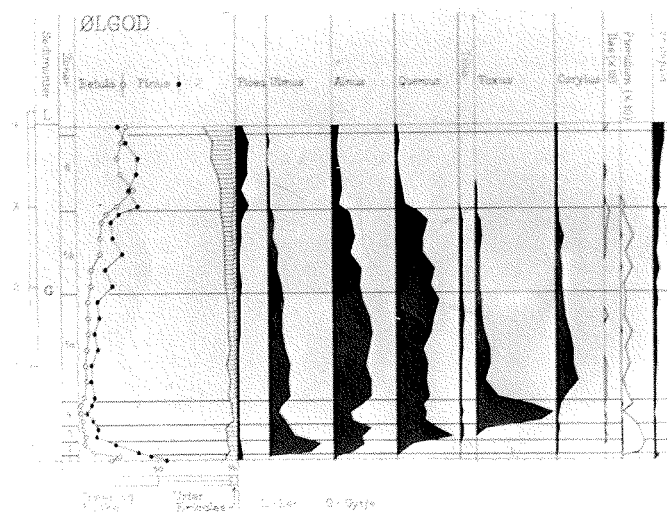
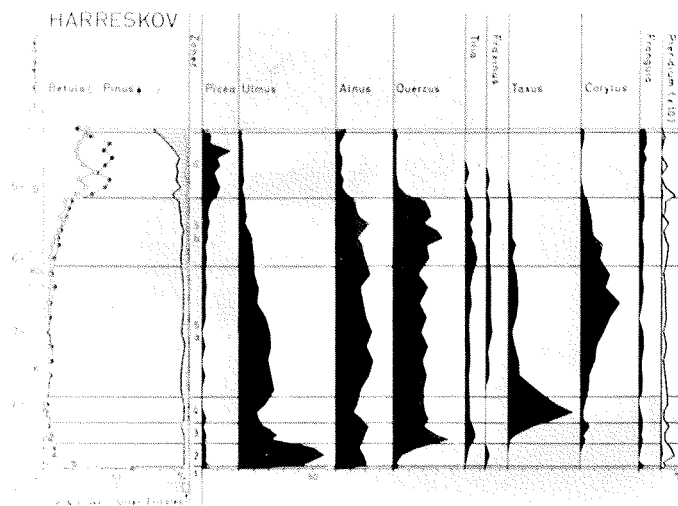
Pollendiagramme von Westerhoven
(aus Zagwijn und Zonneveld 1956)

Tafel XII



Pollendiagramme der Cromerwarmzeit von Loenermark I (oben) und II (unten), (aus Polak, Maarleveld und Nota 1962)

Tafel XIII



Pollendiagramme der Harreskovwarmzeit von Dänemark
(aus Andersen 1965)

Walker, D., 1953, The interglacial deposits at Histon Road, Cambridge, Quart.J.Geol.Soc.Lond. 108, 273-282

Watts, W.A., 1959, Interglacial deposits at Kilbeg and Newtown, Co. Waterford, Proc.R.Irish Acad. B 60, 2, 79-134, Dublin

West, R.G., 1956, The Quarternary deposits at Hoxne, Suffolk, Phil.Trans. B 239, 265-356

- 1957, Interglacial deposits at Bobbitshole, Ipswich, Phil. Trans. B 241, 1 ff
- 1961, Interglacial and interstadial vegetation in England, Proc.Linn.Soc.Lond. 172, 81 - 89
- 1962, A note on Taxuspollen in the Hoxnian interglacial, The New Phytologist 61, 180-190, Oxford
- and Sparks, B.W., 1960, Coastal interglacial deposits of the English Channel, Phil.Trans. B 243, 95 ff

Woldstedt, P., 1947, Über die stratigraphische Stellung einiger wichtiger Interglazialbildungen im Randgebiet der nordeuropäischen Vergletscherung, Z.Dtsch.Geol.Ges. 99, 96-123

- 1950, Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter, Stuttgart
- 1958, Das Eiszeitalter II, Stuttgart
- Rein, U., Selle, W., 1951, Untersuchungen an nordwestdeutschen Interglazialen, Eiszeitalter und Gegenwart 1, 84-96

Zagwijn, W.H., 1960, Aspects of the Pliocene and Pleistocene Vegetation in the Netherlands, Meded.Geol.Sticht., Serie C-III-1 No 5

- 1961, Vegetation, climate and radiocarbon datings in the Late Pleistocene of the Netherlands. Part I. Eemian and early Weichselian, Meded.Geol.Sticht. NS. 14, 15-45
- and Zonneveld, J.I.S., 1956, The interglacial of Westerhoven, Geol.en Mijnb. NS. 18, 37-46

Karten

Topographische Karten 1 : 25.000
 Blatt 3730 Königslutter am Elm

- 3731 Süpplingen
- 3830 Schöppenstedt
- 3831 Schöningen

Geologische Karten von Preussen und benachbarten Bundesstaaten
 1 : 25 000
 Blatt Königslutter und Blatt Süpplingen

Geologische Karten von Preussen und benachbarten deutschen
 Ländern 1 : 25 000
 Blatt Schöppenstedt Nr. 2095

- Schöningen Nr. 2096