

SEPARAT-ABDRUCK

AUS DEM

CENTRALBLATT

FÜR MINERALOGIE, GEOLOGIE UND PALÄONTOLOGIE.

Jahrg. 1914. No. 7.

(Seite 211—222.)

Zur Theorie der Osentstehung.

Von

H. Philipp in Greifswald.

Mit 3 Textfiguren.



Stuttgart 1914.

E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung
Nägele & Dr. Sproesser.

Zur Theorie der Osentstehung.

Von **H. Philipp** in Greifswald.

Mit 3 Textfiguren.

Auf Grund von Beobachtungen am Oberaargletscher bin ich vor zwei Jahren für eine neue Auffassung über die Entstehung der Osar eingetreten¹. Es hatte sich aus den damaligen Beobachtungen der Schluß ergeben, daß die Osbildung in zwei Phasen erfolgt: zunächst lagern sich die Schotter in inglazialen Kanälen ab und in der zweiten Phase senken sich diese schutterfüllten Kanäle beim Rückzug des Gletschers allmählich auf den Unter-

¹ H. PHILIPP, Über ein rezentes alpines Os und seine Bedeutung für die Bildung der diluvialen Osar. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1912. Monatsber. No. 2. p. 68—102.

grund und bilden hier die charakteristischen Geröll- und Kiesrücken. Eine Reihe von Schwierigkeiten, die sich bisher der Erklärung der Osar entgegengestellt hatten, fanden durch die neue Auffassung eine leichte Deutung, vor allem die charakteristische Aufschüttungsform der Osar und ihre oft sehr schwer zu erklärenden Beziehungen zum Untergrund und zu den sie begleitenden Osgräben.

In diesem Jahre hatte ich Gelegenheit, das damals beschriebene Os vom Oberaargletscher von neuem zu beobachten und weiteres Beobachtungsmaterial über den Gegenstand zu sammeln. Dies gibt mir Gelegenheit, auch auf einige Einwände zu erwidern, die mir teils in Veröffentlichungen, teils schriftlich und mündlich gemacht worden sind.

Das im Jahr 1911 beobachtete Os lag damals teilweise noch auf einer Unterlage von Eis; doch ließ sich infolge starker Schuttbedeckung des äußersten Gletscherrandes nicht feststellen¹, wie weit das Eis sich unter den Kies- und Geröllrücken noch hinwegzog. Die diesjährigen Beobachtungen haben ergeben, daß dieses sich damals noch ziemlich weit unter das Os erstreckt haben muß. Diesem Umstand und vor allem dem Austritt des Gletscherbaches (Osgrabens) unmittelbar neben dem Os ist es zuzuschreiben, daß dessen charakteristische Form inzwischen stark zerstört worden ist.

Da mir von einigen Seiten der Verdacht geäußert wurde, es könne sich eventuell bei diesen auffallenden Rücken und Kuppen, die sehr nahe dem Seitenrand des Gletschers liegen, um Gebilde der Seitenmoräne handeln, so habe ich mit meinem Begleiter, Herrn Dr. KALB, die Herkunft der Kiese und Gerölle nochmals genau geprüft. Abgesehen davon, daß schon die Natur des Materials deutlich auf fluviatilen Ursprung hinwies, also an Oberflächenmoräne nicht gedacht werden konnte, ließ sich auch diesmal wieder einwandfrei feststellen, daß die Sande, Kiese und Gerölle, die kamesartig seitlich vor dem Gletscher aufgehäuft sind, ebenso wie diejenigen des inzwischen stark zerstörten Oses in größerer oder geringerer Entfernung vom Eisrande aus dem Innern des Gletschers ausschmelzen, also inglazialer Herkunft sind. So konnte man direkt oberhalb und seitlich des Gletschertores beobachten, daß die Kiese² in einer dicken, seitlich begrenzten Schicht aus dem Eise herausgeschmolzen, so daß es sich hier nur um Ablagerungen eines ehemaligen, jetzt von oben zusammengequetschten Kanales handeln kann. Da die 1911 gletscheraufwärts in der gleichen Stromlinie

¹ a. a. O. S. 75.

² Es handelt sich hier um grobes, dicht gepacktes Material, nicht um die feinen, gelegentlich auf den Abscherungsflächen bzw. in den Blaublättern lagernden Sande.

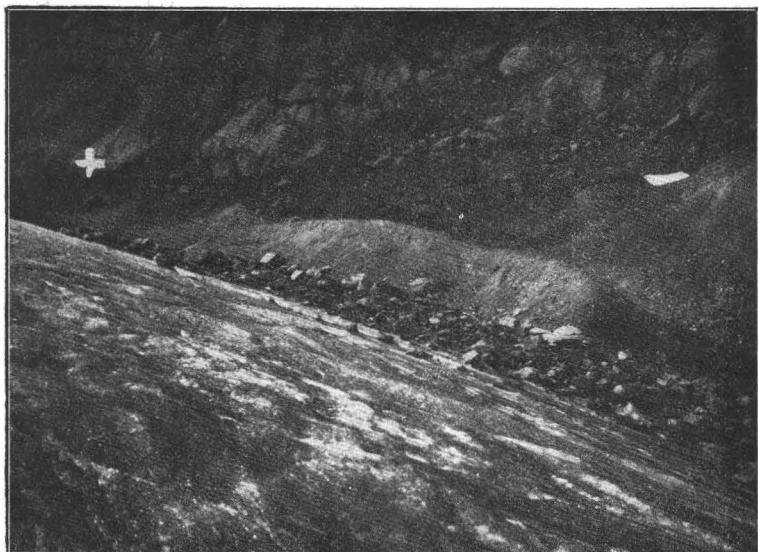


Fig. 1.

Philipp phot.

Seitlich gelegenes Os auf dem Oberaargletscher.

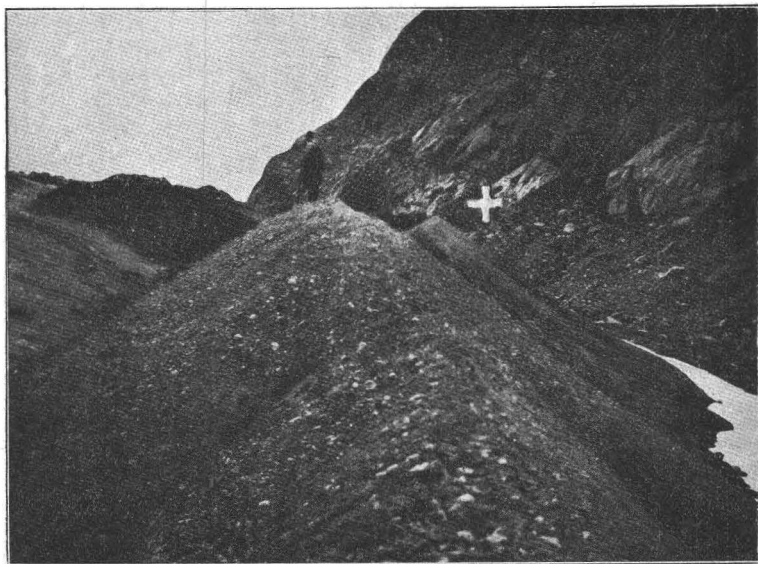


Fig. 2.

Philipp phot.

Seitlich gelegenes Os auf dem Oberaargletscher
(in der Längsrichtung gesehen).

sichtbaren Kanäle inzwischen, wie nicht anders zu erwarten, durch Ablation zerstört sind, so müssen diese Schottermassen einem tiefer gelegenen Kanäle des gleichen Drainagezuges angehören.

Ich konnte nun in diesem Jahre weiter gletscheraufwärts bei ca. 2400 m zwei neue prachtvolle Osrücken beobachten. Beide liegen ebenfalls nahe dem nördlichen Uferrand, auf der Seitenflanke des Gletschers, aber noch oben auf dem Eise, so daß man aus der Ferne diese Rücken unbedingt zunächst als Seitenmoränen ansprechen wird (vergl. Fig. 1 und 2¹). Daß es sich aber auch hier um echte fluvioglaziale Bildungen handelt, ist sofort aus dem Aufbau aus Kies und geroltem Schotter ersichtlich. Sehr charakteristisch ist wieder die schwach wellige Form der Höhen- und Rückenlinie sowie das Verhalten der beiden Rücken zueinander. Der eine, in Fig. 1 und 2 abgebildete Rücken liegt nämlich nicht genau in der Fortsetzung des anderen, sondern setzt in ca. 10 m Abstand seitlich von dem unteren Ende des höher gelegenen ein. Letzterer, in Fig. 2 links im Hintergrund sichtbar, ist ca. 200 m lang und besteht aus ziemlich grobem Material, enthält einen inneren Eiskern und zeigt starke Abrutschungen nach der Nordseite der Talwand zu. Das tiefer gelegene Os ragt, wie aus den Abbildungen ersichtlich, beträchtlich hoch auf und besteht aus grobem Kies von Nuß- bis Faustgröße. Auch dieses enthält noch einen inneren Eiskern, über diesem ist die Kiesbedeckung mindestens anderthalb bis zwei Meter mächtig; die äußere Form ist scharfrückig, die Länge beträgt ca. 80 m. Somit ist die ganze Osbildung zusammen fast 300 m lang, weist also für alpine Verhältnisse recht beträchtliche Dimensionen auf². Auch die Entstehung dieser Osrücken ist nur durch ausgeschmolzene inglaziale Kanäle zu erklären. Daß es sich nicht um Seitenmoränen handeln kann, wurde schon betont, und subglaziale Entstehung ist durch die Lage oben auf dem seitlichen Gletscherrand und durch den inneren Eiskern ausgeschlossen. Gegen supraglaziale Entstehung spricht in erster Linie die Lage auf dem, wie auch aus den Bildern ersichtlich, ziemlich steilen Seitenhang des Gletschers, ferner die Mächtigkeit der Gerölle, die einen für alpine Verhältnisse ungewöhnlich starken supraglazialen Bach voraussetzen würde, ganz abgesehen von einer größeren Anzahl von Querspalten, die gerade hier den Gletscher oberflächlich durchsetzen. Die Lage so nahe dem seitlichen Gletscherrande könnte vielleicht auffällig erscheinen; dies stimmt aber damit überein, daß auch der Gletscherbach seitlich am Fuße des Gletschers austritt und daß sich die gleichen

¹ Mit dem + sind identische Punkte der Felswand bezeichnet.

² Es ist anzunehmen, daß auch dieses Os, da es ziemlich hoch auf dem Gletscher liegt, im Laufe der Zeit durch seitliches Abrutschen zerstört bzw. als breiter Kies-Geröllstreifen schließlich abgelagert werden wird. Vergl. p. 220.

Verhältnisse auf der Südseite des Gletschers wiederholen; auch hier tritt ein Gletscherbach an der Seite aus und entsprechend den Schotterhaufen und -rücken auf der Nordseite ziehen sich auch hier Kameshügel und Kiesrücken bis zur Endmoräne hin, wo sie in einem mächtigen Geröllhügel (Kame) von annähernd elliptischer Gestalt und einer Höhe von 8—10 m kulminieren. Bezüglich der lateralen Anordnung der fluvioglazialen Bildungen und des entsprechenden Austritts der Gletscherbäche sei auf die interessanten Feststellungen von O. D. VON ENGELN hingewiesen¹, daß bei Gletschern von alpinem Typus die Entwässerung sogar in der Regel in den randlichen Partien erfolgt und daß die Abschmelzwässer den Rändern von den zentralen Teilen durch inglaziale Kanäle zugeführt werden.

Bei meinen diesjährigen Begehungen der beiden Aargletscher habe ich auf das Auftreten der inglazialen Kanäle mein spezielles Augenmerk gerichtet, da die Auffassung der inglazialen Entstehung der Osar natürlich mit deren Existenz bzw. Häufigkeit steht und fällt. Ich habe bereits früher darauf hingewiesen², daß man zwar an kalbenden Gletschern und Eisbergen häufig diese inglazialen Kanäle beobachten kann, daß sie aber bei normalen, auf dem Festlande ausgehenden Gletschern seltener der Beobachtung zugänglich sein werden. Wie zahlreich sie aber auch dort sind, ergaben die diesjährigen Beobachtungen. So fand sich auf der Nordseite des Unteraargletschers in der terminalen Absturz- wand ein sehr schöner leer gelaufener Kanal von ca. 2 m Höhe mitten im Eise, und zwar, was besonders wichtig ist, direkt oberhalb des nördlichen Gletschertores. Ferner zeigte sich gletscher- aufwärts bei ca. 2199 m ein tief eingeschnittener Gletscherbach; in Wirklichkeit handelte es sich um einen oberflächlich angeschmolzenen inglazialen Kanal, denn an einigen Stellen öffnete er sich nach oben nur mit einer schmalen Rinne, an anderen aber war er noch völlig mit Eis bedeckt. Einen prachtvollen Einblick in das sub- glaziale Entwässerungssystem gewann man dann etwas höher bei ca. 2270 m, südlich eines enormen Protoginblockes. Hier öffnete sich ein tiefer, enger Trichter, in diesen mündete von der Seite ein völlig gedeckter, ca. $\frac{1}{2}$ m breiter, $\frac{3}{4}$ m hoher Kanal. Aus diesem stürzte das Wasser abwärts in den Trichter bis zu nicht erkennbarer Tiefe. An der gegenüberliegenden Wand zeigten sich dagegen Reste älterer, jetzt nicht mehr durchströmter Kanäle. In ihrer Längsrichtung folgen diese einem vernarbten, steilstehenden Längsriß, so daß sich auch hier Beziehungen zwischen dem Verlauf der Kanäle und den Abscherungsflächen zu erkennen geben,

¹ O. D. VON ENGELN, Phenomena associated with Glacier Drainage and Wastage. Zeitschr. f. Gletscherkunde, 6. 1911/12. S. 104—150.

² a. a. O. p. 109.

worauf ich bereits¹ hingewiesen habe². Die angeführten Beispiele lagen direkt an unserer Gletscherroute und würden sich durch systematisches Absuchen leicht vermehren lassen, sie mögen aber genügen, um auf das Vorhandensein eines ausgedehnten inglazialen Drainagesystems auch in unseren alpinen Gletschern hinzuweisen³. Je tiefer die Kanäle liegen, um so größer werden sie sein. Stark schematisiert und auf einen Vertikalschnitt projiziert würde Fig. 3 etwa das Beispiel eines einfachen inglazialen Drainagesystems mit tätigen und außer Funktion gesetzten Röhren darstellen. Wird ein inglazialer, von einem Strudeloch bei A horizontal über B hinaus fortlaufender Kanal in der Richtung BC von einer Querspalte getroffen, so wird das distale, über B hinausreichende Kanalstück in der früher beschriebenen Art⁴ trocken gelegt. Der in der Richtung BC entstehende neue Trichter wird sich dann durch Strudelung weiter vertiefen und nacheinander in verschiedener Höhe sich Abflußmöglichkeiten suchen können, z. B. C—D—E, so daß

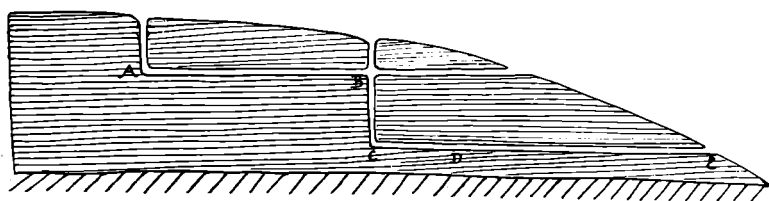


Fig. 3. Schema einer inglazialen Drainage.

einer den Trichter verlassenden Röhre keineswegs immer ein Kanalstück auf der gegenüberliegenden Seite zu entsprechen braucht. Daß bei dem Abfangen durch Querspalten eine seitliche Verlegung des neuen Ablaufrohres stattfinden kann, ist selbstverständlich; sie erklärt die gelegentliche auffallend bajonettartige Knickung mancher Osar⁵, wie z. B. auch die Auslenkung der beiden vorbeschriebenen Osarstücke vom Oberaargletscher.

Wie enorm solche Kanäle im Inlandeis werden können, und daß sie hier vollständig genügen würden, um auch Schottermassen von der Mächtigkeit der größten nordeuropäischen Osar aufzu-

¹ a. a. O. p. 101.

² Ganz besonders schön treten solche Beziehungen in der Abbildung eines inglazialen Kanals bei VON ENGELN (a. a. O. p. 115 Fig. 4) zutage, wo der Kanal sich deutlich in dem Niveau der scharf ausgeprägten, horizontal liegenden Abscherungsflächen eingegraben hat.

³ Vergl. auch AGASSIZ, *Système glaciaire*. 1847. p. 348—350.

⁴ a. a. O. p. 78.

⁵ P. G. KRAUSE, Über Oser in Ostpreußen. *Jahrb. preuß. geol. Landesanst.* 1911. 32. p. 89.

stauen, das zeigt der riesige Tunnel in einem von HOBBS abgebildeten Eisberge¹.

Lassen sich einerseits durch die Annahme inglazialer Entstehung gerade die Schwierigkeiten beheben, die sich den bisherigen Theorien der Osentstehung entgegenstellten, so ergibt sich andererseits scheinbar eine Schwierigkeit, auf die J. KORN in einer kürzlich erschienenen Arbeit² besonderes Gewicht gelegt hat: „Vor allem — und das ist einer der Haupteinwände gegen die ganze Theorie von der inglazialen Entstehungsweise dieser Bildungen Norddeutschlands — kann PHILIPP auf seine Weise nicht erklären, wie im allergrößten Teile der norddeutschen Wallberge die ursprünglich horizontale Aufschüttung des Materiales noch erhalten sein kann.“ Dieser Einwand scheint auf den ersten Blick berechtigt zu sein, weil bei dem Niederschmelzen in der von mir angegebenen Art, also von der Oberfläche des Gletschers her, immer gewisse Störungen und Abrutschungen, wenigstens randlich, auftreten müssen. Sieht man nun von den Fällen ab, wo diese randlichen Verrutschungen nachträglich durch die Gewässer der Osgräben unterwaschen und abgetragen sind³, so bleiben die Fälle zu erklären, bei denen überhaupt keine oder nur unwesentliche randliche Verrutschungen stattgefunden haben. Bei meinen Ausführungen hatte ich nur Rücksicht genommen auf die Ausschmelzung der inglazialen Kanäle von oben her, und ich gebe unumwunden zu, daß sich mit dieser die Fälle absolut ungestörter Lagerung schwer vereinbaren lassen. Nun erleiden ja aber die Gletscher nicht nur Abschmelzung von oben her, sondern auch von unten, die keineswegs unterschätzt werden darf. Diese ist allerdings wesentlich schwächer als die Ablation der Gletscheroberfläche, es darf aber nicht übersehen werden, daß sie im Gegensatz zu jener auch im Winter, also das ganze Jahr hindurch, tätig ist und außerdem viel konstanter wirkt, da sie von den jahreszeitlichen und täglichen Temperaturschwankungen unabhängig ist. Bei der Schmelzung von unten her müssen sich demnach die in den Bereich dieser Abschmelzung fallenden inglazialen Kanäle gleichfalls auf den Boden senken und hier ihre Schottermassen ablagern, nur mit dem Unterschied, daß jetzt die Bildung eines inneren Eiskerns und das Abrutschen an dessen Wänden völlig fortfällt. Gerade durch die gleichmäßige und allmähliche Abschmelzung von unten her wird normalerweise jede Störung der inneren Struktur des Oses vermieden werden. Aus theoretischen

¹ W. H. HOBBS, *Charact. of existing glaciers*. 1911. p. 182. Fig. 99.

² J. KORN, *Der Buk-Moschiner Os und die Landschaftsform der West-Posener Hochfläche etc.* Jahrb. preuß. geol. Landesanst. 34. 1913. p. 181—205.

³ H. PHILIPP, a. a. O. p. 85.

Gründen war geschlossen worden¹, daß die Kanäle sich hauptsächlich in den tieferen Teilen des Gletschers finden werden, und gerade diese tief gelegenen Kanäle werden früher durch die Abschmelzung von unten als von oben her getroffen werden. Eine Abschmelzung von unten her wird im übrigen um so mehr gegenüber der oberflächlichen an Bedeutung gewinnen, je stärker die schmelzende Eisoberfläche sich mit ausschmelzendem Detritus bedeckt, und gerade dies wird beim Rückschmelzen des diluvialen Inlandeisrandes der Fall gewesen sein, worauf ich² bereits hingewiesen habe. Daß bei der Abschmelzung von unten her die Beziehungen zum Untergrund und zu den Osgräben die gleichen bleiben wie bei der Oberflächenablation, versteht sich von selbst; nur werden in diesem Fall die ganzen morphologischen Verhältnisse viel deutlicher die ursprünglichen Lagerungsformen innerhalb des geschlängelten Kanales wiedergeben.

Bei solchen von unten her ausgeschmolzenen Osarn wird sich auch besonders leicht die An- und gelegentliche Überlagerung von Moräne erklären, da beim völligen Abschmelzen des Eises das in diesem noch enthaltene Moränenmaterial sich auf dem Rücken absetzen bzw. sich diesem anlagern muß.

A priori wird man somit eine Teilung der Osar in zwei Gruppen vornehmen können, je nachdem sie durch Schmelzung von oben oder von unten her zur definitiven Ablagerung kommen; der letzteren Kategorie wird man alle die Fälle zurechnen müssen, bei denen sehr geringe oder gar keine Lagerungsstörungen auftreten, zu der ersten werden dagegen die umgelagerten Osar und vor allem die „Aufpressungs“- und „Stauosar“ zu rechnen sein³. Dabei sind wohl Fälle denkbar, „daß oft in demselben Wallberge . . . ein Teil horizontal geschichtet ist, während ein anderer Teil die Aufpressungserscheinungen zeigt“⁴, mit anderen Worten, daß beide Typen gelegentlich innerhalb ein und desselben Oszuges vorkommen. Denn es ist sehr wohl möglich, daß der gleiche Kanalzug, je nach seiner Lage und Neigung zur Ober- bzw. Unterfläche des Gletschers, an einer Stelle von oben, an einer anderen von unten her freigeschmolzen wird. Dies läßt sich leicht an der schematisierten Skizze Fig. 3 beweisen. Angenommen auf den horizontalen Strecken des inglazialen Kanales A—B—C—D—E

¹ a. a. O. p. 101—102.

² a. a. O. p. 99.

³ Natürlich nur, soweit es sich dabei um wirkliche Osar handelt, nicht um tektonisch bedingte Durchragungen, wie es nach den Darstellungen von H. v. WICHORFF (Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 64. 1912. Mon.-Ber. p. 103—108, und Jahrb. preuß. geol. Landesanst. 30. 1909. p. 145—155) bei dem Sandrücken von Naugard der Fall zu sein scheint. Für solche Bildungen müßte der Name Os überhaupt fallen.

⁴ J. KORN, a. a. O. p. 204.

sei es zur Ablagerung von Schottern gekommen, so werden diese zunächst bei E von oben her freigelegt; bei weiterem Rückzug des Gletschers wird das Stück C—D—E durch Abschmelzung von unten her immer mehr dem Untergrund genähert, bis es schließlich etwa auf der Strecke C—D von unten her frei wird; dagegen kann das Stück A—B wieder von oben her ausschmelzen. Außerdem darf man nicht übersehen, daß auch bei einem nur von unten angeschmolzenen Os gelegentlich Störungen infolge ungleichmäßiger Unterlage auftreten können und müssen.

Ich glaube somit gezeigt zu haben, daß die Einwände KORN's gegen eine inglaziale Entstehung nicht stichhaltig sind und daß die ungestörte Lagerung im Gegenteil gerade sehr leicht durch diese ihre Erklärung findet. Zu welchen Schwierigkeiten dagegen die Spaltheorie führt, die KORN und mehrere andere Autoren vertreten, zeigen am besten die Ausführungen von KORN selbst¹. Solche in Serpentina geschwungenen Spalten, wie sie KORN annimmt und zeichnet, kommen m. W. in der Natur nicht vor; jedenfalls erinnere ich mich nicht, irgend etwas Ähnliches bisher beobachtet zu haben; noch weniger aber wird an typischen klaffenden Längsspalten, denn nur um die kann es sich ja bei den KORN'schen Darlegungen handeln, eine Bewegung der angenommenen Art stattfinden, ganz abgesehen davon, daß eine solche Bewegung gerade um eine halbe Wellenlinie eine reine Zufälligkeit bedeuten würde. Wollte man aber schließlich alle diese Möglichkeiten noch zugeben, so bliebe der Einwand, daß bei der langsamen Bewegung des Eises der Bach reichlich Zeit hätte, die sich bildenden Verengungen zu überwinden und sein Bett gleichmäßig auszuschmelzen. Welche Länge müßten außerdem bei der z. T. außerordentlichen Erstreckung der Osar diese Spalten gehabt haben. Man darf doch nicht vergessen, daß solche Spalten die Reaktion des Gletschers auf lokale Änderungen des Untergrundes darstellen, ihr Auftreten also auch immer lokal begrenzt ist, und außerdem die Osar, ganz abgesehen von ihrer Länge, ja gerade eine so auffallende Unabhängigkeit von der Konfiguration des Untergrundes aufweisen! Vor allem aber zeigt sich die Unmöglichkeit der Spaltheorie darin, daß KORN zu der Annahme gezwungen wird, die Osar hätten sich nur im toten Eise bilden können². Es genügt ein Blick auf die DE GEER'sche Karte des spätglazialen Südschweden³, um die Unmöglichkeit dieses Gedankens zu zeigen; denn wir müßten dann ja konsequenterweise schließen,

¹ Ebenda p. 200 ff.

² J. KORN, Die mittelpoensche Endmoräne und die damit verbundenen Osar. Jahrb. preuß. geol. Landesanst. 1912. p. 481—482, und a. a. O. 1913. p. 204.

³ DE GEER, Das spätglaziale Südschweden, Karte 1:500000. Schwed. geol. Landesanst. 1910.

daß die ganze Eisbedeckung Südschwedens ein toter Eislappen gewesen sei. Ebenso verleitet die Spaltentheorie HESS VON WICH-DORFF¹ zu der ganz willkürlichen Annahme einer Aufpressung von unten her. Gerade die verworrene, unregelmäßige Lagerung der Sandschicht um den Geschiebemergelkern, wie sie HESS VON WICH-DORFF² abbildet, spricht nicht für eine antiklinale Aufpressung, sondern für unregelmäßige Abrutschungen an einem inneren, von Grundmoräne erfüllten Eiskern³.

Ein anderer, mir von sehr geschätzter Seite geäußerter Einwand betrifft die Beteiligung von marinem Material am Aufbau vieler fennoskandischer Osar. Demgegenüber kann ich nur darauf hinweisen, daß, soweit mir bekannt ist⁴, solche marinen Bildungen nicht innerhalb der Osar auftreten, sondern diese bedecken oder flankieren, wie z. B. bei den Deckschichten des bekannten Os von Upsala, „welche später auf mehr geschützten Teilen des Åskerns abgesetzt worden sind“⁵. Es handelt sich bei diesen marinen Bildungen einerseits um spät- und postglaziale Absätze, andererseits um nachträgliche Bedeckungen, die eintraten, wenn die Gletscher sich in offenes Wasser vorschoben. Natürlich konnten diese Deckschichten auch bei inglazialer Entstehung der Osar sich auf diesen ablagern, namentlich wenn deren Abschmelzen von der Unterseite her erfolgte.

Zum Schluß sei auf eine Erscheinung eingegangen, die gleichfalls für inglaziale Entstehung spricht, auf den engen Zusammenhang von Osarn, Rollsteinfeldern und Kames. Die Rollsteinfeldern „gehen teilweise aus den Åsar durch Verflachung, Auflösung oder Einebnung der Rücken hervor“⁶. Dieses Alternieren bzw. Zusammenauftreten kommt vorzüglich auf der HUMMEL'schen Karte⁷ zum Ausdruck und ist auch sofort bei unserer Entstehungsannahme erklärlich. Die Rollsteinfeldern müssen stets dort auftreten, wo die schottererfüllten Kanäle sehr hoch im Eis liegen, also durch oberflächliche Ausschmelzung bereits in ziemlicher Entfernung vom Gletscherende zutage treten. Beim Niederschmelzen müssen die Gerölle durch Abtischen und seitliches Rutschen ähnlich einer ausschmelzenden Innen- oder Mittelmoräne sich immer weiter nach

¹ HESS VON WICH-DORFF, Erl. zu Bl. Groß-Borckenhagen. Preuß. geol. Landesanst. Lief. 170. 1912.

² a. a. O. p. 10. Fig. 2.

³ H. PHILIPP, a. a. O. p. 94.

⁴ Bezüglich der russischen Ostseeprovinzen bin ich Herrn Prof. B. Doss in Riga für freundliche Auskunft sehr zu Dank verpflichtet.

⁵ J. P. GUSTAFSON, Über spät- und postglaziale Ablagerungen in der „Sandgropen“ bei Uppsala. Geol. Fören. Förh. 1909. 31. Heft 7. p. 710, und Guide, Intern. Geol. Kongr. Stockholm 1910. No. 17. p. 4.

⁶ J. ELBERT, Die Entwicklung des Bodenreliefs von Vorpommern und Rügen. Jahresber. d. Geogr. Ges. Greifswald. 8. 1904. p. 64.

⁷ a. a. O. Taf. I.

den Seiten ausbreiten. Namentlich dort, wo mehrere solcher Kanäle übereinander oder dicht beieinander liegen, wird der Gletscher sich beim Niederschmelzen in breiter Zone mit geroltem Material bedecken und beim endgültigen Rückzug ein entsprechendes längsgestrecktes Schotterfeld, ein „Rollsteinfeld“, vor sich ausbreiten. Hieraus erklärt sich die Breite mancher „Osbildungen“ auf der DE GEER'schen Karte, wo die Rollsteinfeldern von den Osarn nicht getrennt sind, während auf der HUMMEL'schen Karte diese breiten Felder durch die Signatur sich von den gleichsinnig verlaufenden schmalen Osrücken abheben. Ebenso wird häufig der Fall eintreten können, daß sich diese Gerölldecken auf einen von unten ausgeschmolzenen Osrücken niedersenken und diesen überziehen, so daß sich zu beiden Seiten des Rückens noch breite Geröllfelder ausdehnen, Fälle, wie sie auch aus der HUMMEL'schen Karte ersichtlich sind.

Wie verhält sich nun bei einer Stillstandslage dies seitlich zerstreute Material der hochgelegenen Kanäle, das beim Rückzug des Gletschers ein Rollsteinfeld geliefert hätte. Hier muß sich natürlich das Material akkumulieren, und zwar der Breite der Beschotterung entsprechend zu tangential gelagerten Kies- bzw. Geröllrücken. Diese sind aber wiederum nichts anderes als die sogenannten Marginalkames¹ und Marginalosar, die speziell in Nordamerika und Finnland in großer Verbreitung auftreten. Daß die radialen Kiesaufschüttungen mit den tangential (marginal) gelegenen auf das engste zusammenhängen, daß die letzteren „trotz ihrer marginalen Lage . . . als Teile der radialen Rückenlandschaft aufzufassen“² sind, wissen wir aus zahlreichen Beobachtungen, eine Erklärung aber gerade dieser quergestellten, oft am Aufbau der Endmoräne sich beteiligenden oder an deren Stelle eintretenden Kies- und Schotterrücken dürfte bei der bisherigen subglazialen Erklärung der Osar auf beträchtliche Schwierigkeiten stoßen. Wie sehr aber die Struktur solcher Marginalosar der hier vertretenen Ansicht entspricht, ergibt sich aus Beobachtungen von J. J. SEDERHOLM am Marginalos von Hyvinge in Finnland³: „On y voit une alternance de couches de sable grossier et fin. Les premières forment parfois des enclaves dans les secondes, de sorte qu'on a l'impression nette que ce sable est en quelque sorte tombé du bord du glacier dans l'eau qui s'étalait devant le bord, et où se déposait en même temps le sable à stratification uniforme.“ Hier zeigt sich also aus dem inneren Aufbau deutlich, daß diese Kiesmassen nicht unter dem Gletscher durch subglaziale Wassermassen abgelagert sein können, sondern von der Oberfläche, bzw. aus dem Innern des Gletschers stammen.

¹ Vergl. J. ELBERT a. a. O. p. 77.

² ebenda.

³ J. J. SEDERHOLM, Les dépôts quaternaires de la Finlande. Bull. comm. géol. de Finlande. 1911. No. 29. p. 10.

Ebenso variabel werden die Beziehungen der Osar zu den Kames sein müssen. Ich hatte bereits auf die mit der Osbildung des Oberaargletschers in Verbindung stehenden Schotterhaufen (Kames) hingewiesen und zur Erklärung eine Zerstückelung des Oskanals durch Spalten angenommen¹. Eine Bildung von einzelnen Kieskuppen ist aber auch möglich in einer Stillstandslage. Analog der Bildung von Endmoränen muß sich alsdann vor jedem im Gletscherrand ausmündenden Kanale der beschriebenen Art ein Schotterhügel akkumulieren, so daß je nach der Lage und der Anzahl der Kanäle isolierte oder gruppenförmig angeordnete Kames entstehen. Am Oberaargletscher ist dies vorzüglich zu sehen. Es wurde schon oben erwähnt, das sich hier am südlichen Uferland vor dem Gletscher Kieshaufen und Rücken bis zur Endmoräne hinziehen und hier in einem mächtigen, ca. 8—10 m hohen Hügel von annähernd elliptischer Form kulminieren. Da dieser, im Bogen der Endmoräne liegende Schotterhügel ziemlich weit vom jetzigen Gletscherrande entfernt ist, so dürfte ein innerer Eiskern hier kaum mehr vorhanden sein, demnach der ganze Hügel aus gerolltem Material bestehen, abgesehen von einigen Geschieben, die oben darauf liegen. Entsprechend wird bei etappenförmigem Rückzug eine Hintereinanderfolge isolierter Kames möglich sein, die durch niedrigere osförmige Stücke in Verbindung stehen.

Überhaupt wird man nie außer acht lassen dürfen, wieviel verschiedene Entwicklungsmöglichkeiten im einzelnen bei inglazialer Entstehung gegeben sind, sei es, daß die Abschmelzung von oben oder von unten her erfolgt. Man wird von Fall zu Fall prüfen müssen, welche dieser Möglichkeiten vorliegt; allen Fällen gemeinsam aber wird die nachträgliche „mise en place“ sein und die hieraus sich ergebenden Beziehungen zum Untergrund.

Die wichtigsten der eben geschilderten Beziehungen zwischen der Lage des inglazialen Kanales, den Abschmelzbedingungen und dem Zustand des Gletschers lassen sich in folgendem Schema zusammenfassen:

Schmelzg. des Kanals	Gletscher im Rückzug	Gletscher stationär
von unten	Os, ungestört	Os
von oben, Kanal tief gelegen	Os, gestört	Kames
von oben, Kanal hoch gelegen	Rollsteinfeld	Marginal-Os

Ich glaube im vorstehenden einige neue Stützpunkte für die Auffassung der inglazialen Osentstehung gegeben und namentlich gezeigt zu haben, wie der tatsächlich bestehende Zusammenhang zwischen Osarn und Kames, Rollsteinfeldern und Marginalosarn auch genetisch eine einfache Lösung durch diese Auffassung findet.

¹ a. a. O. p. 83.