

## I. Aufsätze und Mitteilungen.

### Geochronologie der letzten 12000 Jahre.

Von **Gerard de Geer** (Professor an der Universität Stockholm).

(Mit Fig. 1—3.)

(Vortrag, gehalten auf dem Geologenkongress in Stockholm 1910.)

Aus dem Englischen übersetzt.

Die Geologie ist die Geschichte der Erde, aber bis jetzt war sie eine Geschichte ohne Jahreszahlen. Es sind zwar verschiedene Versuche gemacht worden, Zeitschätzungen für einzelne Teile dieser Geschichte zu gewinnen, aber keiner konnte genauerer Prüfung standhalten. So sagen die hervorragenden Verfasser eines unserer neueren geologischen Lehrbücher<sup>1)</sup>: „Der Wunsch, die grossen Ereignisse der geologischen Geschichte nach Jahren zu messen, wächst in dem Masse, wie die Ereignisse sich unserer eigenen Zeit nähern und menschliche Angelegenheiten näher berühren. Indes sind die Schwierigkeiten bei solchen Versuchen ungeheuer gross, und die Resultate haben nur ungewissen Wert. Im besten Falle bieten sie wenig mehr, als dass sie das Grössenverhältnis der einzelnen Perioden angeben. Die geologischen Vorgänge sind sehr kompliziert, und jeder einzelne dabei mitwirkende Faktor ist wechselnd, so dass eine Verbindung von solch ungewissen Variablen ein weites Mass von Ungewissheit in die Resultate bringt“.

Unter diesen Umständen mag es angezeigt sein, hier eine neue exakte Untersuchungsmethode darzulegen, nach der es möglich ist, durch tatsächliches Zählen von Jahresschichten eine richtige Erdchronologie herzustellen für einen Zeitraum, der von der Gegenwart aus ungefähr 12000 Jahre zurückreicht.

Als Basis für diese Chronologie sind gewisse spätglaziale und postglaziale, periodisch geschichtete Sedimente benutzt, in denen der Absatz eines jeden einzelnen Jahres unterschieden werden kann.

<sup>1)</sup> TH. C. CHAMBERLIN and R. D. SALISBURY, *Geology Earth History*. Bd. 3. London 1906. S. 413.

Es wurden zunächst entlang einer Linie, die vom äussersten Süden nach dem zentralen Teile Schwedens reicht, an einer grossen Zahl von Punkten die Jahresschichten mit regelmässigen Intervallen gezählt und Schritt für Schritt zusammengestellt. So ist es nicht nur möglich gewesen, die ganze Reihe der Jahrhunderte zu zählen, die der Rand des Inlandeises gebraucht hat, um über diese Strecke von etwa 800 km zurückzuweichen, sondern auch die Dauer der postglazialen Zeit zu schätzen, die seit dem Rückgang des Eises bis auf unsere Tage verstrichen ist.

Von den spätglazialen Sedimenten ist das wichtigste ein glazimariner Ton, der „varvig lera“, sogenannt nach seinen Warwen<sup>1)</sup> oder seiner periodischen Schichtung, verschieden an Farbe und Struktur.

Schon bei meinen ersten geologischen Aufnahmen im Jahre 1878 war ich überrascht von der Regelmässigkeit dieser Schichten, die sehr an die Jahresringe der Bäume erinnerten. Deshalb begann ich im folgenden Jahre detaillierte Untersuchungen und Messungen dieser Schichten in verschiedenen Teilen Schwedens, die ich in den folgenden Jahren fortsetzte. Es zeigte sich, dass die Schichten so regelmässig und so kontinuierlich waren, dass sie kaum irgend einer anderen, weniger regelmässigen Periodizität zugeschrieben werden konnten, als der des Jahreslaufs. Deshalb wagte ich im Jahre 1882 die Ansicht auszusprechen, dass ein enger Zusammenhang bestehen könne zwischen der periodischen Schichtung des Tons und dem jährlichen Rückgang des Landeises<sup>2)</sup>. Zwei Jahre später waren die Untersuchungen so weit vorgeschritten, dass ich in meiner Auffassung dieser Schichten als wirklicher Jahresschichten wesentlich bestärkt war, und dass ich einen Weg gefunden hatte, die Jahresschichten aus verschiedenen Gegenden durch Diagramme in Parallele zu bringen. So konnte ich in einem Vortrag auf unserer geologischen Gesellschaft in Stockholm den Weg andeuten, auf dem eine Chronologie für den letzten Teil der Eiszeit zu erhalten ist<sup>3)</sup>. Wenige Monate später gelang es mir auch, den Parallelismus der Tonlagen an drei, jedoch nicht weit voneinander entfernten Punkten festzulegen. Im Jahre 1889 fand ich — und kartierte — in der Gegend NW von Stockholm eine bisher übersehene Art von allerdings kleinen, aber sehr charakteristischen Endmoränen, die in periodischen Reihen

<sup>1)</sup> Das schwedische Wort varv, subst. (alte Schreibweise hvarf) bedeutet sowohl einen Kreis wie eine periodische Wiederkehr von Schichten. Da ein internationaler wissenschaftlicher Ausdruck für diesen letzteren Sinn fehlt, scheint es passend, auf deutsch das Wort Warw, pl. — en zu gebrauchen, während es auf französisch und englisch varve pl. — s geschrieben werden könnte.

<sup>2)</sup> Om en postglacial landsänkning i södra och mellersta Sverige. Geol. Fören. Förhandl. Bd. 6. Stockholm 1882. S. 159.

<sup>3)</sup> Ebenda Bd. 7. 1884. S. 3 hier nur kurz und etwas missverstanden wiedergegeben. Autoreferat ibid. 1885. S. 512, wo auch die erste, vom April 1884 stammende Korrelation erwähnt ist.

mit ziemlich regelmässigen Intervallen von 200—300 m angeordnet waren. Dies führte mich auf den Gedanken, dass diese Rücken dem Stillstand im Rückzug des Eisrandes entsprechen könnten, wie er vermutlich durch jeden Winter verursacht wurde, und dass man dies durch Untersuchung der aufeinander folgenden jährlichen Tonlagen zwischen benachbarten Rücken feststellen könnte<sup>1)</sup>. Diese Art von Moränen ist inzwischen in den niederen Teilen des Landes als sehr verbreitet erkannt worden, und so hatte ich zuerst die Absicht, die chronologischen Untersuchungen durch eine sorgfältige Kartierung dieser Jahresmoränen fortzusetzen.

Eine Reihe dieser charakteristischen und scharf markierten kleinen Rücken wird während der Exkursionen in der Nachbarschaft von Stockholm besucht werden, während welcher auch der Warwenton und die Methode, den letzten glazialen Rückzug zu bestimmen, demonstriert werden wird. Das ganze Material von Messungen, Karten und Tonproben von den verschiedenen Gegenden Schwedens, auf das die Chronologie gegründet ist, wird während des ganzen Kongresses im geologischen Institut der Universität zugänglich sein.

Durch genaues Studium einiger Osen, besonders bei Stockholm und Upsala, und später auch bei Dal's Ed, hat sich gezeigt, dass auch die Osen von ausgesprochen periodischer Struktur sind, bezeichnet durch Zentren von gröberem Material, das auf ihrer Südseite allmählich in feineren Kies und Sand übergeht. Dies führte mich zu einer neuen Erklärung ihrer Entstehung als aufeinander folgende submarginale Deltaablagerungen, gebildet in den Mündungen der Gletschertunnels des zurückweichenden Landeises und wahrscheinlich den jährlichen Warwen des feinsten tonigen Sediments und den Jahresmoränen entsprechend<sup>2)</sup>.

Endlich gelang es mir im Jahre 1904, eine sehr gute Parallelisierung zweier Tonsektionen einen Kilometer voneinander entfernt zu finden, und nun beschloss ich, einen ernstlichen Versuch zu machen, um meinen alten Plan einer Ton-Chronologie zu verwirklichen.

Durch Untersuchung von etwa 40 Punkten in der Gegend von Stockholm zeigte es sich, dass die Parallelisierung der Tonabsätze weniger Schwierigkeiten darbot als zuerst zu erwarten war, und dass sie, wenn die Beobachtungsorte gut ausgewählt waren, in der Regel auf eine Entfernung von einem Kilometer zu erreichen war. Nachdem ich dies festgestellt hatte, sicherte ich mir die Beihülfe von einer Anzahl Studenten der Universitäten Stockholm und Upsala, zehn von jeder; nach einigen vorbereitenden Übungen zogen wir an einem

<sup>1)</sup> Geol. Fören. Förhandl. Bd. 11. Stockholm 1889. S. 395. Eine Karte, die eine Gruppe derartiger Moränen zeigt, ist vom Verf. in Stockholmstraktens geologi in dem Werk: Stockholm Sveriges Hufvudstad. Stockholm. E. Beckman, 1897, Teil 1, S. 13, veröffentlicht worden.

<sup>2)</sup> In dem letzterwähnten Werk, Teil I, S. 14—17, mit einer Karte, Taf. 4 u. Teil III, Karte Taf. 5; und: Om rullstens-åsarnas bildningssätt. Geol. Fören. Förh. Bd. 19. 1897. S. 366.

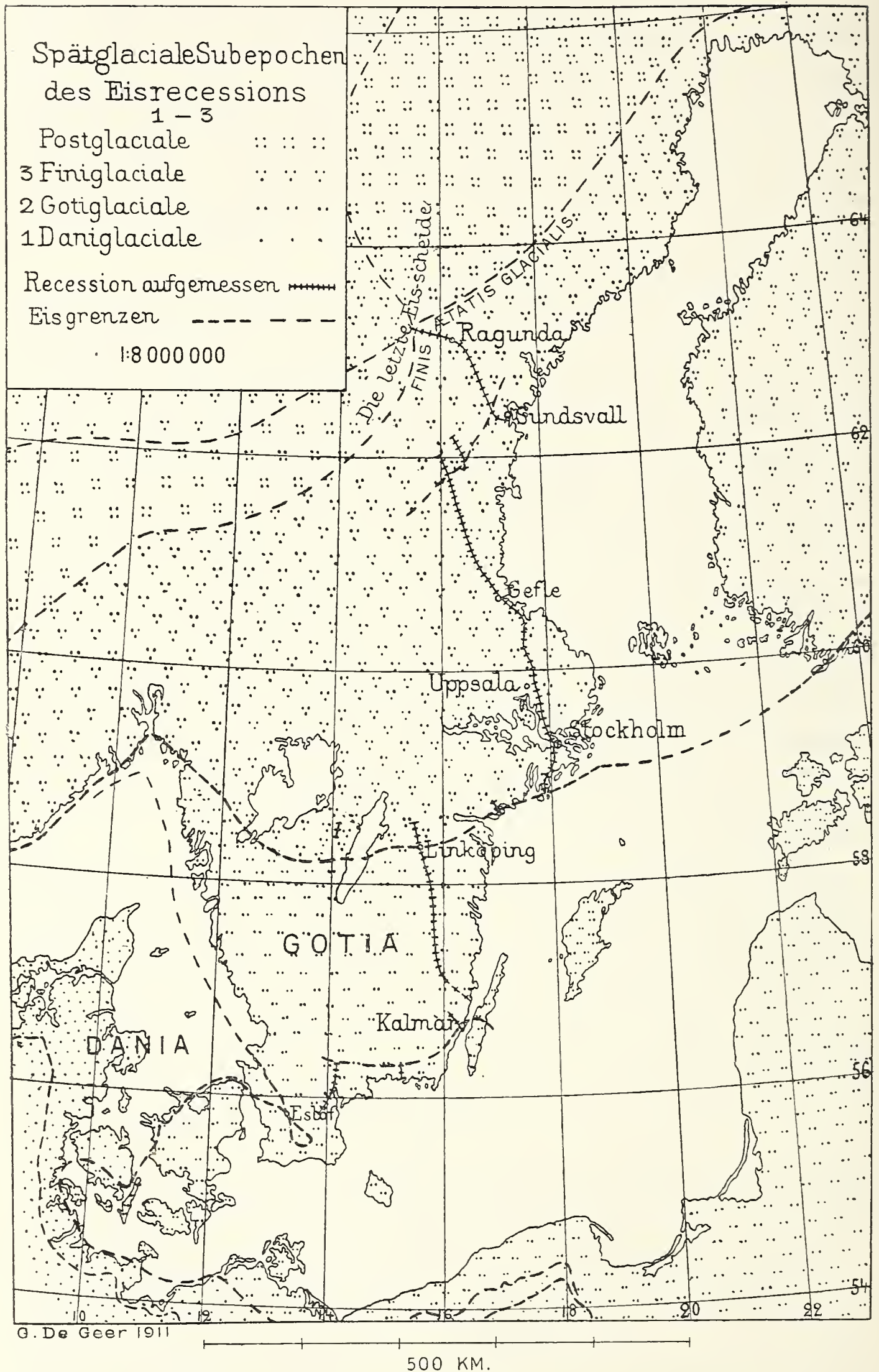


Fig. 1. Karte der spätglazialen Rückzugsphasen in Schweden.

Sommermorgen des Jahres 1905 alle aus, jeder an seinen bestimmten Teil einer ungefähr 200 km langen Linie, die wie auf der Karte Fig. 1 zu ersehen, an Stockholm und Upsala vorbei durch die Södermanland-Uppland-Halbinsel, von den grossen fennoskandischen Moränen an ihrer Südseite nach dem Fluss Dalälven im Norden verläuft und sich so genau wie möglich in der Richtung des Eisrückzuges hält. Die Hauptarbeit war programmässig in 4 Tagen fertig; aber das Ausfüllen einiger Lücken an schwierigen Stellen gelang erst nach mehrfach wiederholten Versuchen.

Unter den verschiedenen Resultaten möge es genügen hier zu erwähnen, dass ich nun endlich zwingende Beweise für die Annahme erhielt, dass die einzelnen Warven eine sehr weite Ausdehnung hatten. So zeigte sich, dass sie oft 50 km überschritten, und dass ihr Kubikinhalte auf Millionen von Kubikmetern zu schätzen ist. Diese grosse Ausdehnung zusammen mit ihrer regelmässigen Struktur zeigte endgültig, dass sie keiner lokalen oder gelegentlichen Ursache und keiner Ursache von geringerer Bedeutung oder weniger ausgesprochener Periodizität ihre Entstehung verdanken können, als der klimatischen Periode des Jahres. Jedes einzelne der scharf gezeichneten Warven irgend einer hypothetischen und jedenfalls unbestimmt begrenzten Serie von mehreren Jahren zuzuschreiben, scheint ebenfalls unmöglich, zumal es dann gar keine Registrierung der tatsächlich so scharf akzentuierten Periode des einzelnen Jahres aufzeigen würde. In der Tat scheint es mir ebenso unwahrscheinlich, dass die Jahresperiode des Schmelzens des Landeises den jährlichen Sedimenten ihren Stempel nicht aufgedrückt hätte, als dass dies bei der jährlichen Vegetationsperiode in Bezug auf die Jahresringe der Bäume nicht der Fall wäre.

Im folgenden Jahre wurde mit Beihülfe von teilweise demselben Stab von Mitarbeitern die Untersuchung auf den Rest der Linie ausgedehnt, zusammen auf eine 800 km lange Strecke zwischen Schonen und demjenigen Teil des letzten glazialen Eisstroms in Südjämtland, wo der letzte Überrest der Eiszeit zuerst in zwei gesonderte Teile zerfiel. Auch dieses Unternehmen war erfolgreich, obwohl an verschiedenen Stellen für den Augenblick Lücken bleiben mussten.

Die Hauptsache war aber, dass der Plan sich ausführbar gezeigt hatte, selbst unter so sehr wechselnden Bedingungen, wie sie bei dieser sehr ausgedehnten Linie vorlagen, und dass es jetzt offenbar nur noch eine Frage der Arbeit und der Geduld war, allmählich die chronologische und klimatische Urkunde fast in jeder wünschbaren Weise im einzelnen auszuarbeiten.

In meinen späteren ergänzenden und zusammenfassenden Arbeiten war es mir eine grosse Befriedigung zu sehen, wie tüchtig und energisch meine zahlreichen jungen Mitarbeiter an ihrem Werk gewesen waren, und wie gut und zuverlässig ihre Resultate waren.

Es waren nie Lücken gelassen worden, wo nicht die Schwierigkeit in der Tat für die zur Verfügung stehende Zeit zu gross gewesen war.

Die natürlichen Bedingungen, auf die sich der Plan für die gesamte Untersuchung gründete, waren folgende: Als die letzte Inlandeisdecke sich aus Schweden zurückzog, lagen die tieferen Teile des Landes noch unter dem Meeresspiegel; jedes Jahr während des Sommers sank das Schmelzwasser von der Oberfläche der Inlandeis-masse durch ihre Schründen in die Tiefe und floss am Grunde des Eises entlang. Hier wurde es unter starkem hydrostatischem Druck vorwärts gepresst und schwenkte beträchtliche Mengen Moränenmaterial mit, die so zu wassergerollten Sedimenten aufbereitet wurden. Wo diese überlasteten Ströme am Steilrand des Inlandeises das ruhende Wasser des Meeres erreichten und sich ihr Bett in der Gletscherpforte plötzlich ausweitete, liess die Geschwindigkeit und Transportfähigkeit des Wassers nach. Dadurch wurden die grossen Gerölle und das grösste Material an der innersten, proximalen Seite der Höhle abgelagert, während weiter draussen kleinere Steine und Kiese und schliesslich am distalen Ende solch eines randlichen Deltas am eigentlichen Ausgange der Gletscherhöhle fast nur noch Sand abgelagert wurden. Noch weiter draussen im Meer, ausserhalb des Eisrandes, wird der Sand dünner, feiner, und mehr und mehr schalten sich Tonlagen dazwischen, die schliesslich vorherrschen und sandfrei werden.

So ist jedes Os-Zentrum nichts anderes als der proximale Gletscherhöhlenteil einer Jahresablagerung; vergleicht man diese mit einem Fächer, so ist es der Griff des Fächers.

Jedes Jahr zog sich während der sommerlichen Schneeschmelze auch der steile Eisrand mit der Gletscherhöhle und der Mündung des Schmelzwasserflusses zurück. War dieser Rückzug auch im grossen und ganzen vorherrschend, so wurde ihm im Winter doch immer wieder etwas entgegengewirkt durch ein leichtes Vordringen des Eises, was an manchen Stellen wunderbar deutlich durch die kleinen, aber scharf markierten Wintermoränen bezeichnet wird.

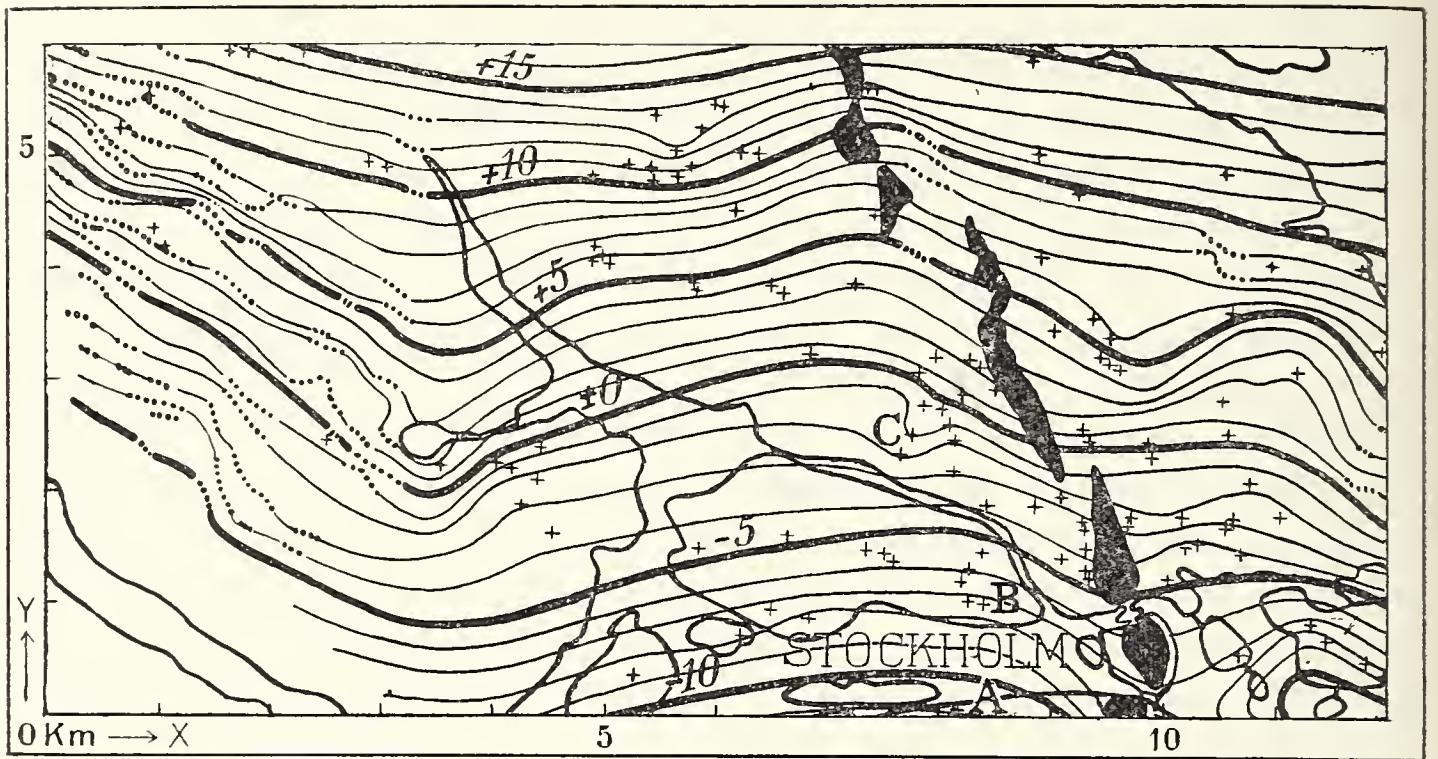
Jede folgende Sommerszeit brachte einen neuen Eisrückzug und die Bildung eines neuen Fächers von Geröll, Sand und Ton. So liegt die ganze Reihe dieser Fächer dachziegelartig einer über dem anderen, der obere mit seinem nördlichen oder proximalen Ende immer soweit von dem proximalen Ende des darunterliegenden entfernt, wie seit dem letzten Jahre der Eisrand zurück- und das Meer vorangegangen war. Da der Rückzug oft sehr regelmässig war, wurden die Fächergriffe allmählich in einen Rücken angeordnet, wodurch die Osar entstanden, deren periodische Struktur später oft durch die einebnende Wirkung des Wellenschlages während der letzten Landhebung mehr oder weniger verhüllt worden ist.

Aus diesem Grund und wegen der Mächtigkeit und Grobheit ihres Materials und den Zufälligkeiten in seiner Ablagerung eignen

sich die proximalen Teile der Jahresablagerungen in der Regel weniger gut zu direkten chronologischen Bestimmungen, obwohl natürlich die regelmässige Ausbildung dieser Os-Ablagerungen ein zuverlässiges Anzeichen dafür ist, dass der Eisrückzug in einer solchen Gegend gleichmässig stattgefunden hat.

Aber das wertvollste Hilfsmittel für chronologische Untersuchungen liefert das feine tonige Sediment, das ausserhalb der Eisbedeckung abgesetzt wurde. Um die jedesmalige Lage des zurückweichenden Eisrandes während gewisser Jahre zu bestimmen, wurde folgende Methode angewandt: Da der geschichtete glazi-marine Ton ursprünglich eine zusammenhängende Decke über den tieferen Teilen des alten Meeresbodens gebildet hat und erst später von dessen Erhebungen und anderen exponierten Stellen weggeschafft worden ist, müssen die unmittelbar dem Meeresboden aufliegenden Jahresschichten, deren nördliche Grenze festgestellt werden sollte, am leichtesten in der Nähe des Randes der jetzt noch vorhandenen Tonablagerungen zu erreichen sein. An solchen Stellen wurden wo möglich Eisenbahneinschnitte untersucht oder neue Grabungen durch die unteren Lagen des Tones gemacht, da wo ihre Mächtigkeit etwa Mannshöhe erreichte. Es kam darauf an, an jedem einzelnen Punkt zu bestimmen, welche der Tonschichten unmittelbar auf dem in jenem Jahr frisch vom Landeis verlassenen Grund lag. Da diese Bestimmungen in den kurzen Zwischenräumen von 1 km gemacht werden mussten, brauchten nur so viele Warwen gemessen zu werden, wie nötig waren um die Parallelisierung mit dem nächstnördlichen Beobachtungspunkt herzustellen, aus dem dann gerade so viele Lagen fehlten, wie der Zahl der Jahre entsprach, während derer am letzteren Punkt das Inlandeis noch die Ablagerung von Ton verhindert hatte. So wurden, um Zeit- und Geldverlust zu vermeiden, tiefere Grabungen nur dort gemacht, wo die dickeren Teile der Jahresschichten in der Nachbarschaft der Osar benutzt werden mussten, oder in der Nähe der alten Gletscherflussmündungen.

Bei den Grabungen wurden die Tonschichten sorgfältig und glatt mit einer quer geschärften Maurerkelle vertikal angeschnitten. Danach wurden die Grenzen zwischen den Jahresschichten auf einem schmalen langen Papierstreifen mit Bleistift bezeichnet und numeriert. Dann wurde die Mächtigkeit der einzelnen Schichten in gleichen Entfernungen auf einem Diagramm markiert (Fig. 3) und die Höhenpunkte dieser Mächtigkeitskurve gleichfalls kombiniert. Auf diese Weise wurde es möglich, sowohl ganze Serien identischer Schichten von zwei oder mehr verschiedenen Örtlichkeiten untereinander zu vergleichen, als auch die einander entsprechenden Höhen- und Tiefenpunkte in der Variationskurve zu erkennen, und somit zu bestimmen, welche der Schichten an jeder Örtlichkeit am Grunde war, oder mit anderen Worten an ihrer nördlichen Grenze.



Sommerdeltas, glazifluviale Osen.

Wintermoränen.

Äquirezessen - N-Grenzen der Warwen.

Gemessene Warwenprofile.

±0 Eisrand an der Hochschule und am Observatorium von Stockholm.

Fig. 2. Karte des jährlichen Eisrückzuges in der Gegend von Stockholm.

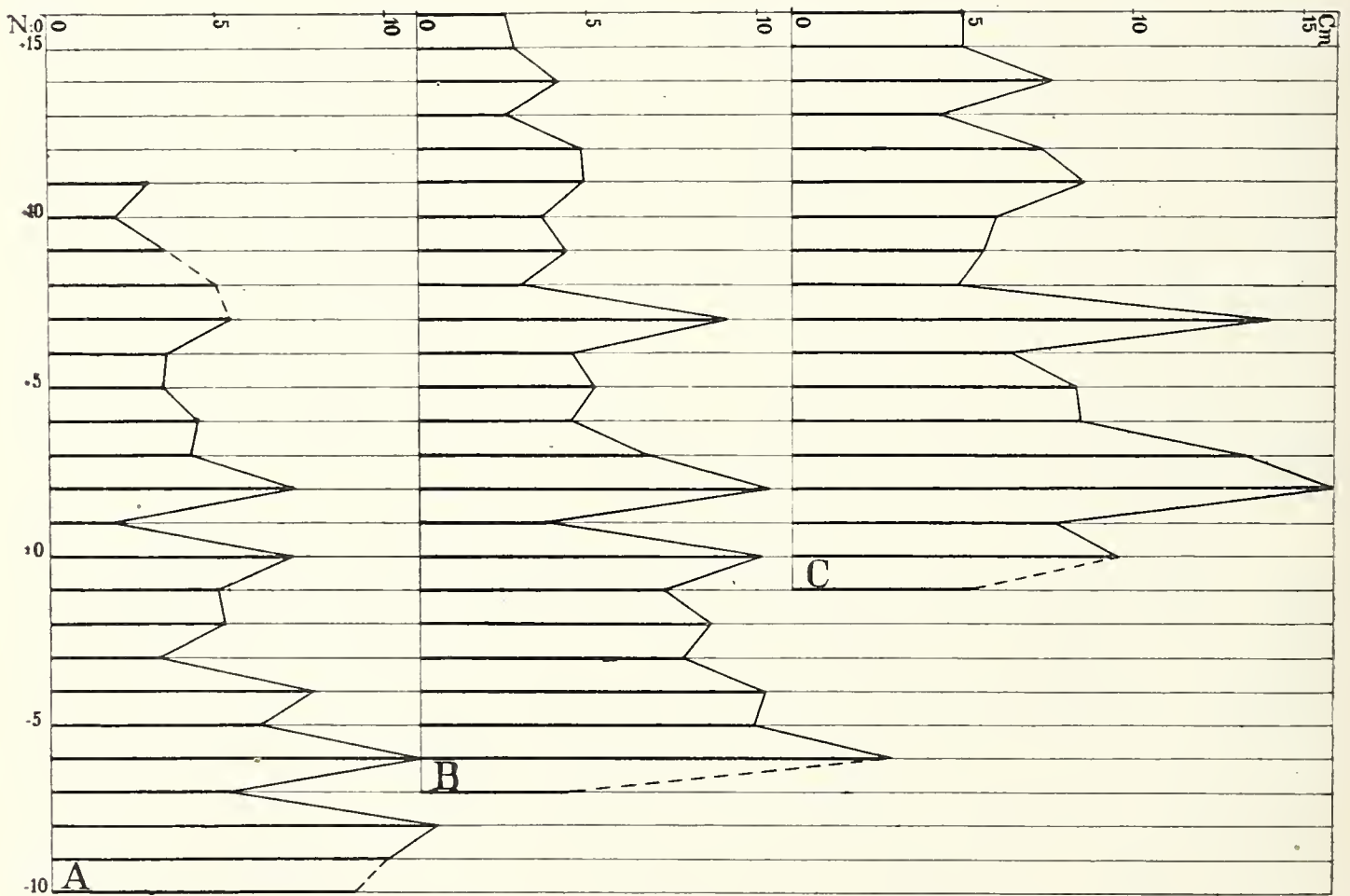


Fig. 3. Diagramme der Warw-Korrelation und der Eisrückzüge zwischen den Punkten A, B, C der Karte (Fig. 2).

Mächtigkeit der Warwen etwa 1:3 der nat. Gr.

±0 Warw mit der Nordgrenze am Äquirezess ±0 der Karte Fig. 2.



Natürlich muss man immer solche Punkte vermeiden, wo die ursprüngliche Mächtigkeit der Jahresschichten durch strandende Eisberge oder allerlei Rutschungen gestört und gefälscht ist.

Die Beobachtungspunkte wurden auf eine Karte aufgezeichnet und die Entfernung zwischen ihnen durch die Zahl der Jahre geteilt, die auf diese Strecke des Eisrückzugs entfallen. Auf dieser Weise wurde für die gleiche Zeit der Jahresdurchschnitt des Rückzugs des Eisrandes durch Linien festgelegt, die durch die erwähnten Teilpunkte parallel mit dem Eisrande der betreffenden Gegend, wie ihn die Endmoränen oder die Normale der Glazialstreifen angeben, gezogen wurden (Fig. 2).

Auf diese Weise bekommen wir nicht nur eine zuverlässige chronologische Rechnung, auf die verschiedenartige Ereignisse bezogen werden können, sondern auch zu gleicher Zeit eine etwas komplizierte, aber sehr interessante Aufzeichnung der klimatischen Verhältnissen derselben Epoche.

Denn es ist klar, dass unter sonst gleichen Bedingungen ein langsamer Rückzug des Eises kältere, ein schnellerer, wärmere klimatische Verhältnisse voraussetzt. Natürlich ist es nötig, dass man beim Vergleichen verschiedener Gegenden die nötige Rücksicht nimmt auf etwaige Verschiedenheiten in der Mächtigkeit des Inland-eises, in der Eiszufuhr und in der Tiefe des Meeres, die die Bildung von Eisbergen beeinflussen. Doch sind diese Komplikationen von geringerer Bedeutung, wenn es sich nur darum handelt, benachbarte Strecken der langen, untersuchten Linie miteinander zu vergleichen, um die aufeinanderfolgenden Änderungen im Klima festzustellen. Nach und nach wird es zweifellos auch möglich sein, Korrekturen auch für ausgedehntere Vergleiche als die oben erwähnten zu erhalten.

Die hier erwähnte, einzige Linie, die bis jetzt untersucht worden ist, zeigt in ihrem südlichen Teil, im Süden der grossen Endmoränen, einen verhältnismässig langsamen Rückzug des Eises: In Schonen und Bleking nur einige 50 m im Jahr, weiter nördlich ungefähr 100 m und etwas darüber, woraus hervorgeht, dass die entsprechende gotiglaziale Epoche immer noch verhältnismässig kalt war. Die grossen fennoskandischen Moränen zeigen eine deutliche Verschlechterung des Klimas an, die hinreichend war, um den Eisrand während einiger Jahrhunderte in seinem Rückzug aufzuhalten oder sogar ihn wieder etwas vorrücken zu lassen. Aber nach dieser Epoche begann der grosse Eisrückzug aufs neue und schritt bald mit erstaunlicher Schnelligkeit und Regelmässigkeit weiter. Der jährliche Rückzug wechselte in der Regel um einen Betrag zwischen 100 und 300 m und verwandelte sich ganz selten und immer nur für einzelne Jahre in ein unbedeutendes, zufälliges Vorrücken. Das scheint für nahezu den ganzen letzten Teil des letzten Eisrückzuges von den fennoskandischen Moränen bis zu der Eisscheide gegolten

zu haben, oder für die Zeit, die ich die finiglaziale Subepoche genannt habe; nur für eine kurze Zeit gleich vor ihrem Ende trat noch ein letztes Vorrücken des Eisrandes ein, dessen genaue Zeitdauer noch nicht bekannt ist, obwohl die Dauer der ganzen Epoche bis zu dem Zeitpunkt ganz gut bestimmbar ist, wo der letzte Eisrest der der Eisscheide entlang zuerst sich in zwei Teile spaltete, womit das Ende der Eiszeit am besten bezeichnet werden kann.

Mit Bezug auf den Stillstand im Eisrückzug, der durch die grossen fennoskandischen Moränen bezeichnet ist, hat der grösste dieser Rücken nach direkter Bestimmung zu seiner Entstehung nur den Zeitraum eines Jahrhunderts gebraucht. Danach mag es berechtigt sein anzunehmen, dass die kleineren Moränen, die zu derselben Serie gehören, zusammen nicht mehr als ein oder zwei Jahrhunderte begreifen. Dennoch war dieser unbeträchtliche Stillstand im Eisrückzug zweifellos der grösste innerhalb des ganzen Zeitraums, während welchem das Eis sich durch Schweden zurückzog.

Dass diese Schwankungen so unbedeutend waren, ist auch ein glücklicher Umstand für die Chronologie, da solche kleineren Stillstände im Eisrückzug keinen Einfluss auf die ununterbrochene Ablagerung der jährlichen Schichten ausserhalb des stationären oder ein wenig vorgerückten Eisrandes hatten, so dass die ganze Dauer einer solchen Schwankung in der gewöhnlichen Art und Weise bestimmt werden kann. Als der Eisrückzug wieder anfing und die Tonablagerungen auf die Innenseite der Moränen an einem solchen Eisrand übergriffen, wurden an beiden Seiten der Moräne identische Tonschichten abgelagert und durch sie kann die Parallelisierung fortgeführt werden.

Doch ist es natürlich nötig, dass an der Aussenseite eines solchen stationären Eisrandes ein Durchschnitt von Jahreswarven gemessen wird, der so tief ist, dass er eine Zahl Warven begreift, gross genug, um die ganze Schwankung und ausserdem die Anzahl von Warven zu umfassen, die nötig ist, um die Parallelisierung mit der nächsten untersuchten Örtlichkeit auf der Innenseite herzustellen.

Wie schon erwähnt, stellen die grössten und zusammenhängendsten Endmoränen Skandinaviens nicht mehr als einen Zeitraum von wenigen Jahrhunderten dar.

Die Dauer des stationären Zustandes, der durch die Endmoränen von Kalmar bezeichnet wird, ist noch nicht direkt an dieser Stelle bestimmt; aber er entspricht wahrscheinlich der Zeit, die nötig war, um das grosse Randdelta von Bredakra in Bleking zu bilden, das direkt auf etwa 50 Jahre bestimmt worden ist.

Andere, kleinere Endmoränen bezeichnen wahrscheinlich noch kürzere Stillstände, und zwar zweifellos viel kürzere als manchmal angenommen wird; denn sie sind nur lokal und besonders im westlichen Schweden entwickelt, wo der Eisrückzug langsamer war; auch hier wurde die Lage des Eisrandes nur da deutlich bezeichnet,

wo das Moränenmaterial besonders reichlich war, oder wo grössere Gletscherflüsse transversale Osar am Eisrande anhäuften. Auf keinen Fall können solche kleine Unterbrechungen im allgemeinen Eisrückzug von irgendwie bemerkbarer Bedeutung für die Chronologie sein, solange sie nicht überall bis in kleinere Einzelheiten hinein ausgearbeitet wird.

Von den Lücken, die nach ihrer Dauer noch nicht direkt bestimmt sind, könnte man möglicherweise vermuten, dass sie unerwartete Tatsachen verbergen. Doch glaube ich nicht, dass hier irgend eine Gefahr vorliegt. Denn glücklicherweise sind gerade an den hauptsächlichsten Lücken die Osar sehr gut und normal entwickelt; wenn aber bei den grössten Partien der Jahresablagerungen eine normale Entwicklung vorliegt, so ist für die feinste Fazies kaum etwas anderes anzunehmen. Zudem sind oft auch an solchen Stellen, die nicht durch direkte Parallelisierung überbrückt sind, an verschiedenen Punkten lange Reihen von Jahresschichten gemessen, die den Lücken entsprechen und direkt zeigen, dass auch die zugehörige Ablagerung von feinem Material ganz regelmässig vor sich ging.

Dies sind die Gründe, weshalb ich glaube, dass an solchen Stellen Interpolationen durchaus erlaubt sind und hinreichend gute vorläufige Resultate ergeben. Das hat sich auch als richtig erwiesen nicht nur bei einigen der früheren Lücken, die inzwischen schon ausgefüllt sind, sondern auch bei der gesamten zuerst untersuchten Linie, wo die Gleichmässigkeit des Rückzuges vorausgesagt worden war nach der Regelmässigkeit der Osar<sup>1)</sup>.

Im östlichen Schonen wurde die lange Untersuchungslinie nicht ganz so weit ausgedehnt, wie es das aus dem Meer gehobene Tongebiet erlaubt hätte, und hier habe ich Extrapolation angewandt. Dasselbe geschah am nördlichsten Ende der Linie in unmittelbarer Nähe der Eisscheide, wo die früher vom Meer bedeckte Landstrecke nicht ganz so weit reichte. Doch mass ich hier an einer Stelle eines benachbarten Fjordtales eine lange Folge von Jahreswarven, die wahrscheinlich die ganze Rückzugerstreckung bis zu der Eisscheide darstellen und zeigen, dass es zweifellos möglich sein wird, auch den letzten Teil der finiglazialen Subepoche bis ins Detail auszuarbeiten.

Schon jetzt halte ich es für berechtigt zu sagen, dass wir keinesfalls sehr falsch rechnen, wenn wir die ganze gotiglaziale Subepoche, oder die Zeit, während welcher das Eis von Zentralschonen über das alte Gotia bis zu den fennoskandischen Moränen zurückging, auf annähernd, aber wahrscheinlich auch nicht mehr als 3000 Jahre ansetzen.

Das Ende der letzten Eiszeit, oder die finiglaziale Subepoche, kann auf dieselbe Weise auf nahezu 2000 Jahre geschätzt werden. Es

<sup>1)</sup> Geol. Fören. Förh. Bd. 27. 1905. S. 221.

scheint demnach, dass die beiden letzten Subepochen<sup>1)</sup> der letzten Rückzugsperiode des Eises also die gotiglaziale und finiglaziale, zusammen etwa 5000 Jahre erreichen, aber wahrscheinlich nicht überschritten haben.

Um eine Grundlage für die in diesen Untersuchungen angewandte Methode zu gewinnen, begann ich im Jahr 1904 eine detaillierte Aufnahme des Eis-Rückzugs in der Gegend von Stockholm; sie ist seither immer weitergeführt und schliesslich in einer Karte niedergelegt, von der ich eine Partie in Fig. 2 wiedergebe. Da der übrige Teil des Werkes auf einer einzigen Linie ausgeführt werden sollte, war es von Bedeutung, hier die Erscheinungen auf einer Fläche zu studieren und insbesondere festzustellen, wie sie sich in verschiedenen Entfernungen von den Osar, wie in ihren Beziehungen zu den kleinen Endmoränen und zur Topographie darstellten.

Die Aufnahme der Stockholmer Gegend hat die Auffassung, dass jede der erwähnten Moränenlinien der Nordgrenze eines bestimmten Jahres-Tonwarws entspricht, endgültig bestätigt.

Ferner hat es sich in äusserst schlagender Weise gezeigt, dass die grösste Mächtigkeit jeder einzelnen Tonschicht immer um den Teil des Oses vorkommt, der an dem entsprechenden Eisrand liegt. Es wurden eine Reihe von Karten angefertigt, welche die Verteilung der Sedimente für jedes einzelne Jahr zeigten; in diese Karten wurden Isopachyten eingetragen, d. h. Linien, die Punkte gleicher Mächtigkeit verbinden, und die hier sehr deutlich den engen Zusammenhang aufzeigten zwischen den einzelnen Jahreszentren des Oses und den entsprechenden Sand und Tonschichten. Damit lieferten sie den entscheidenden Beweis für die Richtigkeit der Erklärung der Osar als aufeinanderfolgender glazifluvialer Ablagerungen, welche die gröbere submarginale Delta-Fazies derselben Jahresablagerung darstellen, deren extraglaziale Fazies durch die Jahres-Warwen aus Sand und Ton dargestellt wird.

Hier war es auch zum erstenmal möglich, im Detail für jedes einzelne Jahr die Gesetze zu studieren, nach denen sich die Sedi-mentablagerung an einer Gletscherflussumündung regelt. Doch zeigte es sich, dass die Bedingungen insofern von denen eines gewöhnlichen Landflusses, der an der Oberfläche von salzigem Meerwasser herausfließt, verschieden waren, als in unserem Fall das kalte, überlastete Wasser des Gletscherflusses offenbar schwerer war als das beinahe süsse und verhältnismässig warme Wasser der spätglazialen Ostsee.

<sup>1)</sup> Was die ersten der spätglazialen Subepochen, die man passenderweise die daniglaziale nennen könnte oder den Teil des letzten Eisrückzuges, während dessen der Eisrand von der äussersten Grenze der letzten Vereisung durch Dänemark und Zentral-Schonen zurückging, so ist ihre Dauer noch nicht bekannt. Doch scheint mir nach einigen Messungen aus dem Jahr 1906 von Jahreswarwen in dem erloschenen See Steenstrup auf der Insel Fyen, dass es mit der Zeit möglich sein wird, einige Zeitschätzungen zu gewinnen durch Messungen an den durch Eis abgedämmten Seen.

Das zeigt sich deutlich an dem mit Stromschichtung abgelagerten grobkörnigen Sand, der in den geschichteten Ton zwischengelagert ist, selbst noch einige Kilometer von der Flussmündung entfernt und an Stellen, an die er niemals hätte geführt werden können, wenn der Strom der Oberfläche des Meeres gefolgt wäre. Das erklärt auch die Tatsache, weshalb — soweit ich ausfinden konnte — in Europa sowohl wie in Nordamerika jahresgeschichtete Tone nur bei süßem oder brakischem Wasser gefunden werden. In offeneren Meeresteilen, wo auch die fossile Fauna auf Salzwasser hinweist, wurden die gröberen Sedimente der Gletscherflüsse dicht bei der Küste oder dem Eisrand abgelagert und nur der feinste Ton konnte dem oberflächlichen Strom folgen und wurde weiter draussen in fast ungeschichteten Tonlagen abgesetzt.

Durch die genaue Registrierung aller Tonschichten war es auch möglich, den Einfluss von Sturmwellen auf dem sich hebenden seichteren Meeresgrund, die teilweise Abtragung des geschichteten spätglazialen Tons und seine Wieder-Ablagerung als ungeschichteten postglazialen Ton zu studieren und so die Verschiedenheit der Struktur zu erklären zwischen dem Ton, wie ihn das Wasser der jährlichen Eisschmelze absetzte und dem umgelagerten Ton, wie ihn Sturmwellen zu allen Zeiten des Jahres entstehen lassen.

Dieses Fehlen der Jahres-Schichtung bei den postglazialen Tonen Südschwedens machte es zuerst unmöglich, die grosse Kluft zwischen der spätglazialen Chronologie und der historischen zu schliessen. Aber einer der energischsten und erfolgreichsten meiner jungen Mitarbeiter, R. LIDEN, fand periodische und offenbar jahresweise Schichtung in postglazialen Fjordablagerungen längs des Flusses Ångermanälven in Norrland und begann auch, sie zu untersuchen. Da diese Arbeit während der ersten Jahre grossen Schwierigkeiten begegnete, kam mir der Gedanke, ob nicht die postglazialen Ablagerungen des Sees Ragunda, der im Jahre 1796 völlig trocken gelegt worden war, vielleicht für die Untersuchung der postglazialen Chronologie geeigneter wären, und ich machte ihm im Herbst vor dem Kongress einen Besuch, eigentlich nur um zu sehen, ob er irgendwelche Chancen böte. Der See Ragunda zeigte sich in der Tat so geeignet, dass ich mich sofort entschloss dazubleiben, und es mir mit Hilfe meiner Frau in 3 Wochen gelang, ein zusammenhängendes Profil auszuarbeiten, beginnend bei dem Moränengrund, auf den ungefähr 400 schön geschichtete spätglaziale Tonlagen folgten und darauf etwa 700 etwas weniger scharf akzentuierte Lagen eines schwarz gebänderten postglazialen Fjordtons. Dieser Ton ging nach oben über in gut ausgezeichnete Jahreslagen von abwechselnd feinem, sandigem Sediment und Schlamm, die zweifellos zum grössten Teil — mit Ausnahme der untersten in dem Becken des alten Ragundasees abgesetzt worden waren, und zwar von der Zeit an, als sein durch ein Os abgedämmter Ausfluss über das Niveau des Fjords gehoben worden war, bis zum

Jahr 1796, wo der Osdamm künstlich durchschnitten und der See völlig trocken gelegt wurde, wodurch uns ein einzigartiges Profil zugänglich gemacht worden ist, das wahrscheinlich die ganze postglaziale Zeit umfasst.

In dem ganzen unteren Teil des ungewöhnlich schönen und ungestörten Hauptprofils massen wir über den im ganzen 6 m mächtigen spätglazialen Schichtlagen postglaziale Sedimente in einer Gesamtmächtigkeit von 13 Metern und völlig ungestörter Lagerung. Bei den folgenden 2,5 m zählten wir nur die Schichtlagen, aber dieser Teil der Messung ist noch nicht abgeschlossen, weil die Lagen hier möglicherweise nicht ganz normal sind und teilweise etwas verwischt durch Verwitterung. Dies war bei den wenigen bis zum Seeboden von 1796 noch fehlenden Metern noch mehr der Fall. Doch ergibt zur Zeit die Extrapolation für die ganze postglaziale Schichtenserie etwa 7000 Jahre, ein Resultat, das sich vermutlich als in der Hauptsache richtig herausstellen wird, obgleich es natürlich zunächst nur als vorläufig angesehen werden kann. Es muss durch neue Messungen und Extrapolationen kontrolliert werden. Hierdurch können wir zur näheren Bestimmung des Betrags der Ablagerung in den obersten Lagen gelangen, die durch Verwitterung zu unbestimmt geworden sind, um direkt gezählt werden zu können, die aber zweifellos — mit Bezug auf die normalen Bedingungen für die Sedimentation in dieser Gegend — von denselben Grössenverhältnissen gewesen sein mögen wie der untere, direkt gemessene Teil des Profils.

Es gelang uns auch die Schichtlagen in einem beträchtlichen Teil des Ragunda-Hauptprofils zu parallelisieren mit den entsprechenden Lagen an zwei anderen Punkten in einer Entfernung von ungefähr 2 km, wobei wir die Kontinuität und den guten Erhaltungszustand der Schichtlagen konstatierten, die unverkennbar die Sedi- mentbildung eines Jahres darstellen.

Das Haupt-Normalprofil durch die postglazialen Ablagerungen des erloschenen Sees Ragunda wurde den Teilnehmern der Kongress- exkursion nach Spitzbergen vor der Zusammenkunft in Stockholm demonstriert.

Es wird zweifellos möglich sein, eine genauere Basis für die Schätzung der Zeit zu gewinnen, die der Ablagerung der obersten durch Verwitterung zerstörten Schichten entspricht, wenn man andere Profile aufsucht und misst, deren Schichtung in den oberen Lagen weniger verwittert ist. Es wird so schnell wie möglich durch fortgesetzte Aufnahmen eine Kontrolle des Resultats versucht werden.

Auf jeden Fall kann die Hauptsache schon jetzt als ganz feststehend angesehen werden, nämlich dass der hier beschriebene Weg zu einer exakten Geochronologie sich zum mindesten für die spätquartäre Zeit (spätglazial und postglazial) als durchaus gangbar und ohne fundamentale Hindernisse erwiesen hat. Auf diesem Weg werden wir eine Normal-Zeitskala für die genannte Periode erhalten. Mit

einigen ergänzenden Messungen auf der schon untersuchten Linie und dem Ausmessen einer zweiten Linie wird es möglich sein, lokale Einflüsse auszuschneiden und wenigstens für einen grossen Teil der behandelten Periode die relativen Schwankungen der klimatischen Einflüsse zu bestimmen, insbesondere der Temperatur, die den Rückzug des Inlandeises veranlasst haben. Eine solche klimatische Kurve für Nordeuropa bringt auch die Möglichkeit des Vergleichs und der Parallelisierung mit ähnlichen Kurven von anderen früher vergletscherten Gegenden, wie insbesondere Nordamerika.

So kann auch möglicherweise festgestellt werden, ob die viel-diskutierten Vergletscherungen des Eiszeitalters in verschiedenen Erdstrichen gleichzeitig waren und allgemeinen klimatischen Ursachen zuzuschreiben oder ob sie im Gegenteil nur lokalen Ursprungs sind.

Jedoch, wie solch ein Vergleich auch ausfallen möge, jedenfalls wird diese natürliche Zeitskala uns nach und nach die Mittel geben, um viele Daten festzustellen, die sowohl für die Kenntnis der Entwicklung des prähistorischen Menschen als auch der ganzen bestehenden Fauna und Flora von Bedeutung sind, und die Gesetze erkennen lassen, welche die Wanderungen beherrschen. Auch für die Physiographie im allgemeinen wird die Zeitskala von Bedeutung sein, indem sie uns ermöglicht, den Betrag solcher Vorgänge wie Verwitterung, Talusbildung, Erosion, Ablagerung und Niveauschwankungen in sehr viel zuverlässigerer Weise festzustellen als dies möglich war, so lange man nur auf die unvergleichlich viel kürzere direkte Erfahrung des Menschen fussen konnte.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie](#)

Jahr/Year: 1912

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Geer Gerard de

Artikel/Article: [Geochronologie er letzten 12000 Jahre 457-471](#)