

Die Dreikanter, ein Product des Flugsandschliffes, eine Entgegnung auf die von Herrn G. Berendt aufgestellte Packungstheorie.

Von **A. Mickwitz**, Ingenieur.

(Taf. VIII und IX).

Die von Herrn G. Berendt in dem Jahrbuche der königlichen preussischen geologischen Landesanstalt für 1884 veröffentlichte Erklärung der Entstehungsweise der sogenannten Dreikanter veranlasst mich in Nachstehendem meine Beobachtungen über diese interessante Erscheinung mitzutheilen, welche ich im Frühling und Sommer dieses Jahres (1885) in dem Diluvialgebiete Revals zu machen Gelegenheit hatte.

Ich theilte schon damals meine Entdeckung (mir war bis dahin die Existenz von Dreikantern unbekannt geblieben) Herrn Akademiker Schmidt in St. Petersburg mit, der eine Notiz darüber in dem Neuen Lehrbuch für Mineralogie und Geologie (1885, Bd. II, S. 177) veröffentlichte.

Da ich aber zu anderen Schlüssen gelangt bin, als der geehrte Verfasser eingangs erwähnten Artikels und ausser der Darlegung und Begründung meiner Ansicht eine Widerlegung der seinigen zu geben beabsichtige, sei es mir gestattet etwas weiter auszuholen, als es sonst vielleicht nothwendig schiene.

Längs dem nordöstlichen Ufer des Ober-Sees ziehen sich den Glint überdeckend mächtige diluviale Sandhügel hin, welche zur pernauschen Poststrasse abfallend, in westlicher Richtung zu den sogenannten blauen Bergen ansteigen. Dem gänzlichen Fehlen von silurischen Geschieben nach zu urtheilen, verdanken diese Hügel ihre Entstehung der Zerstörung des vom Gletschereis mitgeführten archaischen Gesteines, von welchem eine ungeheure Menge Geschiebe jeglicher Grösse in dem Sande eingebettet liegen.

Am Fusse der blauen Berge erstreckt sich von der pernauschen Poststrasse beginnend eine wüste Sandfläche, welche aus demselben Material gebildet ist.

Von diesen, dem Spiel der Winde preisgegebenen Flächen wurde der feine Sand im Laufe der Zeit beständig fortgeweht, bis endlich das an der Oberfläche zurückbleibende grobe Material eine genügende Schutzdecke gegen das weitere Verwehen des darüberliegenden feinen Sandes bildete. Der ausgewehrte Sand wurde an geeigneten Orten wieder abgelagert und erzeugte so allmählig ausge dehnte Sandwehen, welche durch Weidengestrüppe, Sandhafer etc. festgehalten, zu beträchtlichen Höhen anwuchsen.

Während die Grandfelder sich nunmehr in einem stabilen Zustande befinden, sind die Sandwehen und Dünen einer beständigen Zerstörung und Umwandlung unterworfen und ihr Sand treibt als Flugsand ruhelos über die weiten Flächen.

Diesen Bildungsprozess der Grandfelder kann man gegenwärtig im Kleinen sehr schön an einer Stelle nahe dem Einschnitt der alten pernauschen Poststrasse in den Abfall der blauen Berge zur unteren Sandwüste beobachten. An dieser Stelle, auf der Karte mit A bezeichnet, wo die schützende Vegetationsdecke auf irgend eine Weise verletzt wurde, findet eine immer weitere um sich greifende muldenförmige Auswehung statt, welcher in der Mitte, also am tiefsten Punkte, die ausgesichteten Geschiebe bereits Einhalt gethan haben, während am Rande der Prozess noch fort dauert.

Die Geschiebe, welche die schützende Deckschicht der Grandfelder bilden, sind in jeder Grösse vertreten, vom groben Sand und Grand an bis zu grossen Blöcken, welche letztere aber in relativ geringerer Anzahl vorhanden sind. Alle diese Deckgeschiebe ohne Ausnahme zeigen auf ihrer oberen, dem Flugsande ausgesetzten Seite eine schöne Politur, welche ihnen das Aussehen von mit Firniss überzogenen Steinen verleiht, während die Lagerfläche sich in keiner Weise von den gewöhnlichen Diluvialgeschieben unterscheidet.

Diese polirte Fläche ist je nach der Zusammensetzung der Gesteinsart eigenthümlich beschaffen. Feinkörnige und homogene Geschiebe zeigen eine glatte Fläche, grobkörnige, porphyrartige, geschichtete oder geaderte Geschiebe, die aus verschiedenen Mineralien bestehen, dagegen mehr oder weniger tiefe Narben mit abgerundeten Rändern, warzenlinien-aderartige Erhebungen. Der Zusammenhang zwischen der Beschaffenheit der polirten Fläche und dem Material ist leicht ersichtlich: es ist immer das weichere Material, welches tiefer ausgearbeitet ist.

Von den vielen polirten Geschieben, die ich gesammelt, möchte ich zwei namentlich erwähnen, die diese Wirkungsweise des Flugsandes besonders schön illustriren. Das eine Stück ist ein grobkörniger Granit mit einzelnen grossen Glimmerkristallen, welche tiefer ausgeschliffen sind, als der härtere Feldspath und Quarz.

Die ausgeschliffenen Glimmerkristalle haben einen schönen Seidenglanz und zeigen nicht die geringsten Spuren einer Aufblätterung, so dass ich sie anfangs garnicht für Glimmer ansah, sondern eher versucht war, sie für Rauchquarz zu halten.

Auf der anderen Seite des Steines kann man denselben Glimmer mit dem Geschiebeschliff sehen; hier ist er so roh geschliffen, dass man überall die Spaltungsflächen spiegeln sieht.

Der zweite Stück ist ein sogenannter Schriftgranit; bei diesem stehen auf der angeschliffenen Seite die Quarzkristalle aus dem Feld-

spath hervor, während sie auf der Lagerfläche mit dem letzteren gleich geschliffen sind.

Von Interesse sind zwei weitere Fundstücke, die zwar ganz anderen Bildungen angehören, aber die schleifende Kraft des Flugsandes ebenfalls schön zur Anschauung bringen.

Ein Stück des in Reval anstehenden silurischen Kalkes, das wohl beim Transport aus dem naheliegenden Steinbruch auf dem Sande liegen geblieben war, hatte einen eigenthümlichen Schliff erhalten. Die weicheren Partien waren hier ebenfalls fortgemeisselt, die härteren aber kugel- und gratförmig zugeschärft worden, so dass man das Modell einer kleinen Gebirgslandschaft vor sich zu sehen glaubt. Das andere Stück ist eine dicke Flaschenscherbe, deren Bruchkanten eine vollkommene Abrundung und deren obere Seite die gleichmässige Mattirung einer vor dem Sandgebläse geschliffenen Glasscheibe zeigen.

Nach allem Angeführten kann nicht bezweifelt werden, dass die polirten Geschiebe mit ihren eigenthümlichen Flächenbildungen ein Product des Flugsandes sind.

Gehen wir nun nach diesen einleitenden Betrachtungen zu unserem eigenthümlichen Thema, den Dreikantern, über.

Die blauen Berge werden gebildet durch den starken Abfall der mehrerwähnten diluvialen Hügel zur unteren Sandwüste und sind mit einer Haide — und Moosvegetation bedeckt, welche einen hinreichenden Schutz gegen die Angriffe des Windes bietet. Zwischen der alten pernauschen Poststrasse und der baltischportschen Eisenbahn dacht sich diese Hügelkette in zwei Terrassen (auf der Karte mit *D* und *E* bezeichnet) ab, welche den Charakter von Grandfeldern tragen. Die Flugsandbewegung ist hier gegenwärtig viel geringer, als auf der unteren von Ost und West den Winden geöffneten Fläche, denn die obere Terrasse *D* besonders liegt schon etwas ausserhalb des Bereiches des Windstromes, der von Ost oder West über die Fläche braust und ist im Süden durch den Nömmeschen

Wald geschützt, während das Wäldchen im Norden, zwischen Erbes Höfchen und Dunten, die Kraft des Windes zwar nicht bricht aber doch wesentlich abschwächt.

Das Aussehen des dort liegenden Deckgeschiebes bestätigt diese Behauptung; die Politur ist matter, oft kann mehr vorhanden und die Schliffflächen der meisten Geschiebe sind mit Flechtenbildungen bedeckt, die auf den nach Südwest gerichteten Flächen vollkommen intact, auf den anderen dagegen mehr oder weniger abgeschauert sind.

Diese höhere Terrasse *D*, hauptsächlich aber deren abgerundeter, sich etwas über das Niveau derselben erhebender Rand (auf der Karte mit *BC* bezeichnet) ist mit angeschliffenen Geschieben übersät, deren schönste, obgleich relativ seltene Form der reguläre Dreikanter ist.

Man sieht auf den ersten Blick, dass kein prinzipieller Unterschied zwischen Dreikantern und etwa anders zugeschliffenen Geschieben besteht, dass sie vielmehr alle auf dieselbe Weise und an den Orten und in der Stellung ihrer jetzigen Lagerung entstanden sind. Meistens liegen sie etwa bis zur Hälfte fest in den feinen Sand eingebettet; immer ist die angeschliffene Seite nach oben gerichtet und der Schliff erstreckt sich immer nur auf den aus dem Sande hervorragenden Theil.

Im Sande selbst finden sich nur gewöhnliche Geschiebe vor, wie man sich leicht in den zu beiden Seiten des baltischportschen Stranges befindlichen Materialgruben überzeugen kann, aus welchen die Eisenbahngesellschaft während ihres nunmehr 15jährigen Bestandes das Bettungsmaterial bezieht.

Allerdings fanden sich auch auf der mehrmals erwähnten oberen Terrasse mehr zum Walde zu Dreikanter im Sande, aber diese waren offenbar nachträglich vom Flugsand verschüttet worden, denn an der Gränze des Anschliffes fand sich die deckende Grandschicht vor.

Vergleicht man die polirten Geschiebe der unteren Fläche mit den angeschliffenen der Terrasse *D*, so fällt die gleiche Beschaffenheit der Oberfläche sofort ins Auge. Dieselben Narben und Erhabenheiten finden sich auch auf den Flächen der geschliffenen Geschiebe, nur sind sie noch markanter, die Narben tiefer, die Erhabenheiten höher. Man kann sich auch hier der Einsicht nicht verschliessen, dass der Unterschied nur ein gradueller ist und dass bei der Bildung der Schliffflächen neben der gemeinsamen Hauptursache noch einige besondere ins Spiel treten. Zu diesen letzteren wären etwa zu rechnen: freie Lage nach allen Seiten hin, feste Bettung etc.

Leider habe ich bisher noch keine Gelegenheit gehabt andere Localitäten in Bezug auf das Vorkommen dieser interessanten Bildungen zu untersuchen, doch passt die Beschreibung des geehrten Verfassers so auf diesen speciellen Fall, dass ich glaube annehmen zu dürfen, das Vorkommen der Dreikanter sei überall an die gleichen Verhältnisse und Bedingungen geknüpft. In Bezug auf die Zusammensetzung der Geschiebe und die Beschaffenheit ihrer Schliffflächen ist seine Beschreibung erschöpfend und stimmt genau mit den an meinen Exemplaren vorhandenen Merkmalen überein. Die seiner Abhandlung beigefügte Photographie könnte für eine Abbildung der von mir gesammelten Dreikanter gelten, so täuschend ähnlich ist auch die Form und mannigfache Flächenbildung derselben.

Ich hätte nur hinzuzufügen, dass neben den Narben auch die schon erwähnten Erhabenheiten auf den Schliffflächen vorkommen. Das Vorhandensein der letzteren ist, wie schon erwähnt, an die Bedingung geknüpft, dass in einem homogenen oder feinkörnigen weicheren Muttergesteine härtere Substanzen mandel-, korn- oder lamellenartig eingelagert sind.

Da nun derartige Geschiebe, wenigstens hier am Ort, seltener vorkommen, so finden sich auch Dreikanter mit Erhabenheiten weniger häufig als solche mit Narben. Von den in meinem Besitz

befindlichen Dreikantern ersterer Art will ich zwei als besonders charakteristische Exemplare näher beschreiben. Das Muttergestein beider ist ein feinkörniger Gneiss (?), das eingelagerte härtere Mineral ist bei einem milchweisser Quarz in Form von c. 12—15 mm. langen Mandeln, beim anderen kleine runde Granaten von 0,5 bis 12 mm. Durchmesser, welche wie die meisten finnischen Almandine durch und durch sprüggig sind. Die Quarzmandeln ragen 2—3 mm. hervor und sind für sich schneidenartig zugeschliffen, während auf der Lagerfläche Einlagerung und Muttergestein eben zugeschliffen sind.

Die Almandinkörner stehen etwa zur Hälfte aus dem Muttergestein hervor, doch giebt es auch einige Körner, die bereits so herausgearbeitet sind, dass sie nur noch mit etwa incl. einem Drittel im Gestein haften.

Als ich zum ersten Male die Dreikanter sah und das Erstaunen über diese seltsame Bildung einer ruhigen Ueberlegung Platz gemacht, kam ich sofort zu der Ueberzeugung, dass dieselben ihre Entstehung nur der schleifenden Kraft des Flugsandes verdanken können.

Dass nicht alle Geschiebe zu Dreikantern angeschliffen waren, befremdete mich keineswegs, da einerseits unendlich viele locale Ursachen, welche nachträglich festzustellen wohl unmöglich sein dürfte, andererseits aber der bei vielen Exemplaren augenscheinlich noch nicht vollendete Zuschliff hinreichende Erklärung dafür abgeben.

Das aber stand fest, falls die Dreikanter vom Flugsand angeschliffen wurden, musste sich eine Uebereinstimmung in der Lage der Schliffflächen nachweisen lassen. Um diese Untersuchung anstellen zu können, wurden zunächst alle Dreikanter in ihrer natürlichen Lagerungen mit dem magnetischen Meridian versehen. Die Stellung der Schliffflächen wurde dann zu Hause derart bestimmt, dass an jedem nach dem Meridian orientirten

Dreikanter die Richtung der Horizontalprojection der Normalen zur Schlifffläche mittels eines Compasses abgelesen und als Radius eines Kreises mit der Nummer des Steines versehen aufgetragen wurde. Der Untersuchung unterlagen in dieser Weise 60 Dreikanter und die Resultate sind im beiliegenden Diagramm (T. IX) graphisch dargestellt, in welchem also jeder Stein durch 3 Radien vertreten ist. Diese 3 Radien sind für jeden Stein gleichsam die Repräsentanten der 3 hauptsächlich zur Geltung gekommenen Winde.

Wie aus dem Diagramm zu ersehen, ist nun zwar die Uebereinstimmung nicht so gross, wie man sie vielleicht hätte erwarten können, immerhin ist aber doch deutlich zu sehen, dass die Radien um 3 Richtungen hauptsächlich gruppirt sind, welche etwa N, S 60° E und S 50° W entsprechen, während andererseits 3 auffallende Lücken in N 40° E, S 20° E und N 55° W vorhanden sind. Noch auffallender wurden diese Lücken, wenn man einen Theil der Dreikanter ausschliesst und die entsprechenden Linien streicht, etwa die №№ 4, 6, 7, 8, 11, 15, 17, 18, 21, 24, 25, 28, 31, 36, 41, 44, 48, 50, 51, 53, 54, 57 was $36\frac{2}{3}\%$ der Gesamtzahl ausmacht, dann werden die Winkelräume S 8½° W bis S 50° E, N 18° E bis N 65° E und S 60° W bis N 46° W frei von Linien. In dem Diagramm sind die ausgeschiedenen Linien durch einen schwarzen Strich, die freiwerdenden Winkelräume durch einen bepfeilten Bogen bezeichnet. Diese immerhin bemerkenswerthe Uebereinstimmung kann unmöglich ein Spiel des Zufalls sein, sondern muss eine einheitliche Ursache gehabt haben.

Es ist absolut undenkbar, dass die geschliffenen Geschiebe nach ihrer Fertigstellung an den jetzigen Ort und in ihre jetzige Lage transportirt worden sind, dazu liegen sie viel zu geordnet, alle in der gleichen Höhe, alle mit den Schliffflächen nach oben gekehrt, alle mit einer immerhin auffallenden Uebereinstimmung

der Richtung ihrer Schliffflächen. Sie haben unzweifelhaft an Ort und Stelle ihren Zuschliff erhalten. Eine einfache Ueberlegung zeigt nun, dass eine Thätigkeit des Wassers dabei von vornherein ausgeschlossen werden muss, denn dieses hätte unfehlbar den feinen Sand, in dem die Geschiebe alle eingelagert sind, fortgeschwemmt, letztere auf diese Weise unterwaschen und aus ihrer Lage gebracht. Da das nun augenscheinlich nicht geschehen ist, so ist unter den gegebenen Verhältnissen nur eine Ursache denkbar, die eine solche Wirkung hervorbringen konnte, und das ist der durch den Wind in einer bestimmten Richtung über die Geschiebe fortgetriebene Flugsand.

Die schleifende Kraft des Sandes darf nicht unterschätzt werden. Es ist allgemein bekannt, dass man gegenwärtig mit dem Sandgebläse den härtesten Stahl durchbohrt, ja selbst der Korund, nächst dem Diamant der härteste Stoff, den man kennt, vermag auf die Dauer der Einwirkung des Sandgebläses nicht zu widerstehen.

Nun ist zwar die Geschwindigkeit des Flugsandes eine viel geringere, als die im Sandgebläse zur Wirkung kommende, dafür aber stehen dem Flugsande ungezählte Jahre zur Verfügung. Dass die Wirkung genau die gleiche ist, sieht man ja deutlich an der Flaschenscherbe. Man ist aber im Allgemeinen sehr geneigt bei grossen Wirkungen auch grosse Ursachen vorauszusetzen, und vergisst leicht, dass unendlich viele unendlich kleine Grössen sich zu einer endlichen Grösse summiren können.

Die Abweichungen in den Richtungen der Schliffflächen resultiren aus einer Menge von Ursachen, die für jeden einzelnen Stein zu bestimmen mit unüberwindlichen Schwierigkeiten verbunden sein dürfte. Ich will mich daher begnügen einige allgemeine Gesichtspunkte geltend zu machen, so weit sich solche aus den gefundenen Dreikantern herleiten lassen.

Zunächst ist es einleuchtend, dass die mehr oder weniger günstige Form und Lage des Geschiebes von wesentlichem Einfluss auf die Bildung der Schliffflächen sein wird.

Die günstigsten Bedingungen zur Bildung eines Dreikanterers wären bei einem Steine vorhanden, dessen Form so zu sagen schon die eines Dreikanterers im Rohen ist und dessen 3 ursprüngliche Flächen im rechten Winkel gegen die 3 herrschenden Windrichtungen gekehrt sind. Hier werden die 3 schon vorhandenen Flächen gleichmässig weiter geschliffen bis die abgerundeten Kanten des Geschiebes verschwunden sind und statt dessen sich 3 scharfe Kanten und eine Spitze als Durchschnittselemente der Ebenen gebildet haben.

Die ungünstigste Form wäre etwa die parallelopipedische, in einer Lage, bei der keine von den 4 Seitenflächen senkrecht zu den 3 herrschenden Windrichtungen sich befände.

Hier müssten alle Kanten fortgemeisselt und neue Flächen eingeschliffen werden und es ist verständlich, dass letztere bis zur Fertigstellung des Dreikanterers alle Richtungen von der ursprünglichen parallelopipedischen Fläche bis zu der definitiven Dreikanterfläche durchlaufen werden.

So unendlich verschiedenartig die ursprüngliche Form und Lage der Geschiebe ist, so unendlich verschiedenartig werden auch die Zwischenstufen ihres Ausschliffes sein, aber alle tendiren in gewissen Gränzen auf den Dreikanter mit gleichgerichteten Flächen.

Ich sage in gewissen Grenzen, denn ausser den in den Geschieben selbst liegenden Ursachen, die vorhin erwähnt wurden, traten noch andere, ausserhalb derselben befindliche, in Action, die eine Abweichung der Flächenrichtung bewirkten.

Als nächste dieser localen Ursachen ist die Ablenkung des Windes durch die umlagernden Geschiebe selbst zu nennen. Die Combinationen dieser Störungen sind jedoch so complicirter Natur, dass

sie sich an den einzelnen Steinen schwerlich verfolgen lassen. Als zweite locale Ursache ist die allgemeine Veränderung der Verhältnisse der Umgegend im Laufe der Zeit anzuführen. Es wurde bereits erwähnt, dass die Flugsandbewegung an dieser Stelle gegenwärtig sehr gering sei und dass sie vom Süden her überhaupt nicht mehr stattfände. Bestätigt wurde diese Behauptung durch die nach Süden gerichteten mit intacten Flechten bedeckten Schliffflächen der Geschiebe und als Ursache ergab sich selbstverständlich der im Süden sich vorziehende Wald. Die Schliffflächen der Dreikanter müssen also schon zu einer Zeit beendet gewesen sein, als der Wald im Süden noch nicht existirte, oder besser gesagt, der heranwachsende Wald unterbrach die Bildung der Dreikanter. Und in der That finden sich viele Geschiebe, an denen man den noch unvollendeten Zuschliff beobachten kann. Da giebt es rundliche Steine, die an einer Seite einen Anschliff haben, wie wenn man etwa einen Apfel angeschnitten hätte; an den anderen Seiten zeigt die geschliffene Fläche noch die ursprüngliche runde Form des Steines, ist aber bereits durch einen kleinen Grat in 2 Theile getheilt. Ferner Geschiebe meist grösserer Dimension, bei denen die 3 Schliffflächen sich noch nicht in eine Spitze geschlossen haben und die daher abgestumpften Pyramiden gleichen und andere mehr. Diese Anfangsbedingungen und die vielen unregelmässigen Formen erklären sich aber andererseits aus der Entstehungsweise der Geschiebedecke. Durch Auswehen des feinen Sandes wurden die ursprünglich in verschiedenen Höhen im Diluvium liegenden Geschiebe auf den gleichen Horizont gesenkt, wobei die tiefer liegenden später zum Anschliff kamen als die höher gelegenen.

Es leuchtet ein, dass die letzteren bei der fortwährenden aber sehr langsam vor sich gehenden Senkung eine Aenderung in ihrer ursprünglichen Lage erleiden konnten, welche sich je nach der Beschaffenheit der Lagerfläche als Drehung um die verticale Achse oder als Kantung oder als Combination beider Bewegungen äusserte.

Bei einem in meinem Besitze befindlichen Dreikanter scheint eine solche Drehung vor sich gegangen zu sein, denn die 3 Kanten sind alle nach derselben Seite geschwungen.

Vielleicht gelingt es bei weiterer eingehender Untersuchung der localen Verhältnisse die diesen Anomalien zu Grunde liegenden Ursachen klarer zu stellen.

Die Annahme der Entstehung der Dreikanter durch Flugsand erklärt auch die Bildung der Narben und Hervorragungen auf die natürlichste und ungezwungenste Weise, wie bereits bei der Betrachtung der polirten Geschiebe der unteren Fläche gezeigt wurde. Diesen letzteren fehlt es, wie ich nachträglich bemerken will, keineswegs an Schliffflächen; doch sind sie seltener, weniger scharf ausgeprägt und nie zu Dreikantern combinirt. Der Grund dieser Thatsachen dürfte ebenfalls den localen Verhältnissen der unteren Flächen zuzuschreiben sein. Da ist zunächst zu bemerken, dass eine tiefliegende, ebene, von Höhenzügen theilweise eingeschlossene Fläche überhaupt weniger geeignet ist Schliffflächen entstehen zu lassen als eine hochgelegene, jedem Winde zugängliche Kante oder Kuppe eines Hügelzuges. Zudem sind schon die Flugsanddünen wie schon erwähnt in einer beständigen Veränderung begriffen und verdecken theilweise die Geschiebe wieder, so dass der Flugsand nie recht zur Wirkung kommen kann.

Endlich ist diese Fläche, welche nach Westen auf den Hark-schen See ausmündet wahrscheinlich der Abflussgraben für den Ober-See gewesen, und die Wassermassen, die sich bei jedesmaligem Durchbruch des Sees über dieselben ergossen, haben die Geschiebe nicht zur Ruhe kommen lassen. Noch in letzter Zeit haben diese Durchbrüche die Verwaltung der Stadt zu bedeutenden Uferbefestigungen veranlasst, deren Instandhaltung die grösste Sorgfalt gewidmet wird. In früheren praehistorischen Zeiten, wo der See nachweislich viel grösser war, mögen diese Durchbrüche noch häufiger und gewaltiger gewesen sein.

Was nun auch immer die Ursachen sein mögen, Thatsache ist es, dass die Geschiebe der unteren Fläche alle auf dem Sande aufliegen; es fehlt ihnen die feste Bettung, die zur Bildung von Schliffflächen nothwendig ist.

Fassen wir das Angeführte kurz zusammen, so ergibt sich etwa folgende Entstehungsgeschichte der Dreikanter.

Bei Beginn der Action existirte der Nömmesche Wald noch nicht. Die Diluvialhügel erstreckten sich von den blauen Bergen annähernd in gleicher Höhe und etwa in der Linie des Randes der oberen Terrasse bis zum Ober-See und waren mit einer Heidevegetation bedeckt. Vielleicht durch einen Durchbruch des Sees wurde an einer Stelle die Vegetationsdecke gestört und der Wind fing an den feinen Sand auszuwehen. Diese Auswehung griff unter gleichzeitiger Senkung des Terrains immer weiter um sich, bis endlich die ausgesichteten Geschiebe dieser Thätigkeit des Windes ein Ziel setzten. Parallel mit der Senkung der Fläche ging der Schliff der ausgesichteten Geschiebe vor sich, der aber nach Beendigung der Auswehung seinen Fortgang nahm. Schliesslich wuchs der Wald heran und unterbrach nachdem er anfangs den Wind wohl nur abgelenkt hatte, endlich den weiteren Fortschliff der Dreikanter.

Ich bin am Schluss und glaube gezeigt zu haben, dass die Entstehung der Dreikanter durch Flugsand nicht nur nicht unmöglich, sondern sogar im höchsten Grade wahrscheinlich ist. Ich will nun zu zeigen versuchen, dass die Entstehung der Dreikanter durch Packung unter Mitwirkung von fliessendem Wasser geradezu unmöglich ist.

Es ist an und für sich sehr gut denkbar, dass dreiseitiger Anschliff auf die von Herrn Berendt angenommene Weise entstehen kann. Ich hätte auch Nichts gegen diese Erklärung einzuwenden, wenn nicht der Versuch, diese Annahme mit den bestehenden Ortsverhältnissen, den Eigenthümlichkeiten des Schliffes der Dreikanter und deren numerischen Verhältnissen in Einklang zu bringen, mehr

Räthsel zu Tage förderte, als man ursprünglich zu lösen beabsichtigte.

Setzt man die Entstehung der Dreikanter durch Packung voraus, so ist es zunächst unerklärlich, warum man nicht mehr Doppeldreikanter findet, denn die Annahme, es habe die Packung nur aus zwei Schichten bestanden, dürfte von vornherein unzulässig sein. Es müssen also mindestens 3 Schichten vorausgesetzt werden, wenn man wie der geehrte Herr Verfasser die Doppeldreikanter durch Packung erklären will. Aus dieser Annahme folgt aber, dass $\frac{1}{3}$ sämmtlicher Dreikanter Doppeldreikanter sein müssen. Ich selbst habe trotz eifrigen Suchens noch nie einen solchen gefunden. Herr Berendt giebt die Anzahl der von ihm beobachteten Doppeldreikanter nicht an, aber aus seiner Mittheilung geht hervor, dass sie bei weitem nicht in der Menge vorhanden sind, um es wahrscheinlich zu machen, dass das am Drittel Fehlende zufällig zu Grunde gegangen oder aber noch nicht aufgefunden worden sei.

Nun wird aber jeder, der Geschiebeablagerungen gesehen hat, zugeben, dass die Annahme von nur 3 Schichten übertrieben bescheiden ist, dass man im Gegentheil ohne Gefahr zu laufen sich von der Wahrheit zu entfernen, eine viel grössere Anzahl von Schichten voraussetzen darf. Wie leicht einzusehen, gestaltet sich in diesem Falle das numerische Verhältniss noch viel ungünstiger; bei 4 Lagen werden die Hälfte, bei 5 — $\frac{3}{5}$, bei 6 — $\frac{2}{3}$ u. s. w. der überhaupt gebildeten Dreikanter Doppeldreikanter sein müssen. Also schon bei 5 Lagen müssten mehr Doppeldreikanter als einfache zu finden sein. Die Thatsache, dass ich keinen, Herr Berendt höchstens einige wenige doppelt zugeschliffene Geschiebe gefunden, spricht schon gegen die Theorie des letzteren. Der Doppeldreikanter ist nur als ein Zufallsproduct aufzufassen, während die einfachen Dreikanter das gesetzmässige dieser Erscheinung repräsentiren.

Untersuchen wir die geschliffenen Geschiebe in Bezug auf ihre Lagerung, so machen sich ebenfalls schwerwiegende Bedenken geltend.

Unter Annahme der Packungstheorie können sich nämlich dieselben gegenwärtig unmöglich am Ort ihrer Entstehung befinden, denn das Wasser, dessen Strömung stark genug war um die Geschiebe zu rütteln, hätte unfehlbar den feinen Sand, in welchem sie gelagert sind fortschwemmen müssen. Daraus folgt, dass die Geschiebe nach ihrer Fertigstellung an den Ort ihrer gegenwärtigen Lagerung transportirt worden sind. Auf welche Weise das geschehen sein soll, ist absolut unfassbar, denn in so geordnete Stellung, alle mit dem Anschliff nach oben und mit den Flächen in nahezu dieselbe Richtung, dürfte keine Naturgewalt sie zu versetzen im Stande gewesen sein.

Unerklärlich ist es ferner, dass die geschliffenen Geschiebe vorzugsweise als Bedeckung der höchsten Stellen des Diluvium auftraten, während sie doch nach der Packungstheorie eher in den tiefsten Lagen gefunden werden mussten.

Den schlagendsten Beweis gegen die Packungstheorie bilden jedoch die den Schliffflächen der Dreikanter eigenthümlichen Narben und Hervorragungen.

Vergegenwärtigen wir uns den Vorgang des Schliffes, wie er bei einer solchen Packung zu Stande kommen würde, so leuchtet ein, dass die auf einander liegenden Geschiebe sich im Verlaufe des Prozesses immer tiefer und tiefer in einander einschleifen werden, wobei das härtere Material eine mehr convexe, das weichere eine entsprechend concave Schlifffläche annehmen wird. Im Ruhezustande werden die so aufeinander geschliffenen Flächen der oberen und unteren Geschiebe sich in Berührung befinden, die um so inniger sein wird, je mehr der Schliff fortgeschritten ist. Beim Herabfallen eines durch die Kraft des Wassers gehobenen Steines in sein Lager kann von einem konzentrirten Stoss, wie er zur Bildung von Narben doch nothwendig wäre, nicht die Rede sein; es wird vielmehr ein schleifendes Zurückgleiten stattfinden, um so mehr, als das Gewicht des Steines im Wasser fast um die Hälfte vermindert wird. Der Ver-

gleich mit der Picke des Steinmetzes ist also nicht zutreffend. Aber selbst angenommen, der Stoss sei stark und konzentriert genug um ein so sprödes Mineral wie Feldspath zum Ausspringen zu bringen, wie erklärt sich der Ausschliff des in so hohem Grade elastischen, und doch leicht spaltenden Glimmers?

An dem schon eingangs erwähnten polirten Geschiebe sind die Glimmerkristalle in der Richtung der Spaltungsflächen ausgeschliffen ohne die geringsten Spuren einer Aufblätterung; das Mineral ist im Gegentheil durchsichtig wie Rauchquarz und an einigen Stellen zu Papierdicke abgeschliffen.

Ein fortwährendes Stossen hätte unbedingt eine Durchblätterung des ganzen Kristalles bewirken müssen.

Und nun gar die Hervorragungen an den Flächen der Dreikanter, die der Herr Verfasser zwar nicht erwähnt, von denen ich aber allen anderen Uebereinstimmungen nach mit Recht glaube annehmen zu dürfen, dass sie den seinigen eben so wenig fehlen werden, als den von mir gefundenen, wie ist es denkbar, dass sie bei Steinen, die sich gegenseitig schleifen, stehen bleiben konnten und noch dazu in der Schärfe?

Ist es nicht vielmehr wahrscheinlicher, dass eine solche härtere Stelle das ringsum liegende weichere Material vor weiterem Abschleifen in dem Maasse schützt, als es selbst dem Abschliff widersteht und daher mit dem umgebenden Muttergestein nahezu gleich geschliffen wird? Ist es denkbar, dass bei dem angeführten Dreikanter aus feinkörnigem Gneiss die kleinen Almandinkörner erhaben stehen bleiben konnten, obgleich sie durch und durch sprüggig sind und daher beim leisesten Stoss zerbröckeln müssten? Ich halte es für absolut undenkbar, denn ein Stoss, der im Stande ist in eine glatte Fläche Narben zu schlagen und zwar durch Aussprengen des getroffenen intacten Materiales, müsste noch eher die frei hervorragenden Granatkörner absprengen, um so mehr, als sie durch und durch rissig, also jedenfalls wenig widerstandsfähig sind.

Der Schliff wie er bei einer Packung zu Stande käme, würde vielmehr dem gewöhnlichen Geschiebschliff gleichen, obwohl ich zugebe, dass er unter Umständen feiner sein könnte. Nimmer aber werden sich solche Narben und Hervorragungen bilden, wie sie dem sandgeschliffenen Geschiebe eigenthümlich sind.

Nachtrag.

Mit grossem Interesse habe ich den Aufsatz von Prof. F. E. Geinitz-Rostock ¹⁾ über die Bildung von Kantengerölln gelesen, muss aber gestehen, dass derselbe meine Ansicht in keiner Weise geändert hat. Es scheint mir aus diesem Artikel wie auch schon aus dem Berendt'schen mit Evidenz hervorzugehen, dass die Verhältnisse oder das Vorkommen der Pyramidalgeschiebe in Norddeutschland nicht mehr die ursprünglichen, bei der Bildung derselben vorhanden gewesen, sondern durch theilweise Umlagerung des Materiales in Folge der Thätigkeit des Wassers oder anderer Agentien total andere geworden sind und daher den Ueberblick über die wahre Sachlage, die ja bei Nömmen so klar zu Tage liegt, ungemein erschweren. Ich habe meinem Artikel Nichts hinzuzufügen und will nur bemerken, dass in der That nach meinen eingehenden Untersuchungen die pyramidalen Geschiebe nur auf den ausgewehten Theilen vorkommen (Seite 10). Ueber das Verhältniss der Windrichtung zu den Schliffflächen behalte ich mir eine besondere Mittheilung vor, da meine Untersuchungen darüber noch nicht geschlossen sind und ich noch nicht dazu gekommen bin die Möglichkeit des 3seitigen Zuschliffes durch die Winde experimental nachzuweisen. Schliesslich möchte ich noch meine Verwunderung darüber aussprechen, dass auch Geinitz nichts über warzenförmige Bildungen auf den Schliffflächen der Dreikanter mittheilt.

¹⁾ Soeben (1886) im Archiv des Vereins der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg erschienen.



