

10. Über einige spätglaziale Kalbungsbuchten und fluvio-glaziale Estuarien im mittleren Schweden.

Von

Gustaf Frödin.

(Hierzu Pl. VIII).

Bei den von der Geologischen Landesanstalt Schwedens ausgeführten Feldarbeiten innerhalb des noch nicht veröffentlichten Kartenblattes »Lugnås«, im nördlichen Teil der Provinz Westergötland gelegen, wurde ich im Sommer 1914 in den Umgebungen von der Kirche der Gemeinde Holmestad stationiert. Es stellte sich bald heraus, dass gewisse glaziale Bildungen in dieser Gegend von solcher Beschaffenheit waren, dass dieselben vielleicht einer einigermaßen ausführlicheren Behandlung wert seien, als der, welche in der Regel innerhalb des Rahmens einer gewöhnlichen Blattbeschreibung erwartet werden kann. Durch gefälliges Entgegenkommen seitens der Landesanstalt wurde mir also Gelegenheit gegeben, teils während einiger Tage des letzten Herbstes, mit besonderer Rücksicht auf den vorliegenden Gegenstand, das von mir früher untersuchte Gebiet zu revidieren, teils auch bei der Veröffentlichung in passender Ausdehnung von Beobachtungen anderer Geologen in den benachbarten Gegenden Gebrauch zu machen, in so weit dieses die betreffenden Fragen beleuchten könnte.

Dem Herrn Staatsgeologen D:r K. A. GRÖNWALL, der die geologischen Feldarbeiten auf dem Blatt »Lugnås« geleitet hat, erlaube ich mir ganz besonders meine Dankbarkeit zu bezeigen für das Entgegenkommen und die gute Hülfe, die mir bei dem Ausarbeiten dieses Aufsatzes zu teil wurden.

Das Holmestad-Gebiet.

Ganz und gar unter dem Niveau der spätglazialen, marinen Grenze gelegen, besteht der westliche und nordwestliche Teil des Holmestad-

Gebietes aus einem verhältnismässig ebenen Flachland, und nimmt die Wasserscheide zwischen zwei kleinen Flüssen auf, welche sich mit unbedeutendem Fall nordwestwärts zum Wäner-See hinunter einen Weg suchen. In topographischer und tektonischer Hinsicht bildet dieses gut kultivierte, hauptsächlich von spätquartären Sedimenten aufgenommene Terrain ein Senkungsfeld von NNO—SSW-lichen Bruchlinien orientiert, welche auch in den angrenzenden Gegenden die häufig immer noch gut aufbewahrte subkambrische Grundgebirgstafel durchziehen (26, 18) und der Landschaft die Hauptzüge ihres jetzigen Reliefs verleihen. Das hauptsächlich von Moränen bedeckte und also waldbewachsene Grundgebirgsplateau, welches im Südosten den Flachlandteil des Holmestad-Gebietes begrenzt, erhebt sich gewöhnlich einige 10 Meter über denselben, doch in der Regel ohne dass ein auffallender Verwerfungabsturz zu finden ist. Eher scheint es, als ob dieser mehr kontinuierliche Übergang von der Ebene in das Plateau von einer Anzahl kleiner, paralleler Bruchlinien verursacht würde, welche sich innerhalb des vorerwähnten Gebietes durch hier und da aufragende, steile Gebirgspartien von einer Höhe von etwa 10 M zu erkennen geben, und auch in der bemerkenswert gradlinigen Begrenzung im Westen der Moränenwälle, wenn diese von dem Plateau in das Flachland hinunterlaufen.

Wie oben erwähnt, ist das Holmestad-Gebiet ursprünglich für die Rechnung der Geologischen Landesanstalt rekognosiert worden, und die Prinzipien, denen man dabei hat folgen müssen, sind natürlich nicht in jeder Hinsicht die zweckmässigsten gewesen, wenn es sich um die Beleuchtung einer Spezialfrage handelt. So wird die Befindlichkeit der Randmoränen in der Ebene bisweilen durch unbedeutende Blocksammlungen oder durch eine schwache Wölbung der Sedimentdecke verraten, ohne dass dieses an den offiziellen, geologischen Karten zum Ausdruck gelangen kann. Die kurze Zeit, die mir für die Revision zur Verfügung stand, erlaubte doch nur eine notdürftige Vervollständigung und Prüfung der wichtigeren Lokale. In den zusammenhängenderen Moränengebieten des Flachlandes wird es vielleicht möglich die Randmoränen etwas weiter zu verfolgen, als die Karte Pl. VIII angibt, aber ganz besonders gilt dieses für das Moränenplateau im Osten, wo noch gar keine ernsthafte Feldarbeit angefangen worden ist, mit Ausnahme eines unbedeutenden Gebietes östlich von Anderstorp. Eine Vervollständigung des Kartenbildes würde deshalb sicherlich die unten beschriebenen Bildungen noch mehr hervorheben und die darauf gegründeten Auffassungen bestätigen.

Als Unterlage bei der Aufnahme hat die ökonomische Karte im Massstabe 1 : 50,000 gedient.

Im allgemeinen scheint die Moränendecke der Gegend keine grössere Mächtigkeit zu besitzen, sondern spiegelt die Topographie des darunterliegenden Grundgebirges ziemlich genau ab, dieses doch mit Ausnahme der mit rot bezeichneten Randmoränen. An der Karte Pl. VIII sind deshalb

nicht nur zu Tage ausgehende Felsen sondern auch all die sonstige Moräne,¹ welche übrigens in gewisser Ausdehnung den Charakter einer Grundmoräne haben kann, unter gemeinsame, grüne Bezeichnung zusammengeführt worden, die also gleichzeitig einen topographischen Wert besitzt und von Bedeutung bei der Erörterung der vorliegenden Fragen ist. Obgleich in modifizierter Form habe ich das hohe, als topographische Einheit auftretende, aber in seinen Einzelheiten unbekannte Moränenplateau im Osten unter derselben Bezeichnung eingetragen, welches Plateau trotz der überwiegenden Frequenz der Felsen und der Moränen doch sehr markierte und umfangreiche Depressionen aufweist, gewöhnlich mehr oder weniger von quartären Sedimenten und Mooren ausgefüllt.

Der Flachlandteil des Holmestad-Gebietes wird von einem in NNO—SSW-licher Richtung verlaufenden, fluvioglazialen Os durchzogen, welcher weit ausserhalb des Kartengebietes fortgesetzt wird, und nördlich endlich unter die Fläche des Wäner-Sees verschwindet. Hinsichtlich der Ausbildungsweise u. dgl. weicht er im allgemeinen von anderen derartigen Bildungen unterhalb der höchsten marinen Grenze im mittleren Schweden nicht ab.² Bemerkenswerter sind die Randmoränen, die sowohl unten auf dem Flachland wie auf dem Moränenplateau im Osten allgemein vorkommen. Obgleich mit einer Höhe von im allgemeinen nur wenige Meter und einer Breite von einigen 10 M, können sie dennoch häufig ununterbrochen so gegen 1 Km weit verfolgt werden, wobei sie besonders innerhalb der kultivierten Sedimentebenen durch ihre Eigenschaft von waldbewachsenen »Inseln» und »Inselgruppen» hervortreten. Das übrigens sehr wechselnde seitliche Fallen ist durchgehends flacher auf dem Moränenplateau als unten an der Ebene, was ohne Zweifel in erster Linie von einer sekundären Abflachung durch Wellenerosion in Zusammenhang mit der exponierten Lage während der spätquartären Landhebung bedingt wird. Durch diese Ausbildungsweise wird die Identifizierung der hier befindlichen Randmoränen natürlich beträchtlich erschwert, und sie würden sogar oft der Aufmerksamkeit entgehen, wenn nicht die dazwischenliegenden Einsenkungen und Depressionen durch ihren Inhalt von Sedimenten oder Mooren eine charakteristische Streifung der Landschaft erzeugten. Da, wo der ursprüngliche Habitus der Randmoränen besser aufbewahrt ist, wie es im allgemeinen auf dem Flachland der Fall ist (Fig. 1), sind sie oft aus reihenförmig angeordneten, aber mit einander verbundenen Moränenhügeln zusammengesetzt. Die proximale Seite besitzt gern etwas schwächere Neigung, als die distale, obgleich Ausnahmen hiervon nicht selten vorkommen. Scharfe

¹ Betreffs kleinerer aus der Sedimentdecke emporragender Moränenpartien, z. B. in der Gegend von Slättebråten und Björkhulan, hat natürlich zuweilen berechtigter Zweifel geherrscht, ob in jedem einzelnen Fall ein Teil einer Randmoräne vorhanden sei oder nicht. Eventuelle Missdeutungen beeinflussen doch nicht vorliegende Fragen. — Es muss auch bemerkt werden, dass die kleinsten Moränenhügel gewöhnlich ein wenig, wenn auch unbedeutend, vergrössert worden sind im Verhältnis zum Kartenmassstabe, um nicht ganz ausgeschlossen zu werden.

² Hier wird übrigens zur S. 161, 162 hingewiesen.

Umbiegungen und andere allgemein vorkommende, geringere Unregelmässigkeiten, welche mit den angewandten Kartenmassstabe nur ausnahmsweise hat veranschaulicht werden können, scheint man ohne Schwierigkeit dem Losbrechen von Eisblöcken durch Kalbung des Eisrandes zuschreiben zu können. Auffallend ist ausserdem der Reichtum an Blöcken, die bisweilen hier und da am Distalabhang in äusserst labile Lagen aufeinander aufgestapelt vorkommen, im Gegensatz zu dem gleichzeitig beträchtlich flacheren Rücken oben. Wegen dieser und anderer Umstände (s. unten S. 156) scheint es mir, als ob diese Moränenwälle vielleicht nicht selten, zunächst als Zusammenschiebungsmoränen zu betrachten sind, und nur in geringerem Grade als Entladungsmoränen (push- resp. dimp-moraines 6, S. 301) an einem oszillierenden Eisrande, eine Auffassung, die auch vom dem Umstand einigermassen bestätigt wird, dass jüngere Moränenwälle auf ältere aufgeschoben worden sind, welche nun dadurch mehr oder weniger deformiert hervortreten. Solche mehr oder weniger komplexe Moränenbildungen, oft von kaotischem Aussehen, werden beispielsweise um Hökatorp angetroffen.

Zufolge ihres regelmässigen Baues und periodischen Vorkommens wird es wohl nicht zweifelhaft sein, dass die Randmoränen des Holmestad-Gebietes als Jahresmoränen zu betrachten sind, also mit denjenigen Rezessionsmoränen in der Gegend von Sundbyberg zu vergleichen, auf welche DE GEER (7, 9) und HÖGBOM (22, 23) schon am Ende der achtziger Jahre die Aufmerksamkeit gelenkt haben, und welche wegen ihres Verhältnisses zu dem jahresschichtigen, spätglazialen Ton und der nahegelegenen Zentra des Oses wirklich — wie bewiesen worden ist — die Lage des Eisrandes während der Winter markieren. Moränenbildungen dieses Typus, »Sundbybergmoränen«, scheinen übrigens von recht allgemeinem Vorkommen zu sein, sowohl oberhalb wie unterhalb der höchsten marinen Grenze in Schweden (26, S. 97). Bemerkenswert ist, dass im nordöstlichen Teil des Holmestad-Gebietes die Randmoränen fast ganz fehlen, dass aber, statt dessen, submarginale Radialmoränen und Drumlins zahlreich werden, welche mit ihrer Längsrichtung unter einem Winkel von etwa 60° das gewöhnliche NW—SO-liche Streichen des Grundgebirges überschneiden. Dasselbe Verhältnis, dass diese beiden Morärentypen in der Regel einander ausschliessen, ist früher von den eben erwähnten Forschern aufgewiesen worden (11, S. 373; 12; 24, S. 187; 25, S. 130).

Da der Mangel an Aufschlüssen ein näheres Studium der inneren Struktur des Holmestad-Oses nicht zugelassen hat, und dessen ursprüngliche Topographie durch marine Abrasion wesentlich modifiziert zu sein scheint (s. S. 163 u. f.), kann in diesem Falle der wahrscheinliche Charakter der Randmoränen von Jahresablagerungen nicht mit Hülfe einer eventuellen Periodizität im Bau des Oses kontrolliert werden. Die folgenden Reihen von Randmoränen scheint es mir jedoch besonders erwünscht als Messer der jährlichen Rezession des Eisrandes anzuführen:

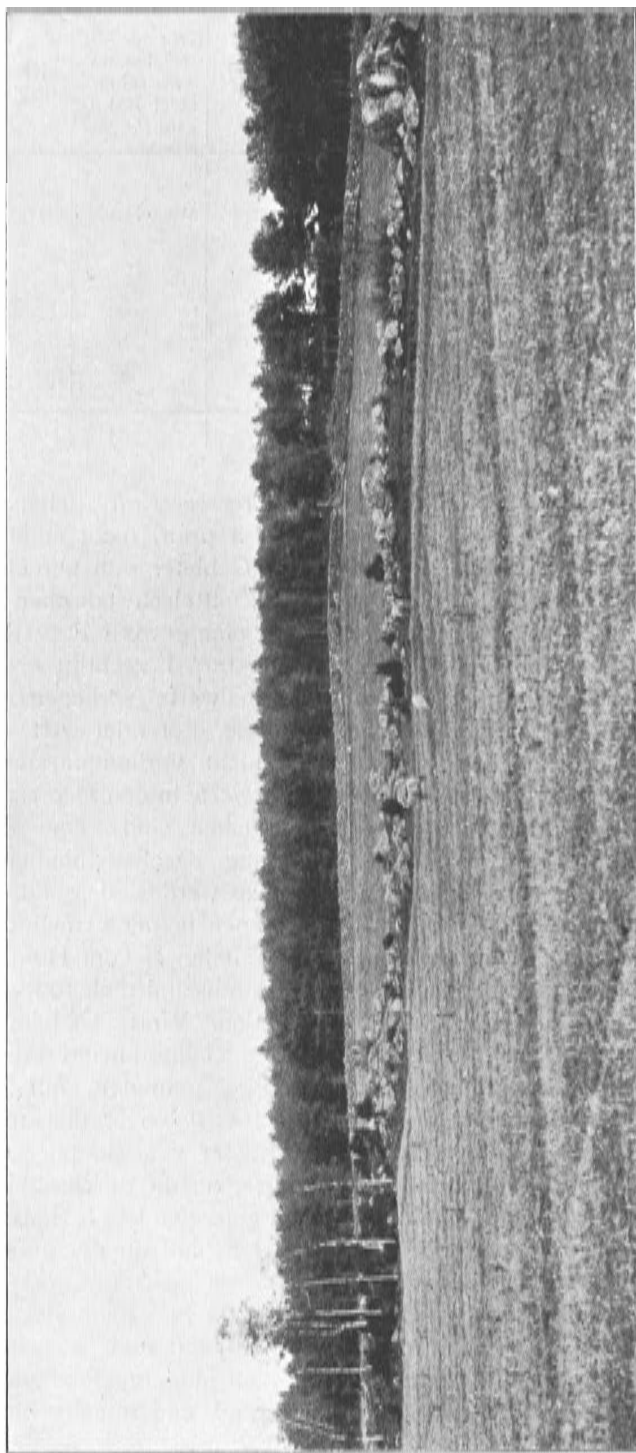


Fig. 1. Aus der Sedimentendecke aufragende Estuarienmoräne, etwa parallel mit der waldbewachsene, westliche Osse im Hintergrunde lautend. Das lokal ist 0,5 Km NNW von der Kirche Holmestad gelegen.

Foto G. Frödin.

	Senkrechter Abstand zwischen den äussersten Randmoränen	Anzahl Randmoränen	Mittlerer ¹ Abstand	Grösster Mittelabstand zwischen zwei Randmoränen	Kleinsten Mittelabstand
Das Gebiet Stenhuggartorp—Raggagården . .	etwa 1800 M.	16	etwa 120 M.	etwa 150 M.	etwa 90 M.
Das Gebiet Bybacka—Lofsgården	» 900 »	6	» 180 »	» 190 »	» 140 »
Das Gebiet um Björkhulan (an beiden Seiten des Oses und bis Slättebråten) . .	» 1600 »	13	» 120 »	» 200 »	» 90 »
Das Gebiet O und S von Anderstorp	» 2100 »	16	» 140 »	» 200 »	» 100 »
Im Durchschnitt:			140	185	105

Als durchschnittliche Zahl für die Jahresrezession geben diese Randmoränen also 140 M, ein Wert, welcher a priori recht annehmbar scheint, in Betracht der Lage des Holmestad-Gebietes von nur etwa $\frac{1}{2}$ Meile nördlich von der nördlichsten der grossen mittelschwedischen Randmoränenlinien (29). Wenn auch möglicherweise eine gewisse Reservierung betreffs der Moränenreihe O und S von Anderstorp berechtigt erscheint (s. S. 156), dürften im übrigen wirkliche Normalwerte vorliegen, um so mehr als bedeutendere topographische Einflüsse störender Art, in der Gestalt stark variierender Steigung u. dgl., nicht vorhanden sind. Es geht deutlich hervor, dass die grössten Rezessionswerte in den Depressionen, z. B. zwischen Bybacka und Lofsgården, zu suchen sind, ohne Zweifel von einer verhältnismässig kräftigeren Kalbung daselbst bedingt. In diesem Zusammenhang verdient auch erwähnt zu werden, dass DE GEER durch ähnliche Untersuchungen der Randmoränen in der Åräsbybucht, an der östlichen Seite des Wäner-Sees und 5—6 Meilen N vom Holmestad-Gebiete, einem jährlichen Rezessionswert von durchschnittlich 160—180 M erhalten hat (8). In ähnlicher Weise entstandene Werte sind im nördlichen Teile des grossen, mittelschwedischen Endmorängürtels teils von HEDSTRÖM in der Gegend von Karlsborg gefunden, mit durchschnittlich 150 M per Jahr (21), und von AHLMANN bei Motåla, mit 180 M (1), teils gibt auch der letzterwähnte Verfasser von Skånings-Åsaka, etwa 10 Km SSW vom Holmestad-Gebiete gelegen, die durchschnittliche Zahl 200 M an, die zwischen 5 Jahresmoränen gefunden ist (1, S. 4). Hier sollte man doch einen niedrigeren Wert erwarten, und ob der gefundene wirklich als einen für diese Gegend repräsentativen gesetzt werden kann, dürfte wohl als zweifelhaft angesehen werden müssen. Beim Bestimmen der Rezessionsschnelligkeit nach dieser Methode läuft man ja ausserdem leicht die Gefahr, schwach entwickelte oder von jüngeren Ablagerungen verborgene Randmoränen zu übersehen, während andererseits ein und

¹ Die Mittelabstände sind vom Gipfel der Randmoränen berechnet.

derselbe Winterstillstand des Eisrandes sehr wohl als Ursache von mehr als einer einzigen Randmoräne gedacht werden kann. Vom letzterwähnten Gesichtspunkte aus müssen die eigentümlich zusammengesetzten Moränenwälle O und SO von Anderstorp besonders beachtet werden, wo jede Reihe von Nebenbogen als eine Jahresablagerung representierend angenommen worden ist (s. S. 156).

Um nicht dem Kartenbilde, in vielleicht ungehörigem Grade, eine gewisse teoretische Auffassung auszudrücken, habe ich es nicht versucht, durch Zusammenbindung verschiedener Moränenwälle die jährlichen Eisrandlagen über längere Distanz aufzukonstruieren, um so mehr als solch ein Unternehmen mehr oder weniger hypothetisch werden muss. Eine Ausnahme bilden doch die Randmoränen an beiden Seiten des Oses S von Björkhulan, wo, mit Leitung von dem nach aussen allmählig in zwei sich spaltenden Moränenwall um den nördlichen Gipfel der Ospartie, ein Misslingen nicht zu befürchten ist.

Besonders bemerkenswert sind die Richtungsveränderungen der Randmoränen im Holmestad-Gebiete. Während sie, laut übereinstimmenden Beobachtungen an verschiedenen Lokalen, oben auf dem Moränenplateau im Osten hauptsächlich eine WNW-liche oder sogar eine grade westliche Richtung haben, wird diese mehr und mehr nördlich, je nachdem das Herunterlaufen in das Flachland fortschreitet, sichtbarlich eine generelle Erscheinung dem ganzen Plateauabhange entlang. Aus den Verhältnissen z. B. zwischen Smedstorp und Anderstorp und SW von Bybacka geht ausserdem deutlich hervor, dass die ursprüngliche, mehr ost-westliche Richtung an topographisch höhere Partien des Untergrundes wieder aufgenommen wird, insofern als diese genügende Ausdehnung haben. Diese Erscheinung dürfte durch im spätglazialen Eismeere geschehene Kalbung zu erklären sein, welche bei dieser Zeit in der Gegend etwa 130 M über die jetzige Meeresfläche reichte. Die Wassertiefe oben auf dem Moränenplateau im Osten hat dabei etwa 20–30 M erreicht, und oberhalb der isolierten, kleinen Felsengruppen auf dem Flachlande im allgemeinen vielleicht etwa 10 M mehr, während die entsprechende Zahl für die jetzt sedimentgefüllten Depressionen kaum zu mehr als etwa 40–50 M geschätzt werden kann. Die Eisbräme scheint also besonders empfindlich gewesen zu sein,¹ auch für so unbedeutende Differenzen der Wassertiefe als die Vorliegenden, und dürfte aus diesem und anderen Gründen eine nur geringe Mächtigkeit besessen haben, und infolgedessen reichlich von Spalten durchzogen gewesen. Obgleich das Vorhandensein von Randmoränen eine deutliche Eisbewegung angibt, ist diese doch nicht innerhalb der Depressionen genügend gewesen, um die grössere Kalbungsneigung daselbst zu kompensieren, welches teilweise auf dem retardierenden Ein-

¹ Andeutungen zu kleineren Kalbungsbuchten scheinen stellweise auch in Zusammenhang mit den Depressionen des Moränenplateaus vorhanden zu sein.

fluss der Felsenrücken beruhen dürfte. Im Gegensatz zu dem supraaquatischen Abschmelzungsverlauf sind die Depressionen hier früher eisfrei geworden, als die höheren Partien, weshalb die ersteren von Kalbungsbuchten eingenommen worden sind, die letzteren dagegen von gegen Süden mehr oder weniger konvexe Eisloben, wie beispielsweise von den Randmoränen zwischen Smedstorp und Anderstorp oder zwischen Ragga-gården und Stenhuggartorp angedeutet wird.

Ein besonderes Beachten verdienen vielleicht die Randmoränen O und S von Anderstorp, indem sie ein aus kleineren, gegen Südwest kon-

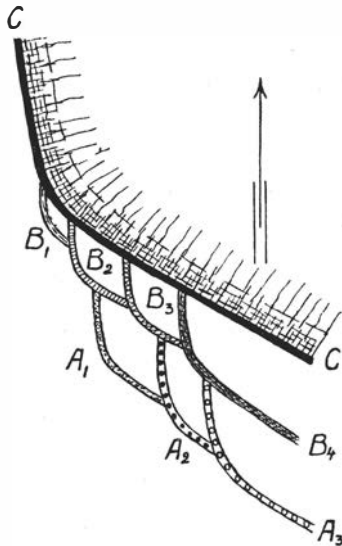


Fig. 2. Schematische Darstellung des Entstehens eines Moränennetzes SO von Anderstorp. C—C stellt den Eisrand mit seinem Moränenwall dar.

plexen Bogen zusammengesetztes *Moränennetz* bilden (Fig. 2). Jeden einzelnen Nebebogen hier als eine Jahresmoräne zu betrachten, dürfte jedoch beträchtliche Schwierigkeiten verursachen. Wie anderwärts, so scheint auch hier die Bogenform mit dem topographischen Gegensatz zwischen dem Moränenplateau und dem Flachland und den davon bedingten Kalbungsverhältnissen zusammenzuhängen, welches verursacht hat, dass die Eisbräme hier am Abhange unaufhörlich oszilliert hat, dabei mehr oder weniger ihre ältere Randmoränen zerstörend. Innerhalb jeder auf Fig. 2 markierten Reihe von Moränenbügen, z. B. die A-Reihe, ist ein östlicher Bogen jünger als der nächste Bogen im Westen, während andererseits diese ganze Reihe successiv gebildeter Moränenwälle älter ist, als die nächste, nördliche, in gleichartiger Weise aufgebaute Reihe, die B-Reihe, welche wieder ein wahrscheinlich während des folgenden Winters

geschehenes, kräftiges Hervorrücken über das niedrigere, schon entblösste Terrain in Verbindung mit Oszillierungen des Eisrandes markiert, wobei u. a. die nördliche Bogenteile der A-Reihe verwischt worden sind. Nach dieser Anschauungsweise würde also vielleicht jede derartige Reihe von Moränenbügen eine Jahresablagerung representieren, die beim stossweisen Rückgang des Eisrandes während des Spätwinters und des Frühlings entstanden ist, wobei in erster Linie der an tieferen Wässern im Westen vorhandene Teil der Eisbräme durch die immer mehr überhandnehmende Kalbung aufgebrochen worden ist.¹

Wenn fluvioglaziale Osen eine Landschaft mit Randmoränen durchziehen, pflegen diese in der Regel nicht die Osseite zu erreichen, sei es dass

¹ Auch NNO von Smedstorp gibt es Andeutungen zu Moränennetzen.

sie dort wirklich fehlen oder nur unter den Sedimenten der Senkungen, in welchen die Osen gewöhnlich gelegen sind, verborgen werden. Das nähere Verhältnis zwischen diesen beiden Arten glazialer Ablagerungen entzieht sich deshalb gewöhnlich einer direkten Untersuchung. Die Holmestad-Gegend bildet doch hiervon eine glückliche Ausnahme. In der Nähe des fluvioglazialen Oses erhalten die Randmoränen hier eine immer nördlichere Richtung, entweder durch eine langsame Umbiegung oder durch einen scharfen Bruch, und stellen sich demgemäss zuweilen lange Strecken weit mehr oder weniger parallel mit der letzten Eisbewegung ein, jedoch ohne ihren petrographischen und morfologischen Charakter zu verändern, bspw. durch Überschlagen in Drumlins oder Radialmoränen (Fig. 1). Der Eisrand hat also eine Bucht gebildet, in welche der fluvioglaziale Fluss gemündet hat, also ein fluvioglaziales Estuariuin. Das Entstehen dieser Bildungen ausschliesslich durch eine verhältnismässig kräftigere Kalbung in der topographischen Depression, in welcher der Os teilweise gelegen ist, erklären zu suchen, erscheint mir kaum möglich, teils wegen der oft zu schmalen Gestalt der Eisbucht, teils wegen ihrer unzweifelhaften lokalen Zusammengehörigkeit mit dem Os, auch wo dieser, wie zunächst SW von Björkhulan und SO von Slättebråten, über verhältnismässig hochgelegenes Terrain mit ziemlich dicht aufragenden Hügeln der Unterlage hinzieht. Als bemerkenswert kann es also erscheinen, dass die Eisbucht sich plötzlich ostwärts versetzt, gleichzeitig damit dass der Os von der Gegend von Björkhulan sich nach Ringsåsen hinüberwirft. Schon ehemals muss doch wahrscheinlich eine Kalbungsbucht in den Depressionen um Anderstorp vorhanden gewesen sein, welches zufolge der währenden Spaltenbildung früher oder später den fluvioglazialen Fluss zu dieser seiner neuen Mündung hin abgelenkt haben dürfte. Meiner Ansicht nach hat man also nicht nur mit einem gewöhnlichen Kalbungsprozess oben beschriebener Art zu thun, sondern ist dieser in gewissen Fällen von der Erosion des Gletscherflusses wirksam unterstützt worden, welche, je nachdem das Dach des subglazialen Eistunnels weggeschmolzen und eingestürzt ist, allmählig den Kanal zu einer Mündungsbucht oder einem Estuarium erweiterte.

Die Randmoränen des Estuariums hören nicht immer am Fusse des Oses auf, sondern setzen sich oft schräg bergauf an der Seite des Oses fort, zuweilen beinahe bis zum Kamme hinauf. Hierbei erhält sich doch mehr selten ihre Wallform (s. jedoch Profil II, Fig. 6), was sicherlich wenigstens teilweise von dem späteren Einfluss der marinen Abrasion beruht. Die an den Osseiten allgemein vorkommenden Anhäufungen von grossen Blöcken und anderem typischem Moränenmaterial aus dem umgebenden Berggrunde zeigen sich aber in der Fortsetzung der Estuarienmoränen des Flachlandes gern, wenn auch grob, orientiert, oder anderenfalls dem unteren Teil der Osseiten entlang regellos angehäuft (Fig. 3). Diese ungleichmässige Verteilung auf dem Osrücken scheint mir, durch Treibeistransport oder vom Dache des Eistunnels geschehene, subglaziale Entladung von Moränenmaterial schwerlich genügend erklärt werden zu können, sondern gibt

wahrscheinlich an, dass die Moränenbildung den Seiten eines offenen Eiskanals entlang stattgefunden hat, welcher Kanal sich allmählich mehr oder weniger zu einem Estuarium erweitert hat. Andererseits deutet vielleicht die in der Regel oberflächliche Lage der Estuarienmoränen auf dem Os nebst der Abwesenheit von überlagertem größerem fluvioglazialen Material an, dass der Ackumulationsort für dieses, also in erster Linie die Mündung des Eistunnels (10), nicht in unmittelbarer Nähe des inneren Endes der Moränenwälle gelegen hat, sondern dass der offene Eiskanal, auch während des Winters, also sogar wenn das Estuarium aus untenstehenden Gründen



Foto G. Frödin.

Fig. 3. Blockenanhäufung an der Westseite des Holmestad-Oses (S von Björkhulan) in der Verlängerung einer Estuarienmoräne des Flachlandes auftretend.

seine Minimumgrösse erreicht haben muss, sich weiter nach innen erstreckt hat, als diese ausweisen. Durch direkte Messungen mit Hilfe dieser Estuarienmoränen erhält man also nur Minimumwerte der Länge der Estuarien, und scheinen sie im allgemeinen etwa 0,5 Km bisweilen ca. 1 Km anzugeben.

Wie die meisten übrigen Jahresmoränen sind natürlich auch die Estuarienmoränen als Wintermoränen zu betrachten (16), und wahrscheinlich teilweise durch die Oszillationen des Eisrandes entstanden, wobei das Estuarium und eventuell darin mündende, offene Kanäle der glazialen Flüssen mehr oder weniger zusammengepresst worden sind, so dass die Randmoränen abgeladen und oben auf den früher abgelagerten Osrücken zusammengeschoben wurden. Solche, jedoch recht ungewöhnliche Falle, dass die Randmoränen mit noch erkennbarer Wallform den Gipfel des Oses hinauf fortsetzen, deuten vielleicht an, dass der Eiskanal gewisse Winter wegen der zunehmenden Eisbewegung und der gleichzeitig ab-

nehmenden Wassermenge sich verengt hat und vielleicht sogar nicht hat offen gehalten werden können, welches einigermaßen zu der Verwerfung des Oses nach einer anderen Seite beigetragen hat.

Eine solche Verwerfung kommt vor, wie oben schon erwähnt, zwischen Björkhulan und Ringsåsen, wo am ersteren Lokal eine mächtige, rückenförmige oder häufig mantelförmige Moränenackumulation den ganzen Nordgipfel des Oses fast bis zum obersten Kamm bedeckt, um darauf mit allmählich abnehmender Höhe sich südwestwärts und südwärts längs der Osseiten zu schmiegen und dann nach aussen als Estuarienmoränen abzubiegen. An der östlichen Seite hebt eine kräftige Reinspülung den Unterschied zwischen dem fluvioglazialen Material und dem Blockterrain der Moräne deutlich hervor, aber die Exponierung gegen Osten dürfte hier ganz ungenügend sein, um die Erscheinung mariner Abrasion zuzuschreiben, während fluvioglaziale Erosion wahrscheinlicher scheint. Diese Moränenanhäufung, die etwas weiter hinaus von den Osseiten sich in zwei parallele Moränenwälle teilt, bezeichnet eine deutliche Stagnation der Eisrezession aber nur am Osrücken selbst, und wurde von dem Verschwinden des alten Estuariums nebst der gleichzeitigen Verwerfung ostwärts des Oses gefolgt.

Nur innerhalb eines einzigen, ziemlich begrenzten Gebietes geben die Randmoränen ein auffallend schwach entwickeltes Estuarium an, nämlich südlich von der Landstrasse nördlich von Lofsgården, wo das hochgelegene Terrain vielleicht eigentlich für eine Konvexität des Eisrandes disponiert und in dieser Weise der Estuarienbildung entgegengewirkt hat, oder auch kann hier eine mehr generelle Erscheinung vorliegen, insofern dass das Hervorrücken der Eisbräme während dafür günstiger Winter manchmal genügend gewesen, um das Sommermaximum des Estuariums ganz oder teilweise zu verwischen.

In verschiedenen Profilen ist beobachtet worden, wie die Estuarienmoränen von zuweilen recht mächtigem fluvioglazialen Sand bedeckt sind, welcher an den gegen marine Abrasion geschützteren Orten, wie es scheint, hauptsächlich, sich in primärer Lage befinden dürfte. Eine derartige Sedimentation aus feinem Material ist ja a priori während der Entwicklung des Estuariums zu erwarten. Insofern es beurteilt werden konnte, ist solches Material in dem von der Südspitze des Oses sich erstreckenden schmalen und schwachgewölbten Rücken NNW von Hökatorp vorhanden, welcher sehr wohl jünger gedacht werden kann, als die innen und im Westen liegende, lange Estuarienmoräne. Einen guten Einblick in den inneren Bau liefert bspw. die typische Estuarienmoräne bei Bybacka, wo etwa 400 M SW von der Osseite ein längs der Kammlinie gehender Schnitt (Fig. 4) eine sowohl nach oben wie nach unten in typische Moräne übergehende, einige Dm mächtige Schicht von gut sortiertem und wasserbearbeiteten Sand und Grus zeigte, mit in der Regel deutlichem obgleich flachem Fallen gegen südwest, also von der Osseite hinaus. Die Anwesenheit von diskordanter Schichtung dürfte wohl andeuten, dass also auch fluvioglaziales

Material zu keinem unwesentlichen Teil in diesen Estuariummoränen vorhanden sein kann.

Das Entstehen der jetzt behandelten Kalbungsbuchten und Estuarien des Holmestad-Gebietes muss in hohem Grade von der verhältnismässig geringen Wassertiefe und einer dem entsprechenden recht unbedeutenden Mächtigkeit der Eisbräme und davon bedingter, starker Spaltenfrequenz gefördert worden sein, und diese Umstände müssen auch zu den Verwerfungen des Oses kräftig beigetragen haben. Die Estuarium-



Foto G. Frödin.

Fig. 4. Schnitt in der Estuarienmoräne bei Bybacka, in typischer Moräne eingeschichteten fluvioglazialen Grus und Sand zeigend.

moränen indessen als Ausfüllungen von Moränenmaterial in zufällig entstandenen Spalten erklären zu suchen, wird u. a. von ihrer regelmässigen Form und periodischen Vorkommen und dem Zusammenhang mit Randmoränen von gewöhnlichem Typus widersprochen. Dagegen scheint ein solcher Erklärungsgrund bei der Deutung derartiger dem Materiale nach typischer Osbildungen nicht übersehen werden zu müssen, wie die gut markierten quer gestellten Rückenbildungen bei Ringsåsen und Smedstorp, welche mit einer Höhe von mehreren Meter und beträchtlichem seitlichen Fallen zunächst eine Abladung zwischen Eiswände voraussetzen dürfte, wobei ungefähr parallel mit dem Eisrande laufende Spaltenbildungen die subglazialen Flüsse leicht haben einfangen können. Zuzufolge ihrer Richtung scheinen

diese Bildungen also als Randosen betrachtet werden zu können, aber insofern bis jetzt erforscht worden ist, ist in denselben kein Moränenmaterial, nicht einmal an der Oberfläche liegendes, in beträchtlicher Menge vorhanden, weshalb sie aber kaum durch Zusammenschiebung an einem oszillierenden Eisrande oder in Übereinstimmung mit anderen gewöhnlichen Erklärungsgründen haben entstehen können (30). Die von Ort zu Ort stark wechselnden Richtungen des Oses und die Divergenz derselben von den letzten Bewegungsrichtungen des Eises, wie diese sich aus Schrammen und Randmoränen herausstellen, erzeugen gern den Eindruck, dass die Ablagerung des fluvioglazialen Materials nur in ihren Hauptzügen von der Richtung der Eisbewegung, aber im einzelnen von Spalten und Frakturen, in der Eisbräme geregelt wurde. — Betreffs aber der als Osbildungen markierten schwach gewölbten Rücken N und W von Brännebrona, hat die Ermangelung an Schnitten und anderen entscheidenden Beobachtungen eine gewisse Unsicherheit hervorgerufen. Möglicherweise sind sie als einen Randosgürtel zu betrachten, in Anschluss zu der beginnenden Bildung des Randdeltas im Westen um die Landstrasse. Für einen stillstehenden oder oszillierenden Eisrand an diesem Platz redet ein im Osten beobachteter Schnitt durch typische Moräne, die in primärer Lage marine Sedimente zu überlagern scheint.

Die fast vollständige Abwesenheit von Osgruben und Osgraben um das Holmestad-Os, scheint eine verhältnismässig ebene und normale Eisrezession anzudeuten, welches vielleicht einigermaßen darauf beruhen kann, dass das fluvioglaziale Material zur Meeresfläche und zu dem oberen Rande des offenen Eiskanals, in welcher das Absetzen wahrscheinlich teilweise stattfand, nicht akkumuliert wurde, weshalb in dem Os keine grösseren Mengen von Eisblöcken begraben werden konnten. Ein eventuelles Absetzen in einen solchen Eiskanal kann vielleicht auch die Abwesenheit topographisch bemerkbarer Zentren einigermaßen erklären, sowohl als auch das Entstehen langgestreckter Ospartien, welche dem mehr oder weniger ausgefüllten Kanal entsprechen.

Um das Verhältnis der Randmoränen zur Eisbewegung, wenn möglich, festzustellen, habe ich versucht, während der Feldarbeiten die submarginalen Schrammen (14, S. 9) von eventuell älteren solchen zu unterscheiden. In der Regel existiert natürlich keinen grossen Altersunterschied zwischen diesen beiden Gruppen, und die Einteilung läuft nur darauf hinaus, jeden einzelnen Ort oder innerhalb jedes begrenzten Teils des Untersuchungsgebietes zu gelten. Die ihrer Ausbildung nach äusserst feinen und kurzen submarginalen Schrammen werden ausschliesslich an gut geschliffenen und also gegen die Verwitterung gut geschützten Felsenplatten angetroffen. Ganz sporadische, von zufälligen Bewegungen kleinerer

Moränenpartien hervorgerufene, starke Abweichungen abgerechnet, divergieren sie gewöhnlich mehr oder weniger sowohl auf ein und denselben Felsen, wie an angrenzenden Orten, natürlich von den innerhalb einer Eisbräme immer vorhandenen Bewegungsveränderungen bedingt. Auf der Karte Pl. VIII sind im allgemeinen nur Mittel- oder Hauptrichtungen markiert worden, nur an einigen wenigen Orten ist die ganze Divergenz eingelegt worden.

Im Gegensatz zu den submarginalen sind die älteren Schrammen grob und lang und verlaufen mit ungefähr gleichförmiger Richtung sowohl auf ein und derselben Felsenplatte, als gewöhnlich auch innerhalb derselben Gegend. Übergänge zwischen den beiden Typen, sowohl betreffs der Ausbildungsweise wie der Richtung sind natürlich häufig, und die Grenze zwischen denselben oft schwer im Felde zu ziehen. Die nordöstlicheren Schrammen bei Anderstorp, so wie die nördlicheren bei Bilseryd, könnten bspw. vielleicht eben so gern zu den submarginalen wie zu den älteren gerechnet werden. Die in nachstehender Tabelle angeführten Beobachtungen innerhalb des Gebietes sind alle auf horizontalen oder beinahe horizontalen Gneisplatten erhalten worden:¹

	Ältere Schrammen	Submarginale Schrammen
Herrmoängen	—	N 2°—25° O
0,7 Km ONO von Holmestad Kirche	—	N 36° O
0,9 » » » » »	—	N 22°—32° O
0,3 » WNW von Per Olofsgård	N 24° O	—
Horssmarka kvarnar	—	N 36° O
0,7 Km N von Horssmarka kvarnar	N 21° O	—
Bilseryd	N 22°—30° O	—
0,3 Km NO von Bilseryd	—	N 11°—21° O
0,3 » WNW von Källstorp	N 23° O	—
0,1 » W » »	N 20° O	—
0,3 » N von Ängsbo	N 25° O	—
0,7 » » » »	—	N 37° O
Anderstorp	N 23°—38° O	—
Brännebrona	—	N 42°—50° O
Muggeberg (zwei verschiedene Lokale)	N 21° O	N 8° W

Von ein paar komplizierten Fällen abgesehen, sind also an keinem von diesen Orten beiden Schrammentypen gleichzeitig auf ein und derselben Platte wahrgenommen worden. In der Regel weicht die Richtung bei den älteren und den submarginalen Schrammen nicht besonders viel ab, aber wo deutliche Divergenzen zwischen denselben vorhanden sind, schliessen sich die letzteren, wie auch zu erwarten ist, besser den Randmoränen an, ein Verhältnis, welches jedoch unmittelbar ausserhalb des Kartengebietes beträchtlich viel deutlicher wird, sowohl um Götene herum wie bspw. in der

¹ Die angeführten Ortsnamen können auf der von dem Geol. Landesanstalt Schwedens ausgearbeiteten Karten wiedergefunden werden. Auf der Karte Pl. VIII ist der Beobachtungspunkt mit einer Verdickung im hinteren Ende des Pfeiles markiert.

Gegend von Lilla Bjurum. Die beiden ziemlich divergierenden, submarginalen Bewegungsrichtungen W von Anderstorp können den Richtungsveränderungen der Randmoränen an diesem Platze zu entsprechen gedacht werden, welches dann angeben würde, dass die letzte Eisströmung von der Anwesenheit des Estuarius N von Anderstorp beeinflusst wurde und ein wenig gegen dasselbe hin abbog. Wenn es erlaubt wäre dieses Verhältnis zu generalisieren, würde die kräftige Ausbildung der Estuarienmoränen bis gegen die Osseite hinauf auch leichter zu erklären sein. Gewissermassen gleichartige Beobachtungen, obgleich hier eine weit grössere Eisbucht geltend, werden von DE GEER aus der Gegend von Sundbyberg vor Stockholm angeführt, wo gleichfalls die letzte Eisbewegung in ähnlicher Weise beeinflusst wurde (9).

Gleich ausserhalb der westlichen Grenze des Holmestad-Gebietes sind an mehreren Stellen Übergänge zwischen der eben als ältere angeführten Schrammenrichtung von NNO und eine nordnordwestliche beobachtet, welche sich als eine deutlich ältere herausstellt. Diese vertritt vielleicht eine Periode, wo die Eismasse des Wäner-Tales noch genügend lebensfähig war, um einigermassen auch über die Ränder des Beckens sich herauszupressen.

Beim Studium der spätglazialen Eisseebildungen im westlichen Jämtland wurde ich genötigt, eine verhältnismässig starke glaziolakustrine Abrasion der dortigen, allgemein vorkommenden Osbildungen anzunehmen, von solcher Grösse, dass sie mit den unterhalb der höchsten marinen Grenze herrschenden Verhältnissen kaum übereinstimmte, sowie diese im allgemeinen dargestellt werden (19). Seitdem ist meine Aufmerksamkeit auf diese Fragen gerichtet gewesen, doch ohne dass mir zu einer erschöpfenden Auseinandersetzung Gelegenheit gegeben wurde. Es hat sich indessen immer deutlicher herausgestellt, dass solche von mir als Abrasionsplateaus gedeutete Uferbildungen schwerlich anders zu erklären sind. In der Regel schliesst ihre Lage die Möglichkeit gewöhnlicher Bachdeltas aus, und als eventuelle fluvioglaziale Randdeltas, die bis zu der Eissee-fläche aufgebaut waren, sollten sie dem Niveau derselben zur Zeit der Lage des Eisrandes über der Gegend entsprechen, und nicht, wie jetzt der Fall ist, einem oder mehreren konstanten Senkungsstadien, entstanden erst nachdem der Eisrand sich noch mehrere Km oder Meilen von der Stelle zurückgezogen hat. Dann bleibt nur die Möglichkeit von nicht ganz zur damaligen Eissee-fläche aufgebauten Randdeltas übrig, aber dann ist es unerklärlich, warum sie Ort für Ort nur an den gut bekannten konstanten Senkungsniveaus und in intimum Zusammenhang mit den dazugehörigen Erosionsterrassen vorkommen. Aus diesen Gründen scheint es mir, dass sie fortwährend als Abrasionsflächen zu deuten sind, zu deren Ausbildung sicherlich die für die Eisseen kennzeichnenden, starken Wasserstandswechsel nicht am wenigsten beigetragen

haben. Aus gewissen Verhältnissen bei den Abflussspassen scheinen diese Variationen in runder Zahl im allgemeinen zu wenigstens 5—6 M zu schätzen zu sein, und kleinere Werte werden nicht durch das Studium der Uferlinien erhalten, wo die Herabspülungsterrassen zunächst ein Ausdruck für den Tiefwasserstand, und die abnorm hohen Erosionsterrassen in Osmaterial für dem entsprechenden Hochwasser sein dürfte (19, S. 26; 20, S. 60, Anm. 2).

Wasserstandswechsel ähnlicher Grösse sind natürlich nicht unterhalb der höchsten marinen Grenze oder in den rezenten Seen vorgekommen. Nichts desto weniger werden nicht selten, sogar an mittलगrossen Seen, in Osmaterial ausgegrabene Terrassen von beträchtlicher Breite angetroffen. In der Insel Järpön im Ännsjön, Jämtland, beläuft sich die Breite trotz der geringen Wassertiefe ausserhalb derselben zu etwa 50 M, und denselben Wert hat NELSON in Sandön, Wätter-See, erhalten (30, S. 37). Hätte die erodierte Ospartie in diesen Fällen die Form einer beinahe 100 M breiten Landzunge gehabt, würde diese unter gleichartigen Bedingungen jetzt zu einem Plateau von entsprechender Breite abradiert gewesen sein. Eine Untersuchung der submarinen Osbänke ausserhalb unserer Küsten und in unseren grossen Binnenseen würde gewiss wertvolle Beiträge zu dieser Frage geben. Beispiele dieser Art ist das Upsala-Os südlich von Gäfle, wo er aus dem Botnischen Meer auftaucht. In direkter Fortsetzung davon und einige Meter unterhalb der Meeresfläche kommt eine Anzahl ausgedehnter sicherlich aus Osmaterial bestehender Bänke von auffallend ebener Form vor. Ein anderes Gebiet, wo diese Frage vielleicht studiert werden kann, sind die Wetterküsten in dem Randmoränengebiet zwischen Motala und Karlsborg mit dort befindlichen fluvioglazialen Osen.

Die innerhalb des Eisseegebietes des zentralen Jämtlands reichlich vorkommenden rückenförmigen, fluvioglazialen Osen zeichnen sich in der Regel durch ein ungewöhnlich starkes seitliches Fallen aus, was ohne Zweifel mit den katastrophenartigen Senkungen der Eisseeflächen in oft beträchtlichen Belaufen zusammenhängt. Sie dürften deshalb in gewissen Niveaus der Täler ihre hauptsächlich, primäre Habitus noch besitzen. Von diesem Gesichtspunkte aus bilden sie einen scharfen Gegensatz zu den verhältnismässig flachen Osrücken unterhalb der höchsten marinen Grenze, wo die Formen deshalb in Verdacht kommen müssen, sekundär deformiert zu sein, und in diesem Fall durch successive marine Erosion in Zusammenhang mit der spätquartären Hebung.

Da in diesen Gegenden zuverlässiges Vergleichsmaterial für ein richtiges Beurteilen der wahren Grösse der Deformierung und der Abflachung im grossen und ganzen fehlt, wird ein Unterschätzen leicht stattfinden. Es muss indessen als besonders erstaunlich vorkommen, wenn die Osen mit ihrem hauptsächlich leichterodierten Material auch an exponierten Stellen der marinen Abrasion so gelinde entgangen sein sollten, wie man gewöhnlich geltend machen will. Die bei jeder Periode eventuell ausge-

arbeiteten Strandbildungen, wie breite Erosionsterrassen und Abrasionsplateaus, müssen selbstverständlich während der sekularen Landhebung meistens verwischt werden sein, und, sobald die Abrasion nicht mehr vermag, mit der Hebung gleichen Schritt zu halten, flachgewölbte Osseiten mit schwachen Undulationen nach den früheren Strandmarken zum Resultat geben. Innerhalb solcher Höhenzonen der Hochgebirgtäler, wo die Senkung der Eisseen langsam und mehr kontinuierlich fortgeschritten hat, trifft man in Analogie hiermit identisch gleichartige Osformen an.

Ein quantitatives Mass für die Grösse der Deformation bilden die oft mächtigen und umfangreichen Felder von feinem Sand, welche längs des Osfusses die spät- und postglazialen Tone gewöhnlich überdecken, obgleich eine Berechnung dieses Abspülungsmaterials wohl kaum noch ausgeführt



Foto G. Frödin.

Fig. 5. Querschnitt durch den Holmestad-Os, gegen N an der Profillinie III gesehen, (s. Fig. 6).

worden ist. Aber dieses abgerechnet, scheint es mir ausserdem, sich als eine allgemeine Regel herauszustellen, dass das Fallen der Osseiten in einer bestimmten Abhängigkeit von der Grösse der Exposition steht, ein besonders auffallendes Verhältnis betreffs der Ospartien, welche die höchsten Punkte einer Gegend bilden. Die zahlreichen hiervon vorhandenen Ausnahmen dürften ohne Schwierigkeit mit der primären Ablagerungsform, inneren Struktur des Oses u. dgl. zusammengestellt werden können, woneben eine gar zu geringe oder mittelmässige Wassertiefe auch an einer im übrigen stark exponierten Seite starke Abrasion verhindert. Das nicht selten etwas stärkere Fallen der Osseiten näher am Fusse als nahe am Kamm kann vielleicht von dem letzterwähnten Verhältnis einigermassen verursacht sein. Bei dem Holmestad-Os sind die Verhältnisse so wie die Querprofile Fig. 6 und Fig. 5 angeben, ohne dass dabei einige extreme Fälle gewählt worden sind. Das deutlich stärkere seitliche Fallen gegen Osten dürfte mit der An-

wesenheit des Moränenplateaus in dieser Richtung zusammenhängen, während die westliche Seite dagegen den ganzen Weg vom Wänerbassin kommenden Wellen äusserst stark exponiert gelegen. Ein umfangreiches Material, am liebsten durch Höhenkurvenkarten beleuchtet, würde doch besonders wünschenswert sein.

Einige Beispiele von Kalbungsbuchten und Estuarien aus anderen Teilen des südlichen und mittleren Schweden.

In der während der letzten Jahre erschienenen geologischen Litteratur werden nicht selten unzweifelhaftige Kalbungsbuchten der durch das südliche und mittlere Schweden zurückschreitenden Eisbräme erwähnt, trotz das Relief dort oft recht schwach entwickelt ist. In gewaltigem Masse sind bekanntlich solche Bildungen an verschiedenen Orten bei der Rezession

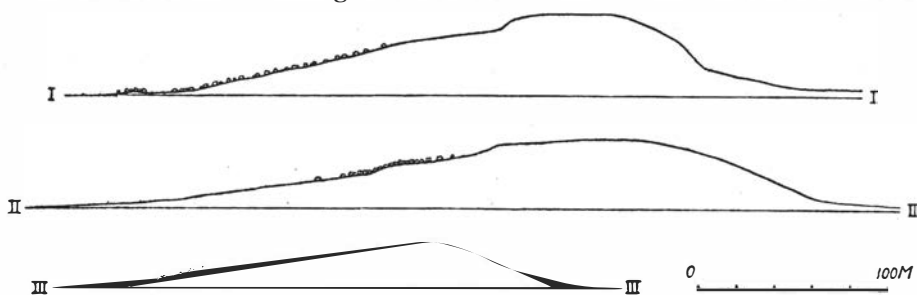


Fig. 6. Querprofile durch den Holmestad-Os (s. Pl. VIII). Höhe zweimal der Länge. (Im Profil I tritt die Estuarienmoräne an der östlichen Seite des Ores nicht hervor, dieses zufolge heruntergespülten Osmaterial.)

durch das Baltische Thal herauf vorgekommen (17; 29), während im Wetter-Becken der gegen Süden ursprünglich konvexe Eisrand allmählich N von der Linie Karlsborg—Motala von einer Konkavität, die von glazialen Bildungen, wie Schrammen, Osen, vielleicht auch Randmoränen um die nördliche Spitze des Sees markiert ist, abgelöst wurde. Eine gewisse Tendenz zu einer gleichartigen Formveränderung, obgleich vielleicht weniger ausgeprägt, wird auch von Randmoränen u. dgl. um den Wäner-See angegeben. Während beide diese Depressionen ungefähr in die Bewegungsrichtung des Eises ausgestreckt sind und deshalb in ihren südlichen und mittleren Teilen eine kräftige Eisbewegung gehabt haben, die doch gegen Norden zufolge successiv erschwerter Eiszufuhr hat beträchtlich abnehmen müssen, besass das Mälarthal dagegen von demselben Gesichtspunkte aus eine Querstellung. Eisbewegung und Eisrand haben sich wohl in dieser Gegend im grossen und ganzen in derselben Art und Weise verhalten müssen, als in den nördlichen Teilen des Wäner-Sees und des Wetter Sees.

Aus der Gegend Stockholm—Sigtuna, also dem östlichen Teil des Mälarthales, liegen verschiedene, teilweise frühe Beobachtungen vor, u. a.

über Randmoränen von Sundbybergtypus, welche eine ungefähr WNW-liche oder sogar NW-liche Richtung des Eisrandes angeben, also nicht O—W-liche, wie man vielleicht erwarten sollte, ein Verhältnis, das von HÖGBOM mit einer kräftigen Eisbewegung ostwärts in dem Bottnischen Meer in Verbindung gestellt wird (23, S. 303). Ein mehr direkter Grund scheint doch in der soeben erwähnten Orientierung des Mälarthales mit der davon bedingten, ungenügenden Eiszufuhr im Verhältnis zu dem weit günstigeren Kalbungsbedingungen zu suchen sein, während die Gegend NW von Stockholm im grossen und ganzen ein entschieden höheres topographisches Niveau einnimmt (s. z. B. 18). Man findet auch, wie die durchschnittliche Richtung der Randmoränen, die an der nordwestlichen Seite des Mälar-Sees ungefähr ONO-lich ist, gerade in der Grenzzone, welche



Fig. 7. Kartenskizze, die Richtung der Randmoränen im Mälarthale und die Upsala- und Stockholm-Osen schematisch angehend.

das Flachland im Westen von dem höheren Terrain im Osten trennt, zu einer OSO-liche deutlich abbiegt, eine Richtung, welche nachher bis nach Stockholm beibehalten wird (Fig. 7).¹ Für die Stockholm-Gegend hat DE GEER den Einfluss erwähnt, welchen der dortige Verlauf des Eisrandes auf die jüngsten Schrammen oder mit anderen Worten die letzte Eisbewegung gehabt hat (s. oben S. 163). Ein derartiges Streben nach Orientierung senkrecht gegen die Eisbräme dürfte aber wahrscheinlich rings um diese ganze, recht grossartige Kalbungsbucht verspürt werden können. Während also nach der Karte DE GEER's die Schrammenrichtung innerhalb des

¹ Bei der Darstellung der schematischen Moränenkarte über das Mälarthal habe ich nebst der glazialgeologischen Karte DE GEER's über das südliche und mittlere Schweden (15), von den Aufschlüssen, welche die ökonomischen Karten geben, hauptsächlich Gebrauch machen müssen. Die von dem Streichen der Gesteine bedingten Terrainformen, so wie auch Radialmoränen, können allerdings lokal eine gewisse Unsicherheit verursachen, aber in der Hauptsache hoffe ich, dass das Kartenbild richtig ist.

westlichen Teils, mit den unten erwähnten lokalen Ausnahmen, ziemlich konstant eine NNW-liche ist, wird sie im östlichen recht variierend mit reichlich vorkommenden nördlichen und auch NNO-lichen Richtungen. Wahrscheinlich werden den Randmoränen entsprechende, submarginale Schrammen an mehreren Stellen angetroffen werden, wenn die Aufmerksamkeit darauf gelenkt wird. Wie eine Andeutung hiervon scheinen vielleicht die Scharfen Umbiegungen gegen SSW der Upsala- und Stockholm-Osen im nördlichen Teil dieses Gebietes gedeutet werden zu können. In Zusammenhang mit den abweichenden Kalbungsbedingungen u. dgl. auf dem Flachlande und in dem höheren Terrain im Osten steht möglicherweise auch die von ANRICK erwähnte langsame Eisrezession, etwa 90 M per Jahr, in den letzterwähnten Gegenden (2).

Die Randmoränen um den Mälär-See scheinen auch einigermaßen die weniger groben Züge im Relief der Landfläche abzuspiegeln, was vielleicht am leichtesten zu beobachten ist, wo diese mit der jetzigen Konfiguration des Sees zusammenfallen (Fig. 7). So bildete der Eisrand gern um die grösseren und tieferen Buchten Konkavitäten und im Gegensatz dazu weite konvexe Bogen über die Halbinsel und Insel, bspw. auf Tosterö-, Selö- und Fogdöland. Über solche Gebiete zeigen die Schrammen auch grössere Divergenzen als sonst wo, und gewöhnlich werden darunter Richtungen angetroffen (15), die sich sehr gut den verschiedenen Teilen des sich buchtenden Eisrandes anschliessen, wie auch die Osen z. B. das Enköpings-Os durch veränderte Richtungen gegen SSW, wenn auch in geringerer Umfassung als bei dem Upsala- und Stockholm-Os (siehe oben!), oder mittels Verzweigungen mit den Randmoränen korrespondieren.

Topographische Einflüsse von mehr lokaler Umfassung scheinen aus den Studien DE GEER's über die Eisrezession in der Stockholm-Gegend hervorzugehen, wo nach dem Zeugnis des schichtigen Eismeertons (»Bändertons«) das Eis sich etwas schneller zurückgezogen hat, wo das Wasser tiefer gewesen war (ein wenig über 100 M), aber an seichten Stellen langsamer (etwa 50 M Tiefe) (13). Von den Randmoränen zu urteilen ist es doch wahrscheinlich, dass die Eisbräme in der Mälärgegend gewöhnlich für die kleineren Einzelheiten der Topographie nicht so empfindlich gewesen war, wie bspw. in der Holmestad-Gegend, dieses möglicherweise wegen ihrer grösseren Mächtigkeit.

Als Beispiele nicht unbedeutender Kalbungsbuchten bei einer Wassertiefe von etwa 50–100 M kann die Gegend zwischen dem Wäner-See und der nördlichen Bucht des Skagern-See erwähnt werden, wo die Randmoränen, welche die Fortsetzung der von DE GEER in Kürze erwähnten, prachtvollen Moränen in der Årås-Bucht bilden (8), von der ökonomischen Karte zu urteilen gegen Süden gekehrte Konvexitäten haben. Durch das Studieren des spätglazialen schichtigen Eismeertons hat ANTEVS innerhalb gewisser Thäler im nordöstlichen Schonen Kalbungsbuchten aufgewiesen, welche im allgemeinen eine Wassertiefe von einiger 10 Meter repre-

sentieren, obgleich die Einzelheiten der Lagen des Eisrandes nicht bestimmt worden sind.

Kleinere derartigen Bildungen, zur Grösse mit denjenigen im Holmestad-Gebiete vergleichbar, sind vielleicht seltener direkt aufgewiesen worden und möglicherweise zu ihrem Auftreten mehr unberechenbar. HEDSTRÖM führt also aus der Gegend von Karlsborg Beispiele an (21, S. 4), welche zeigen wie sogar ganz unbedeutende Senkungen der Bodenfläche bei einer Wassertiefe von etwa 30—50 M Ausbuchtungen der Eisbräme verursachen, also ein Verhältnis demjenigen im Holmestad-Gebiete entgegengesetzt. Vielleicht ist dies von der unmittelbaren Nachbarschaft des Wetterbeckens und einer davon erzeugten, verhältnismässig stärkeren Eisbewegung bedingt. — Von dem Kirchsprenkel Odensala in Upland hat ANRICK durch kombinierte Untersuchungen von Randmoränen und »Bänderton« dagegen eine markierte, obgleich lokale, Einbuchtung aufweisen können (2), während die gleichzeitige Wassertiefe zu etwa 100 M dürfte geschätzt werden können. Vielleicht ist dieselbe der topographischen Depression anzurechnen, welche hier innerhalb des Gebietes der Eisbucht und um den dort hinfließenden Flüssen angetroffen wird. Das Beispiel wäre in diesem Fall ungefähr analog mit den Holmestadverhältnissen.

Einige Km nördlich von dem auf der Karte Pl. VIII veranschaulichten Holmestad-Gebiete kommt gleich westlich von dem fluvioglazialen Os eine recht schöne Randmoränenlandschaft vor (Fig. 8).

Selbst habe ich nur zufälligerweise das Gebiet besucht, ohne also zu einer Vervollständigung des Kartenbildes Zeit zu haben, z. B. durch Ausscheiden der Randmoränen von den übrigen Moränenablagerungen.¹ Das Gebiet innerhalb der punktierten Konturlinie bezeichnet einen von zahlreichen Felsenplatten markierten Anhöhe, die sich allmählig bis etwa 10 M über die umliegende Sedimentdecke erhebt. Im nördlichen Teil dieses höheren Terrains sind die typischen Randmoränen deutlich konvex gegen Süden. Dieses scheint wohl eine zufolge der in den Umgebungen kräftigeren Kalbung entstandene Eiszunge anzuzeigen.² Man

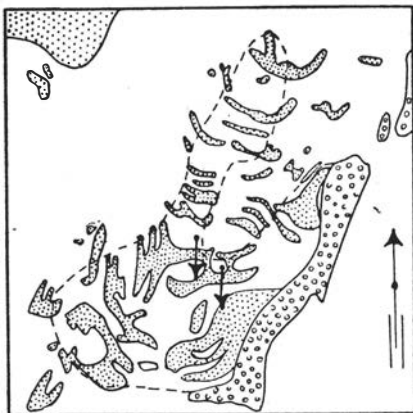


Fig. 8. Randmoränenlandschaft N vom Holmestad-Gebiete. (Der Os ist durch kleine Ringe und die Schrammen mit Pfeilen bezeichnet. Moräne ist punktiert.)
Massstab 1 : 50,000.

¹ Auf Pl. VIII ist nur die Veränderung der Feldarbeitskarte der Geol. Landesanstalt gegenüber vorgenommen worden, dass alle Felsen ausgeschlossen, dagegen eine Konturlinie und ein paar von mir ausgeführten Schrammenbeobachtungen eingelegt worden sind. Hier wie auch bei Björsäter (s. S. 171) ist die zum Grund liegende Feldarbeit von R. ARBMAN ausgeführt.

² Bei der Lage des Eisrandes über der Gegend dürften die Differenzen in Wassertiefe und das Bodenrelief im allgemeinen im grossen und ganzen gleichartig mit denjenigen

findet dasselbe Verhältnis auch innerhalb des südlichen Teils, obgleich das Kartenbild in seiner jetzigen Form dieses weniger deutlich angibt. Hier trägt vielleicht auch der fluvioglaziale Fluss dazu bei, die Form des Eisrandes hervorzubringen, aber im Norden scheint dagegen eine deutliche Kalbungsbucht zwischen der Anhöhe und dem Os existiert zu haben.

Als ein nachträgliches Beispiel von hergehörigen Bildungen mag das auf Fig. 9 veranschaulichte Randmoränengebiet bei Walskog, zwischen der westlichen Seite des Mälar-Sees und Arboga, angeführt werden. Die Kalbungsbucht, die hier mittels der konvergierenden Streifung um den Fluss abgelesen werden kann, und welcher bei einer Wassertiefe von

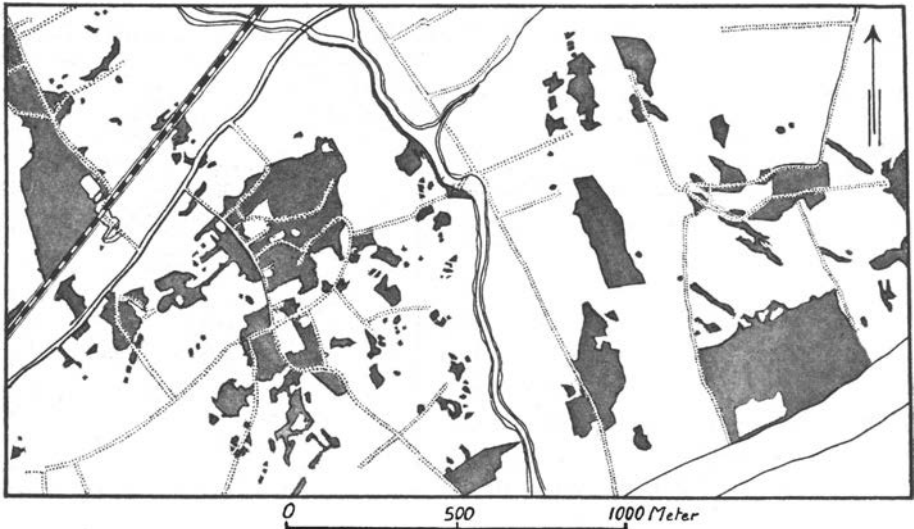


Fig. 9. Randmoränenlandschaft bei Walskog, 10 Km NO von Köping, nach der ökonomischen Karte.

150 M entstanden ist, exemplifiziert auch die geologische Verwendbarkeit der ökonomischen Karten für die betreffenden Fragen.

Die bisherige Litteratur weist also in einer völlig überzeugenden Weise Beispiele von der Anwesenheit von Kalbungsbuchten weit verschiedener Grössen auf. Insofern mir bekannt ist, dürfte dies dagegen kaum der Fall sein betreffs derjenigen modifizierten Form, welche oben als fluvioglaziale Estuarien beschrieben worden ist oder mit anderen Worten Kalbungsbuchten, in welche fluvioglaziale Flüsse gemündet und beim Ausformen mehr oder weniger beigetragen haben, wenigstens insofern man von den Verhältnissen im Holmestad-Gebiete urteilen kann. Weil die Osen in der Regel Thäler und Depressionen in der Landfläche verfolgen, müsste

innerhalb der Sedimentebene des Holmestad-Gebietes gewesen sein (s. S. 155), obgleich die Wassertiefe selbst etwa 20 M mehr betrug.

sich schon aus diesen Gründen eine gewisse Disposition für das Entstehen der Estuarien vorfinden, und in der Tat dürften solche weit häufiger gewesen sein, als wie jetzt zur Verfügung stehende Ablagerungen an die Hand geben. Den ökonomischen Karten nach zu urteilen, scheinen die Estuarienmoränen nur seltener vorzukommen und dann gewöhnlich an der einen Seite des fluvioglazialen Oses deutlich ausgebildet zu sein. Ihre Abwesenheit kann in vielen Fällen als nur scheinbar betrachtet werden, und diese beruht dann auf der Bedeckung von jüngeren Ablagerungen, in anderen Fällen als wirklich und ist dann von ungünstigen Bildungsbedingungen verursacht, z. B. wenn die Lage des Oses längs der einen Seite eines markierten Thales unsymmetrisch ist, sodass nur an der entgegengesetzten Osseite gute topographische Voraussetzungen für die Entwicklung eines deutlichen Estuariums vorhanden sind.

Kaum 10 Km nördlich vom Holmestad-Gebiete werden an der Ostseite des Holmestad-Oses und gleich östlich von der Kirche Björsäter Estuarienmoränen von identisch demselben Typus, wie die oben S. 157 beschriebenen angetroffen.¹ Die Kartenskizze Fig. 10 ist der Feldarbeitskarte der Geolog. Landesanstalt entnommen, doch mit einer Zahl von mir an Ort und Stelle ausgeführten Vervollständigungen, jedoch ohne dass das Kartenbild beanspruchen kann, ganz vollständig zu sein. Im Süden biegen die Randmoränen mehr gegen O ab und nehmen damit normale Längenrichtung ungefähr senkrecht gegen die letzte NNO-liche Eisbewegung an. Es muss noch bemerkt werden, teils dass es auch hier Andeutungen zu Moränennetzen von vorhin S. 156 beschriebener Ausbildung gibt, teils, dass dieser Osrücken an vielen Stellen von blockreicher Moräne recht gleichförmig aufgelagert ist.

Im allgemeinen scheinen die betreffenden Bildungen eine weiter getriebene, eingehende Kartenaufnahme zu erfordern, als was für die offiziellen geologischen Karten verwendet werden kann. Fig. 11 ist indessen des geologische Kartenblattes »Falköping» entnommen (28) und muss wahrscheinlich wie eine Bildung analog mit einem recht grossen, obgleich sehr weiten Estuarium gedeutet werden. Sie ist gleich westlich von Trävattna Kirche und etwa 18 Km westlich von Falköping gelegen, dürfte aber wenigstens teilweise supraaquatisch ausgebildet zu sein. Die südliche von den beiden Mündungsmoränen, die ein wenig südlich von den grossen mittelschwedischen Randmoränen liegen, und als eine markierte Eisrandlage

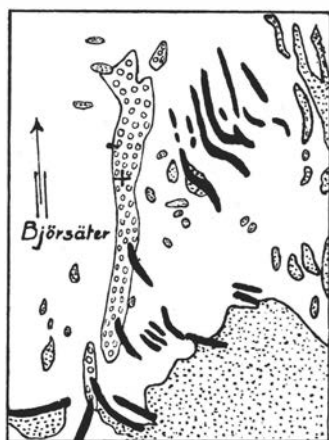


Fig. 10. Estuarienmoränen O von Björsäter. (Randmoränen sind ganz schwarz, der Os ist durch Ringe bezeichnet, Felsen und sonstige Moränen sind punktiert, die Sedimentenebene ist ohne Bezeichnung.)

Massstab 1 : 50,000.

¹ Die bei dem Entstehen des Estuariums vorhandene Wassertiefe dürfte sich auf etwa 70–80 M belaufen haben.

angesehen worden sind, ist möglicherweise auf einer älteren fluvioglazialen Ospartie akkumuliert.

Die von DE GEER schon 1896 aufgewiesene, ungewöhnlich prachtvolle Randmoränenlandschaft in der Åräs-bucht, an der Ostseite des Wäner-Sees (s. oben S. 168), scheint, nach der ökonomischen Karte über die Gegend zu urteilen, sich von dem erwähnten See und ungefähr bis zum Fluss Letälf im Osten zu erstrecken. In Anschluss zu den fluvioglazialen Osen der Gegend, so wie diese von dem geologischen Kartenblatte »Björneborg» und »Skagershult» hervorgehen (4, 5), sind Estuarienmoränen gar nicht selten, obgleich gewöhnlich nicht gleichzeitig an beiden

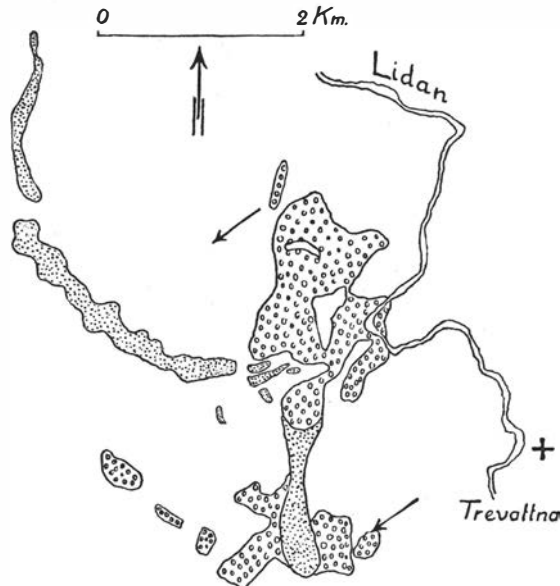


Fig. 11. Fluvioglaziale Mündungsbucht bei Trävattna, nach dem geol. Kartenblatt »Falköping». (Randmoränen sind punktiert, fluvioglaziale Ablagerungen sind durch Ringe, Schrammen durch Pfeile bezeichnet.)

Seiten der Osen entwickelt. Um die Mündung des Flusses Letälf in die nördliche Bucht des Skager-Sees scheint, wenn man es so betrachten will, ein grossartiges Estuarium vorzuliegen, indem die Moränen sowohl dem nördlichen wie dem östlichen Ufer folgen, also gegen den Oskomplex an der Flussmündung konvergieren.¹ Kleinere, mehr oder weniger vollständige Bildungen dieser Art scheinen an mehreren Stellen innerhalb des westlichen noch nicht geologisch aufgenommenen Teils dieses Gebietes vorzukommen, wenn, wie wahrscheinlich ist, fluvioglaziales Material an diesen Lokalen vorhanden ist, andernfalls dürften sie ausschliesslich

¹ Bildungen dieser Grösse, wovon viele Beispiele angeführt werden könnten, z. B. aus der Mälar-Gegend, sollten unter dem Namen von Kalbungsbuchten genetisch behandelt werden, da die Erosionsarbeit des fluvioglazialen Flusses ersichtlich von ganz untergeordneter Bedeutung gewesen ist.

als Kalbungsbuchten gedeutet werden. Fig. 12, die der ökonomischen Karte entnommen ist, zeigt ein solches Gebiet nördlich von der Nordspitze der Årås-Bucht, wo das Vorhandensein von Osmaterial besonders annehmbar scheint, wenigstens betreffs des südlichen von mir vermuteten Oshügels. Der nördliche dagegen kann doch etwas östlicher liegen, als markiert ist, und in diesem Fall bekommt das Estuarium teilweise eine andere Form, aber verschwindet nicht. Normal scheinen die Randmoränen der Gegend in die Richtung WNW—OSO zu verlaufen, und die Wassertiefe hat bei deren Absetzen etwa 100 M erreicht.¹

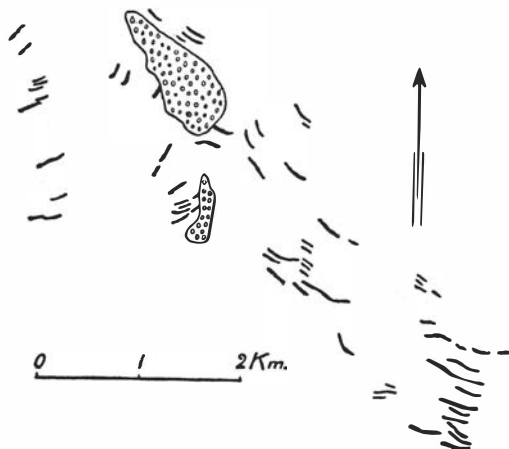


Fig. 12. Fluvioglaziales Estuarium N von der Årås-Bucht, nach der ökonomischen Karte. (Fluvioglaziales Material durch Ringe, Moräne schwarz bezeichnet).

In Anschluss zu den gewöhnlichen typischen fluvio-glazialen Osen zwischen dem Mälar- und dem Hjälmars-See, und oft unzweifelhaft genetisch mit denselben zusammengehörend, können an mehreren Stellen Estuarienbildungen an den ökonomischen Karten abgelesen werden, wenn auch nur selten zweiseitig markiert oder mit einer grösseren Zahl parallelen Randmoränen. Als Beispiele können die Gegend bei dem Badelunda-Os, O und NO von Eskilstuna, und um den Köpings-Os, N von St. Sundby am Hjälmars-See, erwähnt werden. Beide diese Bildungen vertreten eine Wassertiefe von beinahe 150 M.

Angeführte Litteratur.

1. AHLMANN, H. W:SON: Studier öfver de medelsvenska ändmoränerna. — K. V. A. Arkiv f. kemi etc. Bd. 3. N:o 29. Stockholm 1910.
2. ANRICK, C. J.: Morän- och isrecessionsstudier i Odensala socken, Uppland. — Geol. För. Förh. Bd. 37 (1915).
3. ANTEVS, E.: Ländisens recession i nordöstra Skåne. — Geol. För. Förh. Bd. 37 (1915).
4. BLOMBERG, A.: Beskrifning till kartbladet Björneborg. — Sv. Geol. Unders. Ser. Aa, N:o 124 (1904).
5. —: Beskrifning till kartbladet Skagersholm. — Sv. Geol. Unders. Ser. Aa, N:o 128 (1904).

¹ Nachdem dieser Aufsatz geschrieben war, hat SANDEGREN in der Beschreibung zum geologischen Kartenblatt »Otterbäcken« einige hergehörigen Beobachtungen von dem südöstlichen Teil dieses Randmoränengebietes mitgeteilt und erwähnt dabei, dass die Randmoränen südlich von dem von mir angeführten Gebiete, Fig. 12, nicht selten gegen die Oshügel abbiegen.

6. CHAMBERLIN, T. C., and SALISBURY, R. D.: *Geology*. Vol. I. New York 1906.
7. DE GEER, G.: Ändmoräner i trakten mellan Spånga och Sundbyberg. (Referat eines Vortrages.) — *Geol. För. Förh.* Bd. 11 (1889).
8. —: Ändmoräner vid Venerns östligaste bugt. (Referat eines Vortrages.) — *Geol. För. Förh.* Bd. 18 (1896).
9. —: Stockholmstraktens geologi. — Stockholm, Sveriges hufvudstad, vol. I. Stockholm 1897.
10. —: Om rullstensåsarnes bildningssätt. — *Geol. För. Förh.* Bd. 19 (1897).
11. —: Om den senkvartära landhöjningen kring Bottniska viken. — *Geol. För. Förh.* Bd. 20 (1898).
12. —: Äusserung in einer Diskussion. — *Geol. För. Förh.* Bd. 26 (1904). S. 503—505.
13. —: Om de senaste undersökningarna rörande den hvarfviga lerans bottenhvarf och den senglaciala landisens recession genom Stockholmstrakten. (Referat eines Vortrages.) — *Geol. För. Förh.* Bd. 28 (1906).
14. —: Dal's Ed. Some stationary Ice-borders of the last Glaciation. — *Geol. För. Förh.* Bd. 31 (1909).
15. —: Quarternary map of Southern Sweden. — *Sv. Geol. Unders.* Ser. Ba, N:o 8 (1910).
16. —: A. Geochronology of the last 12000 years. — *Congrès géologique international. Compte rendu de la XI^e session, Stockholm 1910.*
17. —: Om den senglaciala isrecessionen inom den Baltiska dalen. (Referat eines Vortrages.) — *Geol. För. Förh.* Bd. 36 (1914).
18. DE GEER, S.: Map of landforms in the surroundings of the great Swedish lakes. — *Sv. Geol. Unders.* Ser. Ba, N:o 7 (1910).
19. FRÖDIN, G.: Bidrag till västra Jämtlands senglaciala geologi. — *Sv. Geol. Unders.* Ser. C, N:o 246 (1913).
20. —: Glacialgeologiska studier i nordvästra Jämtland. — *Sv. Geol. Unders.* Ser. C, N:o 252 (1914).
21. HEDSTRÖM, H.: Om ändmoräner och strandlinjer i trakten af Vaberget. — *Geol. För. Förh.* Bd. 23 (1901).
22. HÖGBOM, A. G.: Vägledning vid geologiska exkursioner i Upsalatrakten. Upsala 1890.
23. —: Studier öfver de glaciala aflagringarna i Upland. — *Geol. För. Förh.* Bd. 14 (1892).
24. —: Studien in nordschwedischen Drummlinslandschaften. — *Bull. Geol. Inst. Upsala.* Vol. VI (1903).
25. —: Norrland. Naturbeskrifning. — *Norrländskt handbibliotek I.* Upsala 1906.
26. —: Fennoskandia. — *Handbuch der regionalen Geologie.* Heidelberg 1913.
27. MUNTHE, H.: De geologiska hufvuddragen af Västgötabergen och deras omgifning. — *Geol. För. Förh.* Bd. 27 (1905).
28. —: Beskrifning till kartbladet Falköping. — *Sv. Geol. Unders.* Ser. Aa, N:o 120 (1906).
29. —: Studies in the Late-Quaternary history of Southern Sweden. — *Geol. För. Förh.* Bd. 32 (1910).
30. NELSON, H.: Om randdeltan och randåsar i mellersta och södra Sverige. — *Sv. Geol. Unders.* Ser. C, N:o 220 (1910).

