

Danmarks Geologiske Undersøgelse.
IV. Række. Bd. 2. Nr. 15.

Sekundäres Pollen als Fehlerquelle.

Eine Korrektionsmethode
zur Pollenanalyse minerogener Sedimente.

Von
Johs. Iversen.

København.
I Kommission hos C. A. Reitzels Forlag.
1936

Pris: 1 Kr.

Danmarks Geologiske Undersøgelse.
IV. Række. Bd. 2. Nr. 15.

Sekundäres Pollen als Fehlerquelle.

Eine Korrektionsmethode
zur Pollenanalyse minerogener Sedimente.

Von
Johs. Iversen.

København.
I Kommission hos C. A. Reitzels Forlag.

1936

FR. BAGGES KGL. HOFBOGTRYKKERI
KØBENHAVN

Auf Grund des Nachweises bedeutender Pollenfrequenzen wärmeliebender Bäume (*Alnus, Picea, Tilia, Corylus* u. a.) in spätglazialen Ablagerungen ist in den letzten Jahren wiederholt die Theorie eines präborealen Waldvorstosses verfochten worden (z. B. HYYPÄÄ 1933, WASMUND 1935, GROSSCHOPF 1935, EKSTRÖM 1934). Jüngst hat THOMASSON (1935) die Frage eingehend behandelt und meint auf Grund der Feststellung einer fast wärmezeitlichen Pollenflora in sehr frühen spätglazialen Ablagerungen auf ein Klima etwa wie das jetzige schliessen zu dürfen.

Gegen diese Deutungen sind aber schwerwiegende Einwände zu erheben. Zunächst ist daran zu erinnern, dass die Hypothese sich nur auf mikroskopische Fossilienfunde stützen kann, makroskopische Funde von wärmeliebenden Pflanzen und Tieren fehlen oder sind jedenfalls so vereinzelt und zweifelhaft, dass ihnen keine Beweiskraft zukommt. Ferner ist es auffällig, dass das problematische Pollen ausgerechnet gerade in den allerältesten, nahe am Eisrande abgelagerten Sedimenten am reichlichsten vertreten ist. Endlich ist es unverständlich, dass die vermutete Wärmeperiode weder in der Sedimentation noch in der angeblichen Waldentwicklung irgend eine Ähnlichkeit mit der späteren Allerödoscillation aufweist. Daher habe ich von vornherein trotz der interessanten Hypothese HYYPÄÄS betreffs des glazialen Klimas (l. z.) nicht an einer »präsubarktischen Bewaldung« (THOMASSON) glauben können, sondern eine sekundäre Einschlämmung aus interglazialen Schichten vermutet, wie ja auch THOMSON (1935) ausdrücklich diese Möglichkeit hervorhebt. Auf eine theoretische Diskussion dieser Frage kann ich aber nunmehr verzichten, da ihre Lösung aus den im folgenden mitgeteilten Beobachtungen eindeutig hervorgeht.

In dem Aufschluss des Strandsteilufers von Nørre Lyngby in Nordjütland, wo so viele interessanten Funde gemacht sind (vgl. A. JESSEN og V. NORDMANN 1915), habe ich zwecks genauer Datierung der bekannten Lyngby-Pfeilspitze eine pollenanalytische Untersuchung des seinerzeit eingesammelten und in den Sammlungen der geologischen Landesanstalt Dänemarks aufbewahrten Materials ausgeführt. Diese

Untersuchung ergab das von der bisherigen Auffassung abweichende Ergebnis, dass sämtliche Süßwasserschichten spätglazialen Alters sind, und dass die »Lyngby-Kultur«, genau wie nach der schönen Untersuchung SCHÜTRUMPF's (1935) die typologisch entsprechende »Ahrensburg-Kultur« in Holstein, in die »jüngere Dryaszeit« gehört.

In Verbindung mit dem hier zu behandelnden Problem ist aber eine andere Erscheinung von Wichtigkeit. Zunächst war es interessant, dass sämtliche Ton- und Sandschichten bedeutende Frequenzen von Pollen wärmeliebender Bäume (*Alnus*, *Picea*, *Ulmus*, *Tilia*, *Carpinus*, *Corylus* u. a.) enthielten (siehe beispielsweise Tab. I Nr. 1, 3, 4), und den besprochenen bei THOMASSON (l. z.) entsprechen, obwohl sie z. T. etwas jünger sind (Alleröd und jüngere Dryaszeit). Die ganze Zusammensetzung der Pollenflora sprach entschieden gegen »Fernflug« als Erklärungsmöglichkeit, stimmte aber vorzüglich mit der Vermutung sekundärer Einlagerung. Den Beweis dafür lieferte aber eine dünne Schicht Moostorf, welche sich zwischen die

	1	2	3	4	5	6
	Yoldienton	Moostorf	Süßwas- serton	Ton- haltiger Sand (Preil- spitze)	Geschiebe- lehm Aalborg	Geschiebe- lehm Tranum
Salix.....	—	6	3	2	1	—
Betula.....	23	20	37	18	20	19
Pinus.....	58	74	64	69	62	56
Alnus.....	10	—	3	6	7	7
Ulmus.....	—	—	—	×	1	—
Tilia.....	—	—	×	—	—	—
Quercus.....	1	—	—	—	—	1
Carpinus.....	2	—	1	—	1	1
Picea.....	6	—	3	6	8	16
Corylus.....	8	—	2	3	1	3
Ericaceen.....	—	—	1	1	5	2
Chenopodiaceen.....	—	1	1	—	1	1
Cyperaceen.....	2	1450	41	26	2	2
Gramineen.....	2	128	19	3	2	2
Varia.....	21	96	21	50	6	16
Sphagnum-Sporen.....	1)	—	2	13	17	8

Tabelle I. Pollenspektren aus dem Strandaufschluss bei Nørre Lyngby und einigen Geschiebelehmproben. Das Material zur Probe 4 wurde seinerzeit von dem Finder der Pfeilspitze, Dr. phil. N. HARTZ, in der Fundschicht eingesammelt.

1) Nicht gezählt.

Ton- und Sandschichten einschob. Während sowohl die unterhalb als auch die oberhalb gelegenen minerogenen Sedimente wie erwähnt reichliches Pollen wärmeliebender Bäume enthielten, liess sich in der Torfschicht auch nicht ein einziges derartiges Pollenkorn nachweisen (Tab. I, Nr. 2). Die Erklärung liegt auf der Hand, in dem autochthon gebildeten Moostorf fehlte die Möglichkeit der Pollenzufuhr durch Einschlammung, alles Pollen wird gleichzeitig, z. T. wohl ferntransportiert sein. Überraschend war der gewaltige Anstieg des Pollens krautiger Pflanzen, besonders der *Cyperaceen*, im Vergleich mit den Verhältnissen in den allochthonen Schichten. Das deutet darauf, dass auch die überwiegende Menge des *Pinus*- und *Betula*-Pollens hier sekundären Ursprungs ist.

Es erhellt ohne weiteres, dass dieses Pollen ursprünglich aus interglazialen oder tertiären Sedimenten stammen muss; da solche Ablagerungen aber in der Gegend nicht direkt zu Tage treten, muss es schon ein- oder mehrmals umgelagert worden und zuletzt aus glazialen Ablagerungen ausgewaschen sein. Ich untersuchte daher den Pollengehalt des Geschiebelehms, zunächst an einer Probe, welche aus einem tiefen Ziegeleigraben bei Aalborg, 70 km südlich von N. Lyngby, stammte.

Das Ergebnis war trotz allem ziemlich überraschend. Nicht nur wurde nach Flussäureaufschluss reichliches Pollen gefunden (176 Baumpollen wurden in einem einzigen Präparat 24×32 mm gezählt), sondern das aufgestellte Spektrum (Tab. I, 5) war mit den Spektren der spätglazialen minerogenen Ablagerungen fast identisch! Hält man sich an das klassische Spektrum (BP), so sind die Abweichungen von den Spektren des Yoldientons und der »Pfeilspitze-Schicht« unterhalb der statistischen mittleren Fehlergrenze (siehe Tab. I). Dadurch wurde das Ergebnis, zu dem uns die Pollenflora der Torfschicht führte, vollauf bestätigt: Die überwältigende Menge des Baumpollens der spätglazialen Ton- und Sandschichten bei Nörre Lyngby ist umgelagertes Pollen. Auf die Konsequenzen dieser Tatsache wird später eingegangen werden, zunächst wollen wir die Mikroflora des Geschiebelehms kurz behandeln.

Tab. I, 6 gibt eine weitere Analyse von Geschiebelehm. Auch diese Probe stammt aus dem nördlichsten Jütland (Tranum, etwa 30 km entfernt von Aalborg, und ungefähr ebenso weit von N. Lyngby); sie stimmt — wie man sieht — sehr schön mit der vorigen überein. Ich habe noch verschiedene andere Moränen untersucht, alle enthiel-

ten reichliches und — wenn völlig unverwitterter Geschiebelehm verwandt wurde — grossenteils recht wohlerhaltenes Pollen. Wichtig ist, dass sich regionale Verschiedenheiten in den Pollenspektren der Moränen nachweisen liessen, und es ist sehr wohl möglich, dass man in Zukunft die Mikroflora des Geschiebelehms in gleicher Weise zur Unterscheidung der verschiedenen Moränen und damit Eisvorstösse verwerten kann, wie man jetzt die Steinzählungsmethode verwendet. Der Vorteil der neuen Methode würde namentlich darin bestehen, dass man mit ganz wenigem Material arbeiten kann; auch Bohrungsproben können deshalb untersucht werden. Erforderlich wäre allerdings ein genaues Studium der Pollentypen, besonders im Vergleich mit tertiärem Material.

Es hat sich nämlich gezeigt, dass ein sehr wesentlicher — gewöhnlich sicher der grösste — Teil des Pollengehalts im Geschiebelehm und damit auch in vielen spätglazialen Sedimenten tertiären Ursprungs ist. Schon bei den Analysen der spätglazialen minerogenen Ablagerungen bei N. Lyngby machte mich die Form der *Pinus*-Körner stutzig, es fanden sich verschiedene z. T. recht abweichend aussehende Typen. Ein Vergleich mit der Pollenflora miocäner Gytjten aus Jütland ergab eine Identität mit den dort vorkommenden *Pinus*-Typen. Auch das »Varia-Pollen« ist in Wirklichkeit grossenteils tertiär, und mit Hilfe von RUDOLPH'S (1935) vorzüglichen Beschreibungen und Abbildungen tertiären Pollens war es möglich manche Pollentypen zu identifizieren. Fast die Hälfte des *Pinus*-Pollens in der Analyse Tab. I Nr. 4 (Fundsicht der Pfeilspitze) gehört nicht zum *Pinus Silvestris*-Typ, sondern zum Haploxylon-Typ, der auch in sämtlichen anderen daraufhin untersuchten spätglazialen Tonablagerungen Dänemarks nachgewiesen werden konnte. Ebenfalls *Tsuga*-, *Carya*-, *Rhus*- und *Pterocarya*-Pollen scheint konstant, wenn auch meist in geringen Frequenzen vorzukommen. Da diese Pollentypen aber auch in tertiären Ablagerungen meist spärlicher vertreten sind als z. B. der gewöhnliche *Pinus Silvestris*-Typ, ist es klar, dass auch ein Teil des gewöhnlichen Baumpollens (*Betula*, *Alnus* u. a.) im Geschiebelehm nicht als interglazial, sondern als tertiär aufzufassen ist.

Wenden wir uns nun an die übrige Mikroflora glazialer Ablagerungen. *Sphagnum*- und *Lycopodium*-Sporen waren stets vorhanden, und man muss damit rechnen, dass die Mehrzahl dieser Sporen auch in präborealen minerogenen Sedimenten häufig sekundär ist. Dasselbe

gilt *Pediastrum*, dieselben Arten, welche im Dryaston so konstant vorkommen, findet man ebenso konstant im Geschiebelehm der letzten Vereisung. *Desmidiaceen* habe ich im Geschiebelehm dagegen nicht gefunden.

Gewisse Ähnlichkeit mit Desmidiaceen-Zygosporen besitzen einige meist kugelförmige mit einfachen oder gegabelten Stacheln versehene Fossilien, welche in spätglazialen Ton oft in sehr grosser Menge und in verschiedenen Typen vorkommen (siehe Fig. 1). Es handelt sich aber um marine Fossilien, welche in unseren tertiären marinen Sedimenten häufig sind, und auch in der Kreide gefunden wurden. Ihre Bestimmung bereitete mir Schwierigkeiten, zuletzt gelang es mir sehr ähnliche Typen unter recenten Radiolaren in HAECKEL (l. z.) abgebildet zu finden, und zwar unter der Gruppe *Collosphaerida*; ich nehme daher an, dass es sich um Radiolaren

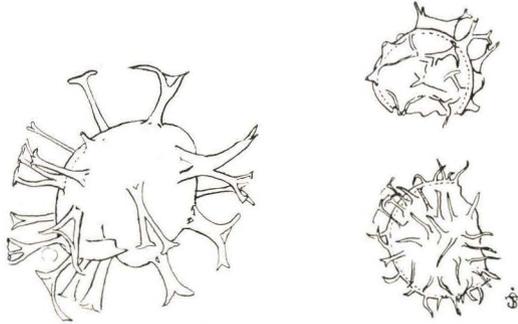


Fig. 1. »Hystrix«, 3 Typen aus spätglazialen Ton. Die grössere Fig. links $\times 150$, die andern $\times 300$.

handelt, gebe ihnen aber den vorläufigen Sammelnamen »Hystrix«. Im Gegensatz zu den gewöhnlichen Radiolaren bestehen sie allenfalls nicht aus Kiesel, sie werden von Flussäure nicht angegriffen und vertragen auch KOH, HCl und eine mässige Behandlung mit H_2O_2 . Vielleicht enthalten sie Strontiumsulfat, diese Substanz findet sich bekanntlich innerhalb gewisser Radiolaren-Gruppen.

Als Kuriosum mag erwähnt sein, dass ich in dem ältesten dänischen Geschiebelehm (»Moräne A«, bei Esbjerg) die charakteristischen Massulae von *Azolla* mit den eigentümlichen Anhaftungsorganen (»Glochidien«) gefunden habe. *Azolla* war aus dänischen Ablagerungen unbekannt und ist in Europa bekanntlich ausgestorben. Wichtiger war der Nachweis der Schliesszellen einer *Pinus*-Spaltöffnung in der allerersten Geschiebelehmanalyse, die ich ausführte; später habe ich *Pinus*-Stomata auch im älteren Dryaston aufgefunden; es ergibt sich von selbst, dass keinerlei Schlüsse daraus über das Vorkommen der Kiefer gezogen werden konnte. Nur in rein autochthonen Sedimenten sind Schliesszellen von *Pinus* sichere Beweise des Vorkommens von *Pinus* zur Zeit der Sedimentbildung.

Die dargelegten Tatsachen sind natürlich sehr entmutigend für die Anwendung der Pollenanalyse in spätglazialen minerogenen Sedimenten. Viele — wohl die meisten — spätglazialen Diagramme aus Nordeuropa werden in Wirklichkeit ziemlich wertlos, da sie mehr die Pollenflora des lokalen Geschiebelehms als die Vegetation der Umgegend zum Ausdruck bringen. Gewisse Ausnahmen gibt es doch. So sind die Diagramme von SCHÜTRUMPF (1935) und FÆGRI (1935) offenbar nur wenig von sekundärer Polleneinlagerung beeinflusst; sie weichen denn auch stark ab von dem gewöhnlich gefundenen Typus. Das schlimmste ist aber, dass sich die verschiedenen Diagramme nicht vergleichen lassen, da es in den einzelnen Fällen ja schwer zu entscheiden ist, in welchem Grade sie durch sekundäres Pollen entstellt sind.

Es fragt sich nun ob sich eine Methode finden lässt, welche es ermöglicht selbst dann anwendbare Diagramme herzustellen, wenn eine bedeutende Einlagerung von sekundärem Pollen stattgefunden hat. Die Frage soll an der Hand eines anderen spätglazialen Profils untersucht werden, das sich besser als der sehr komplizierte Aufschluss bei N. Lyngby dazu eignet. Ich habe das klassische Allerödprofil bei Egebjerg, Fyn gewählt, welches den Teilnehmern an der Exkursion der Internationalen Geologen-Versammlung zu Kopenhagen 1928 demonstriert wurde. Die ausführliche Beschreibung findet man in dem Führer der Exkursion¹⁾, hier seien nur die wichtigsten Punkte angeführt. Zuunterst im Profil findet man den warwigen Ton des »Stenstrup Eisstausees« (siehe MADSEN 1903). Darüber folgt eine dicke Schicht von Unterem Dryaston, welche zuoberst Anodonten enthält (»Anodontenschicht«), eine dünne Allerödschicht (Gyttje) und endlich der obere Dryaston. Jetzt ist das Profil teilweise zerstört, Dr. phil. S. A. ANDERSEN und Abteilungsgeologe SIGURD HANSEN haben mir aber lebenswürdigerweise früher eingesammeltes Material zur Verfügung gestellt. Die Geschiebelehmprobe stammt aus einem tiefen Ziegelei-graben, der wenige km von dem anderen Aufschluss entfernt lag.

In der Tab. II sind die Zählungen zusammengestellt. Die Pollentypen sind in zwei Gruppen angeordnet, in die erste Gruppe (A) wurden diejenigen angebracht, welche in spätglazialen Ablagerungen zweifellos nur sekundär vorkommen. Für die Typen der anderen Gruppe muss man dagegen annehmen, dass jedenfalls ein Teil des Pollens primär ist, d. h. wirklich aus spätglazialer Zeit her stammt.

¹⁾ siehe: VICTOR MADSEN 1928. Führer für die Exkursionen in Dänemark, Exkursion C. S. 10. Danm. Geol. Unders. V. Reihe Nr. 5.

Betrachten wir zunächst die Gruppe A. Man kann ohne weiteres die Frequenzen der meisten Zählungen vergleichen, da die Summe des »A-Pollens« 100 beträgt. Bei den meisten Analysen wurden die Zählungen nämlich so lange fortgesetzt, bis 100 Pollen der A-Gruppe erreicht waren. Im Geschiebelehm wurde zwar bedeutend mehr Pollen gezählt, der Vergleichbarkeit halber sind aber alle Zahlen derart umgerechnet, dass auch hier die Frequenzsumme der A-Gruppe 100 beträgt. Auf entsprechende Weise wurden die Frequenzen erhöht, wenn weniger als 100 A-Pollen gezählt war (Analyse Nr. 2).

	1 Geschie- belem	2 Bän- derton	3 285 cm	4 220 cm	5 190 cm	6 180 cm	7 174 cm	8 171 cm	13 140 cm	14 90 cm
<i>Gruppe A</i>										
Alnus.....	39	32	36	35	27	32	34	31	35	39
Corylus-Typ.....	24	24	28	25	24	23	30	27	29	29
Picea, Abies ¹⁾	19	18	18	17	26	23	21	19	16	16
EMW ²⁾	6	3	6	7	5	8	4	4	5	3
Carpinus, Pterocarya .	4	9	5	9	5	5	2	2	7	6
Carya.....	4	5	4	—	5	6	5	7	—	1
»Triangularia ³⁾	2	5	1	1	1	2	3	5	5	4
»Micropinus ⁴⁾	1	3	1	3	3	1	—	2	2	1
Tsuga.....	1	1	1	3	4	—	1	3	1	1
A-Summe.....	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Gruppe B</i>										
Pinus.....	164	144	160	187	182	225	152	148	169	161
Betula.....	75	68	77	95	80	514	343	361	118	128
Salix.....	—	—	8	8	8	31	34	30	14	16
Ericaceen.....	13	3	9	9	5	12	11	12	7	5
Chenopodiaceen.....	—	3	—	3	4	—	5	2	8	6
Hippophaë-Typ.....	2	—	4	3	1	8	8	3	—	—
Gramineen.....	5	7	14	9	35	36	195	66	31	18
Cyperaceen.....	3	5	37	60	49	88	84	153	50	43
Varia.....	70	97	104	103	107	162	120	180	136	121
Pollensumme.....	432	427	513	577	571	1176	1052	955	633	598
BP.....	307	274	310	358	341	838	624	595	378	369

Tabelle II. Spätglaziales Profil bei Egebjerg, Fyn. Pollenzählungen. Erklärung im Text. 152—165 cm Allerödgyttje.

¹⁾ Ganz überwiegend Pinus.

²⁾ Tilia, Ulmus, Quercus.

³⁾ Tertiärer dreieckiger Pollentyp.

⁴⁾ Pollenkorn mit zwei Luftsäcken, vielmal kleiner als Pinus.

Vergleicht man nun die Pollenfrequenzen (Spektren) in der A-Gruppe, so fällt es gleich auf, dass sie durch die ganze spätglaziale Serie hindurch miteinander übereinstimmen, und auch dem Spektrum aus dem Geschiebelehm entsprechen; die Abweichungen sind nicht grösser als man sie aus rein statistischen Gründen erwarten muss. Halten wir uns an die grösste sich vorfindende Abweichung, den *Alnus*-Prozenten des Geschiebelehms und der Analyse 5, so beträgt die Differenz 12%.

Der Mittelfehler des *Alnus*-Prozents beträgt in Analyse (1) 4%, in Analyse (5) 4½% (Formel $m = \sqrt{\frac{^0P_0 \cdot ^0P_1}{n}}$, siehe JOHANNSEN 1926. S. 113. Vgl. auch ORDING 1933). Der Mittelfehler der Differenz wird dann ($m \text{ Diff.} = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$) gleich 6%.

Da die Differenz zwischen den *Alnus*-Prozenten also nur zweimal grösser ist als ihr Mittelfehler, hat man keine Garantie dafür, dass sie auf wirkliche Verschiedenheiten in der Häufigkeit des *Alnus*-Pollens beider Proben zurückgeht, sie kann sehr wohl auf eine Zufälligkeit beruhen (vgl. JOHANNSEN l. z. S. 111).

Die überraschende Übereinstimmung in der gegenseitigen Häufigkeit der sicher eingeschlämten Pollentypen ist von ausserordentlich grossem Interesse. Mit ziemlicher Sicherheit kann man nämlich daraus schliessen, dass das sekundäre präglaziale Pollen für sich allein gezählt in allen spätglazialen Schichten dieses Profils ungefähr dieselben Spektren bilden würde, welche wiederum dem Spektrum des Geschiebelehms entsprechen würden. Vorausgesetzt dass diese Annahme richtig ist, und alles deutet darauf, so wird es möglich das sekundäre Pollen sozusagen aus den spätglazialen Analysen fortzuzubtrahieren. Allerdings kann man es einem *Pinus*-Pollenkorn z. B. nicht ansehen, ob es sekundär oder primär ist. Man kann aber berechnen, wie viele *Pinus*-Pollen man in Vergleich mit dem A-Pollen erwarten müsste, falls nur sekundäres Pollen vorhanden wäre. Der Überschuss muss dann aus spätglazialer Zeit stammen.

Betrachten wir nun die Analyse aus dem Bänderton, Tab. II. Nr. 2. Zunächst muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass dieser Analyse leider ein grosser statistischer Fehler anhaften kann, da nur 75 A-Pollen (im Ganzen 320 Pollen) gezählt wurden. Falls alles Pollen im Bänderton sekundär sein sollte, dann müsste man erwarten dass die Frequenzen sämtlicher Pollentypen von etwa gleicher Grösse seien wie im Geschiebelehm, da das A-Pollen als Berechnungsbasis verwandt ist. Wie man sieht, ist das tatsächlich

der Fall. Das *Betula*- bzw. *Pinus*-Pollen hat in beiden Analysen fast dieselben Frequenzen, ja ist sogar im Bänderton etwas schwächer vertreten, was man natürlich leicht der statistischen Unsicherheit zuschreiben kann. Aus der Analyse geht unwiderleglich hervor, dass alles oder doch fast alles Pollen im Bänderton sekundär ist. Nur mag etwas *Gramineen*-, *Cyperaceen*- und *Varia*-Pollen wirklich primär sein, das ist in diesem Falle nicht sicher zu entscheiden.

Auch in dem unteren Dryaston ist die Hauptmenge des Pollens eingeschlämmt (Nr. 3—5). Der Überschuss an Baumpollen (*Pinus* und *Betula*) ist so gering, dass man aus den Analysen nicht entscheiden kann, ob primäres *Pinus*- und *Betula*-Pollen überhaupt vorhanden ist! Die Frequenzen der Analysen 2—5 pendeln um die Frequenz des Geschiebelehms herum, vermutlich ist die überwältigende Menge sekundär, ganz wenig primär (ferntransportiert). Damit dürfte der Beweis dafür erbracht sein, dass *Pinus* zur älteren Dryaszeit im weiteren Umkreis vollkommen fehlte. Mehr überraschend ist, dass auch fast alles *Betula* und *Ericaceen*-Pollen offenbar sekundär ist, nur die *Cyperaceen*, *Gramineen* sowie *Salix* weisen einen sicheren Überschuss auf, auch das *Varia*-Pollen ist zum kleineren Teil primär.

Die Analysen 6—9 haben ein verändertes Gepräge, die Frequenz des *Betula*-Pollens ist enorm gestiegen, auch *Pinus* weist in den Analysen 6—9 einen deutlichen Überschuss auf, überhaupt ist die Pollenmenge verdoppelt. Dem Sediment ist keine Veränderung anzusehen, es handelt sich nach wie vor um reinen Ton. Wir sind aber in die Schicht eben unterhalb der Alleröd-Gyttje gelangt; in Wirklichkeit gehört der oberste Teil des »Dryastons« hier sicher mit zum »Alleröd«. Vielleicht entspricht er der »Anodontenschicht«, dann bestände eine schöne Übereinstimmung zwischen den botanischen und zoologischen Ergebnissen. Wir werden später auf diese Sache näher eingehen, hier soll nur darauf aufmerksam gemacht werden, dass *Betula* anscheinend erst jetzt Bedeutung bekommen hat, selbst *Betula nana* wird vorher jedenfalls sehr spärlich gewesen sein.

In der obersten Schicht des Unteren Dryastons ist also schon ein wesentlicher Teil des Pollens primär, in der Allerödgyttje verschwindet das eingeschlammte Pollen fast ganz. Auch »*Hystrix*«, dieser sichere Indikator der Einschlammung, sinkt entsprechend, seine Häufigkeit im Verhältnis zur gesamten Pollenmenge variiert parallel mit dem A-Pollen und hat ungefähr dieselbe Grösse wie dieses. In der Tabelle

II sind die Analysen aus der Allerödgyttje nicht angeführt, da es natürlich praktisch unmöglich war genügend A-Pollen zu zählen.

Im Oberen Dryaston (Nr. 13—14) ist wieder die Hauptmenge des Pollengehalts sekundär, alles oder fast alles *Pinus*-Pollen ist eingeschlämmt. Dagegen findet sich ein deutlicher Überschuss an Birkenpollen.

Tab. III gibt die absoluten Pollenfrequenzen, nachdem das sekundäre Pollen (»MP«) subtrahiert ist. — In der Tabelle ist auch der prozentuale Anteil des umgelagerten Pollens an der gesamten Pollensumme (incl. *Cyperaceen* u. s. w.) berechnet, sowie der prozentuale Überschuss an *Pinus*-Pollen im Vergleich mit dem Geschiebelehm.

	3	4	5	6	7	8	9	13	14
<i>Pinus</i>	(÷4)	23	18	61	(÷12)	(÷16)	48	5	(÷3)
<i>Betula</i>	(2)	20	5	439	268	286	253	43	53
<i>Salix</i>	8	8	8	31	34	30	24	14	16
Gramineen.....	9	4	30	31	79	61	45	26	13
<i>Cyperaceen</i>	34	57	46	85	117	150	91	47	40
Summa.....	53	112	107	647	498	526	461	135	122
Varia.....	34	33	37	92	125	110	90	66	51
Eingeschlämmt ...	84%	75%	76%	37%	41%	15%	44%	68%	72%
<i>Pinus</i> -Überschuss..	÷2	+14	+10	+37	÷7	÷10	+29	+3	÷2

Tabelle III. Wie Tab. II; sekundäres Pollen (MP) subtrahiert. Unten der prozentuale Anteil des umgelagerten Pollens an der Pollensumme (incl. Varia u. s. w.), sowie der prozentuale *Pinus*-Überschuss verglichen mit dem *Pinus*-Gehalt im Geschiebelehm.

Nun erhebt sich die Frage nach der kurvenmässigen Darstellung spätglazialer Pollenanalysen. Es erhellt ohne weiteres, dass die traditionellen Diagramme oft wertlos werden. Man betrachte nur das klassische Diagramm (Fig. 1 auf der Tafel), die Pollensumme wird im Dryaston fast allein aus tertiärem oder interglazialen Pollen gebildet! Es wäre unter diesen Umständen unnatürlich die traditionelle Darstellungsweise beizubehalten. Für die bewaldeten Perioden, für die sie geschaffen ist, hat sie sich glänzend bewährt, dagegen wird sie hier missweisend, selbst nach Ausscheidung des sekundären Pollens. Der geistreiche Schöpfer der Pollenanalyse, LENNART VON POST, hat auch stets hervorgehoben und an Beispielen gezeigt, (VON POST 1929, S. 557), dass man eine andere Pollensumme wählen muss, wenn die natürlichen Zusammenhänge dadurch besser dargestellt werden (z. B. in Steppengebieten).

Mir scheint es einleuchtend zu sein, dass man die spätglazialen Diagramme nicht nur auf Baumpollen aufbauen darf. Aus den grundlegenden Untersuchungen von FIRBAS (1934) geht ja eindeutig hervor, wie wichtig das »Nichtbaumpollen« (»NBP«) zur Erfassung der Wald-dichte ist. Natürlich bedeutete es einen ausserordentlichen Fortschritt, als das NBP zuerst von FIRBAS (1928) und OVERBECK (1931) systematisch auf Grund der Baumpollensumme berechnet und in einem speziellen Diagramm eingezeichnet wurde. Auch die Allerösdoscillation liess sich in einem Rückgang des NBP nachweisen (IVERSEN 1934 a, SCHÜTRUMPF 1935). Wie FÆGRI (1935) mit Recht hervorhebt, werden aber die Kurven des NBP allzu unruhig, wenn man sie ausserhalb der Berechnungssumme hält. FÆGRI hat daher ein besonderes NBP-Diagramm konstruiert, das die mehr lokalen Vegetationsverhältnisse besser widerspiegelt.

So lange man die hohen Pollenfrequenzen von *Pinus* und die spärlichen von wärmeliebenden Bäumen durch Fernflug erklären konnte, war ein Verfahren wie FÆGRI's befriedigend. Nachdem es aber nunmehr bewiesen ist, dass die überwältigende Menge des Baumpollens im Dryastone sekundär sein kann, ist es klar, dass das Baumpollen auf alle Fälle eine ungewöhnlich unglückliche Berechnungsbasis darstellt. Auch wenn es — wie in dem hier geschilderten Falle — möglich ist das sekundäre Pollen zu subtrahieren, haftet den gefundenen Baumpollen-Frequenzen nämlich grössere Fehler an als etwa den durch sekundäre Pollenzufuhr weniger berührten *Cyperaceen*- und *Gramineen*-Frequenzen, letztere sind daher schon aus diesem Grunde unentbehrlich in der zu wählenden Pollensumme. Andererseits lässt sich bei uns aber auch kein besonderes NBP-Diagramm aufstellen, wie FÆGRI es in Norwegen konnte. Denn das NBP verschwindet in unserem Alleröd fast ganz. Folglich muss in der idealen spätglazialen Pollensumme sowohl Baumpollen als NBP berücksichtigt werden.

Das ist logisch auch das einzig richtige, da die Vegetationsareale der Kältsteppe genau das gleiche Interesse beansprechen wie die des Waldes, und sich die gegenseitigen Verschiebungen dieser Vegetationstypen nur in einem Diagramm klar widerspiegeln, das auf das Pollen beider begründet ist.

Bei der Untersuchung grönländischer Moore stand ich ebenfalls vor der Aufgabe, eine besondere Pollensumme zu konstruieren (IVERSEN 1934 b). Dort habe ich *Cyperaceen* und *Gramineen* ausserhalb der Pollensumme gehalten, da sie die Kurvenbilder der zu unter-

suchenden Ablagerungen infolge lokaler Anhäufung (makroskopische Pollenzufuhr) stören würden. In spätglazialen Profilen ist diese Gefahr gewöhnlich nicht vorhanden, die Sedimente sind meist ausgeprägt limnisch. Natürlich gibt es Ausnahmen, ebenso wie ja auch *Alnus* und *Betula* aus lokalen Gründen in postglazialen Diagrammen unangenehme Störungen hervorbringen können. Weder *Alnus* oder *Betula* in postglazialen noch *Cyperaceen* oder *Gramineen* in spätglazialen Ablagerungen sind aber aus dem Grunde aus der Pollensumme auszuschliessen. Man muss eben in spätglazialer wie in postglazialer Zeit vorzugsweise mit rein limnischen Sedimenten arbeiten, will man Diagramme von allgemeiner Gültigkeit für eine Gegend ausarbeiten.

Dagegen habe ich aus mehreren Gründen das »Varia-Pollen« nicht mit zur Pollensumme gerechnet. Zunächst ist es nachteilig, dass man oft nichts darüber weiss, was dieses Pollen eigentlich ist. Nur solches Pollen, dessen Urheber man sich als Mitglied der Vegetationsdecke vorstellen kann, hat das Recht auch in den Diagrammen als vollbürtiges Mitglied aufgenommen zu werden. Es handelt sich ja nicht um mathematische Symbole, sondern um biologische Zeugen! Das Varia-Pollen ist also in seine Komponenten aufzulösen, dann mag in Zukunft mal der eine oder andere Pollentyp mit zur Pollensumme gerechnet werden (etwa *Dryas*!). Ungünstig ist ferner, dass ein Teil des Varia-Pollens vielleicht von Wasserpflanzen stammt; wie auch FÆGRI (l. z. S. 8) hervorhebt ist solches stets gesondert zu berechnen, da es aus rein lokalen Gründen gerade in den limnischen Sedimenten in grosser Menge vorkommen kann. Endlich ist ein wesentlicher Teil des Varia-Pollens im spätglazialen Ton tertiären Ursprungs, welches im günstigsten Falle (bei Anwendung der Subtraktionsmethode!) eine gewisse Unsicherheit in den Frequenzen des primären Varia-Pollens verursacht. Aus allen diesen Gründen habe ich das Varia-Pollen nicht in die Pollensumme einbezogen, es kommt übrigens meist nur in recht geringen Frequenzen vor (vgl. FIRBAS 1935, SCHÜTRUMPF 1935, FÆGRI 1935).

Salix-Pollen ist natürlich zu berücksichtigen, ebenfalls das der *Ericaceen*, wo es in nenneswerter Menge vorkommt. In norddeutschen (vgl. OVERBECK und SCHMITZ 1931) und in dänischen spätglazialen Ablagerungen ist das nur ausnahmsweise der Fall, in vielen Fällen sind die spärlichen Befunde sogar sekundär. Doch scheint es, dass *Ericaceen* (incl. *Empetrum*) im nordwestlichsten Dänemark in der Allerödzeit und an der Grenze zwischen dem Spätglazial und Postglazial

etwas häufiger waren (vgl. IVERSEN 1934); im norwegischen Jæren haben sie im Präboreal eine noch bedeutendere Rolle gespielt (FÆGRI 1935). In solchen Fällen haben sie Interesse und sind unbedingt in die Pollensumme aufzunehmen.

Eine besondere Erwähnung verdienen *Hippophaë* und *Chenopodiaceen*. Beide kommen in sehr ähnlichen Typen im Geschiebelehm vor und können daher eingeschlämmt sein. »Hippophaë« mag mitunter tertiären Ursprungs sein, doch glaube ich, dass ein Teil des Hippophaë-Pollens primär ist, sowohl unveröffentlichte dänische als auch die Diagramme von SCHÜTRUMPF deuten darauf. Das gleiche gilt den *Chenopodiaceen*, ich habe ihr Pollen zu meiner grossen Verwunderung in allen untersuchten spätglazialen Profilen aufgefunden, auch mitten im Binnenlande. Ein Teil wird sekundär sein, gewisse Kurvenbilder scheinen aber zu beweisen, dass das nicht immer der Fall ist. Vielleicht zeugen sie von einem extrem kontinentalen Klima? Vorläufig wird es aber das beste sein sowohl *Hippophaë*- als auch *Chenopodiaceen*-Pollen ausserhalb der Pollensumme zu berechnen.

Dagegen müssen *Betula* und *Pinus* wie erwähnt berücksichtigt werden, denn ihr Kurvenbild deckt das Alleröd und das Ende des Spätglazials auf.

Wir wenden nun zurück zur Subtraktionsmethode. Es muss zunächst eingestanden werden, dass sie nur an einem Profil erprobt ist. Unpublizierte spätglaziale Diagramme nach der traditionellen Methode deuten aber entschieden darauf, dass sie auch anderswo anwendbar ist. Wahrscheinlich war das gewählte Beispiel sogar besonders schwierig, da der Grad der sekundären Einlagerung wohl etwas stärker war als gewöhnlich, welches die Genauigkeit der Subtraktion herabsetzt. In extremen Fällen wird die Methode ganz versagen, das bedeutet aber nicht, dass man sich dann ohne Subtraktion behelfen kann, sondern dass überhaupt kein brauchbares Diagramm gezeichnet werden kann. Bei sehr geringer Zufuhr sekundären Pollens wird die Subtraktion dagegen überflüssig, man kann das an dem Fehlen von »Hystrix« und des Pollens wärmeliebender Bäume in Verbindung mit der Sedimentbeschaffenheit (Gyttje) erkennen.

In den meisten Fällen wird es aber notwendig sein eine Korrektur durchzuführen. Da das Pollen im Bändertone offenbar fast ausschliesslich sekundär ist, wird man wohl oft nicht den Geschiebelehm, sondern besser warwigen Ton als Ausgangspunkt der Subtraktion benutzen können. Es ist anzunehmen, dass die Pollenflora des Bändertons eine Art Durchschnittsspektrum des Geschiebelehms der

Umgegend gibt, und sicher den Spektren des umgelagerten Pollens im Dryaston am nächsten kommt.

Wir werden nun das auf Grund der oben ausführlich besprochenen Prinzipien gezeichnete Diagramm (Fig. 2 auf der Tafel, vgl. auch Tab. IV) näher betrachten und mit dem traditionellen (Tafel, Fig. 1) vergleichen.

	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14
Pinus.....	(÷7)	21	17	9	(÷2)	(÷3)	10	22	29	4	(÷2)
Betula.....	4	18	5	68	54	54	55	74	54	32	43
Salix.....	15	7	7	5	7	6	5	1	1	10	13
Gramineen.....	17	4	28	5	16	12	10	1	3	19	11
Cyperaceen.....	64	51	43	13	23	28	20	2	12	35	33
Varia.....	64	30	35	14	25	21	20	2	4	49	42

Tabelle IV. Wie vorige, in Prozente umgerechnet (Pollensumme: *Pinus*, *Betula*, *Salix*, *Cyperaceen*, *Gramineen*).

In dem Diagramm Fig. 1 (Tafel) umfasst die Pollensumme also auch das sekundäre Baumpollen, während die *Cyperaceen* und *Gramineen* ausserhalb gehalten sind, was durch die unterbrochenen Linien angedeutet ist. Bei dem anderen Diagramm (Fig. 2) gehört das *Cyperaceen*-*Gramineen*-Pollen dagegen mit zur Pollensumme, und das sekundäre Pollen wurde durch Subtraktion entfernt.

Der grösste augenfällige Unterschied zwischen den Diagrammen besteht in dem Verlauf der Pinuskurve. In dem klassischen Diagramm (Fig. 1) herrscht *Pinus* stark vor sowohl in dem oberen als auch dem unteren Dryaston, und hat wie gewöhnlich in dänischen (JESSEN 1924, 1935. IVERSEN 1934 a) und schwedischen (NILSSON 1935) Diagrammen ein ausgeprägtes Minimum in der Alleröd-Gyttje. In dem korrigierten Diagramm ist genau das umgekehrte der Fall, *Pinus* zeigt ein deutliches und ganz sicheres Maximum in der Alleröd-Gyttje. Die übrigen Vorkommnisse (ausser Analyse Nr. 6) sind unsicher; wahrscheinlich sollte die *Pinus*-Kurve in dem unteren Teil des älteren Dryastons ganz nahe der O-Akse liegen¹⁾. Es braucht wohl nicht

¹⁾ Wie schon erwähnt (S. 11), ist nämlich der prozentuale Überschuss des *Pinus*-Pollens in diesen Analysen so gering, dass er wahrscheinlich grösstenteils der statistischen Fehlermargin zuzuschreiben ist. Infolge der grossen Armut an primären Pollen überhaupt wird schon ein kleiner Fehler im älteren Dryas unverhältnismässig stark hervorgehoben. Ich habe daher die Signaturen nur dann zu Kurven verbunden, wo der prozentuale Überschuss (siehe Tab. III) im Vergleich mit den Frequenzen im Geschiebelehm 25% überstieg.

hervorgehoben werden, wie unvergleichlich besser die *Pinus*-Kurve des korrigierten Diagramms die wirklichen und logischerweise zu erwartenden Verhältnisse wiedergibt. Ein merkwürdiger Widerspruch, dessen Erklärung immer Schwierigkeiten bereitete, ist damit aufgehoben.

Auch die *Gramineen-Cyperaceen*-Kurve hat in dem korrigierten Diagramm einen sehr natürlichen Verlauf. Im älteren Dryaston weist sie ein absolutes Maximum auf, in der »Anodontenschicht« fällt sie ausserordentlich steil ab, bildet dann wieder ein kleineres Maximum, um in der Alleröd-Gyttje auf ganz wenige Prozente herabzusinken; im oberen Dryaston steigt sie wieder steil an. Die Doppelung des *Gramineen-Cyperaceen*-Minimums ist nicht zufällig, sondern ein neues Beispiel der doppelten Alleröd-Oscillation, wie sie zuerst bei Fjerritslev in Nordjütland nachgewiesen wurde (IVERSEN 1934a). Dort trat sie auch in der Sedimentation zum Vorschein, während hier nur das obere Alleröd als Gyttje ausgebildet ist; wie aus Fig. 3 der Tafel hervorgeht, zeigt aber der Kurvenverlauf des sekundären Pollens ein deutliches doppeltes Maximum; in der ersten Alleröd-oscillation war die allochtone Zufuhr also doch geringer als in dem »Inter-Alleröd«. Man kann leicht ersehen, dass die Sedimentation allein nicht zur Festlegung eines Alleröds genügt; bei Fjerritslev fanden sich 2 von einer dünnen Tonschicht getrennte Gyttjeschichten, hier ist nur das eine entwickelt; in anderen Fällen ist auch das Inter-Alleröd als Gyttje ausgebildet; endlich kann das ganze spätglaziale Profil (incl. des Alleröds) durch Ton und Sand vertreten sein (N. Lyngby). Nur durch detaillierte Pollendiagramme lässt sich das Alleröd scharf umgrenzen.

Im klassischen Diagramm (Tafel, Fig. 1) ist die *Gramineen-Cyperaceen*-Kurve nicht voll ausgezogen, da sie ausserhalb der Pollensumme gehalten ist. Wie man sieht, ist ihr Verlauf weniger regelmässig als im korrigierten Diagramm. Im unteren und oberen Dryaston wird sie durch die starke Zufuhr sekundären Pollens herabgedrückt; das absolute Maximum an der oberen Grenze des Alleröds ist ganz irreführend; man vergleiche mit Fig. 2 auf der Tafel.

In seinen Hauptzügen gibt das korrigierte spezielle spätglaziale Diagramm im Gegensatz zum traditionellen sicher einen richtigen Eindruck von der Vegetationsentwicklung im Spätglazial. Die ältere und die jüngere Dryaszeit wird durch das Vorherrschen des *Gramineen-Cyperaceen*-Pollens als Tundra charakterisiert, die vorübergehende Bewaldung in der Alleröd-

zeit wird durch die Überschneidungen zwischen der *Gramineen-Cyperaceen*-Kurve und der *Betula*-Kurve scharf umrissen. Ein ausgeprägtes *Pinus*-Maximum beweist das vorübergehende Vordringen der Kiefer zur Allerödzeit.

Es wäre nun interessant unser Diagramm mit anderen zu vergleichen. Von allen publizierten Alleröd-Diagrammen kommen aber nur die beiden Diagramme FÆGRI's aus Jæren im südwestlichen Norwegen und SCHÜTRUMPF's aus Stellmoor (Holstein) in Frage, die übrigen enthalten Tonschichten und sind deshalb unzuverlässig, meist wurde auch das NBP nicht gezählt. Die sehr interessanten Diagramme FÆGRI's sind nicht leicht zu konnektieren; die Verhältnisse waren in Jæren offenbar sehr abweichend von denen auf Fyn. Ich werde sie daher hier nicht näher diskutieren, nur sei die wichtige Erscheinung hervorgehoben, dass *Pinus* in diesen Gyttjen nur sehr spärlich vorkommt. Wohl mit Recht erklärt FÆGRI das *Pinus*-Pollen als ferntransportiert.

SCHÜTRUMPF (1935) hat ein ausserordentlich sorgfältiges Diagramm hergestellt; die *Gramineen* und *Cyperaceen* sind in Relation zur BP-Summe berechnet, ihre Frequenzen lassen sich leicht aus dem Diagramm ablesen. Ich erlaube mir einzelne seiner Analysen aus dem Alleröd und angrenzenden Schichten derart umzurechnen, dass die *Gramineen*, *Cyperaceen* (und *Ericaceen*) mit zur Pollensumme gehören (Fig. 2, S. 19), wodurch ein direkter Vergleich mit meinem korrigierten Diagramm (Tafel, Fig. 2) möglich wird. Wie man sieht, ist der Entwicklungsgang prinzipiell derselbe: in der Gyttje unterhalb des Allerödtorfs beherrschen *Cyperaceen* und *Gramineen* das Bild; zu Beginn des Alleröds steigt *Betula* zunächst stark und schneidet die *Gramineen-Cyperaceen*-Kurve, dann biegt die *Pinus*-Kurve nach rechts um und bildet ein grosses Maximum. In der jüngeren Dryaszeit herrschen wieder *Gramineen* und *Cyperaceen* vor. Das Alleröd ist als *Cyperaceen*-Torf ausgebildet, vermutlich ist dieser Umstand Schuld daran, dass das *Gramineen-Cyperaceen*-Minimum hier weniger ausgeprägt ist wie in unserem Diagramm.

SCHÜTRUMPF's Diagramm reicht offenbar bedeutend weiter zurück als die übrigen bisher publizierten nordeuropäischen; der untere Teil des Diagrammes soll daher hier nicht näher besprochen werden.

Sehr bedauerlich ist es, dass man in spätglazialen Tonablagerungen kaum im Stande sein wird, die grössenstatistische Methode zur Unterscheidung der *Betula*-Arten, wie sie namentlich von ENEROTH ent-

wickelt ist und von FÆGRI (1935) in präborealer Gytjtje mit grossem Erfolg erprobt wurde, auszunützen. Die Methode kann nicht nach Flusssäureaufschluss verwandt werden, man ist also auf Gytjtjen und Torfe angewiesen.

Wir wenden uns nun an die marinen Sedimente, auch hier findet nicht selten sekundäre Pollenzufuhr statt. In den mehr oder weniger

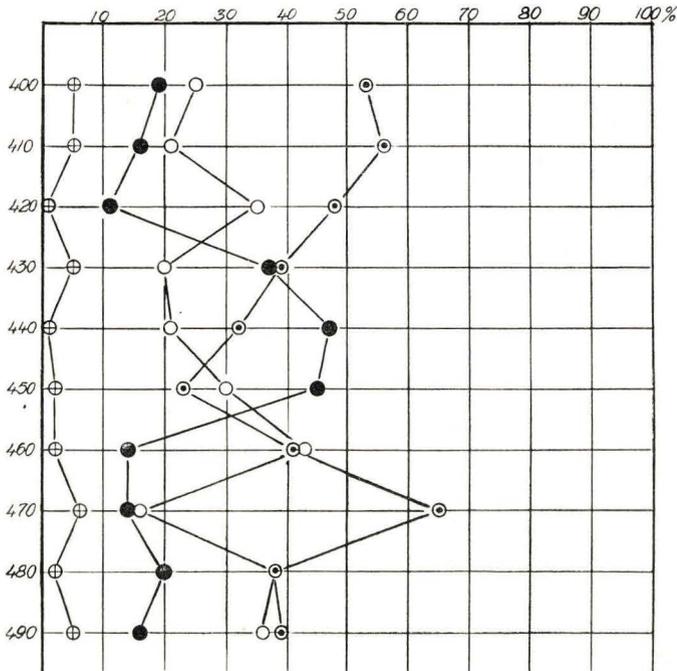


Fig. 2 Alleröd-Diagramm aus Stellmoor; umgerechnet nach Schütrumpf (l. z.), indem *Cyperaceen* + *Gramineen* in die Pollensumme aufgenommen sind.
450—430 Allerödtorf. Signaturenerklärung S. 22.

autochtonen marinen Gytjtjen ruhiger Fjorden ist die »Verunreinigung« der Pollenflora durch umgelagertes Pollen häufig unbedeutend, in ausgeprägt minerogenen marinen Ablagerungen kann sie die Pollendiagramme völlig verzerren. So hat stud. mag. J. TROELS-SMITH bei seinen Analysen der *Litorina*-Ablagerungen in Stavns Fjord auf Samsö in gewissen besonders tonhaltigen Schichten hohe »Hystrich«-Frequenzen gefunden. Es handelt sich dabei um die gewöhnlichen Formen des Geschiebelehms. Dass Radiolaren zur Zeit der Tonablagerung in den Fjorden unserer Küsten gelebt haben könnten ist nach freundlicher Mitteilung von Dr. phil. E. STEMANN NIELSEN,

Planktonlaboratoriet, ausgeschlossen. Es sind Bewohner der Ozeane und der Tiefsee, in unseren Fahrwässern werden sie nur selten und ganz vereinzelt angetroffen. In den Hystrix-reichen Tonschichten fand TROELS-SMITH denn auch charakteristische Veränderungen in den Pollenspektren (*Pinus*-Anstieg, *Picea* u. a.). Man muss also in Zukunft auch bei marinen Sedimenten auf die Möglichkeit sekundärer Pollenzufuhr aufmerksam sein, und grosse Vorsicht aufweisen. Ob es auch hier möglich sein wird das »Moränenpollen« zu subtrahieren, wird die Zukunft entscheiden. Vielleicht lässt sich die Herkunft des Tons mit seinem Pollengehalt auffindig machen; falls »Hystrix« reichlich vorkommt, rückt die Subtraktionsmethode dann in den Bereich des möglichen.

In der Klei der Nordseemarsch ist das klassische Pollendiagramm ganz wertlos, da hier zweifellos die Hauptmenge des Pollens sekundär ist. Das abnorme Gepräge der Klei-Diagramme ist wohlbekannt (siehe OVERBECK u. SCHMITZ 1931, SCHUBERT 1933, ERNST 1934). Im Gegensatz zu den früheren Untersuchern hat ERNST (1934) die Ferntransporthypothese zur Erklärung des Kiefernanstieges in den Kleischichten abgelehnt, und stellt stattdessen fest, dass ausser selektiver Pollenzerstörung auch »mit Beteiligung von Pollen aus aufgearbeiteten älteren Ablagerungen zu rechnen« ist. Ich habe selber pollenstatistische Untersuchungen an alten und recenten Marschablagerungen bei Ribe und Misthusum ausgeführt und bin zum gleichen Schluss wie ERNST gekommen (*Picea*-Kurve, *Abies*-Pollen u. s. w.).

Die Herkunft des sekundären Klei-Pollens ist verschiedenartig, es wird mit den Tonpartikkeln aus tertiären, interglazialen, glazialen und postglazialen Ablagerungen eingeschlämmt sein. »Hystrix« scheint nur spärlich vorhanden zu sein, und die Möglichkeit einer Korrektur der Diagramme ist ausgeschlossen. Es lohnt sich daher kaum in Zukunft das Baumpollen der Marschklei zu zählen. Grossen Wert zum Verständnis der Bildungsweise der Marschklei haben dagegen besondere NBP-Diagramme, derart wie FÆGRI (1935) sie an spätglazialen Ablagerungen ausgeführt hat. Nach meinen vorläufigen Untersuchungen an rezenter Marsch scheint die »Mutterformation« sich in einem solchen Pollenspektrum ausgezeichnet auszudrücken. Man konnte an NBP-Diagrammen aus rezenter Marsch die Succession der Pflanzengesellschaften direkt von Jahr zu Jahr ablesen, da durch Dr. NIELS NIELSENS Untersuchungen (siehe NIELS NIELSEN 1935) die Jahresschichten klar zu unterscheiden waren.

Die Pollenanalyse hat sich seit ihren Anfängen vor nur 20 Jahren zu einer fast unglaublich exakten Wissenschaft entwickelt, welche auch für andere Wissenschaften (Archäologie!) unentbehrlich geworden ist. Sie muss aber stets mit grosser Vorsicht und Kritik verwandt werden, nie kann man sich mit mechanischem Zählen begnügen. Das gibt der Pollenanalyse ihren Reiz. Sie ist ein schmaler Pfad, der leicht ins Irre führt, auf dem aber auch steile Höhen mit weiten Ausblicken erklimmt werden können.

Zusammenfassung.

1. Unverwitterter Geschiebelehm enthält nach Flussäureaufschluss sehr reichliches Pollen (tertiär und interglazial); ausserdem sind zahlreiche Mikrofossilien (*Pediastrum* spp., *Sphagnum*-Sporen u. s. w.) vorhanden; sogar *Pinus*-Stomata und *Azolla*-Glochidien wurden nachgewiesen.
2. Während verschiedene Geschiebelehmproben aus derselben Gegend überraschend gleiche Pollenspektren zeigten, weichen die Spektren verschiedener Moränen oft stark voneinander ab. Neben der Steinzählungsmethode können daher wahrscheinlich botanische Mikroanalysen zur Bestimmung und Trennung der verschiedenen Moränen angewandt werden.
3. Es wird an zwei spätglazialen Profilen nachgewiesen, dass die Hauptmenge des Pollens im Dryaston, und wahrscheinlich alles im Bänderton aus Moränen stammt und hauptsächlich tertiär sein muss. Pollenfunde wärmeliebender Bäume in spätglazialen Ablagerungen sind stets als sekundär aufzufassen.
4. Auch der Pollengehalt postglazialer minerogener Sedimente (Litorinat, Marschklei u. s. w.) ist häufig grossenteils sekundär.
5. In tertiären marinen Ablagerungen und in Geschiebelehm finden sich sehr häufig charakteristische dornige Fossilien (»*Hystrix*«, vgl. Fig. 1, S. 7), es handelt sich wahrscheinlich um eine besondere, nicht aus Kiesel bestehende Gruppe von Radiolaren. In spätglazialen und postglazialen Sedimenten sind sie sichere Indizien für sekundäre Einlagerung von tertiärem Pollen.
6. Ein Alleröd-Aufschluss (Schichtenfolge: Bänderton, Dryaston, Allerödgyttje, Dryaston) wurde eingehend untersucht. Es ergab sich, dass die sicher sekundären Pollentypen (*Alnus*, *Picea*, *Corylus*, *Carya*, *Tsuga* u. s. w.) durch das ganze Profil stets im gleichen

- gegenseitigen Verhältnis eingeschlämmt sind. Dadurch wurde es möglich eine Korrektionsmethode auszuarbeiten, mit deren Hilfe das sekundäre Pollen subtrahiert werden kann (siehe näher S. 8ff.)
7. Die Pollenanalyse der spätglazialen Zeit erfordert eine besondere Methodik und eine spezielle Darstellungsweise. Folgende Pollensumme wird eingeführt: Cyperaceen + Gramineen, Ericaceen, Salix, Betula, Pinus.
 8. Die Analysen des untersuchten Profils werden nach Subtraktion in dem speziell spätglazialen Diagramm (Fig. 2 auf der Tafel) dargestellt, welches die natürliche Vegetationsentwicklung im Spätglazial widerspiegelt: Waldlose Kältsteppe wesentlich aus *Cyperaceen* und *Gramineen* bestehend → Birkenwald mit Kiefernvorstoss (Alleröd) → Kältsteppe mit *Cyperaceen*, *Gramineen* und *Betula*. Die Allerödoszillation ist deutlich zweigipflig. In dem traditionellen Diagramm (Fig. 1 auf der Tafel) ohne Subtraktion sind die Verhältnisse ganz entstellt.
 9. Die angewandte »Subtraktionsmethode« zur Reinigung der Spektren von eingeschlämmt »Moränenpollen« wird sicher oft anwendbar sein; vermutlich bildet Bänderton, dessen Pollenflora offenbar fast ausschliesslich sekundär ist, gewöhnlich den besten Ausgangspunkt der Subtraktion.

Zeichenerklärung.

⊙ <i>Cyperaceen + Gramineen</i>	● <i>Pinus</i>
⊕ <i>Salix</i>	△ <i>Picea</i>
○ <i>Betula</i>	□ <i>Alnus</i>

Das für Gramineen + Cyperaceen verwandte Zeichen entspricht dem Gramineenzeichen bei *von Post* (1929) und *Fægri* (1935) und dem Cyperaceenzeichen bei *Overbeck u. Schmitz* (1931) und *Schütrumpf* (1935); nur ist der äussere Kreis etwas dicker.

Die Diagramme sind von *Th. Sorgenfrei*, Fig. 1 von *J. Troels-Smith* gezeichnet.

Literaturverzeichnis.

- EKSTRÖM, G. 1934: Agrogeologiska undersökningar vid Svalöv. S. G. U. Ser. C. Nr. 380. Stockholm.
- ERNST, O. 1934: Zur Geschichte der Moore, Marschen und Wälder Nordwestdeutschlands. IV. Untersuchungen in Nordfriesland. Diss. Schr. Natw. Ver. f. Schleswig-Holstein 20. Kiel.
- FIRBAS, F. 1928: Über jungdiluviale und alluviale Torflager in der Grube Marga bei Senftenberg (Niederlausitz). Bot. Teil. Abh. d. math. phys. Klasse d. sächs. Akad. d. Wiss. Bd. 40. Nr. 4. 1928. Leipzig.
- 1934: Über die Bestimmung der Walddichte und der Vegetation walddloser Gebiete mit Hilfe der Pollenanalyse. Planta Bd. 22. Berlin.
- 1935: Die Vegetationsentwicklung des mitteleuropäischen Spätglazials. Bibliotheca botanica Nr. 112. Stuttgart.
- FJÆGRI, K. 1935: Quartärgeologische Untersuchungen im westlichen Norwegen. I. Ueber zwei präboreale Klimaschwankungen im südwestlichen Teil. Bergens Museums Årbok Naturv. rekke Nr. 8.
- GROSCHOPE, P. 1935: Die spätglaziale Wärmeschwankung im östlichen Schleswig-Holstein. Zentralbl. f. Mineralogie, Geologie und Paläont. Abt. B. Nr. 11.
- HAECKEL, E. 1887: Report on the Radiolaria collected by H. M. S. Challenger during the years 1873—76. First part. Porulosa. The Voyage of H. M. S. Challenger. 1873—76. London.
- HYYPÄÄ, E. 1933: Das Klima und die Wälder der spätglazialen Zeit im Bereich der karelischen Landenge. Acta forestalia fennica 39.
- IVERSEN, J. 1934 a: Fund af Vildhest (*Equus caballus*) fra Overgangen mellem Senog Postglaciale Tid i Danmark. Danm. Geol. Unders. 4. Række. Bd. 2. Nr. 13. København.
- 1934 b: Moorgeologische Untersuchungen auf Grönland. Medd. Dansk Geol. For. Bd. 8. København.
- JESSEN, A. og NORDMANN, V. 1915: Ferskvandslagene ved Nørre Lyngby. Danm. Geol. Unders. II. Række. Nr. 29. København.
- JESSEN, K. 1924: Et Bjørnefund i Allerødgytje. Medd. Dansk Geol. For. Bd. 6. Nr. 24. København.
- 1935 a: Archæological dating in the history of North Jutlands vegetation. Acta archæologica Vol. 5. Nr. 3. København.
- JOHANSEN, W. 1926: Elemente der exakten Erblichkeitslehre. Jena.
- MADSEN, V. 1903: Om den glaciæle, isdæmmede Sø ved Stenstrup paa Fyn. Danm. Geol. Unders. II. Række. Nr. 14. København.
- NIELSEN, N. 1935: Eine Methode zur exakten Sedimentationsmessung. Studien über die Marschbildung auf der Halbinsel Skalling. D. Kgl. Danske Vidensk. Selskab. Biol. Medd. Bd. 12. Nr. 4. København.

- NILSSON, T. 1935: Die pollenanalytische Zonengliederung der spät- und postglazialen Bildungen Schonens. Geol. För. i Stockholm Förh. Bd. 57. Nr. 3.
- ORDING, A. 1934: Om nye metoder og hjælpemidler ved pollenanalytiske undersøkelser. Medd. fra det norske Skogsforsoksv. Nr. 17.
- OVERBECK, F. und SCHMITZ, H. 1931: Zur Geschichte der Moore, Marschen und Wälder Nordwestdeutschlands. I. Das Gebiet von der Niederweser bis zur unteren Ems. Mitt. d. Provinzialstelle f. Naturdenkmalpfl. Hannover. Bd. 3.
- v. POST, L. 1929: Die Zeichenschrift der Pollenstatistik. Geol. Fören. i Stockh. Förh. Bd. 51.
- RUDOLPH, K. 1935: Mikrofloristische Untersuchung tertiärer Ablagerungen im nördlichen Böhmen. Beih. z. Botan. Centralbl. Bd. 54 Abt. B. Dresden.
- SCHUBERT, E. 1933: Zur Geschichte der Moore, Marschen und Wälder Nordwestdeutschlands. II. Das Gebiet an der Oste und Niederelbe. Mitt. d. Provinzialstelle f. Naturdenkmalpfl. Hannover. Bd. 4.
- SCHÜTRUMPF, R. 1935: Pollenanalytische Untersuchungen der Magdalenien- und Lyngby-Kulturschichten der Grabung Stellmoor. Nachrichtenbl. f. Deutsche Vorzeit Bd. 11. Nr. 11. Leipzig.
- THOMASSON, H. 1935: Äldre baltiska skeden. Geol. Fören. i Stockh. Förh. Bd. 57.
- THOMSON, P. 1935: Vorläufige Mitteilung über die spätglaziale Waldgeschichte Estlands. Geol. Fören. i Stockh. Förh. Bd. 57.
- WASMUND, E. 1935: Prähistorie, Anthropologie und Pollenanalyse in Schleswig-Holstein. Schr. d. Naturw. Ver. f. Schleswig-Holstein. Bd. 20. Nr. 2.

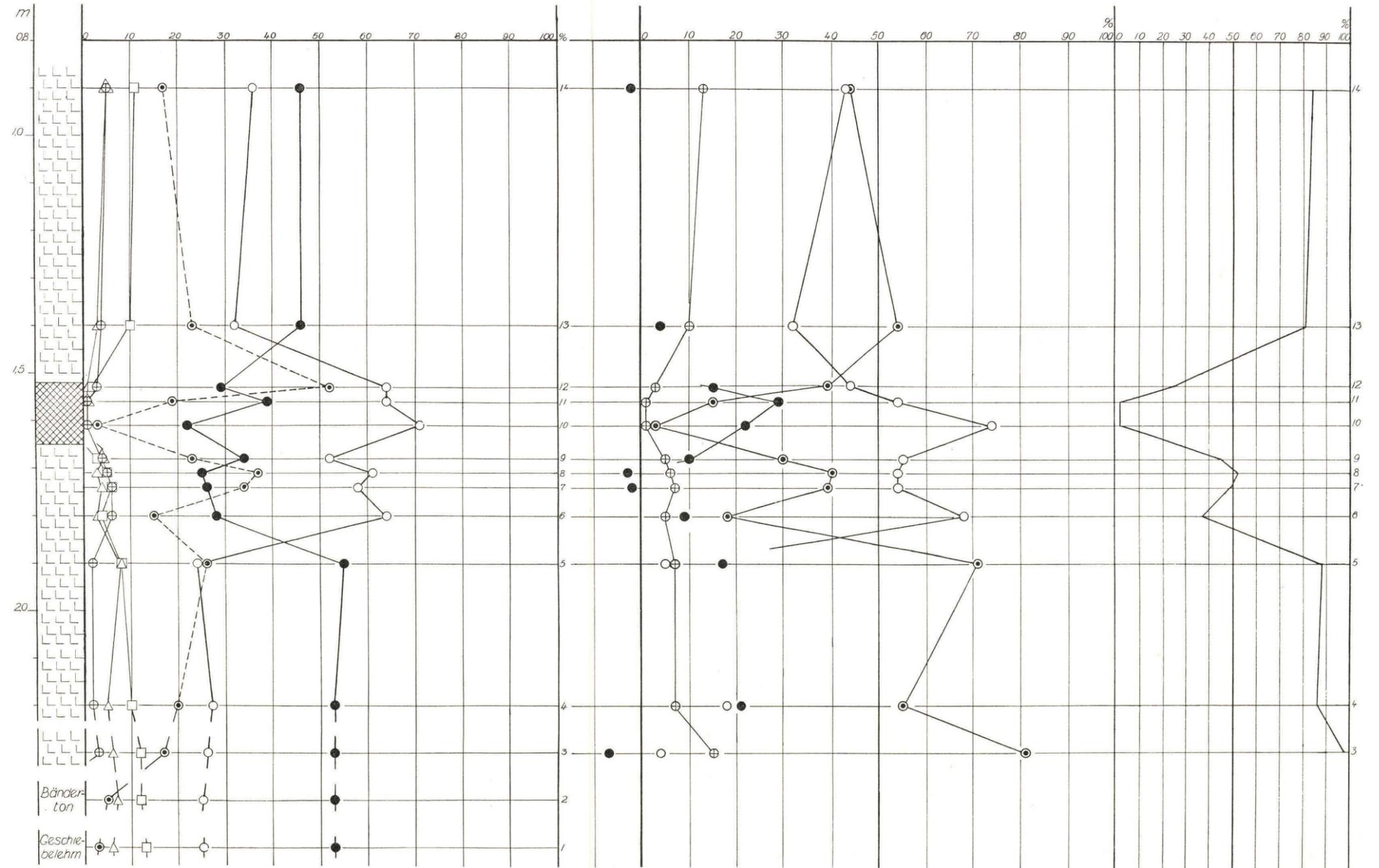


Fig. 1. Pollendiagramm aus Egebjerg nach der traditionellen Methode ohne Subtraktion. Der Übersichtlichkeit halber sind die Kurven für *Corylus*, EMW u. a. ausgelassen.

Fig. 2. Pollendiagramm derselben Schichtenfolge nach Subtraktion des sekundären Pollens aus dem Geschiebelehm. Pollensumme: *Pinus*, *Betula*, *Salix*, *Cyperaceen* + *Gramineen*.

Fig. 3. Prozentualer Anteil des sekundären Baumpollens an der gesamten Baumpollensumme.