

Der Verlauf der Eisrandlagen zwischen Grenaa und Viborg

von

KARL GRIPP

Universität Kiel

Mit 6 Abbildungen und 1 Karte

I. Der Anlass zur Untersuchung

1. Die Morphologie der Altwürm-Ablagerungen

In Holstein war durch neue Beobachtungen der Verdacht entstanden, dass zwischen die eemzeitlich verwitterten, periglazial weitgehend überformten Riss-Absätze und die überwiegend durch Toteis-Schwund geformten Jungwürm-Absätze ältere würmzeitliche Ablagerungen einzuschalten wären. Diese müssten frei von Resten der eemzeitlichen Bodenbildung, aber reich an Spuren periglazialer Einwirkung sein. Da in Schleswig-Holstein die jüngeren Vorstöße des Würm-Eises die frühwürmzeitliche Hinterlassenschaft an Formen weitgehend zerstört haben, kam bei der Unzugänglichkeit Ost-Deutschlands für die morphologische Untersuchung eines Altwürm-Gebietes Nord-Jylland ausserhalb POUL HARDER's ostjütischer Eisrandlinie (D) infrage.

2. Die Entstehung von Djursland

Nachdem in Schleswig-Holstein die Halbinseln zwischen den Förden und ebenso die wagrische Halbinsel + Fehmarn als durch Eisrand-Kerben bedingt, also aus Seitenmoränen aufgebaut, erkannt waren, erschien es angebracht zu prüfen, ob in Djursland die gleichen Gesetzmässigkeiten bei der Entstehung der Halbinsel gewirkt haben.

II. Die Arbeit im Gelände

Eine kurze Bereisung 1961 zeigte grosse Unterschiede der Formen zwischen den Gebieten von Ebeltoft und Fjellerup auf. Auf den Höhen um Fjellerup wurden Ventifakte gefunden. Eine nähere Untersuchung erschien somit aussichtsreich. Da die Deutsche Forschungsgemeinschaft dankenswerter Weise Mittel zur Verfügung stellte, wurde 1962 während drei Wochen das Gebiet zwischen Grenaa und Viborg erkundet und die Untersuchung 1963 nach N und S erweitert.

III. Die Methoden der Untersuchung

1. Um die Grossformen eines eis-entstandenen Geländes erkennen und vergleichen zu können, ist man auf Höhengichtenkarten angewiesen. Diese müssen aber durch Farbgebung plastisch und die einzelnen Höhenbänder durch unterschiedliche Farben weithin verfolgbar gemacht werden.

Schon eine so sparsame Farbgebung wie 50–60 Fuss grün, 100–110 rot, 150–160 violett, 200–210 gelb, 250–60 orange gibt den Höhengichten eine erhebliche Plastik. Das Atlasblad 1:40000 des Geodätisk Institut war für diese Zwecke gut zu gebrauchen. Anfangs hatte ich erwartet mit 6 Blättern auszukommen. Die Suche nach dem Verlauf der Eisrandlagen gegen Westen zwang mich, mehr als 25 Blätter durch Farbgebung lesbar zu machen. Dies geschah zum Teil während der Reise.

2. Ein solches Kartenstudium kann nur ersten, allerdings wertvollen Hinweis über morphologische Zusammenhänge geben. Was das Kartenbild andeutet, muss in Gelände überprüft werden. Von Aarhus, Randers Viborg, Aars und Skanderborg aus habe ich das Gelände mit Bus, Bahn und zu Fuss insgesamt sechs Wochen lang bereist.

3. In ein Netz, das die Atlas-Blade wiedergibt, wurden die auf den einzelnen Blättern erkannten morphologischen Einheiten eingetragen und durch Interpolation zu einem den Gesetzen des fließenden Eises entsprechenden Gesamtbild vereint. (Sieh Karte Tafel 1).

IV. Die Glazialmorphologie von Djursland

Um eine zuverlässig deutbare Ausgangs-Basis für die Untersuchungen zu gewinnen, wurde mit Djursland begonnen. Morphologische Einheiten auf Djursland sind:

1. POUL HARDER's Ostjütische Eisrandlage = D. Sie weist nur Formen der Stauchung und des Toteis-Schwundes auf. Ihr Formenschatz unterscheidet sich nicht von dem des Jung-Würms in Schleswig-Holstein.

2. Eine schlingenförmige Eisrandkerbe, künftig als Nunatak von Nimtofte bezeichnet

3. Eine besondere Zone zwischen dem Nimtofte-Nunatak und der Ostjütischen Eisrandlage

4. Die Seitenmoränen, die vom Nimtofte-Nunatak gegen N und W abzweigen.

Abschnitt 2–4 seien nachstehend näher erörtert.

Zu 2, dem Nimtofte-Nunatak sei erwähnt: Das Hochgebiet zwischen Ryomgaard und Fjellerup, beziehungsweise zwischen Lövenholm und Örum ist oben auf der Höhe randlich ringsum von Endmoränenzügen umgürtet. Im N bei Munkhus und den Höhen von Ramten und im S, von den Voldbakker bis Aasbakker und Povel Bakke ist der Eisrand aufeinander zugerichtet deutlich zu erkennen. Georgsminde Hede entspricht der zentralen Niederung dieses Aufschüttungs-Nunataks. Dieses Niederung dürfte während der Glazialzeit nach NW in Richtung Gjesing entwässert worden sein. Das Tal mit dem Vallum Sö unweit Ryomgaard halte ich für ein Tunneltal, das Wasser in das zentrale Becken des Nunatak entliess.

Das Tal mit dem kürzesten Weg und stärksten Gefälle zum nahen Kolind Sund, das der Nimtofte Aa, wird erst nacheiszeitlich die Entwässerung der zentralen Senke übernommen haben.

Die Schuttanreicherung im Raume des späteren Nimtofte-Nunatak wird zunächst ganz vom Eise überdeckt gewesen sein. Als dann die Oberfläche des Eises tiefer abgesunken war, wurde allmählich eine geschlossene Ring-Moräne aufgehäuft, die im Zentrum eine vermutlich mit Becken-Absatz erfüllte Senke umschloss. Als die Oberfläche des Eises noch tiefer abgesunken war, trennte sich das Eis zu je einer südlich und nördlich des Nunatak vordringenden Eiszunge. Diese warfen damals die an den

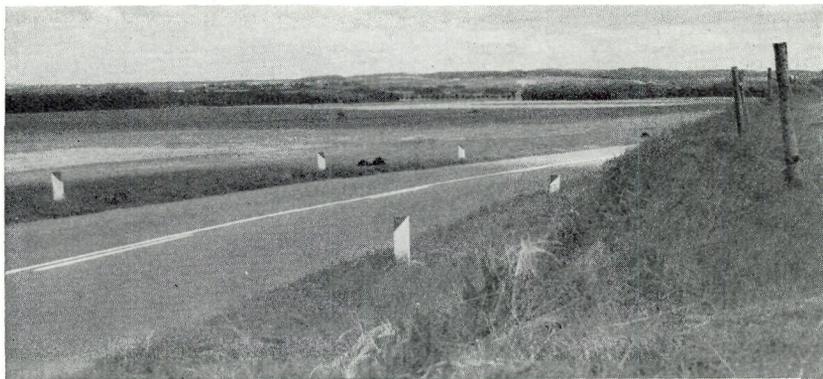


Abb. 1. Blick auf die Westseite des Nimtofte Nunatak von der Aussenseite der südlichen Seitenmoräne an der Landstrasse Randers-Grenaa 2 km westlich Gle. Estrup.

Nunatak nach W anschliessende Seitenmoräne Avning — südlich Randers und andererseits die nach NW von Fjellerup in Richtung Udby verlaufende Seitenmoräne auf. Der Nimtofte Nunatak ist in ungleich geringerem Ausmaasz nachträglich vom Eise gepresst als diejenigen von Mön und Rügen. Seine modellartige Ausbildung verdankt er dem Umstand, dass die Eismassen der Ostjütischen Randlage nicht mehr bis an den Nunatak vorgedrungen sind.

Zu 3. Der Bereich zwischen Nimtofte Nunatak und Ostjütischem Eisrand, beziehungsweise dem Kattegat, wird von einer Anzahl jüngerer Moränenzüge erfüllt. Deren ältester, von Skiffard ausgehend, verläuft östlich des Tales der Örum-Aa und weiter nach N über Laen und erreicht bei Bönnerup die Küste. Östlich schliesst ein weiterer Höhenzug an. Es bleibt fraglich, ob Sexhøj westlich von Ginnerup dazu gehört; aber östlich Skaervad, Slaphøj und Rimsø ist er zu erkennen. Weiter südlich folgen mehrere, zum Teil niedrige Höhenzüge, die südlich Grenaa in SSW-Richtung verlaufen, nördlich der Stadt in nördliche Richtung abbiegen. Zwischen Maarup und Nödager (Blatt 2216) verlaufen zwei Höhenzüge in Richtung NW-SO. Auf Blatt 2218 ziehen sie von Tirstrup über Attrup nach Hoed zu in W-O-Richtung und biegen östlich dieses Ortes zunehmend in die N-Richtung ein.

Da südlich des Stubbe Sö die Ostjütische Jungmoräne eine Gabel aufweist, sind die Hyllested Bjerge in ihrem südlichen Teil noch dieser Eisrandlage zuzurechnen. Zwischen dieser und dem Nimtofte Nunatak treffen wir somit eine Anzahl hintereinander gelegener Schuttanhäufungen an, die teils echte Moränen, teils vielleicht nur untereisische Aufschüppungen darstellen. Auf der von Dansk Geologisk Forening im Juni 1963 durchgeführten Exkursion zeigte sich, dass der Höhenrücken von Sangstrup aus Kreide-Kalken besteht, demnach ein von der Exaration verschontes Band unmittelbar vor einer Eisrandlage sein dürfte. Diese Eisrandlinien zeigen jedenfalls deutlich, dass sich die Zweiteilung des Eisrandes vom Nunatak erst nach O, später aber stark nach S verlagert hat. Eis ist hier also schon früher als während der Randlage D von SO gegen NW vorgedrungen. Wir werden dieses Richtung des Eisflusses auf Blatt 2014 und 2214 bestätigt finden.

Zu 4, der Frage nach den Seitenmoränen sei hervorgehoben:

a) Die nördliche Seitenmoräne, die vom Nunatak bei Stenvad abzweigt, verläuft über Fjellerup, nō von Oersted und weiter nach Udby. Sie scheint sich unter einigen Ausbuchtungen über Hadsund hinaus nach NW zu erstrecken.

b) Die südliche Seitenmoräne trennt sich sö von Avning vom Nunatak, biegt im Hvidbakke Skov nach W ab und ist quer über Bl. 2014 bis südlich von Randers zu verfolgen. Da das Eis südlich dieses Moränenzuges lag, ist der weitere Moränenzug, der aus SO kommend, dies Blatt zweigeteilt quert, jünger als der Avning-Zug.

Es ist somit eindeutig zu erkennen: Die Nimtofte Eisrandgabel trennte einen nordjütischen von einem südlichen Eislobus. Da der südliche, wie wir sehen werden, bis in die Umgegend von Viborg reichte, sei er nach dieser Stadt benannt.

V. Die ältere Eisrandgabel von Spentrup-Hald

Die Nimtofte Eisrand-Kerbe muss naturgemäss irgendwo im Winkel zwischen den von ihr ausgehenden Seitenmoränen eine Vorläuferin gehabt haben. In dieser Hinsicht verdächtig ist der unweit des Meeres 100 m Höhe erreichende Höhenzug von Spentrup-Hald. Dieser gehört zweifellos einem Moränenzug an, der älter ist als die vom Nimtofte-Nunatak nach N abzweigende Seitenmoräne. Der Zug von Spentrup-Hald ist in NW-Richtung unschwer zu verfolgen, auf Bl. 1812 über Dyrby und Hem. Er quert auf Bl. 1612 bei Mariager den gleichnamigen Fjord und zieht durch den Forst Rold Skov mit Höhen über 100 m bis nahe an den Limfjord. Für diese Untersuchung wichtig ist die südlich von Spentrup-Hald abzweigende Eisrandlage. Diese Seitenmoräne ist ungleich schwächer ausgebildet, geht sie doch von einem erheblich weniger stosskräftigen, beziehungsweise ernährten Eiszufluss aus als die weiter nördlich aus dem Kattegat vordringende Eismasse.

Von Hald biegt zunächst ein ansehnlicher Höhenzug über Linde nach Lem, also nach SW ab. Östlich vorgelagert ist ein etwas jüngerer Teil der Gabel mit den Höhen von Aastrup Gde und Stövring. Auf Bl. 1812 ist

ein Höhenzug, der der nördlichen Seitenmoräne gleichwertig wäre, nicht zu finden. Wir müssen daher den der nördlichen Seitenmoräne südlich annähernd parallelen Höhenzug herausuchen. Einen solchen erkennen wir südlich des Glenstrup Sö. Dieser Rücken biegt weiter östlich nach S ab, verläuft über Kaastrup, Asfaerg, zieht nach O weiter über Terp und Bjergby, womit der Anschluss bei Lem erreicht ist. Nach NW zieht dieser Höhenzug weiter über Sr Onsild, östlich Hvornum, westlich Brøndum und weiter auf Bl 1610 südöstlich von Snaebum über Hvilsom, nördlich Hvam bis an den Westrand dieses Blattes. Südlich von Hvam verlaufen der Moränenzug von Hattenshøje und wenig südlich davon die Tulsbjerge

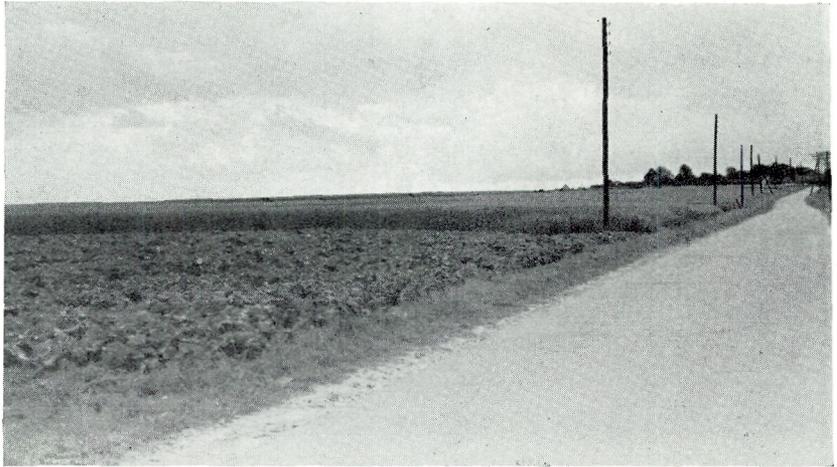


Abb. 2. Der periglazial eingeebnete Hang östlich des Dorfes Hald, nördlich von Randers, von N gesehen.

gleichfalls in W-O Richtung. Auf Bl. 1608 dürfte die Fortsetzung der Tulsbjerge nach SW abbiegen, der Hvilsom-Zug über Fjelsø verlaufen.

Die auf Bl. 1610 nördlich von Simested aus Hverrestrup Bakker und den Höhen bei Testrup gebildete bogenförmige, nach S offene Moränen-Reihe setzt sich auf Bl. 1608 nordwestlich von Osterbølle fort. Zunächst bleibt unentschieden, ob die Hverrestrup Höhen von N oder von S her zusammengesoben wurden. Eine Sandentnahme, unweit Testrup und westlich der Strasse Aalborg-Viborg gelegen, zeigte eine von N her aufgesprengte Stauchfalte.

Das breite Tal zwischen Simested und Stenild jedoch erinnert an einen mit Toteis erfüllten Zungenbecken-Rest einer nördlich davon verlaufenen Eisrandlage.

Andererseits finden sich weiter gegen N

- a) nördlich von Stenild bogenförmige, nach N offene Höhenrücken
- b) zwischen Kongens Tisted und Ravnskilde ein über 200 Fuss Höhe erreichender, nach N offener Höhenrücken



Abb. 3. Das periglaziale Haupt-Trockental von Bröndum, von S, von der Strasse Hejring-Oels aus gesehen.



Abb. 4. Das im Hintergrund von Abb. 3 nach W (links) abzweigende Nebentrockental.

- c) ein von Vonsild über Gislum, Sønderup nach Suldrup verlaufender Moränenzug
 - d) ein von den Gjøttrup Bjergen über Jelstrup, Aars nach Skivum ziehender Moränenzug
 - e) westlich des Tales der Hjalkjaer Aa offenbar noch jüngere, hier in N-S-Richtung verlaufende Moränen-Rücken.
- Der unter b genannte Zug setzt sich anscheinend westlich des Tales der

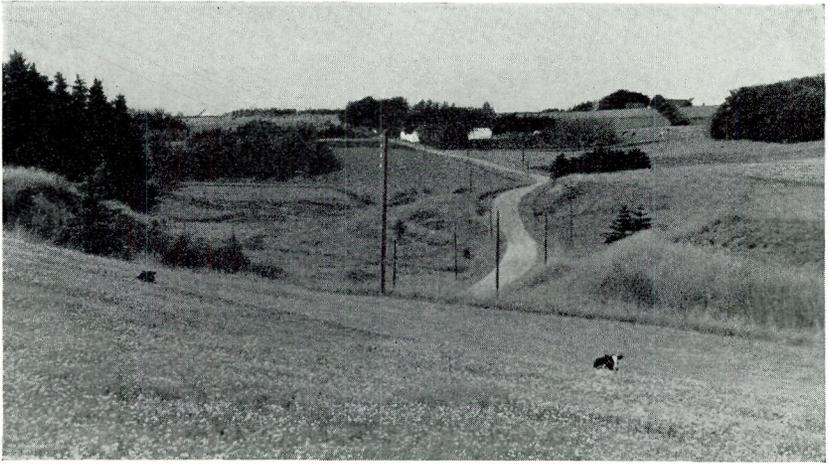


Abb. 5. Blick quer über den aus aneinander gereihten vermoorten Senken zusammengesetzten Toteis-Talzug von Brøndum.

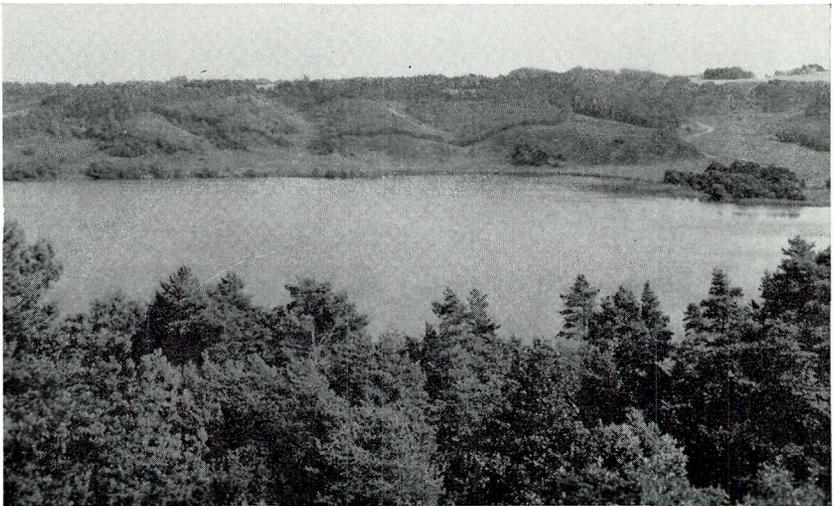


Abb. 6. Die periglazial zertalte Ostseite des Tunnel-Tals von Dollerup südlich von Viborg. Das Becken des Hald-Sees ist durch Toteis-Schwund später als die periglaziale Steilwand-Zertalung entstanden.

oberen Simsted Aa bis westlich Hornum in nördlicher Richtung fort. Er wie die anderen genannten Moränenzüge wurden von NW her vom Skagerak-Eis aufgehäuft. Der dem Ravnskilde-Hornum Rücken im O gegenüber liegende Höhenzug Mariager-Rold Skov aber verdankt seine Entstehung dem Kattegat-Eis. Hier, südlich des Limfjordes, ist also die Kerbe zwi-

schen dem von NW und dem von O gekommenen Eis geschlossen und nur noch durch einen Talzug angedeutet.

Trifft diese, wie mir scheint morphologisch hinreichend begründete, Auffassung von der Begegnung des Skagerrak- und Kattegat-Eises zu, so dürfen wir aussagen, im Bereich der Hverrestrup Bakker stiess das südlich der Moränen-Gabel von Spenstrup-Hald vorgedrungene Eis des Viborg-Gletschers gegen Skagerrak-Eis. Im Raume Viborg-Lovns Bredning scheinen sich Viborg-Gletscher und Skagerrak-Eis s-förmig verzahnt zu haben. Eine Eiszunge drang im Bereich des Hjaerbaek Fjordes nach S und zwischen Tulsbergen und Simstedt ein Teil des Viborg-Gletschers nach N vor.

VI. Die südlichen Seitenmoränen der Viborger Gletscherzunge

Während die Moränenzüge der Nordflanke des Viborg-Gletschers auf Bl. 1610 eindeutig zu erkennen sind, gibt B. 1810 und zunächst auch 2010 über den Verlauf der Eisrandlagen wenig Anhalt. Auf Bl. 2010 sind W-O streichende Rücken zu erkennen. Aber eine zugehörige Stirn im Westen konnte bislang nicht ausgesondert werden. Immerhin besteht die Möglichkeit, dass auf Bl. 2008 der von Dollerup westlich an Finderup vorbeiziehende Höhenrücken mit dem von Romlund in Verbindung stand, sich im SO von Bl. 1808 in östlicher Richtung über Rogenstrup und Navntoft und auf Bl. 1810 sicherlich bis Rödding erstreckt hat. In dem Höhenzug Vammen-Lindum dessen Fortsetzung zu sehen, erscheint einstweilen zu gewagt. Nach dem hier geschilderten Verlauf der Höhen befinden wir uns noch im Nordteil oder an der Stirnseite des Gletschers.

Auf der Suche nach der Südseite des Gletschers gibt Bl. 2210 zunächst auch noch keinen Anhalt. Aber zusammen mit Bl. 2410 und 2412 lassen sich eindeutige Leitformen aufzeigen. Die Seen-Rinne von Silkeborg bis Venge trennt den W-O verlaufenden Himmelbjerg-Moränen-Zug von einem nördlichen. Dieser verläuft aus der Gegend nördlich Tulstrup (2412) nördlich Laven Stationsby, westlich Linaa, biegt hier nach N ab und ist über die Höhen westlich von Grauballe nach Lemming-Nørrehede bis Nørskovlund zu verfolgen. Ob die Höhen westlich des Tange Sö die Fortsetzung darstellen, ist vorerst nicht zu erkennen. Falls sich zu diesem, aus der W-O in die N-Richtung umbiegenden Moränenzug parallel verlaufende finden, dürfen wir aussagen, die Südflanke des Viborg-Gletschers gefunden zu haben. Jüngere parallele Moränenzüge sind vorhanden. Einmal nördlich von Skjørring (2412) nach W über Sorring, dann auf Bl. 2410 nach NW umbiegend südlich und westlich von Skannerup und auf Bl. 2210 in nördlicher Richtung weiter über die Gjærn Bakker bis nordwestlich von Horn. Schliesslich erkennen wir die gleiche Richtung, wenn auch als breiter flacher Höhenzug schwerer deutbar, auf Bl. 2212 in dem 90-100 m hohen Zug, der aus der SO-Ecke des Blattes über Frijsenborg westlich Haurum bis östlich Tostrup zu verfolgen ist. Mangel an Toteis und die periglaziale Einebnung haben dies Gebiet — von der späteren Zertalung abgesehen — einförmig werden lassen. Zu den aus der O-W-Richtung nach N abbiegenden Endmoränen gehört auch die mit dem Himmelbjerg. Auf der Westseite von Bl. 2410 biegt sie schon leicht nach N ein. Auf Bl.

2408 ist sie, NNW verlaufend, bis Moselund als geschlossener Zug ausgebildet. NW des Bölling Sö tritt sie letztmalig als Höhe hervor.

Es ist somit, da viermal belegt, die Himmelbjerg-Moräne eindeutig die gesuchte Südseite zu der in der Gegend von Simsted gelegenen Nordseite des Viborg-Gletschers. Dieser hat somit eine Breite von rund 65 km gehabt.

VII. Das Zusammentreffen des Ostjütischen Eisrandes mit der südlichen Seitenmoräne des Viborg-Gletschers

Durch die zwei Seenketten Silkeborg–Julsö–Knudsö–Ravnsö und Salten Langsö–Mossö sowie die sie begleitenden Höhenzüge ist der Südrand des Viborg-Gletschers hinreichend gekennzeichnet. Um den Kontakt von dessen südlichen Seitenmoränen mit der Ostjütischen Eisrandlage kennenzulernen, suchte ich von Skanderborg aus diese Grenze festzulegen. Gegen NW reichen Toteis-Formen bis nördlich Venge. Von Ballen südöstlich von Nr. Vissing an treten Trockentäler zahlreich auf. Das Ostende der Gödvad-Laven Seitenmoräne des Viborg-Gletschers, zwischen Nr. Vissing und Höver gelegen, berührt sich hier mit dem Ostjütischen Eisrand.

Südwestlich von Skanderborg schob das Ostjütische Eis eine von Skanderborg bis Yding vorgedrungene und über Ovsted nach SO verlaufende Bogenmoräne zusammen. Zwischen Yding und Vorladegaard treten die periglacialen Trockentäler des älteren Würm zahlreich auf. Die Stirn des Ostjütischen Eises verlief also quer zu den Moränenzügen und Zungenbecken-Resten des Südrandes des Viborg-Gletschers.

VIII. Die jüngsten Teile des Viborg-Gletschers

Die starke Zertalung des Gebietes auf Bl. 1812 erschwerte es, zusammengehörige Züge zu erkennen. Der NNO–SSW verlaufende, 417 Fuss hohe Rücken westlich von Vissing setzt sich möglicherweise auf Bl. 2212 in den Höhen von Skjöd und Foldby fort. Dort dürfte er sich mit dem nächst-älteren Frijsenborg-Zug vereinigen. Nach O kann dieser Rücken in einen Zug wenig südlicher als die Nimtofte-Nunatak-Randmoräne übergehen. Hier ist somit ein erheblicher Ausfall von Randstadien eingetreten und dadurch ein Nachweis von Zusammenhängen wenigstens zunächst unmöglich.

IX. Gesamtbild des Viborg-Gletschers

Nicht nur in den späteren Phasen der Würm-Vereisung löste sich das Eis zunehmend in Einzel-Gletscher auf; auch der Rand des älteren Würm-Eises war tief zerkerbt. Dem weitreichenden Einschnitt von Spentrup-Hald folgte auf gerader Linie die tiefer gelegene Zweiteilung des Eises durch den Nimtofte Nunatak. Dieser entspricht einer unverdrückten Schlingen-Kerbe des Eisrandes.

Die Achsenlinie der Folge von Zungenbecken des Viborg-Gletschers verlief anfangs bogenförmig nach NW, danach mehr in W–O-Richtung

und bog im letzten Stadium wieder in die NW-SO-Richtung um. Die im Raume östlich und südöstlich des Nimtofte-Nunatak erkennbaren Eisrandlagen dürften mit denen zwischen Viborg und Silkeborg gleichaltrig sein.

Dem nach unbekannt langer Zeit nachfolgenden Ostjütischen Eisvorstoss war eine anderer Dynamik eigen als dem älteren Viborger Vorstoss. Er schnitt daher die Formen der älteren Vereisung diskordant ab. Jedoch enden die Ablagerungen dieser Eirandlage D gegen N schon bei Hyllested. Bei Katholm sind periglaziale Trockentäler häufig. Die Fortsetzung der Moränenzüge liegt unter Wasser und ist nördlich von Djursland anscheinend durch küstenparallele untermeerische Rücken angedeutet. Die Geschiebeführung war nördlich und südlich des Nunatak verschieden, im N überwiegend kristalline Gesteine, im S ganz überwiegend Kalke reich an Flint so bei Kirial, Skiffard, Postbjerge bei Avning und Liltved.

Welcher von den Torflagen je Eem die zwischen Viborg-Vorstoss und Ostjütischer Randlage einzuschaltende Zeit erhöhter Wärme entspricht, soll später erörtert werden.

X. Die Oberflächenformen im Gebiet zwischen den Eisrandlagen C und D

A. Periglaziale Formen

1. *Einebnungsformen.* In den Geschiebemergel-Gebieten von Ballehøj unweit Hornslet, und der Höhe von Spentrup-Hald fehlen Kleinformen. Völlig ausgeglichen sind die geneigten Hänge, dies in einer Weise wie sie innerhalb der Randlage D unbekannt ist. Solche Hänge darf man als periglazial zerflossen ansehen. Auch Ebenen ohne Kleinformen treten auf z.B. südlich der Tulsbjerge (1610). Möglicherweise liegt hier ein Gegenstück vor zu den Grundmoräne-Ebenen, die man uns 1961 anlässlich des INQUA-Kongresses in Polen südlich der Leszno (Brandenburger) Eisrandlage zeigte. Die Deutung als periglazial zerflossene Grundmoräne am Grunde eines Toteis-freien Zungenbeckens erscheint zulässig.

2. *Erosions-Formen.* Begibt man sich von Hald (1814) nach O, so geht man von 300-100 Fuss Höhe einen völlig ausgeglichenen Hang hinab. Erst dann trifft man unweit der Tvede Aa auf ein wasserfreies Erosionstal. Dies und zahlreiche ähnliche Täler am Hang zur Niederung mit dem Randers-Fjord dürften, soweit sie einen längeren Lauf besitzen, dem entsprechen, was als Rummel bezeichnet wurde. Eine solche setzt auch bei 300 Fuss Höhe zwischen Station und Dorf Hald ein. Sie mündet in ein breiteres Trockental. Dies besitzt seinerseits Gegenstücke im SO, N und W der Höhe von Hald, sodass diese als eine periglazial zerflossene und radial zertalte Geschiebemergel-Höhe aufgefasst werden darf. Eine periglaziale Zertalung tritt ferner als Hangzertalung am westlichen wie am östlichen Steilufer der Randers-Fjord-Niederung auf. Es sind hier somit die auf gefrorenem Boden entstandenen Erosions-Formen voll vorhanden. Ein gleiches gilt für den ganzen Bereich älter als die Ostjütische Eisrand-

lage. Die Hänge des Nimtofte Nunatak sind beiderseits Ryomgaard ebenso durch kurze Trockentäler zerschnitten wie die Höhe von Ör Alling und Hvilsager (2014), die Steilufer des Gudena-Tales (2012), des Mariager Fjordes von Mariager bis Hadsund oder die Steilhänge der Viborger Seen oder des Hald Sø (2008).

3. *Deflations-Formen.* Der Abtrag durch Wind ist ausser durch Wannens morphologisch schwer zu erkennen. Jedoch darf für sandige Teile des untersuchten Gebietes erheblicher Abtrag durch Wind angenommen werden. Dies bezeugen die Ventifakte. Windkanter z.T. von über $\frac{1}{2}$ m Durchmesser wurden angetroffen auf den Höhen von Fjellerup und Hegedal (1816), auf den Tulsbergen (1610) und unter den Grabsteinen auf dem Wikinger Friedhof zu Lindholmhöje.

B. Toteis-Formen

Zwischen den erwähnten periglazial entstandenen Formen sind solche des Toteises zahlreich vertreten. Die schon erwähnte Seen-Rinne Viborg-Dollerup kann nur dadurch vor Auffüllung durch Schmelzwassersande bewahrt geblieben sein, dass sie mit Eis plombiert war. Ein gleiches gilt für alle Seen des Gebietes (ausgenommen auf Salzstrukturen). Auch vermoorte Niederungen wie das der Hvilsom-Moräne vorgelagerte breite Tal mit der Simsted Aa (1610) zeugen von Toteis. Ebenso Mörke Ker und Hornslet Mose (2214), die als breite Niederung unmittelbar vor der D-Moräne liegen und in die trotz einer Breite von einigen Kilometern das jüngere Eis nicht vorgedrungen ist. Ausser diesen grossen Toteis-Senken treten auch kleine, wenn auch seltener, auf. Kleinform-Kuppen zwischen vermoorten Senken wurden nördlich Hvornum und unweit davon westlich Lille Sorthøj angetroffen. Dies Beispiel ist, da auf oder nahe bei einer Salzstruktur gelegen, möglicherweise auch anders zu deuten. Dieser Einwand entfällt, wo sich ungestörte Periglazial-Formen neben Toteis-Formen finden. Dies ist unweit von Hvornum bei Brøndum der Fall. Die schon erwähnte Niederung der Simstad Aa setzt sich offenbar von Hannerup Gd nach SSO östlich des Hofes Grydshøj und des Dorfes Brøndum bis südlich des Hofes Trønderup fort. Sie verläuft auf der ganzen Strecke unmittelbar vor der Hvilsom-Eisrandlage. Zwischen Hannerup Gd und Brøndum sind in dem hier schmaleren Teil abflusslose Senken vorhanden. Schon durch ihre Lage zur benachbarten Eisrandlage ist ersichtlich, dass sie unabhängig von einer Salzstruktur entstanden sind. Dies wird aber noch durch einen weiteren Fund belegt.

Der hier bis über 200 Fuss aufragende Snaebum-Moränenzug weist auf seiner Ost- also Aussen-Seite zahlreiche rummelartige Trockentäler auf. Diese werden westlich vom Hofe Grydshøj in einem dem Moränenzug vorgelagerten breiten Trockental gesammelt, das bis über die Strasse nach Oels nach S reicht. Hier verlaufen somit ein periglaziales Trockental und 300–500 m daneben eine Toteis-Rinne einander parallel. Es ist dies ein ebenso überraschendes wie lehrreiches Vorkommen. Zweifellos kann die Reihe vermoorter Senken nicht auf eine Salzstruktur zurückgeführt werden. Nur Toteis-Schwund kann deren Ursache sein. Während der Zeit

periglazialer Einwirkung lag hier also die Erosionsbasis auf dem Fusse der Moräne und nach Osten stieg das Gelände im Gegensatz zu heute höher an.

Weitere Beispiel für das Auftreten kleiner Toteis-Formen sind auf Bl. 2010 die Talung Mammen-Le und weiter östlich, auf Bl. 2014, die Niederung gleich innerhalb der südlichen Seitenmoräne des Nimtofte-Nunatak. Im Gebiet des älteren Würmzeit-Eises kommen somit periglaziale und Toteisformen verbreitet nebeneinander vor. Es bleibt, die so verschiedenen Vorgänge zeitlich einzuordnen.

C. Die Zeiten der Entstehung der periglazialen und der Toteis-Formen

Das morphologische Grundschema im Gelände zwischen den Eisrand-Lagen C und D in Nord-Jylland ist:

- I. Hochflächen periglazial ausgeglichen, ohne Klein-Formen
- II. Steilhänge periglazial zertalt
- III. Tief gelegene Teile, insbesondere Talböden, mehr oder weniger mit Toteis-Senken versehen, dadurch Klein-Formen.

Erdgeschichtlich ausgewertet besagt dieser Befund:

1. Eis stiess zunächst bis zur Randlage C vor
2. Eine nachfolgende Wärmezunahme liess das Eis zurückschmelzen und brachte verschüttetes Toteis teilweise zum Tauen, aber nur dessen hochgelegenen Teile, da ein erneuter Kälte-Einbruch
3. das Eis bis zur Randlage D vorstossen liess. Im Gebiet vor diesem Eisrand trat eine kräftige periglaziale Einebnung und Zertalung über gefrorenem Boden ein. Die von der Randlage D ablaufenden Schmelzwässer benutzten teilweise die durch den ersten Toteis-Schwund neu entstandenen Senken. Daher endete die periglaziale Hangzertalung an den Schmelzwassersanden.
4. Innerhalb der Randlage D brachte die Alleröd-Wärmeschwankung für das neu verschüttete Toteis einen ersten Abschnitt des Tausens mit sich
5. Die letzte Tundra-Zeit unterband das Tieftauen vorübergehend. In Holstein wurden Terrassen um die durch Toteis-Schmelze neu entstandenen Seen gebildet
6. Die endgültige postglaziale Wärme-Zunahme vollendete das Tauen tief verschütteten Toteises.

Während der Zeitabschnitte 4 und 6 ist auch in Nord-Jylland im Bereich ausserhalb der Randlage D das letzte Toteis geschwunden. Wo Schmelzwassersande auf Toteis lagen, wurde deren ebene Oberfläche mit Senken durchsetzt, sodass örtlich nur eine Art Gipfelflur erhalten blieb. Die restliche Eisfüllung in Tunneltälern schwand, sodass Seenketten wiedererschienen. Auch Teile ehemaliger Zungenbecken traten erneut als Senken auf. Die Wärme-Zunahme älter als Eisvorstoss D spielte somit ausserhalb dieser Randlage eine ähnliche Rolle wie innerhalb derselben der Alleröd-Wärmevorstoss. Nehmen wir die Ablagerungen der Riss-Vereisung hinzu, so ergibt sich:

- Würm, jünger als Randlage D: nur durch Aufschüttung und Toteis erzeugte Gross- und Klein-Formen; keine Anzeichen periglazialer Einwirkung
- Würm, älter als Randlage D: Aufschüttungs-, periglaziale und Toteis-Formen treten nebeneinander auf
- Riss: nur stark periglazial umgeformte Reste von Aufschüttungs-Formen; keine Toteis-Formen.

Was in Nord-Jylland gut überschaubar nebeneinander ausgebreitet liegt, kann in Holstein, wo die jüngeren würmzeitlichen Absätze nahezu ebenso weit reichen wie die älteren, fast nur aus der Schichtenfolge abgeleitet werden. In neu entstandenen grossen Kiesgruben sind dort in den letzten Jahren mehrfach angetroffen:

Sande und Kiese
Lage mit Windschliffen, Frostkeilen und Brodelboden
darunter Bodenbildung
Sande und Kiese kaum verwittert.

Die oberen Sande können mit Ablagerungen des Eisvorstosses D = Pommersche Phase, die unteren mit C = Frankfurter Phase verglichen werden. Die dem Eisvorstoss D vorausgehende Klima-Erwärmung dürfte der Paudorfer Warmzeit der Löss-Gliederung entsprechen.

