

Studien in nordschwedischen Drumlinslandschaften.

Von

A. G. Högbom.

Einleitung.

In der schwedischen quartärgeologischen Litteratur findet man nur wenige, meistens ganz beiläufige, Notizen über Drumlins oder drumlinsartige Moränen, was recht auffallend ist, da ja die Moränenbildungen Schwedens Gegenstand so vieler ausgezeichneten und für die Entwicklung der Quartärgeologie bedeutungsvollen Untersuchungen gewesen sind.

Man darf jedoch aus diesem Umstand nicht den Schluss ziehen, dass Drumlins eine sehr seltene und ganz untergeordnete Erscheinung in der Quartär Schwedens sind. Im Gegenteil gibt es weit ausgedehnte Gebiete, besonders im nördlichen Schweden, deren landschaftliche Physiognomie durch Drumlins bestimmt oder beeinflusst wird. Die Erklärung, dass diese Moränenform bei uns so wenig beachtet worden ist, liegt teils darin, dass sie vorzugsweise in Gegenden vorkommt, über welche topographische Specialkarten bis in den letzten Jahren nicht publiziert waren, teils auch darin, dass die schwedischen Drumlinsmoränen einen von den aus anderen Ländern bekannten Drumlinsformen recht abweichenden Habitus zeigen und ausserdem oft mit anderen Moränenbildungen und landschaftlichen Zügen vergesellschaftet auftreten, die ihre wahre Natur gewissermassen verschleiern.

Da ich hier beabsichtige, die Aufmerksamkeit auf einen wichtigen und bei uns vielfach unbeachteten Morärentypus zu lenken, dürfte es angemessen sein, einige Vorbemerkungen über Drumlins und Drumlinslandschaften im allgemeinen vorzuschicken, um den Vergleich mit den hier zu beschreibenden zu erleichtern.

Als *Drumlins* bezeichnet man bekanntlich flach gewölbte Grundmoränenformen mit einer mehr oder weniger hervortretenden Längsachse in derselben Richtung wie die Eisbewegung und die Gletscherschrammen. Zu ihren Charakteristik gehört weiter, dass sie oft einen Kern von festem Gestein oder losem, geschichtetem Material haben, welcher entweder in

ihrem mittleren Teil oder an dem einen Ende (entweder dem proximalen oder dem distalen) begraben ist. Sie treten gewöhnlich geschart auf und sind besonders innerhalb der lobalen Endmoränenzüge der letzten Vereisung häufig, so dass die am besten entwickelten Drumlinlandschaften diese Lage haben. Die Dimensionen der Drumlins schwanken zwischen sehr weiten Grenzen, mit Höhen von nur wenigen Metern bis gegen 100 Meter, und Längen von minder als hundert Meter bis zu mehreren Kilometern. Das Verhältnis zwischen Länge und Breite ist ebenfalls sehr variabel, indem einerseits Drumlinformen vorkommen, welche ein nur sehr schwach elliptisches bis fast cirkelrundes Grundprofil zeigen, andererseits solche, deren Länge das 10- bis 20-fache der Breite erreichen kann. Die extremen Formen scheinen im allgemeinen nicht zusammen aufzutreten, sondern die Drumlins einer und derselben Gegend sind gewöhnlich einigermassen gleichartig, besonders in Bezug auf die Verhältniszahlen für Länge und Breite. Drumlins wurden zuerst (1833) aus Irland beschrieben, im Anfang aber von den oft gleichgestalteten nunmehr als fluvioglacialerkannten Åshügeln nicht unterschieden. Ihre wahre Natur von Grundmoränen wurde zuerst (1864) von CLOSE erkannt, welcher ihre Eigentümlichkeiten in Bau und Auftreten so vollständig beschrieb, dass später nur wenig Neues zugefügt worden ist. Etwa aus derselben Zeit (1835) stammen die ersten Beobachtungen über Drumlins in Nordamerika, wo sie auch mit den zu dieser Zeit lebhaft diskutierten schwedischen Åsar verglichen wurden. Genauer wurden sie dort zuerst von AGASSIZ (1864) studiert, welcher sie unter dem Namen »horse-backs« beschrieb. Diese ältere Drumlinslitteratur, zu welcher übrigens auch andere Forscher beigetragen hatten, wurde indessen so wenig beachtet, dass die Drumlins gewissermassen von neuem entdeckt wurden, als um 1880 WARREN UPHAM und andere nordamerikanische Quartärgeologen ihre Aufmerksamkeit auf sie richteten. Der von UPHAM benutzte Name »lenticular hills« wurde, nachdem man an die älteren irländischen Arbeiten erinnert worden war, von DAVIS gegen den dort eingeführten Term *Drumlins* vertauscht. Nachher ist dieses keltische Wort, das etwa Erdhügel, Erdrücken bedeuten soll, als gemeinschaftlicher Term für alle flachgewölbten Grundmoränenerhebungen in der wissenschaftlichen Litteratur eingebürgert worden. Er umfasst also die »linear« oder »elongated ridges«, die »elliptical« und »mamillary hills« und die »embryonal drumlins« oder »drumlolds« von CHAMBERLIN (1883).

Über die Bildungsweise der Drumlins gehen die Meinungen hauptsächlich in zwei verschiedene Richtungen, die eine (»constructional theory«) sieht in den Drumlins *Ablagerungsformen* der Grundmoräne, die andere (»destructional theory«) betrachtet sie dagegen als *Erosionsformen*. Die erste Anschauung dürfte von der Mehrzahl der Quartärgeologen umfasst sein, welche sich mehr eingehend mit Moränenstudien beschäftigt haben.

Wie aus Grossbritannien und Nordamerika sind Drumlins auch aus dem nordalpinischen Glaciationsgebiet (BRÜCKNER, SIEGER, BALTZER,

PENCK, FRÜH u. A.) beschrieben, sowie auch aus Holland, Norddeutschland und den Ostseeprovinzen (WAHNSCHAFTE, HOLM, DOSS, KEILHACK u. A.). Mit Hinweis für weitere Angaben über die Drumlinslitteratur auf die Arbeit des Herrn Dr. A. BÖHM EDLEN VON BÖHMERSHEIM, »Geschichte der Moränenkunde«¹, mögen hier nur noch einige Bemerkungen über die schwedische und finnländische Litteratur Platz finden, in welcher Drumlins und drumlinsartige Moränenformen erwähnt oder beschrieben sind.

In den älteren Blattbeschreibungen und anderen Publikationen der Geol. Landesuntersuchung Schwedens werden manchmal Moränenrücken erwähnt, welche parallel mit den Glacialschrammen gehen. Gegenstand systematischer Untersuchungen sind sie indessen kaum geworden, und es ist nicht leicht, aus den meistens sehr knappen Beschreibungen zu beurtheilen, ob oder wie weit sie zu den Drumlinsmoränen zu führen sind. Oft werden sie als Seitenmoränen und Mittelmoränen bezeichnet. Die ersten näheren Erläuterungen und theoretischen Betrachtungen über dergleiche Bildungen werden von SEDERHOLM aus Finland gegeben². Es geht aus seinen Auseinandersetzungen deutlich hervor, dass diese »Moränenrücken« im inneren Finland, welche durch ihr gesellschaftliches Auftreten der Landschaft einen ausgeprägt streifigen Charakter verleihen, parallel mit den Schrammen und normal gegen die grosse Randmoräne Salpausälkä verlaufen und aus Grundmoräne mit einem Kern von festem Felsen bestehen, mit den amerikanischen Drumlins identisch sind, welche zu dieser Zeit dem Verfasser noch nicht aus der Litteratur bekannt waren. SEDERHOLM erklärt ihre Bildung aus dem hemmenden oder schützenden Einfluss, welchen aufragende Berghügel auf die Bewegung des Grundmoränenmaterials ausübten.

Sowohl aus der erwähnten Arbeit von SEDERHOLM, als aus der neuerschienenen »Geol. Öfversigtskarta öfver Finland, Sekt. V 2, Nyslott« mit zugehöriger Beschreibung von H. BERGHELL³, ergibt sich, dass diese Grundmoränenrücken dort zusammen mit anderen (aus Oberflächenmoräne gebildeten) gleichgerichteten Moränenrücken vorkommen, so dass der streifige Landschaftscharakter, welcher sich auf der letztgenannten Karte so schön geltend macht, nicht ausschliesslich auf Drumlins zurückzuführen ist. Nach BERGHELL (l. c. S. 42) scheint es sogar, als ob es die lockeren Oberflächenmoränenrücken seien, die überwiegend an dem Hervorbringen dieses landschaftlichen Charakters beteiligt gewesen sind.

Vereinzelte Drumlinsmoränen sind von DE GEER aus der Provinz Dalsland (Geol. Kartblatt »Strömstad«, S. 44 u. f.) beschrieben, und derselbe Verfasser scheint auch geneigt zu sein, in einigen anderen Gegenden im mittleren Schweden, wo die geologischen Spezialkarten (z. B. Blatt »Riseberga«, Blatt »Wreta kloster«) das Vorhandensein mit der Eisbewegung paralleler Moränenrücken zeigen, Drumlins zu sehen, welche er

¹ Abhandl. d. K. K. Geogr. Ges. in Wien, III Bd, 1901, N:o 4.

² Geol. Kommissionen, Helsingfors 1904.

³ Om istidens bildningar i det inre Finland, Fennia I, 7, 1889.

mit dem Typus CHAMBERLINS »elongated ridges» gleich stellt und auch mit dem mehr umfassendem Namen *Radialmoränen* bezeichnet. Ferner hat zur letzten Zeit MUNTHE Drumlins in Westergötland und auf Öland gefunden (S. G. U. Bl. »Skara» und »Borgholm»). Zur Vervollständigung der skandinavischen Litteraturangaben über Moränen, die mit einigem Recht als Drumlins bezeichnet werden können, sei noch erwähnt, dass ich in einem Aufsatz von 1881¹ das ausgeprägt streifige Landschaftsbild des Westerbottischen Küstengebietes z. T. den Ablagerungsformen der Moräne zugeschrieben habe, welche in derselben Richtung wie die Schrammen und die durch Glacialerosion gebildeten Bergrücken und Täler ausgezogen sind.

Obgleich ich bei späteren Sommerbesuchen in meiner Heimatgend im nördlichen Westerbotten vereinzelte Grundmoränenrücken vom deutlichen Drumlinshabitus gesehen habe, war es mir nicht in Sinn gekommen, dass drumlinsartige Bildungen hier eine mehr hervortretende Rolle in der Landschaft spielten, bis ich im letzten Sommer, durch die neu erschienenen topographischen Karten (Massst. 1 : 50000) über die südlichen Teilen von Westerbotten (Blatt »Umeå», 6 Sektionen) veranlasst, diesem Landschaftstypus ein näheres Studium zu widmen begann. In der genannten Gegend, und besonders in der Küstenzone, wo die Unebenheiten des festen Berggrunds verhältnismässig klein sind, so dass die Terrainformen überwiegend durch die quartären Ablagerungen bestimmt werden, tritt die Streifung der Landschaft mit auffallender Deutlichkeit hervor, wie aus den als Beispiel beigefügten Kartenbildern (Pl. VIII) zu sehen ist. Meine Erinnerung aus früheren Reisen von der Bodenbeschaffenheit dieser Gegend stellte beim ersten Blick auf die Karte fast ausser Zweifel, dass hier eine ausgezeichnete Drumlinslandschaft mit sehr stark langgezogenen Drumlins (elongated ridges) vorliegen musste, und es kam mir dann auch sehr wahrscheinlich vor, dass weiter nach Norden in derselben Provinz, wo die Bodenformen wegen einer mehr wechselnden Topographie des Berggrunds mehr kompliziert sind, auch Drumlinsmoränen eine hervorragende Rolle in der Landschaft spielen könnten. Diese Vermuthung habe ich den letzten Sommer bekräftigt gefunden, so dass es mir berechtigt erscheint, die ganze Küstenzone von Westerbotten zwischen Nordmaling in Süden und Skellefteå in Norden, eine Strecke von etwa 180 Kilom. Länge und 10—20 Kilom. Breite, als eine Drumlinslandschaft zu bezeichnen (Vgl. Fig. 1).

Drumlins in dem Westerbottischen Küstengebiete.

Ich werde im Folgenden zuerst einige Beobachtungen aus der am meisten typischen Gegend im südlichen Teil des Gebietes mitteilen und nachher die Verhältnisse in der mir schon früher sehr wohl bekannten

¹ A. G. HÖGBOM: Om glacialreporna i Westerbotten. Geol. Fören. Förh. Bd V, 1881.

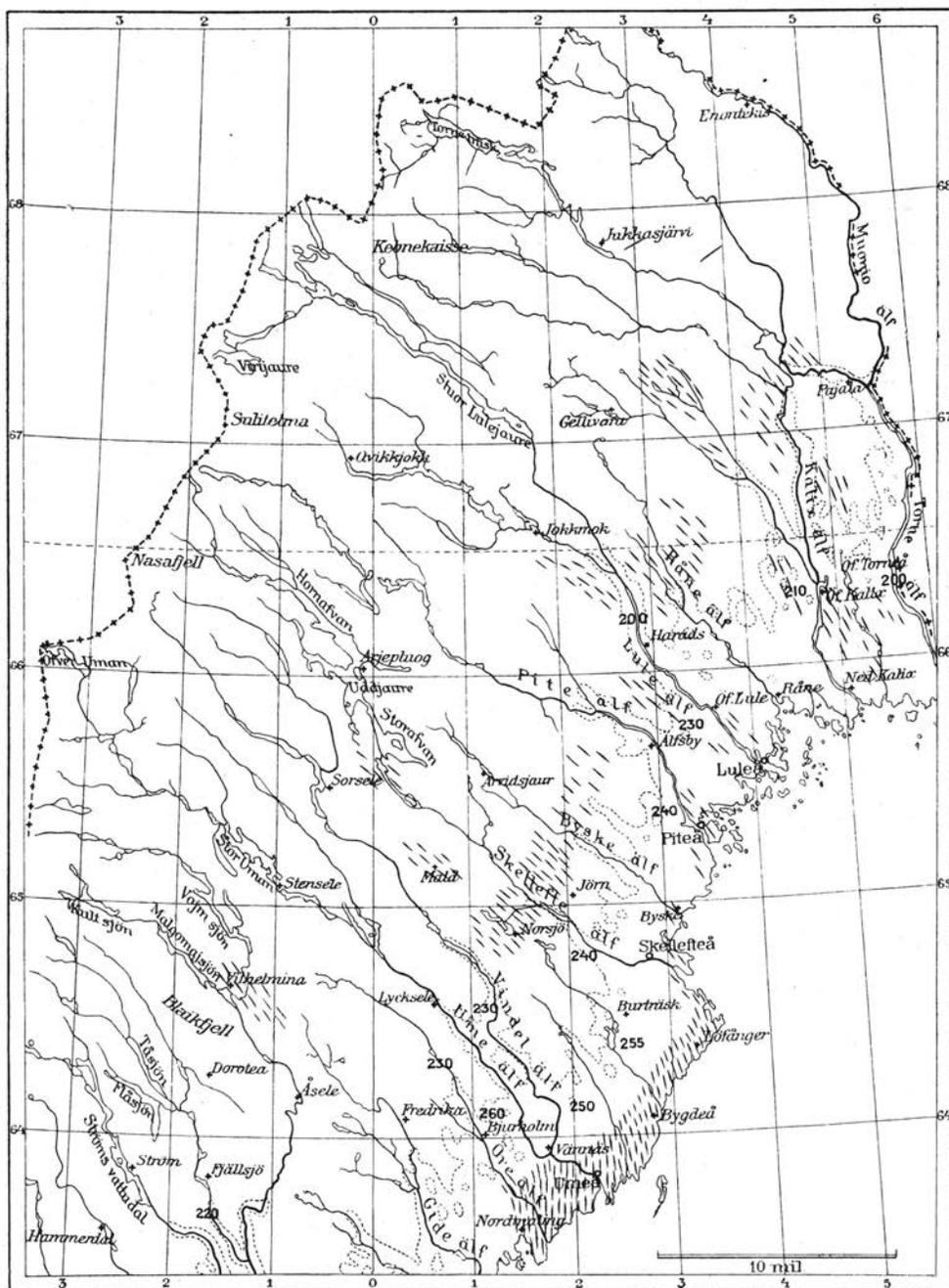


Fig. 1. Kartenskizze über das Vorkommen von Drumlin in Nordschweden. Die Ziffern bezeichnen die Höhe der spätglacialen marinen Grenze in M. über das heutige Meeresniveau, und die feinpunktirte Linie markiert den Verlauf dieser Grenze.

nördlichsten Partie (Löfänger) beschreiben, wo die Ausbildung der Drumlins meistens eine so zu sagen mehr embryonale ist und sich daher nicht in gleichem Masse anderen landschaftlichen Faktoren gegenüber geltend macht.

In den auf der Karte Pl. VIII dargestellten Gegenden, welche für die ganze Küstenzone zwischen Nordmaling und Umeå repräsentativ sind, wechseln mit einander parallel verlaufende flache Moränenrücken mit moorigen oder versumpften trogartigen Senken von ähnlicher Ausdehnung. Die mittlere Breite der Rücken und Senken schwankt meistens zwischen etwa 50 und 100 Meter, die Länge zwischen 1 und 3 Kilometer. Es ist jedoch zu bemerken, dass sie inzwischen von so kleinen Dimensionen werden, dass zwei oder mehrere auf der Karte zu einem zusammengezogen sind. Die Höhe der Rücken überschreitet im allgemeinen nicht einige Meter; 4 bis 6 Meter dürften als ein Mittelwert angeführt werden können, wo sich fester Felsen aus den Rücken nicht erhebt. Wie die Karte (Pl. VIII) zeigt, kommen oft, und zwar meistens in den proximalen Nordenden der Rücken, entblösste Felspartien zum Vorschein. Diese ragen gewöhnlich höchstens nur einige Meter über die normale Rückenhöhe. Bemerkenswert ist, dass diese Felsen mit Vorliebe in derselben Richtung wie die Moränenrücken ausgezogen sind, oder wenigstens eine gewisse Tendenz zu einer solchen Orientierung erkennen lassen. Sie zeigen schön ausgebildete Stoss- und Leeseiten und gut erhaltene Schrammen, welche vollständig mit der Richtung der Moränenrücken übereinstimmen. Die Felsen sind, kurz gesagt, wohl ausmodellirte Rundhöcker und Rundhöckerkomplexe mit einer vorherrschenden Längenrichtung, die mehr von der Eisbewegung als von der Gesteinsart (Granit und Gneiss) und ihrer Schieferung oder Schichtstellung bestimmt wird. (Vgl. auch Fig. 2).

Die ursprünglichen Oberflächenformen dieser Drumlinslandschaft sind durch die Wirkungen der Brandungen modificiert, welche während der säkularen Landhebung successive die ganze Gegend betroffen haben und sich noch an der jetzigen Küste geltend machen. Die Brandungen haben die höchsten Partien der Drumlins abgewaschen, so dass die Gneiss- und Granit-felsen dadurch oft entblösst aus der Moränendecke hervortreten. Weiter sind die Moränenrücken ganz allgemein mit einer Decke von Uferschotter überzogen worden, so dass sie bei oberflächlicher Betrachtung eine gewisse Ähnlichkeit mit Uferwällen bekommen können, mit denen die kleineren Drumlinsrücken auch vergleichbare Dimensionen haben. In den trogartigen Senken ist oft Sand niedergeschwemmt worden, welcher dann die unmittelbare Unterlage für die Torfbildungen dieser Senken bildet. Die aus der Moräne herausgewaschenen feinsten erdigen oder lehmigen Bestandteile sind dagegen in diesem flachen Terrain, das für sie keine geschützten tieferen Senken dargeboten hat, gewöhnlich nicht, oder nur in sehr geringen Quantitäten, zur Absatz gekommen, weshalb die Gegend Mangel an für Ackerbau geeignetem Boden leidet und mehr steril ist als die nördlicheren Küstenregionen der Westerbottnischen Drumlinslandschaft,

wo die Topographie günstigere Bedingungen für die Ablagerung feinerer Erdarten dargeboten hat.

In den letzten Jahren sind zu forstlichen Zwecken grosse Dränierungsarbeiten in dieser Gegend, besonders zwischen Ängersjö und Hörnefors, ausgeführt worden, welche Gelegenheiten darbieten, den inneren Bau der Drumlins zu studieren. Es zeigt sich dann, dass sie wesentlich aus Grundmoräne bestehen, und dass ebenfalls die Unterlage des oben erwähnten Sandes in den Senken denselben Charakter hat. Diese Moräne ist jedoch nicht immer besonders hart gepackt und lehmig, sondern oft ziemlich locker und sandig. Scharfeckige Steine und Blöcke kommen vor, sind aber seltener als solche, deren Kanten und Ecken abgenutzt sind; die grösseren Geschiebe besonders sind an den Ecken und Kanten abgerundet. Nicht selten sieht man Blöcke, welche auf einer Seite flach gewölbt und besonders glatt sind und dann oft auf dieser Fläche parallellaufende Schrammen haben. Über ihre ursprüngliche Lage in der Moräne habe ich in dieser Gegend Observationen nicht gemacht, einige Meilen nördlicher aber, in dem auch sehr schönen Drumlinsterrain bei Holmsund, machte ich später hierüber eine für die Frage von der Bildungsweise der Drumlins recht erläuternde Beobachtung. Bei einer Wanderung auf dem 1 Kilom. ö. von der Sägemühle Sandvik gelegenen, als eine schmale etwa 5 Meter hohe Landenge hervortretenden Drumlinsrücken, fand ich mehrere 0,5—1 M. grosse Blöcke, welche mit ihrem obersten flach gewölbten Teil ein wenig aus der Moräne aufragten und sehr schöne Schrammen genau in der Längsrichtung des Drumlinsrückens zeigten. Es wurde dadurch offenbar, dass dieser einmal die Sohle des überschreitenden Landeises gewesen war, welches die obersten in der Moräne eingeschlossenen Blöcke, ohne sie aus ihrer Lage zu bewegen, abgeschliffen hatte. Nachdem meine Aufmerksamkeit auf diese Erscheinung einmal gerichtet worden war, habe ich derartige einseitig parallelschrammte Blöcke auch in anderen Drumlinsgebieten und auch in anderen Grundmoräenterrains mehrfach beobachtet. Man bemerkt sie am besten dort, wo die Flechten und Moose durch Trampfen von der Gesteinsoberfläche entfernt worden sind, oder dort, wo Wellenschlag, Waldbrand u. s. w. denselben Effekt gehabt haben. Auch bei neuen Wegeanlagen und Landstrassen sieht man oft aufgebrochene und zu der Seite geworfene Blöcke mit einseitig auftretenden gleichgerichteten Schrammen. Wenn man von den kleineren Geschieben absieht, welche meistens, wenn sie überhaupt Gletscherschliffe zeigen, auf mehreren Seiten und in verschiedenen Richtungen geschrammt sind, so scheint es mir, als ob die Schrammen der Blöcke, wenigstens in den Drumlinsgebieten, meistens nur auf einer Seite und nur in einer Richtung vorkommen. An einem Drumlin in Löfånger konnte ich auf einer durchgesuchten Fläche von etwa 30x40 M. nur zwei kreuzgeschrammte Blöcke gegen sechzehn mit einseitig auftretenden parallelen Schrammen finden, und diese zwei waren verhältnismässig klein. Aus theoretischem Gesichtspunkt wichtig ist, dass diese auf ihrer nach oben gewandten Seite parallelschrammten Geschiebe nicht nur auf der Oberfläche der Grundmoräne,

sondern auch in ihrem inneren Teil vorkommen. Es geht daraus deutlich hervor, dass diese Grundmoränen und Drumlinsrücken durch Accumulation gebildet, oder, näher bestimmt, durch allmählichen Übergang der inneren Moräne in Grundmoräne abgelagert worden sind.

Was die Oberflächengestalt dieser Blöcke betrifft, kann man annehmen, dass die angeschliffene Oberseite ihre etwas gewölbte Form durch die Eisbewegung bekommen hat, was also einer Rundhöckerbildung in Miniatur entspricht. Oft dürften jedoch eben die Blöcke, welche schon eine derartige Oberfläche hatten, am leichtesten in der Moräne arretiert geworden, während diejenigen, die mit eckigeren und rauheren Partien aus der Moräne hervorragten, von dem Eis gerammt und fortgeschleppt wurden. Es kann also die flach konvexe Fläche entweder primär vorhanden gewesen sein oder durch Glacialerosion, wie auf einem festen Felsen, als Rundhöcker zugeformt worden sein. Da die Blöcke meistens fast völlig in der Moräne eingesenkt liegen, wäre es nötig Ausgrabungen zu machen, um für jeden Fall zwischen diesen beiden Alternativen zu entscheiden. In einigen Fällen, wo solche Blöcke an den Seeufern durch Wellen und Brandungen herausgewaschen waren, habe ich die Rundhöckernatur ihrer Oberfläche deutlich erkennen können; in anderen Fällen zeigte die geschrammte Oberfläche gar keine Stoss- oder Leeseiten, sondern gab mehr den Eindruck primär zu sein.

Ausser in den hier beschriebenen Drumlingsgebieten habe ich mehrmals in anderen Gegenden, sowohl in Westerbotten als in Norrbotten und Lappland, einseitig parallelgeschrammte Blöcke in Grundmoränen gefunden, welche keine oder nur zweifelhafte Drumlinsformen aufweisen; sie scheinen jedoch die grösste Frequenz in den Drumlins zu haben. Als eine bemerkenswerte Erscheinung mag in diesem Zusammenhang erwähnt werden, dass ich bei Korpikylä einige Meilen nördlich von Haparanda, wo die Felsen häufig zwei verschiedene Systeme von Gletscherschliffen zeigen, nämlich ein älteres mit der Richtung zwischen $N 20^{\circ} W$ und N und eine jüngeres von W bis $W 15^{\circ} S$, auch mehrere Blöcke mit Schrammen in der *erstgenannten* Richtung gesehen habe. Auf einem grossen Blocke waren beide Systeme vorhanden. Zu bemerken ist, dass diese beiden Systeme nur zufällige Schwankungen in der Bewegungsrichtung bezeichnen, wie man auch daraus schliessen kann, dass sie etwas S von Korpikylä in den am Flussufer entblösten Felsen allmählich in einander übergehen und eine NW — SW -liche Richtung annehmen. Die Beobachtung ist indessen insofern interessant, als sie zu beweisen scheint, wie unter gewissen Umständen das Landeis auf eine Grundmoräne Zeugnisse wechselnder Bewegungsrichtungen absetzen kann. Die Denudationsfähigkeit des Eises dürfte indessen in diesem Falle nicht so unbedeutend gewesen sein, wie man im ersten Augenblicke denken möchte. Der betreffende Block kann zur Zeit der ersten Bewegungsrichtung in der Grundmoräne eingebettet gewesen sein und durch Denudation der überlagernden Moräne nachher die Schrammen der zweiten Eisbewegung bekommen haben.

Die oben beschriebenen einseitig und parallel geschrammten Blöcke verdienen, ausser dem Interesse, das sie für die Bildungsbedingungen der Grundmoräne und besonders der Drumlins beanspruchen können, auch dadurch Aufmerksamkeit, dass sie Leitung zum Bestimmen der Eisbewegung in Gegenden geben, wo entblösste Felsen mit Schrammen selten sind. Ich habe manchmal im inneren Norrland, dessen Berggrund oft über weiten Arealen unter Moränen und anderen quartären Ablagerungen verdeckt ist, in dieser Weise die Bewegungsrichtungen des Eises bestimmen können. In den Drumlinslandschaften gibt natürlich die Richtung der Drumlins noch bessere Auskunft über die Eisbewegung. Auch wo die Drumlins weder sehr häufig noch gut ausgebildet sind, kann man diese Richtung manchmal recht wohl als eine gewisse, besonders durch die Moore markierte Streifung auf den topographischen Karten ablesen.

Die am meisten ausgeprägte Drumlinslandschaft findet man, wie gesagt, in der Küstengegend vom südlichen Westerbotten. Wenn man sich dort in nördlicher Richtung von der Küste entfernt, tritt dieser Charakter der Landschaft mehr zurück. Die Drumlins werden spärlicher, weniger regelmässig und so zu sagen gröber ausgebildet, erreichen wohl auch oft gleichzeitig grössere Höhe. Die Veränderung in dieser Richtung erscheint jedoch auf der Karte vielleicht mehrorts grösser als in der Wirklichkeit, weil die Topographie in den oft öden Wald- und Moorgebieten nicht mit derselben Detailreichtum kartiert worden ist wie in den mehr bevölkerten Küstenstrichen. Wo die inneren Gebiete, wie z. B. die Umgegend von Umeå, mehr bevölkert sind, treten die Drumlinsformen auf der Karte ganz gut zum Vorschein. Weil die Gneiss- und Granitberge mit der Entfernung von der Küste grössere Dimensionen bekommen, ist das disponible Moränenmaterial öfters nicht hinreichend gewesen, sie vollständig zu überschütten, weshalb die Drumlins nicht vollendet worden, sondern auf einem gewissermassen embryonalen Stadium verblieben sind. Sie erscheinen dann oft als in der Richtung der Eisbewegung ausgezogene, schweifartige Anhängsel zu den Rundhöckerbergen. Es gibt in dieser Weise ein allmählicher Übergang zwischen typischen Drumlins mit einem vollständig begrabenen Kern zu Gneiss- oder Granitbergen mit einem in der Topographie wenig merkbaren Grundmoränenschweif auf ihrer Leeseite. Dieser Schweif ist jedoch durch seinen Bau, sein flach gewölbtes Querprofil und seine Richtung nicht von den echten Drumlinsrücken zu unterscheiden. Die Westerbottnische Drumlinslandschaft hat in ihrer nördlichen Fortsetzung auf der Strecke Umeå-Skellefteå etwa denselben Charakter wie in den inneren Teilen des eben beschriebenen südlichen Gebietes. Wegen des auch hier mehr hervortretenden Reliefs im Untergrunde ist das Moränenmaterial nicht hinreichend gewesen, die Bergrücken zu überschütten, sondern sie treten gewöhnlich als kopfartige Anschwellungen an den prolimalen Enden der Drumlins hervor, oder diese sind nur als schweifartige Anhängsel auf der Leeseite der Gneiss- und Granitberge ausgebildet. Hin und wieder kann man jedoch auch hier typisch ausge-

bildete langgezogene Drumlinsrücken ohne hervortretenden Gesteinskern finden. Als eine Folge des Bergreliefs sind Seen und Thonablagerungen hier häufiger als auf der Strecke Nordmaling-Umeå. Die Seen haben in dieser Drumlinslandschaft dieselbe Tendenz wie die Berghöhen sich parallel mit der letzten Eisbewegung und den Schrammen zu orientieren. Wie ich in meinem oben citierten Aufsatz über die Glacialschrammen in Westerbotten hervorgehoben habe, ist diese Eigentümlichkeit auf die Wirkung des Eises zurückzuführen, nicht als primäre, die Eisbewegung dirigierende Landschaftsformen anzusehen. Das Eis hat somit hier die Streifigkeit der Landschaft teils durch seine in dem Felsenrunde ausskulptierten Erosionsformen, teils durch die Ablagerungsformen des Moränenmaterials hervorgerufen. Nun ist es zu bemerken, dass die Eisbewegung in der ganzen

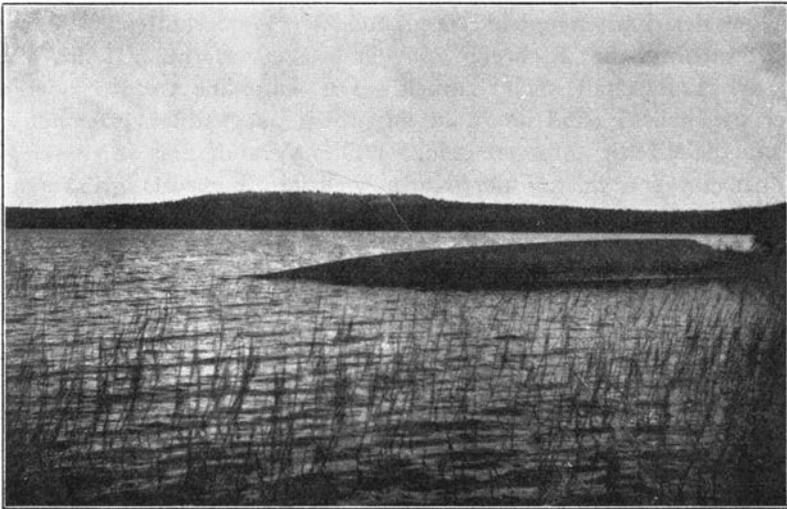


Fig. 2. Flacher, langzogener Rundhöckerfelsen. Im Hintergrund ein etwa 60 M. hoher Gneissberg von derselben Form und mit Moränenschweif an der Leeseite. Gärdefjärd, Löfånger.

hier in Betracht gezogenen Drumlinslandschaft eine anomale gewesen ist, indem eine stark hervortretende Abweichung von der übrigens herrschenden NW—SO:lichen Richtung zu eine mehr N—S:liche Richtung stattgefunden hat, und dass diese Richtungsveränderung, wie ich (l. c.) gezeigt habe, durch Beeinflussung eines am Ende der Eiszeit der Bottnischen Depression folgenden Eisstromes zu erklären ist. Man kann daher die verschiedenen Wirkungen des Eises (die den Felsenrund erodierende und die drumlinsbildende, accumulierende Wirkung) nicht auf ganz verschiedene Zeitabschnitte verteilen, so dass das Eis zuerst die Erosionsformen hervorbrachte und nachher zu einer ablagernden Thätigkeit überging. Es wäre dann eine sonderbare Zufälligkeit, dass auf der ganzen etwa 200 kilo-

meter langen Strecke, eine so durchgehende Koincidenz in den Richtungen der Erosions- und Accumulationsformen stattfindet. Es kommt freilich nicht selten vor, dass sowohl Gneissberge wie Seen und Thalsenken etwas schräg gegen die Schrammen und Drumlins verlaufen; dies muss jedoch lokalen Faktoren, wie Schichtstreichen und Zerklüftungsrichtungen des Gesteins, zuzuschreiben sein, da es nicht möglich ist, für diese Abweichungen bestimmte Richtungen herauszufinden, welche für mehrere Berge und Seen derselben Gegend gemeinsam sind und auf anderee Bewegungsrichtungen des Eises deuten können. Ich komme weiter unten auf einige theoretische Bemerkungen über die hier angedeutete Anschauung zurück, nach welcher das Eis etwa gleichzeitig den Felsengrund erodieren und Drumlinsmoränen ablagern kann. Hier sei nur zur weiteren Charakteristik dieser Land-

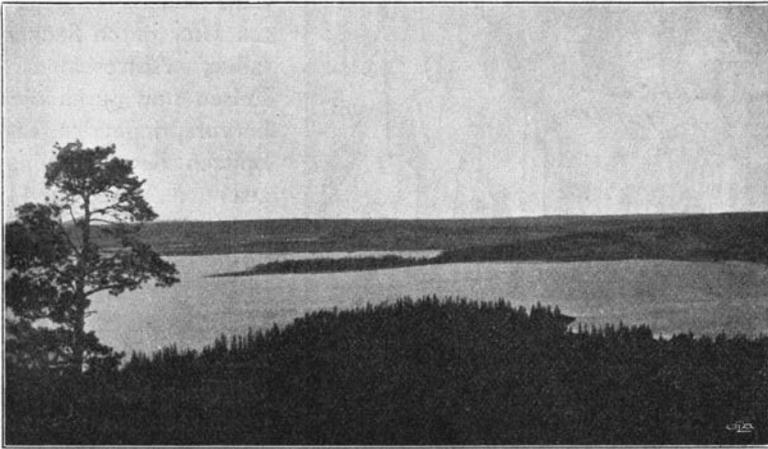


Fig. 3. Ein in dem See auslaufendes Distalende eines Drumlins. Im Vordergrunde ein aus bewaldetem Berg bestehendes Proximalende. Gärdelfjärd, Löfånger.

schaft zu erwähnen, dass die Drumlins und drumlinsartigen Moränen sich nicht nur topographisch geltend machen, sondern dass sie auch auf die Verteilung der Pflanzenformationen und auf die menschliche Kultur einen merkbaren Einfluss üben. Die Bauerndörfer liegen oft mit ihren Häusern reihenförmig an den Drumlinsrücken angeordnet, und die Seitenböschungen der Drumlins bilden gewöhnlich den ältesten Kulturboden, welcher für Ackerbau zuerst in Anspruch genommen wurde. Die Tonebenen und Moore, welche sich zwischen den Drumlins ausbreiten, wurden erst in späterer Zeit mit zunehmender Bevölkerung und mit dem Einführen zeitgemässer Agrikultur als Acker benutzt. Die oft aus festem Fels herausragenden Proximalenden der Drumlins sind, wenn sie sich etwas über die nächsten Umgebungen erheben, ganz allgemein mit Uferschotter und Grand umrandet, welche nur für Waldwuchs geeignet sind, weshalb diese

Partien mit ihren kahlen Rundhöckerfelsen und waldigen Böschungen oft einen auffallenden Kontrast gegen die kultivierten schweifartigen Distalpartien mit ihren Ansiedelungen bilden. Auch auf die Physiognomie der Seen setzt die Drumlinslandschaft ihr Gepräge. Nicht nur in den Uferkonturen sondern auch in den Pflanzenformationen des Ufers und des Wassers ist dies zu sehen. So sind die gegen die Eisbewegung gerichteten Ufer

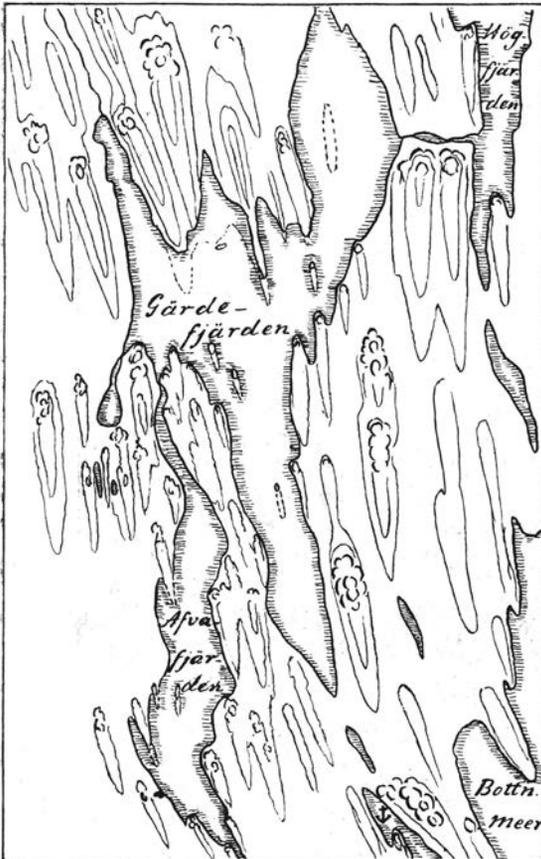


Fig. 4. Kartenskizze über die Umgebungen des Gärdefjärds in Löfånger. Masst. 1 : 80,000.

ganz allgemein durch hervorspringende Rundhöckerfelsen, durch einen steinigen, relativ steil abfallenden Boden mit oft bis an die Uferlinie herabgehenden Nadelwald charakterisiert, während sich die entgegengesetzten Ufer durch flaches Abfallen, Abwesenheit von Felsen und durch die weit hervorspringenden distalen Spitzen der Drumlins auszeichnen. Wiesen und Laubwald sind an diesen Ufern vorherrschend, und weit verbreitete wechselnde Pflanzenformationen kommen hier in dem Wasser vor, während sie an den erstgenannten Ufern ganz fehlen oder mehr untergeordnet auftreten. Diese Unterschiede treten auch dann deutlich zum Vorschein, wenn die Haupttrichtungen des Ufers mit den Drumlins einen nur sehr spitzen Winkel bilden, wie z. B. der Fall mit den auf Fig. 4 dargestellten Seen ist.

Die hier beschriebene Drumlinslandschaft an der Westerbottnischen Küste ist an dem Gebiet der anomalen Gletscherbewegung gebunden. Wenn man die bottnische Küste weiter nach Norden verfolgt, treten die Drumlinformen mehr zurück und spielen nicht mehr eine so hervorragende Rolle in der landschaftlichen Physiognomie; vereinzelt oder gruppenweise kann man sie jedoch die ganze Küstenzone entlang bis nach Haparanda, wenn auch meistens nur rudimentär ausgebildet, beobachten. Ebenfalls hören sie auf oder werden sie wenigstens selten, wenn man von der Küste

nach innen kommt, wo die Gletscherbewegung die normale NW:liche Richtung gehabt hat. Auffallend ist auch, dass die kleinen Endmoränenwälle, welche zu ihren Dimensionen und ihrem Auftreten ganz den von DE GEER u. A. aus dem mittleren Schweden beschriebenen Jahresmoränen ähneln, in dieser Drumlinlandschaft verhältnismässig selten sind. Ich habe jedoch derartige Moränenwälle sowohl bei Holmsund (dem Hafen von Umeå) als in Löfånger beobachtet, wo sie als 1 bis 3 Meter hohe Rücken senkrecht gegen die Richtung der benachbarten Drumlins verlaufen. Sie treten jedoch nur ganz vereinzelt auf, und ich erinnere mich in diesem Drumlingsgebiete im Ganzen nur 5 oder 6 solche Wälle gesehen zu haben. Dagegen werden sie weiter nach Norden im bottenischen Küstengebiet mehrorts häufig wo sie besonders in der Umgegend des Ortes Boden sehr schön entwickelt sind. Auch westlich von der hier beschriebenen Westerbottischen Drumlinlandschaft kommen sie lokal reichlich vor. So habe ich sie schon einige Kilometer westlich von der Drumlinregion in Löfånger in dem kleinen See Stafvattstjern gesehen, wo sie als reihenförmig angeordnete Blöcke aus dem seichten See aufragen, und dem See eine ganz andere Physiognomie verleihen als die für die oben beschriebenen Seen auszeichnende.

Drumlins in dem Westerbottischen Inlande.

Eine zweite Drumlinlandschaft kommt auch in der Provinz Westerbotten vor, nämlich auf dem etwa 250 Meter hohen Plateau, welches sich im Inneren der Provinz nach Westen über die Lapplandsgrenze hin verbreitet. Dieses Drumlinterrain ist zwischen den Flüssen Vindeln und Piteå-elf am besten ausgebildet, und es wird von der Bahn zwischen den Bahnhöfen Hällnäs und Myrheden in etwa nord-südlicher Richtung durchschnitten. Während die Drumlins des vorigen Gebietes submarin auf einer Tiefe von zwei- bis drei-hundert Meter gebildet worden sind, hat die Drumlinbildung hier supramarin stattgefunden, was sich daraus ergibt, dass dieses Gebiet im Ganzen oberhalb der höchsten marinen Grenze (etwa 230 Meter über das heutige Meeresniveau) liegt. Diese Verschiedenheit der Bedingungen für die Eisabschmelzung in den zwei Drumlingsgebieten gibt sich besonders in der Beschaffenheit der Oberflächenmoränen kund, welche in dem hier zu behandelnden Gebiete eine in der Topographie ganz anders hervortretende Rolle spielen als in dem Küstengebiete. In dem letztgenannten muss das Landeis mit einem etwa 300 Meter hohen Steilabfall in dem Meere gestanden haben. Oberflächliches Moränenmaterial dürfte unter solchen Umständen kaum auf dem Eise vorhanden gewesen sein, und die in den tieferen Schichten des Eises eingeschlossenen inneren Moränen dürften zum grossen Teil bei der Kalbung des Eises weggeführt worden sein. Die auf der Grundmoräne abgelagerten

Moränenbildungen sind deshalb in diesem Gebiete meistens ziemlich zurücktretend; die oberflächlichen, lockeren und sandigen Moränenbildungen, welche man in derartigen Gebieten gewöhnlich als Oberflächenmoränen bezeichnet, sind teils durch die Brandungen während der säkularen Landhebung umgelagerte Grundmoränen, teils dürften sie die tiefsten, zum Absatz gelangten Partien der Binnenmoränen des Landeises repräsentieren, in welchem Falle sie sich auch nicht besonders scharf von den oft wenig gepackten und gepressten Arten der Grundmoränenbildungen abheben. Es ist in diesen Gegenden, wo die Moräne auf grosser Meerestiefe gebildet wurde, wie schon oben angedeutet worden, nicht immer leicht die Obergrenze der Grundmoräne festzustellen, da die letztere oft wenig gepackt ist und aus grandigem oder sandigem Material mit nur wenig abgenutzten Geschieben besteht. Wenn die Grundmoräne durch allmähliche Accumulation aus den inneren Moränen gebildet wurde, liegt in diesen ihren Eigenschaften nichts Auffallendes, da sie ja in solchem Falle Übergangsformen dieser Art zeigen muss.

In den supramarinen Ablagerungsgebieten dagegen, wo das Eis eine allmähliche Verdünnung gegen die Grenze gezeigt haben muss, so dass die eingeschlossenen inneren Moränen schliesslich, wenigstens teilweise, als Oberflächenmoränen auf dem Eise zum Vorschein kamen, und wo alles Moränenmaterial beim Abschmelzen des Eises auf den Boden abgesetzt wurde, haben diese supraglacialen Ablagerungen eine weit grössere Bedeutung. Hier begegnet man oft ausgezeichneten Moränenlandschaften, durch ein unregelmässig kleinhügeliges Terrain charakterisiert, wo vielgestaltige Hügel und Rücken mit moorigen Senken und kleinen Seen und Tümpeln ein chaotisches Durcheinander bilden. Die Hügel und Rücken zeigen auch in Bezug auf das sie zusammensetzende Material einen bunten Wechsel. Blockbeladene und blockarme, sandige und lehmige Moränenhügel wechseln schnell und scheinbar ganz regellos mit einander, und fluvioglaciale Grand- und Schottermassen können entweder ganze Hügel aufbauen oder an ihrem Aufbau beteiligt sein¹. Oft entwickeln sich scharfe kleine Rücken oder reihenförmig angeordnete Hügelrücken, welche eine Strecke lang eine vorherrschende Richtung in Übereinstimmung mit der Gletscherbewegung behalten, um in ihrem weiteren Verlaufe andere Richtungen einzuschlagen, oder sich in regellos verteilte Hügel aufzulösen. Diese Rücken wechseln auch betreffend des Materials zwischen typischer Moräne und fluvioglacialartigen Massen. Oft können sie als »Kames« bezeichnet werden. Obgleich diese Moränenhügel und Rücken gewöhnlich nicht grössere Dimensionen erreichen, indem sie meistens eine Höhe von nur

¹ Ausser diesen mehr oder weniger kames-artigen Bildungen kommen auch echte *Åsar* vor, welche von Lappland bis an die Küste verfolgt werden können. Auch die *Åsar* haben in diesem supramarinen Ablagerungsgebiet eine von dem submarin gebildeten abweichende Ausbildung, welche sich besonders darin kund gibt, dass sie anastomosieren und sich in Parallelåsar mit häufigen Åsgraben und Åsgruben auflösen oder sich zu Sandebenen verbreiten.

einigen Meter, selten von 10 bis 15 Meter haben, ziehen sie leicht die Aufmerksamkeit auf sich und können das Entdecken der Drumlinsmoränen, welche nicht so leicht auffallende topographische Formen darbieten, mehr oder minder erschweren. Ich hatte manchmal — freilich zu ganz anderen als quartärgeologischen Zwecken — diese Drumlinslandschaft durchstreift, ehe ich die Bedeutung der Drumlins in der landschaftlichen Physiognomie erkannte. Allerdings war es mir oft aufgefallen, dass die Moore auf diesem Plateau eine vorherrschende, mit der Gletscherbewegung übereinstimmende NW-SO:liche Richtung hatten, was auch auf den topographischen Karten dieser Gegend oft sehr deutlich hervortritt (wie z. B. Blatt »Jörn«); es war jedoch erst, nachdem ich die Drumlinslandschaft zwischen Nordmaling und Umeå studiert hatte, als es mir klar wurde, dass auch hier Drumlins an dem Hervorbringen dieser Streifigkeit in der Landschaft beteiligt sein mussten. Über das räumliche Verhältnis der oben beschriebenen kleinhügeligen Moränengebiete zu den Drumlins sei noch bemerkt, dass diese zwei Morärentypen nicht einander ausschliessen, sondern dass jene oft auf typischen Drumlins aufgelagert sind, wie z. B. der Fall in der auf Fig. 5 dargestellten Gegend ist. Je nachdem der eine oder der andere Morärentypus vorherrscht, können verschiedene Landschaftsformen entstehen; es sind deshalb nicht Drumlins, welche überall in den hier abgehandelten Gebieten in erster Reihe der Landschaft ihren Stempel aufsetzen. So weit ich die Verteilung der kleinhügeligen Moränenterrains in dieser Gegend übersehen kann, lassen sie sich nicht zu bestimmten Zonen oder Rückzugsstadien zusammenführen, sondern treten scheinbar ganz unregelmässig auf. Sie sind also nicht zu grossen Gürtelmoränen an einander gereiht, wie der Fall mit den von FREDHOLM aus dem nördlichen Norrbotten beschriebenen, aus ähnlichen Hügelformen zusammengesetzten Randmoränen ist. Ohne auf die Bildungsweise dieser Hügelmoränen mit ihrer »knob and basin topography« bei dieser Gelegenheit näher einzugehen, möchte ich jedoch die Vermutung aussprechen, dass sie ebenso wie die Drumlins wesentlich aus inneren Moränen (»englacial drift«) und ihren Umlagerungsprodukten gebildet worden sind. Wenn und wo in der Nähe des Eisrandes die Ablation des Eises von oben schneller vorging als die Schmelzung an der Unterseite der Eisdecke, da waren die Bedingungen günstig für die Entstehung des unregelmässig kleinhügeligen Moränenterrains; im entgegengesetzten Falle wurde die Drumlinsbildung begünstigt. Manchmal kann es eingetroffen sein, dass die inneren Moränen vollständig in Grundmoräne verwandelt wurden, so dass beim Abschmelzen am Eisrande kein Material zur Bildung von Oberflächenmoränen weiter vorhanden war; dann liegen die Drumlins, wie nicht selten in dieser Gegend vorkommt, mit ihrer natürlichen Oberfläche unbedeckt im Tage. Wo die beiden Moränenformen zusammen vorkommen, sind natürlich die Drumlins älter, aber ein wesentlicher Zeitunterschied in der Bildung dürfte nicht bestehen.

Aus dem schon gesagten geht hervor, dass gewisse Verschiedenheiten in dem landschaftlichen Charakter zwischen dieser Drumlinslandschaft und der vorher geschilderten Küstenregion vorhanden sind, welche aus den ungleichartigen Abschmelzungsbedingungen des Eises erklärlich sind: in dem einen Falle eine supramarin vorgehende allmähliche Verdünnung bis zum Verschwinden des Eises, im anderen Falle eine im tiefen Meere stattfindende Abschmelzung und Wegführung von Eisbergen am Rande einer mächtigen Eiswand. Diese Verschiedenheiten scheinen jedoch keinen wesentlichen Einfluss auf die Ausbildung der Drumlins selbst ausgeübt zu haben, indem diese mit ganz übereinstimmender Formenausbildung in den beiden Gebieten vorkommen. Die Abweichungen, welche freilich vorhanden sind, sind wesentlich auf andere Umstände zurückzuführen. So haben die Moränenbildungen in diesem inneren Gebiete im allgemein eine viel grössere Mächtigkeit als in der Küstenregion, weshalb sie den Gesteinsgrund viel vollständiger überdeckt haben. Embryonale Drumlins von dem im Küstengebiete so häufigen Typus mit an den Proximalenden hinaufragenden Felsen sind deshalb viel seltener; auch grössere Gebirgshöhen sind hier mit einer die Unebenheiten des Felsengerüstes ausgleichenden Moränendecke überschüttet. Hierbei spielt auch ein anderer Faktor zum Verstärken des Kontrastes ein, nämlich die abradierende Thätigkeit der Brandungen, welche unterhalb der marinen Grenze an allen einigermaßen frei gelegenen Höhen sich geltend gemacht und dabei das Grundgebirge entblösst hat. Aus diesen angeführten Umständen dürfte es erklärlich sein dass entblösster Berggrund im inneren Gebiete so ausserordentlich selten zu sehen ist im Vergleich mit was der Fall in der Küstenregion ist.

Zu dem was schon über die Drumlins selbst in diesem Gebiete gesagt wurde, mögen hier noch einige Bemerkungen über die extremsten Ausbildungsformen derselben Platz finden. Als Beispiel von den sehr langausgezogenen Formen kann der rechts auf Fig. 5 dargestellte »elongated ridge« dienen. Mit einer Länge von mehr als 1800 Meter und einer mittleren Breite von 120 Meter erhebt sich dieser ausserordentlich flache Rücken nicht mehr als 1.6 bis 1.7 Meter über das umgebende Moorland. Dieses Höhenmass erreicht er schon auf einem Abstand von etwa 500 Meter von dem Proximalende, senkt sich dann weiter sehr regelmässig in Richtung gegen das Distalende, so dass er dort ganz unmerklich in den Moor untertaucht. Überhaupt ist dieser Rücken also topographisch so wenig hervortretend, dass man ihn leicht übersehen würde, wenn er sich nicht durch seinen von dem Moore stark abweichenden Pflanzenwuchs merkbar machte. Während der umgebende Moor, dessen Tiefe kaum einen Meter übersteigen dürfte, von Carices und Sphagna mit Sträuchern und vereinzelt verkrüppelten Kiefern bewachsen ist, ist dieser Rücken von Heidepflanzen, wie Renntierflechten (*Cladonia*), *Vaccinium* etc. und von prachtvollen, drei bis vierhundertjährigen Riesenkiefern bekleidet. Ein entsprechender Unterschied macht sich auch in anderen Teilen des auf der Figur dargestellten

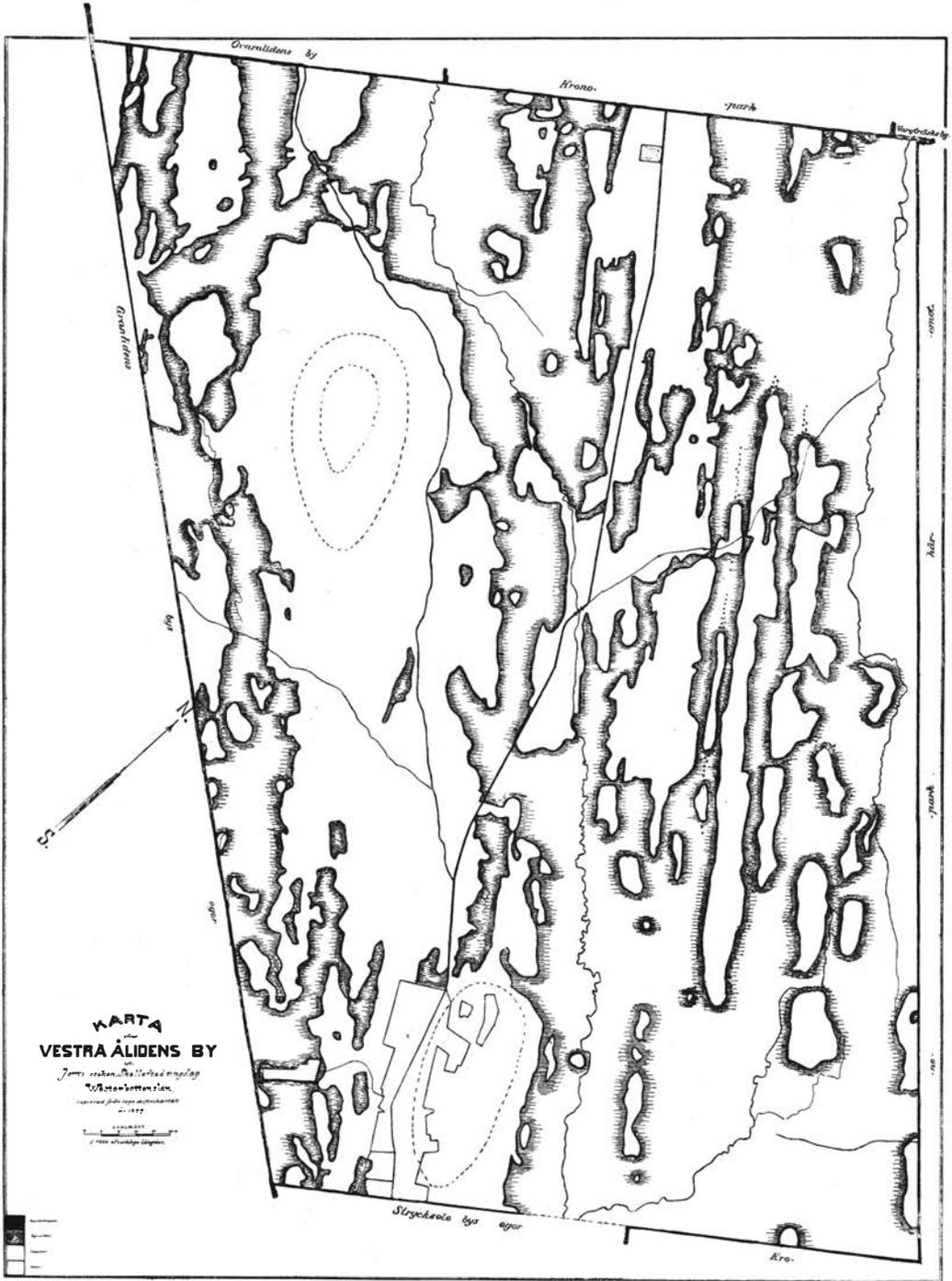


Fig. 5. Karte über das Dorfgebiet Westra Åliden, Jörn. Verkleinerte Kopie nach der Feldmesserkarte (1 : 4,000). Massstab 1 : 20,000.

Gebietes geltend. In der That sind die Grenzen zwischen Moor- und Moränenboden, welche hier oft kaum merkbare topographische Unterschiede zeigen, mehrmals eher als Grenzen zwischen hydrophilen und xerophilen Pflanzenformationen zu bezeichnen. Die an dem hier beschriebenen langen Rücken ersichtlichen kleinen Unregelmässigkeiten der rechten Kontur (Vgl. Fig. 5) bedeuten nicht topographische Unregelmässigkeiten in der Form des Drumlinsrückens, sondern markieren nur, dass die Versumpfung durch das Eindringen der hydrophilen Moose (*Polytricha*, *Sphagna* etc.) lokal etwas weiter auf die flachen Seiten des Rückens hineingedrungen ist. Der Rücken ist also topographisch regelmässiger ausgebildet, als man aus den Konturen desselben auf der Karte schliessen kann. Er ist wirklich meistens mit einer solchen matematischen Präcision geformt, dass ein geschickter Ingenieur ihn besser kaum hätte machen können.

Das Material des Rückens ist Grundmoräne; er ist fast ganz frei von oberflächlich liegenden Blöcken, dagegen sieht man zahlreiche oberflächlich glatte oder angeschliffene Blöcke, welche fast vollständig in der Moräne eingebettet sind. Schrammen sind jedoch, so weit meine Untersuchung ergab, hier nicht zu sehen. Da indessen die Blöcke übrigens auf ihren Oberseiten völlig an ihren Formen mit den an anderen Drumlins beobachteten paralleleschrammten Blöcken übereinstimmen, ist nicht der geringste Zweifel, dass auch in diesem Falle die Drumlinsbildung durch eine gleichartige Accumulation stattgefunden hat.

Die benachbarten Drumlinsrückens, welche auf Fig. 5 zu sehen sind, haben im Ganzen denselben Charakter wie der schon beschriebene. Ihm am nächsten liegt auf der linken Seite ein fast ebenso langer Rücken, der jedoch viel schmaler ist und so geringe Höhe (höchstens nur einige Decimeter) erreicht, dass er sich streckenweise nur durch einen Streifen von kräftigen und dichter stehenden Kiefern kund gibt, welche dort besser gedeihen könnten als auf dem angrenzenden tieferen Moorboden, wo sie verkrüppelt und spärlich sind, z. T. auch ganz fehlen. Weiter nach links sind die Senken zwischen den Drumlinsrückens nicht immer von Moorbildungen eingenommen, so dass mehrere Rücken auf der Karte innerhalb einer Kontur zusammengeschlagen sind und sich deshalb nicht merken lassen; hin und wieder sind sie auch weniger regelmässig, wozu noch kommt, dass kleine Moränenhügel und kames-artige Rücken ihnen aufgesetzt sind oder aus den Moorsenken sich emporheben. Dies ist besonders der Fall an der linken unteren Ecke der Figur und NW von dem Dorfe Åliden.

Auf demselben Kartengebiet kommen weiter zwei Drumlins von dem Typus »elliptical hills» vor. Der eine, links unten auf der Karte, erreicht eine Höhe von etwa 20 Meter mit einer Länge von etwa 600 und einer Breite von etwa 250 Meter. Sein höchster Punkt liegt, wie es die Regel mit den nordschwedischen Drumlins zu sein scheint, etwas nach dem proximalen Ende verschoben. Am Fusse des Drumlins tritt an diesem Ende der Granitfelsen mit schönen etwa NW-lichen Schrammen und mit deutlicher Rundhöckerform im Tage. Der zweite elliptische Drumlin

(links oben auf der Fig. 5) erreicht etwas grössere Dimensionen und bildet ein Waldberg von dem in diesen Gegenden häufigen Typus, welcher in der Volkssprache mit dem Namen »Lid« (best. Form: »Liden«)

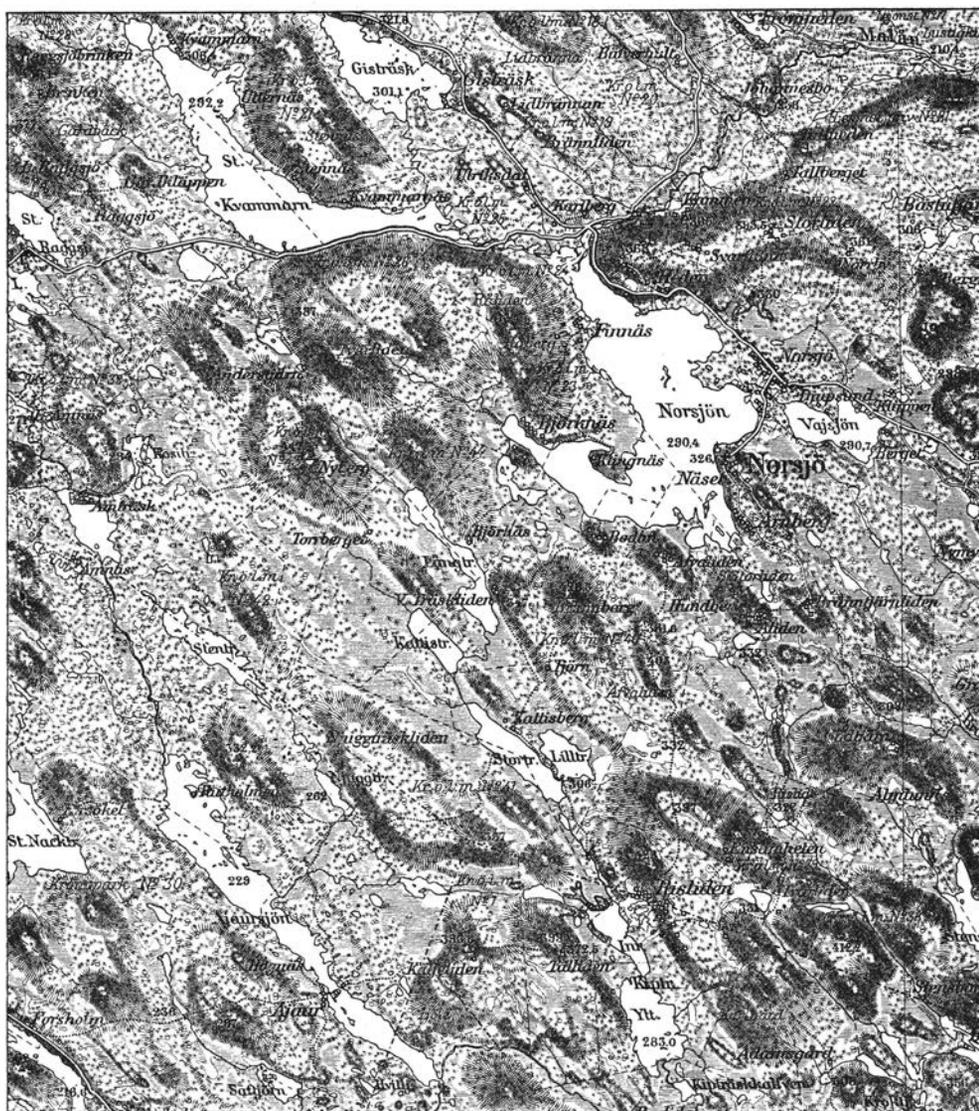


Fig. 6. Lidlandschaft mit Drumlinsformen. Abschnitt des topogr. Bl. "Norsjö" (1 : 200,000).

bezeichnet wird. Es wird damit gewöhnlich eine von Moräne ganz überdeckte, vorzugsweise mit Nadelwald bewachsene, regelmässig gewölbte Höhe verstanden. Die kleinen Ansiedelungen in dieser volkarmen Gegend liegen oft nahe an dem Gipfel mit den Äckern auf der südlichen oder

südwestlichen Böschung, wo sie eine frostfreie Lage und eine gute Wärmexposition haben. Auf den Karten sieht man deshalb in diesen Gebieten zahlreiche Dorf- und Ortsnamen auf »Lid« enden (Vgl. Fig. 6). Es ist kaum zu bezweifeln, dass diese Lide oft wirkliche Drumlins sind. Gewöhnlich dürften sie jedoch in ihrem Inneren einen verhältnismässig grossen Kern von Grundgebirge enthalten, in Verhältnis zu welchem die Moränmasse nur als eine die Reliefformen des Gesteinsgrundes ausgleichende Decke anzusehen ist. Sehr schön tritt die Drumlinsnatur dieser Lide in dem Granitgebiete SW von Norsjö (topogr. Bl. »Norsjö«) hervor, wie aus dem topographischen Kartenbild Fig. 6 zu sehen ist. Die Lide haben hier eine vorherrschend NW—SO-liche, mit den Schrammen zusammenfallende Richtung; sie sind meistens vollständig von Moräne überdeckt und zeigen mit ihren regelmässig gewölbten, elliptischen Formen typischen Drumlinshabitus. Ihre Höhe erreicht 100 bis 150 Meter über die umgebenden Seen und Moorebenen, über welche sich auch flache niedrige Moränenrücken von dem Typus »elongated ridges« erheben. Da die Granitberge meistens durch schroffe Absätze und gebrochene Konturen ausgezeichnet sind, wo ihre Topographie durch deckende Quatärablagerungen nicht ausgeglichen worden ist, dürften die Formen dieser Lide eben durch die Ablagerungsweise der Moräne zustande gebracht worden sein; und da diese Moränendecke überwiegend den Charakter von Grundmoräne hat, kann es nicht unberechtigt sein, diese Lide als Drumlins zu bezeichnen. Sie unterscheiden sich wohl von echten Drumlins nur durch ihren verhältnismässig grossen Kern von festem Gestein. Auch in anderen Gegenden von Nordschweden oberhalb der marinen Grenze sieht man oft dergleichen drumlinsartige Lide, welche unabhängig von der Gesteinsart eine bestimmte, mit den Schrammenrichtungen übereinstimmende Längenrichtung haben; gewöhnlicher aber dürfte dies indessen nicht der Fall sein, oder mit anderen Worten, die Eisbewegung und die Moränablagerungen haben nicht vermocht, die grösseren Berge in Drumlins umzugestalten. Es gibt also hier, wie in den Küstengegenden, allmähliche Übergangs- und Zwischenformen zwischen echten, wohl ausgeprägten Drumlinslandschaften und anderen Terrainformen, auf welchen die drumlinsgestaltenden Faktoren keine merkbaren Spuren hinterlassen haben. —

Ich habe auf der beigegebenen Kartenskizze Fig. 1 nicht nur die hier beschriebenen Drumlinslandschaften in Westerbotten ausgezeichnet, sondern auch, hauptsächlich mit Benutzung der topographischen Karten, in anderen Teilen des Kartengebietes mit ähnlicher Bezeichnung solche Gegenden markiert, wo man aus den Anordnung und Richtung der Terrainformen die ehemalige Gletscherbewegung beurteilen kann. In normalen Fällen dürften Drumlins oder drumlinsartige Moränenbildungen auch hier vorliegen. In anderen Fällen hat man vielleicht mit trog- oder rinnen-artigen Erosionsformen zu thun. Es dürfte nicht immer leicht sein, auch bei einer näheren Untersuchung, zwischen diesen beiden Alternativen zu entscheiden. Dieselbe Schwierigkeit dürfte auch mehrorts im südlichen und mittleren

Schweden vorhanden sein, wo die topographischen und z. T. auch die geologischen Karten, eine gewisse von der Struktur des Gesteinsgrundes unabhängige Streifigkeit in der Landschaft zeigen. Von einigen Gebieten, wie z. B. auf den geologischen Karten »Wreta Kloster«, »Segersjö«, »Riseberga«, dürfte es jedoch berechtigt sein anzunehmen, dass die Streifigkeit durch Drumlins und drumloide Ablagerungsformen der Grundmoräne hervorgebracht worden ist.

Theoretische Schlussbemerkungen.

Die hier beschriebenen nordschwedischen Drumlinslandschaften zeigen im Vergleich mit den am besten entwickelten ausserschwedischen Drumlingsgebieten einige Eigentümlichkeiten, die ihnen ein gewisses theoretisches Interesse verleihen. Sie sind nicht, wie anderswo gewöhnlich ist, an bestimmten, durch Endmoränengürtel markierten Stillstandsstadien der Eisverbreitung gebunden, sondern sie treten in Gegenden auf, wo sich die Wirkungen des Eises im Ganzen weit mehr durch Erosion als durch Aufschüttung kund geben. Es ist deshalb Moränenmaterial für den Aufbau von Drumlins nicht in solcher Menge wie in den peripherischen Teilen der grossen Glaciationsgebiete vorhanden gewesen, und es war folglich oft nicht hinreichend zur vollständigen Überhüllung der Bodenerhebungen, welche den ersten Anstoss zur Bildung dieser Accumulationsformen der Grundmoräne gaben. Als ein Ausdruck für die verhältnismässig starke erosive Thätigkeit des Eises in den hier behandelten Gebieten dürfte auch das Vorherrschen stark langgezogener Drumlinsformen anzusehen sein. Auf dieselbe Ursache ist teils direkt, teils indirekt das häufige Hervortreten fester Gesteinskerne an den proximalen Enden der Drumlins zurückzuführen.

Auch die Rundhöckerformen und die von der Gesteinsart und dem Streichen der Gneisse unabhängigen langezogenen Bergrücken bekunden eine nicht geringe erodierende Wirksamkeit des Eises, welche um so mehr auffallend ist, als sie, wenigstens im Küstengebiete, zu einer Zeit verlegt werden muss, welche von der Bildungszeit der Drumlins nicht wesentlich verschieden sein kann. Der Widerspruch, welcher darin zu liegen scheint, dass das Eis gleichzeitig das Grundgebirge denudiert und Moränenmaterial zum Aufbau von Drumlins accumuliert, findet wahrscheinlich eine Erklärung, wenn man sich die Eiswirkung auf festes Gestein folgendermassen vorstellt. Wie ich in einem früheren Aufsatz über die Topographie der archaischen Kalksteine und die glaciale Erosion¹ gezeigt habe, sind die Kalksteine im schwedischen Grundgebirge im allgemeinen mehr wider-

¹ A. G. HÖGBOM: Om urkalkstenarnas topografi och den glaciala erosionen. Geol. Fören. Förh. Bd. 21, s. 189 (1899).

standsfähig gegen die glaciale Erosion gewesen als die viel härteren Silikatgesteine, so dass sie sich über diese gewöhnlich als Höhen und Rücken erheben. Und ich habe die Erklärung darin gesucht, dass die Kalksteine eben wegen ihrer geringeren Härte von dem Eis zu Rundhöckerformen angeschliffen wurden, welche, als sie ihre Rundung und Böschung der herrschenden Eisbewegung angepasst hatten, viel weniger erodiert wurden als die Silikatgesteine, welche mit ihren hervorspringenden Ecken und Kanten, die noch nicht hinreichend angeschliffen waren, zerbröckelt und als Geschiebe oder Blöcke wegtransportiert wurden. Ob dieser Prozess durch eine subglacial wirkende Frostspaltung unterstützt worden ist, oder ob nur die schon früher vorhandene Zerklüftung die Wirkungen des Eises befördert hat, mag dahingestellt werden. Als eine Thatsache muss man jedoch eine recht bedeutende Erosion durch Losbrechen von Gesteinsblöcken anerkennen, wenn man die grosse Rolle sieht, welche lokale Blöcke und Geschiebe manchmal in den Moränenbildungen unseres Grundgebirges spielen, und dabei auch in Betracht zieht, dass sie meistens nur den letzten Abschnitt der Eisbedeckung repräsentieren müssen: Andererseits bezeugen die oben erwähnten Kalksteinsrundhöcker, dass die Denudation durch Abschleifen verhältnismässig gering sein muss, und wahrscheinlich auf ein Minimum reduziert wird, nachdem die gewölbte Stossseite der Felsen der Eisbewegung ihre Form angepasst hat. Das Eis gleitet dann mit kaum merkbaren denudierenden Wirkungen hinüber, etwa wie ein Strom, nachdem er die Kiesbänke seines Bettes an ihren Proximalenden zugeformt hat, sie bei gleichbleibender Wassermenge nicht mehr, oder wenigstens nur unbedeutend, durch Erosion angreift. Bei abnehmender Wassermenge (Stromstärke) kann der Fluss Sand und Kies an den Proximalenden wiederum ablagern, und in analoger Weise kann das Eis Moränenmaterial an die Proximalenden der Rundhöckerfelsen absetzen, wenn sein Bewegungsvermögen reduziert wird. Da die nordschwedischen Drumlins, besonders im Küstengebiete, ganz allgemein entblösste Rundhöckerfelsen an ihren proximalen Enden zeigen, kann man vielleicht eben darin ein Zeugnis sehen, dass die Drumlinsbildung und die Rundhöckerskulptur etwa gleichzeitig sind. Wenn die Eisbewegung zur Zeit der Moränenaccumulation wesentlich abgeschwächt gewesen wäre, würden die Felsen durch vorgelagertes Moränenmaterial im Inneren der Drumlins begraben sein. Aber Drumlins von diesem Typus scheinen hier selten zu sein. Dagegen kommen sie, wie DE GEER gezeigt hat, in Dalsland innerhalb der dortigen grossen Endmoräne vor. Manche Drumlins im Inneren von Westerbotten, besonders die oben als »Lide« bezeichneten, welche einen verhältnismässig grossen und hohen Granitkern enthalten, dürften auch z. T. ihre Form durch vorgelagertes Moränenmaterial bekommen haben. Wenn die Stossseiten der Granitberge nicht durch die glaciale Erosion eine hinreichend flache Böschung gegen das Eis darboten, mussten die in demselben mitgeschleppten inneren Moränen arretiert werden und eine Drumlinsböschung aufbauen, welche so

zu sagen den Gleichgewichtszustand zwischen Erosion und Accumulation entspräche.

Zur näheren Illustration des Zusammenhanges zwischen den Formen der Gesteinskerne und der Aufschüttung von Moränenmaterial zu Drumlins dürfte es hinreichend sein, auf die auf Tafel VII dargestellten Drumlinstypen zu verweisen.

In den hier beschriebenen Gebieten scheint es die Regel zu sein, dass die Drumlins sich um oder an einen Kern von anstehendem Gestein accumuliert haben. Manche der niedrigeren und stark langezogenen Drumlins dürften jedoch diesen Kern entbehren. Möglich ist, dass diese Drumlinformen den ersten Anstoss zu ihrer Bildung durch ein grosses Geschiebe, welches im Grundmoräne arretiert wurde, erhielten. Auch ist es wohl denkbar, dass inzwischen die innere Moräne selbst dieselbe arretierende Funktion lokal annehmen könnte, wo das Moränenmaterial so reichlich das Eis erfüllte, dass das Bewegungsvermögen desselben stark reduziert oder ganz eingebüsst wurde. Überhaupt dürfte es immer, wo Drumlinbildung stattgefunden hat, ein Hindernis für die Eisbewegung und den Transport vorhanden gewesen sein. Dieser arretierende Kern, er mag nun ein Felsen oder etwas anderes gewesen sein, ist deshalb als ein ebenso wichtiger und wesentlicher Teil des Drumlins anzusehen wie die um oder an denselben accumulierte Moräne. Ob jener oder diese quantitativ die grössere Rolle spielt, hängt einerseits von dem mehr oder weniger hervortretenden Relief des Untergrundes ab, andererseits von der disponiblen Menge der inneren Moräne und der Transport- resp. Erosionsfähigkeit des Eises. Es können sich deshalb einerseits mächtige Drumlinshügel mit einem kaum merkbaren Kern bilden, wie oft der Fall ist in den peripherischen Zonen der Glaciationsgebiete, andererseits Drumlinsberge, welche eine nur dünne oder gar unvollständige Überkleidung durch Moränenaccumulation bekommen haben, wie in den hier geschilderten Gegenden der centralen Teile des Glaciationsgebietes, wo der Relief des Grundgebirges im Verhältnis zu der Mächtigkeit der Moräne überwiegend ist.

Hier begegnen deshalb embryonale Drumlins, oder solche Höhen, für deren Umformung zu Drumlins das Moränenmaterial nicht hinreichend war, und auch Berge für deren jetzigen Charakter die Morändecke unbedeutend und fast ohne Belang ist. Wie vollständig die Überschüttung durch Grundmoräne sein soll, um eine Berghöhe als Drumlin zu rubricieren, ist wohl eine Geschmacksache. Als eine Forderung auf einem Drumlin dürfte jedoch aufgestellt werden, dass die durch Gleichgewicht von Erosion und Accumulation dargestellte flachkonvexe Form sich topographisch kund gibt.

Nachtrag. Nach meinem Vortrage im Geol. Fören. zu Stockholm (Siehe Geol. Fören. Förhandl. 1904, Bd. 26, S. 502 u. f.) hat sich DE GEER für den Austausch des Terms *Drumlins* gegen *Radialmoränen* ausgesprochen. Ich bin nicht von der Zweckmässigkeit dieses Vorschlags ganz überzeugt. »Drumlins» sind schon in der Litteratur so allgemein acceptiert worden, dass es nur Konfusion verursachen würde dafür einen anderen Namen einzuführen. Ausserdem kommen Radialmoränen oder radial zu der Eisbewegung verlaufende Moränenrücken häufig vor, welche gar keine Drumlins sind. Solche sind aus Finland von BERGHELL u. A. beschrieben, und ich habe sie manchmal im inneren Westerbotten zusammen mit den oben von dort beschriebenen Drumlins gesehen, von welchen sie sich durch ihre scharfrückigen Formen, durch das lockere Gefüge des Moränenmaterials (Oberflächenmoräne), durch die Führung von scharfeckigen, oft hoch über die Oberfläche heraufragenden Blöcken und anderen Charakteren unterscheiden. Auch unterscheiden sie sich von den Drumlinsrücken durch ihre weniger regelmässige Richtung und durch ihre schnell wechselnde Höhenlinie. Bei uns in Schweden, wie in Finland, dürften derartige Rücken in einigen Gegenden an dem Hervorbringen eines streifigen Landschaftbildes beteiligt sein. Wenn man den Term »Radialmoränen» benutzen will, ist er sehr gut als Bezeichnung für radial verlaufende Moränenformen, über deren nähere Natur (ob Drumlins oder anders gestaltete Rücken) man sich nicht äussern kann.

Übrigens sei noch hierüber bemerkt, dass »Drumlins» auch aus dem Gesichtspunkt vorzuziehen ist, dass die damit bezeichneten Bildungen nicht nur aus Moräne, sondern, wenigstens gewöhnlich, auch aus einem Kern bestehen, der als ein recht wesentlicher Teil anzusehen ist, welcher so zu sagen in der »Radialmoräne» den ihm gebührenden Platz nicht bekommt. Die sprachlichen Schwierigkeiten, welche »Drumlins» in den schwedischen und deutschen Sprachen darbieten, scheinen mir nicht grösser zu sein als die von unzähligen anderen allgemein acceptierten Termen verursachten. Für die Terminologie der betreffenden Bildungen, für deren verschiedenen Formen und Typen wohl bessere Namen als »elongated ridges», »mamillary hills» u. s. w. erwünscht wären, will ich bei dieser Gelegenheit keinen Vorschlag machen, da meine bisherigen Studien über die Drumlins noch einen allzu zufälligen Charakter haben.

Tafelerklärung.

Pl. VII. Drumlinstypen.

- Fig. 1. Elliptical hills.
- Fig. 2. Elongated ridges.
- Fig. 3. Embryonale Drumlins mit proximalen Rundhöckerfelsen und distalem Moränenschweif.
- Fig. 4. Längenprofil eines elliptical hill.
- Fig. 5. Querprofil eines elliptical hill.
- Fig. 6. Längenprofil eines elongated ridge mit seinem höchsten Punkt an dem Proximalende.
- Fig. 7. Längenprofil eines Drumlins mit an dem Proximalende entblösstem Rundhöckerfelsen.
- Fig. 8. Rundhöckerberg mit distalem drumlinsartigem Moränenschweif.
- Fig. 9. Längenprofil eines Drumlins mit grossem Gesteinskern im Inneren. (Lid-typus).
- Fig. 10. Längenprofil eines Drumlins mit einer in dem distalen Ende begrabenen Gesteinskern.
- Fig. 11. Embryonale Drumlinsform mit aufragendem Gesteinskern an dem distalen Ende.
- Fig. 12. Querprofil durch drei niedrige Drumlinsrücken von dem Typus elongated ridges und zwei zwischenliegende trogartige Senken.

Pl. VIII. Drumlinlandschaften aus südlichem Westerbotten. Abschnitte aus dem topogr. Bl. »Umeå» (Massst. 1 : 50,000).



