

2. Beiträge zur Kartirung der quartären Sande.

Von Herrn J. L. C. SCHROEDER VAN DER KOLK in Deventer
(Holland).

Einleitung.

Die Kartirung des Quartärs ist bekanntlich in den Niederlanden sehr schwierig infolge des Vorherrschens der Sandgebiete, wo häufig gar keine Fossilien, ja selbst nicht einmal Grand gefunden wird. Und doch, wie es schon die Agronomie lehrt, sind diese Sande nicht gleichwerthig, also doch wohl verschiedenen Ursprungs. Die Sande können ja diluvial oder auch alluvial sein; unter den diluvialen dürfen wir entweder skandinavische oder auch südliche Sande erwarten, weiter noch Sande, welche in der späteren Diluvialzeit von den Hügeln herabgespült sind, und solche, welche man als diluvial-fluviatil bezeichnen dürfte, und schliesslich noch die rein alluvialen Gebilde. Es versteht sich, dass die Aufgabe des kartirenden Geologen durch diese vielen Sande in hohem Masse erschwert wird. Besonders stark empfand ich diese Schwierigkeit bei der Kartirung der sandigen Umgebung Deventers. Nach STARING hätten wir es hier mit von den Hügeln herabgewaschenem Sande zu thun, nach LORIÉ wäre dagegen diese Ebene diluvial - fluviatilen Ursprungs. Wenn nun auch die Meinung STARING's zweifelsohne schwerwiegend ist, so blieb es doch immerhin erwünscht, eine sichere Entscheidung zu treffen. Schon STARING sagt¹⁾:

„Weder in der mineralogischen Zusammensetzung der Sande, noch in der Farbe oder auch in der Korngrösse ist ein merklicher Unterschied zwischen den verschiedenen Diluvialabtheilungen zu spüren. Wahrscheinlich jedoch werden sich bei einem genauem und vergleichenden Studium wohl Merkmale finden, welche mit dem verschiedenen Ursprung in Zusammenhang stehen werden.“

Ein derartiges vergleichendes Studium, auch der niederlän-

¹⁾ Bodem van Nederland, II, p. 57.

disehen quartären Sande, hat zuerst DELESSE¹⁾ gegeben, wenn er auch den Gegenstand durchaus nicht erschöpft hat. Bedeutend ist immerhin seine Schlussfolgerung über die Herkunft der niederländischen Küstensande:

„Il me paraît du reste qu'il ne faut pas chercher exclusivement une provenance éloignée aux sables se trouvant sur les bords du canal de Flandre et à l'entrée de la mer du Nord.

„Car bien qu'il soit assez uniforme, le dépôt sableux littoral présente visiblement sur chaque point des caractères minéralogiques spéciaux qu'il emprunte à la côte même sur laquelle il s'est formé.

„Ainsi, tandis que la glauconie y est très abondante près de Dunkerque, elle devient très rare ou bien disparaît complètement en Hollande. En outre, l'on observe dans les Pays-Bas du feldspath, du mica, du grenat.

„On voit par conséquent, que le dépôt des côtes de la mer du Nord conserve en définitive un caractère local, malgré les apports de la mer qui viennent d'une grande distance et malgré les remaniements résultant de l'action incessante des courants, des vagues et des marées.

Da die Untersuchungen von DELESSE in dieser Hinsicht nur qualitativ sind, er nämlich nur behauptet, das eine Mineral sei hier, das andere dort häufiger, so ist es nicht möglich, zu einer Trennung der verschiedenen Sande zu gelangen. Ähnliches gilt von den sonst so schönen Untersuchungen des zu früh verstorbenen RETGERS, der so Vieles geleistet und dazu noch so Vieles versprach. Seine schon publicirten Untersuchungen, welche er im Neuen Jahrbuch für Mineralogie etc. in einer ausführlichen Abhandlung zusammenfasste²⁾, besitzen leider für unseren Zweck den Nachtheil, dass sie sich nur auf den Scheveninger Dünen-sand stützen, also nicht eigentlich vergleichend sind. RETGERS selbst beabsichtigte denn auch eine Weiterführung des aufgenommenen Themas, wie er es in seiner zusammenfassenden Abhandlung ausdrücklich mit den folgenden Worten verspricht³⁾:

„Die mineralogische Entwirrung der Sande Hollands bildet den Gegenstand einer grösseren Arbeit, mit welcher ich seit einiger Zeit beschäftigt bin.“

Bei ihrem hohen wissenschaftlichen Werth lehren uns die Untersuchungen von DELESSE und RETGERS jedoch keine Eigen-

¹⁾ Lithologie du fond des mers, Paris 1871.

²⁾ Ueber die mineralogische und chemische Zusammensetzung der Dünen-sande Hollands und über die Wichtigkeit von Fluss- und Meeressand-Untersuchungen im Allgemeinen, 1895, I, p. 16—74.

³⁾ Ibidem, p. 68.

schaften kennen, mit welchen es möglich wäre, eine praktische Trennung der Sande verschiedenen Ursprungs durchzuführen. Zu einer solchen Trennung brauchen wir eine Eigenschaft, welche sich bequem in bestimmten Zahlen ausdrücken lässt, und letzteres ist nur durch vergleichende, quantitative Untersuchungen zu erreichen. Nach einigen Versuchen hat es sich als brauchbar erwiesen, in dem fraglichen Sande den Gehalt schwerer Mineralien¹⁾ zu bestimmen und die relative Menge der Amphibol- und Granatkörner abzuschätzen. Der ebengenannte Gehalt wurde ausgedrückt in Procenten des Gewichts. Aus den vorläufigen Untersuchungen ergaben sich folgende vier Regeln:

1. Die Gehaltzahlen einer grösseren Reihe zusammengehöriger Diluvialsande weisen nur geringe Schwankungen auf.
2. Die Gehaltzahlen einer grösseren Reihe zusammengehöriger Alluvialsande weisen sehr bedeutende Schwankungen auf.
3. In einer Probe diluvialen Sandes spielt der *Amphibol* eine bedeutende Rolle; oft ist das Mineral sogar häufiger vertreten als der *Granat*.
4. In einer Probe alluvialen Sandes spielt der *Amphibol* nur eine untergeordnete Rolle, der *Granat* dagegen tritt stark in den Vordergrund.

Es braucht kaum gesagt zu werden, dass diese Regeln nicht absolut genau sind, ebensowenig, als bis jetzt eine absolut genaue Grenze zwischen Diluvium und Alluvium gezogen werden konnte. Im Grossen und Ganzen haben sie sich jedoch bei einer Durchmusterung von fast tausend Sandproben aus den verschiedensten Gegenden als stichhaltig erwiesen. Der erste Versuch einer praktischen Verwendung einer derartigen Gehaltsbestimmung wurde von mir in der Umgebung Deventers gemacht.²⁾

Zwei Fragen thaten sich hierbei auf (vergl. die Karte) und zwar:

1. Soll der Diluvialsand als eine Abschwemmung der Hügel von Holten, Markelo und Lochem betrachtet werden (STARING), oder aber als eine Ablagerung einer gleichsam diluvialen Ysel (LORÉ)?
2. Wo liegt die Grenze zwischen dem ebengenannten Diluvialsand und dem alluvialen Flusssand?

¹⁾ Unter schweren Mineralien werden hier solche verstanden, welche in Bromoform (sp. G. = 2,89) untersinken.

²⁾ SCHRÖDER VAN DER KOLK, *Bydrage tot de karteerling onzer Landgronden*, I. Verh. Kon. Ak. v. Wetensch., Amsterdam 1894.

Wenn der Sand fluviatilen Ursprungs ist, so wird der Gehalt entweder überall der gleiche sein, oder auch aus Sandstreifen verschiedenen Gehalts bestehen, welche im Grossen und Ganzen der Thalaxe parallel liegen. Ist der Sand dagegen von den Hügeln abgeschwemmt, so werden die Streifen mehr oder weniger senkrecht zur Thalaxe stehen und die Gehaltzahlen irgend eines Streifens werden mit denjenigen des zugehörigen Hügels übereinstimmen. Der Gehalt der verschiedenen Hügel aber wird sehr verschieden sein, zumal bei den östlichen Hügeln, da einige sehr reich, andere dagegen sehr arm an skandinavischem Material sind, und der Gehalt südlichen und skandinavischen Sandes bekanntlich stark differirt, indem ersterer Sand einen Gehalt meistens bedeutend unter 0,4 besitzt; letzterer dagegen einen Gehalt weit über 0,4. Die Hügel bei Holten sind nun recht arm an skandinavischem Material; fast alle Gesteine sind südlicher Herkunft. Damit stimmt der Gehalt der Sandproben überein, wie aus der graphischen Darstellung des östlichen Hügelzuges hervorgeht. Die horizontale Strecke bedeutet hier eine Nord-Süd verlaufende Gerade (etwa ein Meridian), worauf die Fundorte sämtlicher Sandproben des östlichen Hügelzuges projectirt worden sind (schwarze Punkte unter der Strecke). In jedem Punkte ist ein Perpendikel aufgerichtet, dessen Länge dem Gehalt des zugehörigen Punktes proportional ist. Die Scheitelpunkte der Perpendikel sind durch Gerade mit einander verbunden. Nachher sind aber, um die Figur nicht zu überfüllen, die Perpendikel weggelassen. Man bemerkt leicht, wie zwischen A und B¹⁾ die Mehrzahl der Gehaltzahlen den Werth 0,4 nicht übersteigt. Weiter nach Süden ändert sich dagegen der Zustand; die skandinavischen Gesteine werden überaus zahlreich, der Gehalt ist fast durchweg grösser als 0,4 (zwischen B und D). In der Nähe von E (Lochmer Berge) wechselt der Gehalt sehr stark, indem die Hügel zum Theil aus skandinavischen, zum Theil aus südlichen Sanden aufgebaut sind; und zwar überwiegen die Fundorte mit niederem Gehalt. Im Mittel finden wir also zwischen E und D einen niederen Gehalt, von D bis B einen hohen, von B bis A wieder einen niederen. Gehen wir jetzt zur östlichen Ebene über, so finden wir zwischen ϵ und δ einen niederen Gehalt, zwischen δ und β Gehaltzahlen, welche in γ ein Maximum erreichen und nach β wieder abfallen. Wir erhalten also ein genaues Bild des östlichen Hügelzuges: Streifen mit übereinstimmendem Gehalt etwa senkrecht zur Thalaxe, d. h. eine Bestätigung der STARRING'schen Aussage.

¹⁾ Vergl. die Karte.

Noch ist zu bemerken, wie die graphische Figur der Ebene einen regelmässigeren Verlauf zeigt als diejenige des Hügelszuges. Es ist dies leicht zu verstehen. In den Hügeln liegen die Sande südlicher und skandinavischer Herkunft getrennt und unvermischt, hier wird man also extreme Gehaltzahlen finden, in der Ebene dagegen ist Alles durcheinander geschwemmt und gemischt, schroffe Gegensätze sind also ausgeschlossen.

Schliesslich sei noch hingewiesen auf die überaus hohen Zahlen in der Nähe der Ysel (vergl. die Karte und die graphische Figur), ein Merkmal des Alluvium.

Wie aus dem Obigen hervorgeht, ist also von der Bestimmung der Gehaltzahlen Erfolg zu erwarten. Es wird aber gut sein, die flüchtig angegebene Methode näher auszuarbeiten, wie wir es in dem nächsten Abschnitt thun werden.

Erster Abschnitt.

Bei der Anwendung der Bromoform-Methode bin ich folgendermaassen verfahren:

5 Gramm des mit Wasser gereinigten Sandes werden abgewogen, nachdem zuvor die Körner mit einem grösseren Diameter als 2 mm entfernt waren und ausserdem der etwa anwesende kohlen saure Kalk gelöst war. Die Probe wird sodann in einem Scheidetrichter auf Bromoform¹⁾ aufgeschüttet und vorsichtig geführt. Sobald keine Körner mehr untersinken, wird der Hahn umgedreht, der erhaltene Niederschlag mit Benzol ausgewaschen, getrocknet und gewogen und die erhaltene Zahl in Procente umgerechnet. Die auf diese Weise erhaltene Zahl ist Gehaltzahl genannt worden. Diese Zahl ist meistens unter 1 pCt., die Menge der schweren Mineralien also ziemlich gering. Unter dem Mikroskop gewahrt man Amphibol, Granat, Augit, Epidot, Staurolith, Zirkon, Rutil, opakes Erz u. s. w. Die schon erwähnten relativen Mengen des Amphibols und Granats wurden bestimmt, indem bei einer mässigen Vergrösserung unter dem Mikroskop die Gesamtzahl der Körner im Felde (etwa 100) abgezählt wurde, sodann aber die Zahl der Amphibol- und der Granatkörner. Die beiden letztgenannten Zahlen wurden wieder in Procente umgerechnet und zwar in Procente der schweren Mineralien. Ist also 10 pCt. Amphibol und 20 pCt. Granat verzeichnet, und beträgt die Gehaltzahl des Sandes 1 pCt., so führt dieser Sand 0,1 pCt. Amphibol und 0,2 pCt. Granat.

Wir werden jetzt zuerst eine theoretische Erklärung der gefundenen Regeln geben, um sie sodann später an geeigneten Beispielen zu demonstrieren.

¹⁾ Sp. Gew. = 2,89.

1. Die Gehaltzahlen einer grösseren Reihe zusammengehöriger Diluvialsande weisen nur geringe Schwankungen auf.

Die geringen Schwankungen erklären sich daraus, dass, wenn auch die Gesteine, woraus der Sand entstanden ist, eine verschiedene Zusammensetzung aufweisen, die überaus kräftiger Ströme des diluvialen Zeitalters alle die verschiedenen Mineralien gleichmässig durcheinander gemischt haben. Die geringen Schwankungen finden sich aber nur bei zusammengehörigen Sanden, bei Sanden aus einer einheitlichen Schicht; während selbstverständlich eine Sandprobe aus einer Schicht skandinavischen und eine solche aus einer Schicht südlichen Materials Gehaltzahlen aufweisen können, welche erheblich von einander abweichen, wenn sie auch beide zum Diluvium gehörig sind.

2. Die Gehaltzahlen einer grösseren Reihe zusammengehöriger Alluvialsande weisen sehr bedeutende Schwankungen auf.

Die alluvialen Sande sind hauptsächlich nur umgearbeitete diluviale Sande und würden von jenen auch nicht zu unterscheiden sein, wenn die langsamen alluvialen Wasserströme nicht wieder eine Trennung nach dem specifischen Gewicht herbeiführten, wo die diluvialen Ströme zuvor alles Material gleichmässig durcheinander gemischt hatten. Der Vorgang ist mit der Goldwäscherei vergleichbar, wo die leichten Körner vom Wasser mitgeführt werden, die schweren aber liegen bleiben. Wo also die Ausschlämzung vorherrscht (Bodenverlust), sind hohe Gehaltzahlen zu erwarten, an den Ablagerungsstellen dagegen niedere.

3. In einer Probe diluvialen Sandes spielt der Amphibol eine bedeutende Rolle; oft ist das Mineral sogar häufiger vertreten als der Granat.

Da der Amphibol häufiger gesteinsbildend auftritt als der Granat, so ist es leicht verständlich, dass der aus Zerstückelung fester Gesteine entstandene Diluvialsand mehr oder weniger amphibolreich ist. Es gilt dies zumal von den Sanden des skandinavischen Diluvium, welche ihre Entstehung den krystallinen Gesteinen Skandinaviens verdanken, weniger dagegen von den Diluvialsanden südlicher Herkunft, welche zum grösseren Theil aus Sandsteinen entstanden sind; auf letztere ist eben die jetzt zu besprechende vierte Regel mehr oder weniger anwendbar.

4. In einer Probe alluvialen Sandes spielt der Amphibol nur eine untergeordnete Rolle, der Granat dagegen tritt stark in den Vordergrund.

Die Regel ergibt sich aus zwei Gründen:

1. Durch die langsamen Ströme werden die Körner an einander gerieben (daher die mehr abgerundeten Körner und der wenig eckige Grund des Alluvium, wenn verglichen mit den analog Diluvialbildungen) und ein nicht besonders hartes und dazu leicht spaltbares Mineral wie der Amphibol wird auf die Dauer gänzlich zertrümmert, während der Granat diesem Agens besser widersteht — daher ein Ueberwiegen des Granats dem Amphibol gegenüber. Da der Quarz aber auch ziemlich widerstandsfähig ist, so wäre noch kein Grund vorhanden, weshalb der Granat sich im Sande überhaupt anreichern sollte. Der Grund dazu ist erst der folgende. 2. Die langsamen Ströme bringen eine Trennung der specifisch leichteren und der specifisch schwereren Mineralien zu Wege, und an den Stellen kräftiger Ausschlämmung wird sich vorzugsweise der specifisch recht schwere Granat anhäufen; an Stellen der Ablagerung wird er seltener sein; im Verhältniss zum Amphibol, der jedenfalls zertrümmert wird und sich deshalb nicht anreichern kann, ist er noch immer häufig.

Wir werden jetzt die gefundenen Regeln an Beispielen demonstrieren und dadurch neue Belege für ihre Richtigkeit zu gewinnen versuchen.

1. Bekanntlich ist unser niederländisches Diluvium fast nie ganz rein südlichen oder ganz rein skandinavischen Charakters.¹⁾ Die Nord-Brabanter Sande besitzen aber den südlichen Charakter erhältnissmässig rein und werden deshalb hier als erstes Beispiel gewählt. Die Reihe besteht aus 131 Sandproben, deren einige einen Uebergang zum Alluvium bilden, und also einen höheren Gehalt besitzen. Von allen Proben ist die Gehaltzahl bestimmt²⁾ und sind die Gehaltzahlen der Uebersichtlichkeit wegen classificirt, jedoch ist statt der absoluten Anzahl der Proben in jeder Klasse der Procentsatz angegeben.

Es fanden sich:

Mit einem Gehalt

von	0,0	bis	0,1	:	8	pCt.	aller	Proben
„	0,1	„	0,2	:	15	„	„	
„	0,2	„	0,3	:	20	„	„	
„	0,3	„	0,4	:	31	„	„	
„	0,4	„	0,5	:	16	„	„	

¹⁾ Cf. KEILHACK, Diese Zeitschrift, p. 229.

²⁾ Vergl. hier und auch weiter unten meine: Bydrage tot de kartering onzer Zandgronden, II. Verh. Kon. Ak. v. Wetenschappen, Amsterdam 1896.

von 0,5 bis 0,6 :	7	pCt. aller Proben
.. 0,6 .. 0,7 :	4
.. 0,7 .. 0,8 :	2

Zur leichteren Orientirung ist diese Tabelle graphisch dargestellt (Fig. 7 b). Auf der horizontalen Strecke sind die Klassengrenzen abgemessen, und in jeder Klasse ist ein Perpendikel errichtet, dessen Länge in Millimetern die Zahl der Procente angeibt. Die verschiedenen Perpendikel gruppieren sich ziemlich symmetrisch um dasjenige von 31 mm Länge (das grösste). Durch die Scheitelpunkte würde man eine regelmässig verlaufende Curve legen können. Der mittlere Gehalt findet sich am meisten, und um ihn gruppieren sich in abnehmender Häufigkeit die abweichenden Gehaltzahlen, den bekannten QUETELET'schen Ergebnissen nicht unähnlich.¹⁾ Die verschiedenen Zahlen stehen hier nicht in einem solchen causalen Verband, dass eine abnorme Höhe irgend einer Zahl eine abnorm niedere Zahl an anderer Stelle nothwendig hervorruft.

Ein ähnliches Ergebniss erhalten wir bei der Untersuchung einer Reihe von 152 Proben aus dem gemischten Diluvium STARING's.

Sie stammen aus dem Gebiete der in der Einleitung besprochenen Karte, an einigen Stellen (Holterberge) also aus ziemlich reinem südlichem Diluvium, an anderen (Veluwe und Lochemerberg) aus südlichem Diluvium mit einer bedeutenden Beimischung nördlichen Materials, an wieder anderen Stellen aus ziemlich reinem skandinavischem Diluvium. Ausserdem sind noch einige Fundorte benutzt worden, welche zwar ausserhalb des Kartengebiets, aber noch in nächster Nähe desselben liegen. Die Tabelle hat folgendes Aussehen:

Gehalt von 0,0 bis 0,1 :	5	pCt.
.. 0,1 .. 0,2 :	6	..
.. 0,2 .. 0,3 :	13	..
.. 0,3 .. 0,4 :	26	..
.. 0,4 .. 0,5 :	18	..
.. 0,5 .. 0,6 :	14	..
.. 0,6 .. 0,7 :	11	..
.. 0,7 .. 0,8 :	8	..
.. 0,8 .. 0,9 :	2	..

Die graphische Darstellung findet man in Fig 8b.

¹⁾ Auf diese QUETELET'sche Curve komme ich an anderer Stelle ausführlicher zurück.

Zu bemerken ist, dass die Perpendikel zur rechten Seite eine grössere Länge besitzen als in Fig. 7b, eine Folge des beigemischten, skandinavischen Materials. Weiter ist noch die grössere Breite der durch die Scheitelpunkte der Perpendikel zu legende Curve zu bemerken. Diese Thatsache lässt sich daraus erklären, dass die Curve gleichsam aus zwei anderen, einer „südlichen“ und einer „skandinavischen“ zusammengesetzt ist, von denen die erstere ihr Maximum etwa in der Klasse 0.3 bis 0.4, die letztere in der Klasse 0.5 bis 0.6 zeigen würde.

2. Die zwei eben besprochenen Beispiele aus dem Diluvium stehen in schroffstem Gegensatz zu den Ergebnissen einer Untersuchung submariner Sande, von denen in dem nächsten Abschnitt ausführlicher die Rede sein wird. Die Gehaltzahlen der 144 Proben ergeben so bedeutende Schwankungen, dass wir eine ungleich grössere Anzahl von Klassen brauchen. Wie aus der Tabelle hinter dieser Abhandlung hervorgeht, übersteigt der Gehalt bisweilen 6 pCt. Diese Ausnahmen sind aber sehr selten, daher ich bei der hier folgenden Klassenübersicht die Klassen über 6 pCt. fortgelassen habe.

0,0 bis 0,1	:	1	pCt.	2,4 bis 2,5	:	—	pCt.				
0,1	"	0,2	:	2	"	2,6	:	1	"		
0,2	"	0,3	:	1	"	2,6	"	2,7	:	1	"
0,3	"	0,4	:	7	"	2,7	"	2,8	:	1	"
0,4	"	0,5	:	5	"	2,8	"	2,9	:	—	"
0,5	"	0,6	:	8	"	2,9	"	3,0	:	1	"
0,6	"	0,7	:	7	"	3,0	"	3,1	:	—	"
0,7	"	0,8	:	6	"	3,1	"	3,2	:	1	"
0,8	"	0,9	:	5	"	3,2	"	3,3	:	—	"
0,9	"	1,0	:	6	"	3,3	"	3,4	:	1	"
1,0	"	1,1	:	4	"	3,4	"	3,5	:	—	"
1,1	"	1,2	:	7	"	3,5	"	3,6	:	—	"
1,2	"	1,3	:	4	"	3,6	"	3,7	:	1	"
1,3	"	1,4	:	5	"	3,7	"	3,8	:	—	"
1,4	"	1,5	:	2	"	3,8	"	3,9	:	—	"
1,5	"	1,6	:	3	"	3,9	"	4,0	:	1	"
1,6	"	1,7	:	1	"	4,0	"	4,1	:	—	"
1,7	"	1,8	:	2	"	4,1	"	4,2	:	1	"
1,8	"	1,9	:	2	"	4,2	"	4,3	:	—	"
1,9	"	2,0	:	3	"	4,3	"	4,4	:	1	"
2,0	"	2,1	:	1	"	4,4	"	4,5	:	1	"
2,1	"	2,2	:	1	"	4,5	"	4,6	:	1	"
2,2	"	2,3	:	2	"	4,6	"	4,7	:	—	"
2,3	"	2,4	:	—	"	4,7	"	4,8	:	—	"

4,8 bis 4,9	: —	pCt.	5,4 bis 5,5	: —	pCt.
4,9 "	5,0	: —	" "	5,6	: —
5,0 "	5,1	: 1	" "	5,7	: —
5,1 "	5,2	: —	" "	5,8	: 1
5,2 "	5,3	: —	" "	5,9	: 1
5,3 "	5,4	: —	" "	6,0	: —

Die zugehörige graphische Darstellung findet man in Figur 5 b. Es ist nicht möglich, eine Curve durch die Scheitelpunkte zu legen; von Symmetrie findet man nicht eine Spur. Das nämliche gilt von einer weiteren Suite, welche an der niederländischen Küste zwischen Hoek van Holland und Schiermonnikoog gesammelt wurde.

0,0 bis 0,1	: 5	pCt.	3,0 bis 3,1	: 2	pCt.
0,1 "	0,2	: 6	" "	3,2	: —
0,2 "	0,3	: 8	" "	3,3	: —
0,3 "	0,4	: 8	" "	3,4	: —
0,4 "	0,5	: 5	" "	3,5	: —
0,5 "	0,6	: 14	" "	3,6	: —
0,6 "	0,7	: 5	" "	3,7	: —
0,7 "	0,8	: 3	" "	3,8	: 2
0,8 "	0,9	: 2	" "	3,9	: —
0,9 "	1,0	: 9	" "	4,0	: —
1,0 "	1,1	: 2	" "	4,1	: —
1,1 "	1,2	: 3	" "	4,2	: 2
1,2 "	1,3	: 2	" "	4,3	: —
1,3 "	1,4	: 3	" "	4,4	: —
1,4 "	1,5	: —	" "	4,5	: 2
1,5 "	1,6	: 3	" "	4,6	: 2
1,6 "	1,7	: —	" "	4,7	: —
1,7 "	1,8	: 3	" "	4,8	: —
1,8 "	1,9	: 3	" "	4,9	: 2
1,9 "	2,0	: —	" "	5,0	: —
2,0 "	2,1	: —	" "	5,1	: —
2,1 "	2,2	: —	" "	5,2	: 2
2,2 "	2,3	: —	" "	5,3	: —
2,3 "	2,4	: 2	" "	5,4	: —
2,4 "	2,5	: 2	" "	5,5	: —
2,5 "	2,6	: 2	" "	5,6	: 3
2,6 "	2,7	: —	" "	5,7	: —
2,7 "	2,8	: —	" "	5,8	: —
2,8 "	2,9	: —	" "	5,9	: —
2,9 "	3,0	: —	" "	6,0	: —

Die graphische Darstellung findet man in Figur 6b. Wir sind also zu dem Resultat gelangt, dass das Diluvium sich zu der gewählten Darstellungsweise eignet, das Alluvium aber nicht. Die Ursache lässt sich leicht finden. Wie schon gesagt, haben wir es beim Alluvium mit einem ganz anderen Fall zu thun, da ja, im Gegensatz zum Diluvium, ein hoher Gehalt an der einen Stelle einen niederen an einer anderen nothwendig erfordert. Ausserdem wollen wir uns noch die Entstehungsart der hohen Gehaltzahlen im Alluvium vergegenwärtigen. Wenn wir einen Gehalt 1 als willkürlichen Ausgangspunkt wählen, so werden wir, indem wir die Hälfte der Quarzkörner entfernen, zu einem Sande mit dem etwa doppelten Gehalt (= 2) gelangen. Wenn wir dasselbe Verfahren wiederholen, zu einem Gehalt 4. Wenn wir also wiederholt dasselbe Verfahren anwenden, so bilden die Gehaltzahlen etwa eine geometrische Reihe. Nur hat man im Auge zu behalten, dass die Gehaltverdoppelung bloss annähernd stattfindet; denn wenn man anfangs auch statt der leichten Körner (Quarz, Feldspath u. s. w.) alle Körner der Procentrechnung zu Grunde legen darf, so wird der dabei begangene Fehler um so grösser, je mehr der Gehalt steigt, bis z. B. schliesslich bei einem Gehalt 10 (d. h. 10 pCt. leichte Körner) der Gehalt selbstverständlich nicht länger verdoppelt werden kann. Jedenfalls darf man sagen, dass zwei Sande mit den Gehaltzahlen 2 und 3 einen sehr verschiedenen Gehalt besitzen, während man die Gehaltzahlen 12 und 13 „nahezu gleich“ nennen darf. Um diese Thatsache auch in der Classification zum Ausdruck zu bringen, habe ich statt der Klassen, deren Grenzen eine arithmetische Reihe bilden, solche gewählt, deren Grenzen eine geometrische Reihe darstellen. Als Ausgangspunkt ist die Grenze zwischen südlichen und skandinavischen Sanden in den Niederlanden, d. h. der Gehalt 0,4 gewählt. Man erhält also die Reihe:

0,4 0,8 1,6 3,2 6,4 12,8 25,6 51,2,

während die strengere Theorie ergibt:

0,4 0,79 1,58 3,11 6,04 11,4 20,5 39,9 50,7 67,2 80,4.

Ein Blick auf die beiden Reihen zeigt, wie die Abweichungen erst bei den sehr hohen Gehaltzahlen bedeutend werden; es ist deshalb diese einfachere, wenn auch theoretisch weniger richtige Reihe beibehalten. Dazu haben wir um so mehr Recht, als die Sache sich in der Natur doch so ungleich viel complicirter erhält, dass eine genauere Berechnung nicht lohnend erscheint. Es werden zum Beispiel in der Natur nicht nur die leichteren Körner fortgerissen, sondern auch immer einige der specifisch schwereren; ausserdem werden die leichten Körner um so schwie-

riger ausgeschlämmt, je höher der Gehalt wird, da sie sodann von den specifisch schwereren Körnern immer mehr geschützt werden, der Sand also immer besser der Ausschlammung widersteht. Für die Praxis genügt also die folgende Classification:

Absteigend:		- Ansteigend:	
Klasse α : 0,2	bis 0,4	Klasse A :	0,4 bis 0,8
" β : 0,1	" 0,2	" B :	0,8 " 1,6
" γ : 0,05	" 0,1	" C :	1,6 " 3,2
" δ : 0,025	" 0,05	" D :	3,2 " 6,4
" ϵ : 0,013	" 0,025	" E :	6,4 " 12,8
		" F :	12,8 " 25,6
		" G :	25,6 " 51,2
		" H :	51,2 " . . .

Wenn wir die 144 Proben des Nordseebodens auf diese Weise classificiren, so erhalten wir die folgende Tabelle:

Klasse δ :	1 pCt.	Klasse B :	51 pCt.
" γ :	1 "	" C :	24 "
" β :	2 "	" D :	12 "
" α :	13 "	" E :	2 "
" A :	38 "		

Die graphische Darstellung findet man in Fig. 5a. Durch die Scheitelpunkte der Perpendikel kann eine Curve gelegt werden, deren Maximum zwischen A und B liegt, und welche in Bezug auf die Ordinate des Maximums symmetrisch ist. Weniger schön ist die Curve, welche wir bei der graphischen Darstellung der Küstensande erhalten, wie es sich auch kaum anders erwarten lässt, da die 144 submarinen Sande, wie wir in dem nächsten Abschnitt sehen werden, ein zusammengehöriges Ganzes bilden, während die Küstensande an beliebigen Stellen der ganzen Küste entlang gesammelt sind. Es ist also schon sehr merkwürdig, wenn sie eine auch nur einigermaßen befriedigende Curve liefern. Dazu hat man noch zu beachten, dass die südlicheren ihr Material dem gemischten, die nördlicheren das ihrige dagegen dem skandinavischen Diluvium entnommen haben. Wir finden also in der graphischen Darstellung eine ähnliche breite Curve wie in Fig. 8b (v. s.). Die Classification ergibt:

Klasse γ :	5 pCt.	Klasse C :	12 pCt.
" β :	6 "	" D :	12 "
" α :	15 "	" E :	3 "
" A :	27 "	" F :	2 "
" B :	24 "	" G :	3 "

Die Tabelle ist in Figur 6a dargestellt. Es liegt nahe, die nämliche Darstellungsweise auch einmal für die diluvialen Sande zu versuchen. Dazu werden wir wieder von dem südlichen Diluvium ausgehen; die Classificirung ergibt folgendes Resultat:

Klasse δ :	1 pCt.	Klasse α :	61 pCt.
" γ :	9 "	" A :	35 "
" β :	20 "		

Auffallend (besonders in der zugehörigen Figur 7a) ist das Fehlen der Symmetrie, indem die Figur nur eine Halbcurve bildet.

Aehnliches finden wir im gemischten Diluvium, wie aus der folgenden Tabelle ersichtlich ist:

Klasse δ :	2 pCt.	Klasse α :	38 pCt.
" γ :	4 "	" A :	50 "
" β :	7 "	" B :	2 "

Die graphische Darstellung findet man in Fig. 8a, welche wieder eine nach der rechten Seite schroff abfallende Halbcurve bildet. Wir sind also zu dem folgenden Resultat gelangt: Bei einer graphischen Darstellung bilden sich symmetrische Curven, wenn wir das Diluvium „arithmetisch“, das Alluvium „geometrisch“ classificiren; wenn wir dagegen das Diluvium „geometrisch“ classificiren, so erhalten wir eine Halbcurve; wenn wir schliesslich das Alluvium „arithmetisch“ classificiren, so erhalten wir gar keine Curve.

Da die Untersuchungen über die Mineralien und deren Schicksale in den Sanden noch nicht abgeschlossen sind, so werde ich die dritte und vierte Regel (v. s.) über Amphibol und Granat nur ganz kurz erläutern. Nach jenen Regeln ist der Amphibol in unseren Diluvialsanden häufiger als im Alluvium, und scheint in den letzteren der Granat bei Weitem zu überwiegen. Am reichlichsten ist der Amphibol in den rein skandinavischen Diluvialsanden vertreten, wie man solche in Dänemark¹⁾ findet. So fand ich unter den schweren Mineralien in vier Sanden von Vendsyssel (nördliches Jütland):

Serie I, No. 3. Eine feine Grandschicht von Tolne: 20 pCt. Amphibol, 10 pCt. Granat.

Serie I, No. 11. Bryozoensand von demselben Fundort: 16 pCt. Amphibol, 6 pCt. Granat.

¹⁾ Die Proben verdanke ich der freundlichen Vermittelung der Herren Drn. MADSEN, RÖRDAM und STEENSTRUP.

Serie I. No. 5. Fundort Mosbjerg: 16 pCt. Amphibol, 12 pCt. Granat.

Serie I, No. 12. Fundort Hörmested: 20 pCt. Amphibol, 12 pCt. Granat.

Aus Nord-Seeland:

Serie I, No. 8. Sand von einem Abhang bei Dyremose unweit Hornbaek: 20 pCt. Amphibol. 9 pCt. Granat.

Serie I, No. 1. Obere Moräne bei Söhuset unweit Hornbaek: 11 pCt. Amphibol. 7 pCt. Granat.

Serie I, No. 7. Sand aus dem Kerne eines Rollsteinäses bei Strö: 25 pCt. Amphibol, 6 pCt. Granat.

Serie I, No. 10. Obere Moräne bei Villingeröd: 26 pCt. Amphibol, 15 pCt. Granat.

Von Fünen:

Serie I, No. 9. Sand zwischen zwei Moränen auf Aebelö: 13 pCt. Amphibol, 9 pCt. Granat.

Serie I, No. 4. Grandschicht in den „Grindlöse Bjerge“ bei Bogense: 19 pCt. Amphibol, 14 pCt. Granat.

Serie I, No. 6. Kliff bei Strib: 32 pCt. Amphibol, 10 pCt. Granat.

Serie I, No. 2. Fundort Middelfahrt: 21 pCt. Amphibol, 10 pCt. Granat.

Es versteht sich, dass diese Zahlen keine absolute Genauigkeit beanspruchen, da es nicht wohl thunlich ist, die schweren Mineralien ganz gleichmässig zu mischen, auch schon, weil ihre Korngrösse meistens ziemlich verschieden ist. Die Hauptsache, das Ueberwiegen des Amphibols, ist aber einleuchtend genug. Zwei Proben aus einer Grandgrube beim Bahnhof Dahmsdorf-Müncheberg, welche ich Herrn Prof. Dr. F. WAHNSCHAFFE verdanke, zeigten bezw. 6 pCt. A. auf 6 pCt. Gr. und 6 pCt. A. auf 3 pCt. Gr. Sande vom Hondsrug bei Groningen (Serie I. No. 459 und 460) 10 pCt. A. gegen 5 pCt. Gr. und 11 pCt. A. auf 12 pCt. Gr. Aehnliches findet man auch an anderen Stellen in unserem Diluvium, wenn die Proben nur nicht der oberen, den Atmosphärien stark ausgesetzten Schicht entstammen; denn sodann tritt der Amphibol sehr in den Hintergrund. Es steht diese Erscheinung auch kaum in Widerspruch mit der gefundenen Regel; denn in solchen Fällen sollte die obere Schicht theoretisch recht eigentlich zum Alluvium gerechnet werden.

Die beste Erläuterung für das Verhalten des Alluvium wird eine Tabelle geben, wo einige Sande „geometrisch“ classificirt sind und bei jeder Probe die relative Menge der beiden Mineralien verzeichnet ist.

Klasse	β.	Serie	I.	No.	629:	3 pCt.	A.,	5 pCt.	Gr.
"	β.	"	I.	"	575:	6 "	A.,	6 "	Gr.
"	α.	"	I.	"	651:	6 "	A.,	16 "	Gr.
"	A.	"	I.	"	579:	8 "	A.,	22 "	Gr.
"	A.	"	I.	"	505:	8 "	A.,	17 "	Gr.
"	B.	"	I.	"	578:	10 "	A.,	16 "	Gr.
"	C.	"	I.	"	496:	4 "	A.,	30 "	Gr.
"	D.	"	I.	"	581:	2 "	A.,	30 "	Gr.
"	E.	"	II.	"	259:	1 "	A.,	51 "	Gr.
"	E.	"	I.	"	574:	2 "	A.,	32 "	Gr.
"	E.	"	I.	"	650:	1 "	A.,	37 "	Gr.
"	F.	"	I.	"	580:	Spur	A.,	30 "	Gr.
"	G.	"	I.	"	480:	Spur	A.,	47 "	Gr.
"	G.	"	II.	"	258:	1 pCt.	A.,	40 "	Gr.
"	G.	"	I.	"	735:	Spur	A.,	37 "	Gr.
"	G.	"	I.	"	736:	Spur	A.,	69 "	Gr.

Wenn auch nicht ganz gleichmässig, so ist doch ersichtlich, dass in den höheren Klassen der Granat immer mehr vorherrscht, während der Amphibol allmählich verschwindet, denn der Amphibol häuft sich, wenigstens in den bis jetzt beschriebenen Sanden, nicht an. Findet man, wie solches öfters geschehen ist, in Bohrlöchern Sande mit einem sehr hohen Gehalt (Klasse C) und (Serie I. No. 693) mit z. B. 24 pCt. Amphibol und 8 pCt. Granat, so ist ein Grund da, jene Sande nicht für alluvial zu halten.

Zweiter Abschnitt.

Im Frühjahr 1895 wurden seitens des Ministeriums für öffentliche Werke Meeressondirungen an der Küste Süd-Hollands vorgenommen, welche nach einigen Jahren wiederholt werden sollten. Aus den bei dem Vergleich beider Suiten erhaltenen Resultaten hoffte man die Frage lösen zu können, ob die grösseren Tiefen der Nordsee sich der niederländischen Küste näherten oder nicht. Da das beabsichtigte Verfahren viele Jahre erfordern würde, so machte ich den Vorschlag, nicht nur zu sondiren, sondern auch Sande zu sammeln, vielleicht würde die Bromoform-Methode einen schnelleren, wenn auch weniger sicheren Schluss gestatten; denn hohe Gehaltzahlen wären ein Beweis für Bodenabnahme (Ausschlammung), niedere dagegen für Bodenzunahme (Ablagerung der anderswo ausgeschlammten, specifisch leichten Körner). Die Gehaltzahlen würden also den augenblicklichen Sinner Reliefänderung angeben und deshalb sofort eine Entscheidung gestatten.

Es wurde vom Ministerium beschlossen, die Sande zu sammeln, und Verfasser mit der Untersuchung derselben beauftragt.

Wenn ich an dieser Stelle über die erhaltenen Resultate berichte so geschieht dies, weil Untersuchungen über Meeressande noch nicht eben häufig sind und ich im Stande sein werde, die Bromform-Methode durch sie zu erläutern; die Resultate an sich haben ja selbstverständlich nur ein locales Interesse. Die Sandproben (300 bis 400 gr) sind auf 9 Strahlen senkrecht zur Küste gesammelt. Diese Strahlen sind mit der Nummer des zugehörigen Kilometersteins am Strande versehen (vergl. die Kartenskizze, deren



Maassstab 1 : 400000 ist). Die Nummerirung der Kilometersteine fängt unweit Helder mit 0 an. Eine vollständige Uebersicht der erhaltenen Resultate findet man in der Tabelle, welche dieser Abhandlung angehängt ist. In der ersten Verticalreihe sind die Nummern des Catalogs (Serie II) eingetragen, in der zweiten bis fünften die Procente der Korngrösse; in der sechsten die Gehaltzahl; in der siebenten der Procentsatz der Muscheln, sowie auch deren Fragmente, insoweit dieselben einen grösseren Durchmesser als 2 mm haben. In der letzten Reihe findet man den Fundort: die Zahlen dieser Reihe geben nämlich die Tiefe in Metern an.

Weniger genau, aber leichter zu übersehen sind die graphischen Darstellungen der verschiedenen Strahlen (Fig. 9 bis 17). Jeder Strahl ist durch eine horizontale Strecke dargestellt (Maassstab 1 : 20000). Auf der rechten Seite liegt der Strand, auf der linken das Meer. Ein kurzer, verticaler Strich giebt den Punkt an, wo das Meer eine Tiefe von bezw. 5, 7, 9 m erreicht.

Die Punkte unter der Strecke geben die Fundorte der Sandproben an; die beigefügten Zahlen sind die Catalognummern der Tabelle. In der graphischen Darstellung sind bloss die Scheitelpunkte der Perpendikel eingetragen und durch eine Zickzacklinie verbunden. Die ausgezogene Linie hat Bezug auf die Gehaltzahlen, die gekörnelte auf die Korngrösse, die gestrichelte auf den Procentsatz an Muscheln.

Ein Procent wird bei den Perpendikeln der Gehaltzahlen durch 1 cm angegeben, bei den Korngrössen (Procentsatz der Körner mit einer Grösse über 0,5 mm) durch $\frac{1}{4}$ cm; bei den Muscheln durch $\frac{1}{2}$ cm. Es dürfte dieser ungleiche Maassstab unnöthig complicirt erscheinen, es sollten aber die Längen der Perpendikel so gewählt werden, dass jede Figur an sich den höchsten Grad der Deutlichkeit erreichen konnte. Messungen brauchen übrigens an den Figuren nicht vorgenommen zu werden, da die Tabellen alle Grössen und zwar in einer viel weiter gehenden Genauigkeit darbieten.

Bevor wir fortfahren, dürfte es gut sein mit einigen Worten die Methoden zu erörtern, nach welchen die erwähnten drei Grössen bestimmt worden sind.

Bestimmung der Gehaltzahlen. Etwas mehr als 5 gr. des betreffenden Sandes wird mit sehr verdünnter Salzsäure (1 Th. concentrirter Säure auf 4 Th. Wasser) entkalkt, mit Wasser wiederholt abgespült und vorsichtig getrocknet. Sodann werden 5 gr. des Sandes bis auf ein Centigramm genau abgewogen und in einen kleinen Scheidetrichter¹⁾, welcher etwa bis zur halben Höhe mit Bromoform²⁾ gefüllt ist, auf die Flüssigkeit aufgeschüttet. Nachdem die schweren Körner gesunken sind, wird noch einige Male vorsichtig gerührt, gewartet bis der untere Theil der Flüssigkeit ganz klar ist und der Hahn geöffnet. Die mit Bromoform benetzten schweren Mineralien werden einige Male mit Benzol ausgewaschen und getrocknet. Das Gewicht wird darauf bis auf halbe Milligramme genau bestimmt und die erhaltene Zahl auf Procente umgerechnet. Die Gehaltzahl ist nun bis auf Hundertel Procent genau bekannt; eine nicht übertriebene Genauigkeit, da öfters zwei in der Nähe von einander gefundene Proben nur in bis zwei Hundertel in der Gehaltzahl differirten (vergl. Strahl 17 die Nummern 130 und 131; Strahl 103 die Nummern 157 und 158; Strahl 102 die Nummern 14 und 15, 20 und 21; Strahl 101 die Nummern 275 und 274; Strahl 95 die Nummern 81 und 182, 188 und 189).

¹⁾ Volumen etwa 50 cc.

²⁾ Sp. Gew. = 2,89.

Bestimmung der Korngrösse. Hierbei fanden drei lose Siebplatten Verwendung, deren runde Löcher bezw. einen Durchmesser von 2 mm, 1 mm und $\frac{1}{2}$ mm besaßen. Mit denselben wurde jeder Sand in vier Körnergruppen getheilt, bezw. grösser als 2 mm, grösser als 1 mm, grösser als $\frac{1}{2}$ mm und kleiner als $\frac{1}{2}$ mm. Die Quantität des verwendeten Sandes betrug 100 Gramm, die Zahlen wurden bis auf ganze Procente abgerundet, da im Gegensatz zu den Gehaltzahlen eine grössere Genauigkeit sich als zwecklos erwiesen hat. Die Muscheln und deren Fragmente sind nicht zu den Sandkörnern gerechnet.

Bestimmung des Procentsatzes an Muscheln und deren Fragmenten. Wie gesagt, sind nur diejenigen Muscheln und Muschelfragmente in Betracht gezogen, deren Dimensionen 2 mm übertrafen. Der Meeressand der niederländischen Küste besitzt nur ausnahmsweise Mineralkörner, welche diese Grösse erreichen. In den seltenen Fällen dieser Art sind die Mineralkörner mit dem Auge ausgesucht und entfernt. Da eine einzelne Muschel mehrere Gramm wiegen kann, so war es auch hier nicht lohnend, eine grössere Genauigkeit als ganze Procente anzustreben.

Die Gehaltlinien.

Strahl 95. Wenn wir von einigen, nachher des Näheren zu besprechenden Unregelmässigkeiten absehen, so zeigt die (ausgezogene) Gehaltlinie drei Maxima, eines oben am Strande am Fusse der Dünen (287), ein zweites etwas vor der 5 m - Linie (231) und ein drittes etwas hinter der 11 m - Linie. Zwischen diesen Maxima finden sich Minima und zwar unten am Strand sowie in der Nähe der 9 m - Linie. Beachtung verdient der gleichmässige Verlauf der Linie; es wäre fast möglich, durch die Scheitelpunkte zwischen den Nummern 197 und 231 eine Curve zu legen. Wenn auch, wie es ja im Diluvium der Fall sein soll, die Gehaltzahlen stark wechseln, so ist doch ein gewisses Gesetz nicht zu verkennen. Bemerkenswerth ist auch die Länge der Periode, der fast 2000 m grosse Abstand zwischen den Maxima, eine Bestätigung für meine Auffassung, dass die Gehaltzahlen nicht von jeder kräftigeren Welle bedeutend beeinflusst werden, sondern durch eine stetig wirkende Ursache ihre jetzigen Werthe erhalten haben.

Strahl 96. Wir finden wiederum ein Maximum oben am Strande, ein zweites ganz bedeutendes bei der 5 m - Linie, sowie ein drittes hinter der 11 m - Linie; die Minima liegen wieder unten am Strande und an der 9 m - Linie. Die beiden Strahlen, nur einen Kilometer von einander entfernt, sind einander sehr ähnlich. Leider fehlen nun mehrere Strahlen, so dass es nicht

möglich ist, den allmählichen Uebergang zu studiren, sondern ganz unvermittelt tritt:

Strahl 101 auf. Der Gegensatz ist um so schroffer, als dieser Strahl kaum eine Länge von einem Kilometer besitzt, die linke Hälfte der Strecke also fehlt. Nur finden wir wieder das Maximum oben am Strande und dasjenige bei der 5 m - Linie. Das Minimum am Strande ist überaus hoch (in der Nähe dieses Strahls liegt Scheveningen); aus dem Abfallen der Curve bei der 5 m - Linie dürfen wir mit einiger Gewissheit das Minimum bei der 9 m - Linie voraussagen.

Strahl 102. Das Dünenfuss-Maximum ist wieder sehr hoch, dasselbe gilt von dem Minimum in der Nähe der Ebbelinie. Das Maximum der 5 m - Linie ist etwas weiter vom Strande entfernt, als es in dem vorigen Strahl der Fall war.

Strahl 103. Das Maximum oben am Strande findet sich wieder, wenn auch der Gehalt bei der Flusslinie höher ist als am Dünenfuss. Es folgt wieder das Minimum unten am Strande. Das Maximum der 5 m - Linie ist noch weiter vom Strande entfernt als bei dem vorigen Strahl. Da der Strahl, wenn auch nur dürftig, weiter in's Meer fortgesetzt worden ist, so finden wir noch eine leise Andeutung des 9 m - Minimums sowie des 11 m - Maximums. Wie wir sehen, zeigen hier die submarinen Profile, je mehr wir nach Süden fortschreiten, das Bestreben, ihre Sackzacklinie abzuflachen. Letzteres gilt aber nicht von den Sanden des Strandes.

Strahl 109. Die Abflächung hat hier schon so die Ueberhand gewonnen, dass die Maxima und die Minima durch die zufälligen Schwankungen verdeckt werden. Nur das Maximum und das Minimum am Strande sind noch recht deutlich, die übrigen Maxima und Minima kann man mit einigem guten Willen noch auffinden, auffallend sind sie jedoch nicht. Aehnliches gilt von:

Strahl 110. Das Strandmaximum ist überaus hoch (über 3 pCt.), daher es nicht in seiner ganzen Ausdehnung in Fig. 15 eingetragen werden konnte; die Maxima bei der 5 m - Linie und der 11 m - Linie sind kaum zu spüren; hinter der 5 m - Linie gewahrt man zwar ein auffälliges Minimum — unten werden wir aber sehen, weshalb dieses als mehr oder weniger anomal zu betrachten ist. Ganz und gar anomal sind die beiden folgenden

Strahlen 116 und 117. Die Abflächung ist hier stark ausgeprägt, selbst die Strandmaxima sind verschwunden. Wir brauchen uns übrigens über dieses abnorme Verhalten nicht zu wundern.

dern, die grossen Wasserbauten des „Nieuwen Waterwegs“ sind Erklärung genug.

Aus dem bisher Besprochenen erhellt, dass mit grösster Wahrscheinlichkeit Linien maximalen und minimalen Gehalts der Küste nahezu parallel verlaufen, und wenn wir, wie es mit den Ergebnissen des ersten Abschnitts in Einklang steht, voraussetzen, dass die hohen Gehaltzahlen auf der einen Linie niedere Gehaltzahlen an anderer Stelle nothwendig hervorrufen müssen, so liegt es nahe, die „andere Stelle“ in einer der Minimallinien zu erblicken, das heisst, es liegt der Schluss nahe, dass der Sandtransport vielmehr senkrecht und abwärts von der Küste als parallel zu derselben stattfindet.

Eine weitere Erscheinung harrt aber noch der Erklärung, es sind dies die „zufälligen“ Schwankungen. Wenn wir uns wieder zu dem Strahl 95 wenden, so ist nicht zu verkennen, dass inmitten der schönen Gesetzmässigkeit die tiefen Einschnitte in dem 5 m-Maximum einen sonderbaren Eindruck machen. Zumal dort scheint die Abweichung unerklärlich, wo wir es mit zwei Sandproben zu thun haben, welche in unmittelbarer Nähe neben einander gesammelt sind. Es finden sich von jenen Sanden in den Tabellen mehrere Beispiele, welche hier folgen mögen:

	Nummer	Gehalt bezw.
Strahl 117,	123—246:	0,60—0,70
„ 110,	80—81—82:	0,07—0,04—0,02
„ 110,	86—85—84—83:	0,05—0,07—0,06—0,05
„ 110,	92—91:	1,17—1,33
„ 110,	96*—95*:	1,03—0,55
„ 110,	94—93:	1,14—1,63
„ 109,	101—100:	0,57—0,63
„ 109,	103—102:	1,68—1,40
„ 109,	105—104:	2,26—2,09
„ 109,	109—108:	0,94—1,16
„ 109,	111—110:	0,30—0,55
„ 109,	113—112:	0,75—0,62
„ 103,	153*—222*:	0,52—2,40
„ 103,	162*—161*:	0,34—1,89
„ 96,	166—237:	4,27—3,56
„ 95,	179*—178*:	2,48—1,39
„ 95,	182—181:	3,65—3,69
„ 95,	187*—186*—184*:	2,14—2,56—1,04
„ 95,	189—190:	1,07—0,85
„ 95,	192—193:	0,45—0,78

Die Uebereinstimmung der Gehaltzahlen dieser Zwillingsproben ist ziemlich, bisweilen sogar recht befriedigend und somit wieder ein Beleg für die Annahme, dass nicht eine einzelne oder einige wenige Wellen über den Gehalt entscheiden; in einigen anderen Nummern, welche mit einem Sternchen versehen sind, ist aber gar keine Uebereinstimmung, und es fragt sich, wie es möglich ist, dass an zwei einander so nahe liegenden Stellen die Gehaltzahlen so verschieden sind.

Der erste Gedanke war, die Ursache in der Korngrösse zu suchen. Diese Grösse zeigt, wie ein Blick auf die graphischen Darstellungen lehrt, mit Ausnahme eines Maximums unten am Strande, nicht die grosse Periode der Gehaltlinien. Gehalt und Korngrösse besitzen also wahrscheinlich keine gemeinschaftliche Ursache, da sodann die Perioden ähnlich sein müssten. Es wäre nun aber möglich, dass der Gehalt von der Korngrösse beeinflusst würde. Bei extremer Korngrösse scheint dies, wie Strahl 109 (Fig. 14) lehrt, thatsächlich der Fall zu sein, indem wir hier einen Antagonismus zwischen Korngrösse und Gehalt deutlich ausgeprägt sehen. Es ist damit die obengenannte Abweichung durchaus nicht erklärt, denn in Strahl 95 (Fig. 9) ist bei den Zwillingsproben die Korngrösse in beiden Fällen dieselbe.

Es frug sich jetzt, ob nicht der Procentsatz an Muscheln mit der eigenthümlichen Erscheinung im Zusammenhang stehen dürfte. Es wurde diese Grösse deshalb nach dem oben angegebenen Verfahren bestimmt und ebenfalls in die Figur eingetragen. Die grossen Perioden, welche wir bei den Gehaltlinien haben kennen gelernt, fehlen bei den Muschellinien, wie es ebenso bei den Korngrössenlinien der Fall war. Eine gemeinschaftliche Ursache für die Gestalt der Muschel- und der Gehaltlinien ist also auch kaum denkbar; dagegen ist es sehr wahrscheinlich, dass die Muscheln den Gehalt bedeutend beeinflussen, da sie mit den „zufälligen“ Gehaltsschwankungen im Zusammenhang zu stehen scheinen, und aus Gründen, welche ich weiter unten noch näher erörtern werde, wird eine „zufällig“ niedrige Gehaltzahl durch einen hohen Procentsatz an Muscheln bedingt; die Muscheln schützen also den Sand gegen Ausschläm- mung und üben also eine ähnliche Wirkung wie die schweren Mineralien aus. Sehen wir uns erst die folgende Tabelle an, worin die schlecht mit einander stimmenden Zwillingsproben der obigen Tabelle aufgenommen worden sind.

Strahl 110;	Gehaltzahl 1,03;	Muscheln 8 pCt.
" "	" 0,55;	" 10 "
" 103;	" 0,55;	" 3 "
" "	" 2,40;	" Spur
" 103;	" 0,34;	" 11 "
" "	" 1,89;	" 5 "
" 95;	" 2,48;	" 1 "
" "	" 1,39;	" 3 "
" 95;	" 2,14;	" Spur
" "	" 2,56;	" Spur
" "	" 1,04;	" 5 "

Ein Zusammenhang oder vielmehr ein Antagonismus zwischen den beiden Grössen ist nicht zu verkennen; — dass die Gehaltzahlen von dem Procentsatz an Muscheln beeinflusst werden. den Beweis dafür werden wir erst auf den folgenden Seiten beibringen. Zuvor wollen wir noch die verschiedenen Strahlen an der Hand der Figuren durchgehen.

Strahl 95. Antagonismus der Muscheln- und Gehaltlinien bei den Einschnitten in dem 5 m-Maximum und dem 11 m-Maximum, sowie auch unten am Strande. Die schöne Curve der Gehaltlinie zwischen den Proben 197 und 230 findet aber keine Abspiegelung in der Muschellinie.

Strahl 96. Der Zusammenhang ist wenig deutlich, nur unten am Strande trifft ein Maximum der Muschellinie mit einem Minimum der Gehaltlinie zusammen.

Strahl 101. Der Einschnitt in dem 5 m-Maximum fällt mit einem Muschelmaximum zusammen.

Strahl 102. Antagonismus unten am Strande.

Strahl 103. Wie der vorige.

Strahl 109. Die Gehaltlinie zeigt hier keine grossen periodischen Schwankungen, und bei den „zufälligen“ finden wir den Antagonismus überaus stark ausgeprägt.

Strahl 110. Vergl. den vorigen Strahl.

Strahl 116 und 117 zeigen auch in Bezug auf Muscheln wieder ein anomales Verhalten.

Aus dem Obigen erhellt somit, dass nur die kleineren Schwankungen, welche wir anfangs als „zufällige“ bezeichnet haben (im Gegensatz zu den grossen periodischen), den Antagonismus mit dem Procentsatz an Muscheln aufweisen. Es ist des Weiteren schon darauf hingewiesen, dass, wegen des Fehlens einer grösseren Periode in den Muschellinien, eine gemeinschaftliche Ursache für Gehaltzahlen und Muschelprocentsatz kaum denkbar war. Jetzt soll noch erläutert werden, weshalb ich den Muscheln einen besänftigenden (nicht absolut hemmenden) Einfluss auf die

Ausschlämmung zuschreibe. Diese Auffassung habe ich sowohl durch Laboratoriumsversuche als durch directe Naturbeobachtungen controlirt und bis jetzt keine Thatsache finden können, welche mit ihr in Widerspruch stehen würde.

Es handelte sich in erster Stelle um die Frage, ob die Muscheln im Allgemeinen weniger leicht als die Sandkörner von den Wasserströmungen transportirt wurden oder nicht. Sollten sie gegen Ausschlämmung schützen, so ist dies nur möglich, wenn sie weniger leicht transportirt werden als die Sandkörner, und umgekehrt wenn sie weniger leicht transportirt werden als die Sandkörner, so schützen sie den Sand gegen Ausschlämmung (vergl. oben die Rolle der schweren Mineralien).

Die Versuche zerfallen in zwei Gruppen: bei den ersteren sind die Bedingungen so einfach wie möglich gewählt¹⁾. bei den letzteren ist es das Bestreben gewesen, der Natur so weit als möglich nahe zu kommen.

A. Fallversuche.

Für diese Versuche wurde ein Cylinderglas von 25 cm innerer Höhe und 5 cm inneren Durchmessers verwendet. Die Zeit wurde bis auf Fünftel von Secunden genau bestimmt; der zurückgelegte Weg betrug 25 cm. Die Resultate aus mehreren Versuchen sind:

Eine *Erycina* von 20 mm : 15 mm Grösse mit einem Gewicht von 0,15 gr. besitzt eine Fallzeit von $3\frac{2}{5}$ Sec.

Eine *Donax* von 23 mm : 19 mm mit einem Gewicht von 0,5 gr. eine Fallzeit von 2 Sec.

Eine *Macra subtruncata* von 28 mm : 22 mm hatte ein Gewicht von 1,85 gr. und eine Fallzeit von $1\frac{2}{5}$ Sec.

Da *Macra subtruncata* zu den gewöhnlichsten Muscheln gehört, so dürfen wir eine Fallzeit der Muscheln von anbei 1,5 Sec. als Norm betrachten.

Sand mit einem Durchmesser von 2 mm, auf dem untersuchten Theil des Nordseebodens eine Seltenheit, wies eine Fallzeit von etwa $1\frac{3}{5}$ Sec. auf, also etwa der Zeit der *Macra* gleich.

Sand mit einem Durchmesser von etwa 1,5 mm eine Fallzeit von etwa $1\frac{4}{5}$ Sec.

Sand mit einem Durchmesser von etwa 1 mm eine Fallzeit von etwa $2\frac{1}{5}$ Sec.

Sand mit einem Durchmesser von etwa 0,5 mm eine Fallzeit von etwa $4\frac{3}{5}$ Sec.

Da die Mehrzahl der Meeressande eine Korngrösse unter

¹⁾ Jedoch sind diese Versuche wegen der eintretenden Wirbelbewegungen einer mathematischen Untersuchung nicht zugänglich.

0,5 mm besitzt (vergl. die Tabelle), so darf man den Schluss ziehen, dass die Muscheln im Wasser etwa die dreifache Fallgeschwindigkeit des Sandes besitzen.

Wenn Muscheln also durch einen Strom vom Boden aufgehoben werden, so erreichen sie, nachdem die Ursache zu wirken aufgehört hat, den Boden wieder in einem Drittel der Zeit, welche der Sand dazu braucht. Bei mehrfacher Wiederholung der Versuche in einem Glaszylinder von 40 cm Höhe und einem Lumen von 9 cm, wurde mutatis mutandis dasselbe Resultat erhalten.

Wenn die Fallgeschwindigkeit der Muscheln aber eine grössere ist, so lässt sich erwarten, dass, *ceteris paribus*, die Muscheln weniger leicht von einem Wasserstrom emporgehoben werden als der Sand. Auch dieses wurde durch den Versuch bestätigt, indem der Boden eines Glaszylinders mit einem Gemisch von Muscheln und Sand bedeckt und ein kräftiger Wasserstrom durch den Cylinder von unten nach oben geführt wurde. Nach einiger Zeit war sämtlicher Sand aus dem Cylinder verschwunden, während die Muscheln und deren Fragmente den Boden bedeckten. Der Versuch wurde schliesslich noch derart abgeändert, dass in einem weniger tiefen, sehr weiten Cylinderglas das Gemisch auf den Boden gebracht und ein sehr kräftiger Wasserstrahl von oben auf die Masse gerichtet wurde. Nach einiger Zeit war der Sand wieder verschwunden, während die Muscheln sich noch an derselben Stelle befanden.

B. Zusammengesetzte Versuche.

Die Versuche wurden in einem grossen, aus Zink angefertigten Trog von etwa 2 m Länge, 1 m Breite und 0,1 m Tiefe vorgenommen. Der Boden war einige Centimeter hoch mit einem Gemisch von Sand und Muscheln bedeckt. Ein vorläufiger Strudelversuch, indem der Wasserstrahl auf irgend eine Stelle gerichtet wurde, ergab an jener Stelle eine Vertiefung mit Muscheln, welche von einem Wulst aus reinem Sande umgeben war. Es wurde nun weiter mit horizontalen Strömen von dreifach verschiedener Geschwindigkeit gearbeitet.

1. Ströme, welche die Quarzkörner mitführen, die schweren Mineralien (Granat u. s. w.) jedoch liegen lassen.
2. Ströme, welche auch die schweren Mineralien mitführen.
3. Ströme von noch grösserer Intensität, welche auch alle Muscheln und selbst feinen Grand von der Stelle rücken lassen.

1. Da es nicht leicht ist, unter dem fliessenden Wasser Quarzkörner und Granate zu unterscheiden, so habe ich die Körner mit Anilinfarben etwas angefärbt, die Quarzkörner grün-

lich, die Granate roth. Beide Mineralien wurden sodann vermischt und Muscheln hinzugefügt. Es gelang, die Stromgeschwindigkeit allmählich so abzuändern, dass die grünen Quarzkörner mitgeschleppt wurden, die Granate aber zum grösseren Theil liegen blieben. Nur die Muscheln, welche auf der convexen Seite ruhten, schaukelten bisweilen etwas. Wenn die Stromgeschwindigkeit aber vergrössert wurde, so wurden die Muscheln umgekippt, die convexe Seite nach oben, eine bei Weitem stabilere Lage. In dieser Lage rücken die Muscheln nicht von der Stelle.

2. Die Geschwindigkeit ist eine so grosse, dass eine Trennung nach dem specifischen Gewicht nicht länger stattfindet. Die mit der convexen Seite aufliegenden Muscheln werden mitgeführt, bis sie, wie es meistens geschieht, umkippen und jetzt nur ausnahmsweise von der Stelle rücken.

3. Die Geschwindigkeit wird dermaassen gesteigert, dass Muscheln und feiner Grand mitgeschleppt werden. An der Stelle, wo der Wasserstrahl auftrifft, wird, nachdem die Muscheln sich anfangs angereichert haben, schliesslich Alles weggespült; etwas weiter, wo der Strom weniger kräftig ist, indem er sich verbreitert hat, kommen die Muscheln zur Ruhe, der Sand aber wird noch weiter fortgerissen, bis auch dieser in noch grösserer Entfernung und zwar ohne Muscheln zur Ablagerung gelangt. Recht oft findet man auch Muschelanhäufungen an einigermaassen geschützten Stellen, wo die Muscheln ihrer grossen Fallgeschwindigkeit zufolge gesunken sind, der Sand aber, bevor er den Boden erreichen konnte, schon fortgerissen war. Diese Beobachtung ist um so interessanter, als sie auch in der Natur bekannt ist, wo an manchen Orten immer wieder Muscheln angespült werden und zwar fast ganz ohne Begleitung von Sand.

Interessant ist noch eine zweite Erscheinung, welche sich darbietet, wenn die Stromrichtung etwas abgeändert wird. Sodann ist öfters eine Muschelschicht im Nu von einer Sandschicht überlagert, sodass man meinen könnte, die Muscheln seien sämmtlich fortgespült; auch diese Erscheinung ist in der Natur sehr bekannt.

Entschieden schwieriger wird die Beobachtung, wenn wir im Wasser Wellenbewegung hervorrufen wollen. Wenn wir aber einen beiderseits offenen Glascylinder an der einen Seite mit einer planparallelen Glasplatte verschliessen, so gelingt es mit diesem Apparat, den schädlichen Einfluss der Oberflächenkräuselung zu eliminiren, indem man das verschlossene Ende in das Wasser hineintaucht und durch die Röhre hindurchsieht. Es zeigt sich dann, wie die kommende Welle einem entstehenden Strom ähnlich ist, d. h. die auf der convexen Seite liegenden Muscheln werden umgekippt, wenn der Wellenschlag kräftiger ist, aber auch

mit dem Sande zusammen mitgeschleppt; nach einer kurzen Frist kehrt sich die Bewegung um, der Sand geht sofort mit, die Muscheln ihrer grösseren Masse wegen etwas später, schliesslich bewegen sich Muscheln und Sand wieder zusammen, bis eine zweite Welle sich nähert und das Spiel sich wiederholt. Weder die Muscheln noch der Sand zeigen eine bedeutende fortschreitende Bewegung; letzteres ist nur der Fall, wenn zu der Wellenbewegung der Strom tritt, ein sehr schwer zu beobachtendes Phänomen. Mit gefärbtem Sande¹⁾ konnte jedoch noch nachgewiesen werden, dass der Sand auch hier sich leichter bewegte als die Muscheln.

Es dürfte ein Leser ausserhalb der Niederlande sich fragen, weshalb ich so viel Gewicht auf ein anscheinend nebensächliches Moment lege. Der Grund ist folgender: Als ich meine hier beschriebenen Sandstudien fast beendet hatte, wurde in meinem Vaterlande die Frage eine immer brennendere, ob das Muschelschürfen unseren Küsten entlang der Küste gefährlich wäre oder nicht. Bekanntlich wird in den Niederlanden dem Mangel an Kalkstein für die Brennereien durch den Gebrauch von Muscheln abgeholfen. Es frug sich nun, ob nicht die Muscheln einen Schutz gegen die Angriffe der Nordsee bildeten, indem der Dünen sand z. B. von ihnen mehr oder weniger verkittet würde, oder sie auf irgend eine andere Weise die Festigkeit des Strandes oder der Dünen erhöhten, das Schürfen deshalb untersagt werden sollte. Zur Lösung der Frage wurde von der Regierung eine Commission eingesetzt, welche darüber einen Bericht anfertigen sollte. Ich hatte eben meine Meinung dargelegt, als der amtliche Bericht²⁾ erschien. In diesem wird die Meinung vertreten, das Schürfen übe keine nachtheilige Wirkung aus; es wird des Weiteren behauptet, die Muscheln seien leichter transportirbar als der Sand. Zumal die letztere Angabe war für meine Ansicht nicht gleichgültig, denn wenn sie richtig wäre, so würde somit meine

¹⁾ Wenn der Sand nicht gefärbt ist, so fällt dessen Bewegung gar nicht auf, da in Folge der combinirten Wirkung des fliessenden Wassers und der Wellen die Sichtbarkeit des Phänomens sehr beeinträchtigt wird, sodass es den Anschein hat, dass nur die Muscheln, nicht aber der Sand von der Stelle rückt. Etwas Aehnliches lässt sich am Strande beobachten, wo bisweilen nur die Muscheln sich bedeutend zu bewegen scheinen und unter den Sandkörnern nur der specifisch schwere Magnetit, weil dieses Mineral durch seine schwarze Farbe besonders auffällt!

²⁾ De Schelpen en de afneming onzer kust. Tydschrift der Nederlandsche Heidemaatschappy, 1896, und Beispiel einer praktischen Verwendung der Gehaltbestimmung quartärer Sande. Zeitschrift für praktische Geologie, Mai 1896.

Ansicht verfehlt sein, dass nämlich die „zufälligen“ Schwankungen in den Gehaltlinien von den Muscheln hervorgerufen werden. Denn wie würden die Muscheln, wenn sie leichter beweglich wären als der Sand, den Sand schützen können? Der durch den Bericht entstandene Widerspruch machte es also nothwendig, die Sache näher zu untersuchen, und aus einer Nebensache eine Hauptsache zu machen. Dabei werde ich aber mein Möglichstes thun, einer Polemik vorzubeugen, und deshalb nur meine Meinung ausführlicher darlegen als es bisher geschehen konnte, nicht aber Kritik an dem Bericht üben. Denn zweifelsohne ist es ein sehr lebensächtliches Moment zu entscheiden, wer schliesslich Recht behält; ich lege nur Gewicht darauf, richtig verstanden zu werden. Deshalb werde ich unter stetem Hinweis auf das Vorhergegangene meinen Gedankengang in kurzen Zügen darlegen.

Die Frage kann nach meiner Meinung auf mindestens zwei Weisen in Angriff genommen werden. Entweder kann der Vorgang studirt werden, während man sich an erster Stelle bemüht, den Sachverhalt nicht bloss zu beobachten, sondern, wenn überhaupt möglich, auch zu verstehen, oder aber man kann eine Art statistischen Verfahrens anwenden, indem man die Küste an verschiedenen Stellen untersucht, an solchen, wo Muscheln geschürft werden, und an solchen, wo dieses nicht der Fall ist, und man schliesslich die erhaltenen Resultate mit einander vergleicht. Der zweite Weg ist äusserst schwierig, da das Muschelschürfen doch wohl nicht die einzige Ursache des Küstenverlustes sein dürfte, das Resultat also von vielen anderen Factoren getrübt werden wird.¹⁾ Denn, wenn an einer Stelle, wo Muscheln geschürft werden, die Ebbelinie zurückweicht, somit Land gewonnen wird, hat man da Recht, das Schürfen für ungefährlich zu halten? Oder wenn an einer solchen Stelle Landverlust stattfindet, darf man sodann aus dieser Thatsache den Schluss ziehen, das Muschelschürfen sei schädlich? Ich glaube, diese Art Schlussfolgerung ist nur dann richtig, wenn keine anderen Factoren mit ins Spiel treten.

Ich habe deshalb versucht, nach dem oben zuerst genannten Verfahren der Lösung der Frage näher zu treten.

Wir müssen die Wasserbewegungen offenbar in zwei, wenn auch nicht scharf getrennte Gruppen theilen, die langsameren und die kräftigeren. Die letzteren bedürfen keiner Schilderung, indem gewiss Keiner ihre Bedeutung unterschätzen wird. In gewissem

¹⁾ Es verhält sich damit, als ob man den schädlichen Einfluss des Lichtimpfens darlegen wollte und zu diesem Zweck zwei Länder auswählte, das eine mit Impfwang, das andere ohne solchen, und man in anfangs, die totale Mortalität in beiden Ländern zu vergleichen,

Sinne wäre eher das Gegentheil zu befürchten, weshalb ich die Aufmerksamkeit darauf lenken will, dass sie offenbar nur eine localisirte Wirkung besitzen, indem sie ungeachtet ihrer „biweilen“ ungestümen Kraft nicht im Stande sind, die Sande gleichmäßig zu mischen, wie es die diluvialen Ströme zu thun vermochten; wissen sich doch die Gehaltsschwankungen auf dem Meeresboden zu behaupten.

Die kräftigen Ströme sind also nicht im Stande, die Arbeit der langsamen, mineraltrennenden Strömungen gänzlich zu vernichten.

Es leuchtet mithin ein, dass wir die langsamen, aber stetig wirkenden Ströme nicht unterschätzen sollen. Auch eine andere Erwägung führt uns zu demselben Schluss. Wie wir in dem vorigen Abschnitt gesehen haben, können wir uns die Steigerung der Gehaltzahlen kaum auf eine andere Weise entstanden denken, als indem die Quarz- und die Feldspathkörner fortgespült worden sind. Die Gehaltzahlen 5, 6 oder 7 sind nun auf dem Meeresboden gar keine Seltenheiten, und eine einfache Berechnung lehrt, welche ungeheuerere Menge Quarzkörner haben fortgeführt werden müssen, um einen solchen Gehalt zu erreichen. Der wenn wir den geringst möglichen Materialverlust voraussetzen, indem wir uns denken, dass **nur** die leichten Körner und gar keine schwereren mitgeschleppt werden, wenn wir also den Materialverlust entschieden zu niedrig veranschlagen, so gilt doch schon die Regel (vergl. den ersten Abschnitt), dass jede Gehaltverdoppelung die Gesamtmasse etwa halbirt. Wählen wir z. B. den Gehalt 1 zum Ausgangspunkt und setzen eine Sandschicht voraus, welche eine Mächtigkeit von 1 m besitzt, so wird aus ihr eine höchstens $\frac{1}{2}$ m mächtige Schicht mit einem Gehalt 2 hervorgehen können oder eine nur $\frac{1}{4}$ m mächtige Schicht mit einem Gehalt 4, ein $\frac{1}{8}$ m mächtige Schicht mit einem Gehalt 8 u. s. w. Eine 8 m mächtige Sandschicht mit einem Gehalt 1 würde also zu einer nur 1 m mächtigen Schicht mit einem Gehalt 8 zusammenschrumpfen, ja, in der Wirklichkeit zu einer entschieden weniger mächtigen. Haben wir doch den geringst möglichen Materialverlust vorausgesetzt, indem wir die Annahme gemacht haben, dass nur die leichten Körner und gar keine schwereren fortgeschwemmt würden. Ein Fall, der selbst bei einem eigenst zu diesem Zweck angestellten Versuch nie eintreten kann.

Dazu kommt noch, dass die Gehaltzahlen am Strande nicht selten entschieden höher sind, der Gehalt steigert sich hier beiweilen bis zu etwa 25, ja in vereinzelt Fällen bis zu 70 und sogar bis zu 90. Und doch wird der Gehalt immer wieder herabgedrückt, indem von Zeit zu Zeit beträchtliche Theile d

Dünen hinunterrutschen und ihren Sand mit dem Strandsand vermischen. Wäre dies nicht der Fall, so würden die Gehaltzahlen noch entschieden höher sein. Es wird daher interessant sein, in der Zukunft den Strandsand Scheveningens zu untersuchen, weil hier jetzt die Dünen von einem Basaltwall geschützt worden sind, jene Sandzufuhr also abgeschnitten ist, und somit zu erwarten ist, dass der Gehalt sich leichter erhöhen wird als es früher der Fall war. Es wäre nämlich denkbar, dass der Strand sich noch mehr erniedrigen würde, es sei denn, dass andere Faktoren einen grösseren Einfluss in entgegengesetztem Sinne ausüben würden.

Jedenfalls sind diese kolossalen Verluste, welche ihren Ausdruck in den hohen Gehaltzahlen finden, nur eine Folge von langsamen Strömen, da die kräftigeren, welche auch die Granaten mitschleppen, gar keine Trennung, vielmehr Fortschwemmung und mnige Mischung des schon Getrennten hervorrufen würden.

Die Versuche haben ergeben, dass die Muscheln sich schwieriger bewegen als der Sand, und aus den Figuren haben wir gesehen, dass ein hoher Procentsatz an Muscheln mit abnorm geringem Gehalt an schweren Mineralien einhergeht. Aus allen diesen Thatsachen zusammen habe ich den Schluss gezogen, dass die Muscheln die Küste mit Kraft, wenn auch nicht immer mit Glück vertheidigen, und mit diesem Schluss stehen alle mir bis jetzt bekannten Beobachtungen in der Natur in Einklang.¹⁾

Der Vollständigkeit wegen will ich nicht unterlassen, die wichtigsten dieser Naturbeobachtungen hier kurz zu erwähnen:

1. An den gegen den Strom mehr oder weniger geschützten Stellen sammeln sich öfters bedeutende Mengen Muscheln an und zwar fast ganz ohne Begleitung von Sand; über diesen Vorgang ist bei den Versuchen schon die Rede gewesen. Diese Stellen werden auf Holländisch „schelphoeken“ d. h. Muschelrinkele genannt.

2. Die Muscheln erscheinen häufig plötzlich am Strande und sind auch im Nu wieder verschwunden; auch diese Erscheinung ist schon bei Anlass der Versuche* erwähnt.

Nach Vieler Meinung bewegen die Muscheln sich sogar sehr schwer, wie wir im Berichte der Commission lesen:

„Nach Einigen bewegen die Muschelmassen sich wohl, nach

¹⁾ Es versteht sich, dass nicht alle Naturbeobachtungen, welche mit meiner Anschauung in Einklang stehen, als zwingende Beweise erangezogen werden können. Vielmehr besitzen manche Beobachtungen in dieser Hinsicht einen neutralen Charakter; könnte man sie beispielsweise nicht zur Entscheidung herbeiführen, so stehen sie jedenfalls mit meiner Behauptung nicht in Widerspruch.

den Meisten nicht. Die letzteren behaupten, dass es immer Muscheln am Strande giebt, wo sie sich unterm Sande vorfinden und gelegentlich aus ihm zum Vorschein kommen.“

Beide Beobachtungen sind völlig im Einklang mit den aus den Versuchen hergeleiteten Resultaten.

Schliesslich will ich nicht unterlassen noch einmal zu betonen, dass die letzten Seiten nur eine Rechtfertigung meiner Meinung beabsichtigen, während der Hauptzweck dieses Aufsatzes ist, auch Andere zu ähnlichen Untersuchungen aufzufordern, da bei diesen Sandstudien nicht nur wissenschaftliche, sondern auch praktische Resultate erwartet werden dürfen. Denn diese Untersuchungen werden sowohl Aufschluss geben, wenn es sich um Bodenbewegungen in Häfen, Flussmündungen u. s. w. handelt, als auch, wenn wir den Einfluss neuer Wasserbauten auf ihre Umgebung kennen lernen wollen. — Abgeschlossen den 30. November 1896.

Nummer des Catalogs. Serie II.	Procentsatz an Sandkörnern.				Ge- halt- zahl.	Procentsatz an Muscheln.	Bemerkun- gen. Tiefe in Me- tern unter N. Amst. Pegel.
	Grösser als			Klei- ner als			
	2mm	1mm	1/2mm				
Strahl 117.							
248	0	0	0	100	0,27	0	Dünenfuss.
249	0	0	0	100	0,36	0	Flusslinie.
250	0	0	4	96	0,09	4	Halbwegs.
251	0	0	1	99	0,15	S	Ebbelinie.
243	S	S	S	100	0,27	S	2,6
244	0	S	S	100	1,33	S	3,1
245	0	0	0	100	0,27	S	3,8
121	0	0	0	100	0,41	S	4,2
122	0	0	0	100	0,75	S	4,6
123	0	0	0	100	0,60	0	4,6
246	0	0	0	100	0,70	S	4,6
124	0	0	0	100	0,65	S	5,4
125	0	0	0	100	0,80	S	5,4
247	0	0	0	100	0,60	S	5,5
126	0	0	0	100	0,93	S	5,7
127	0	0	0*	100	1,49	S	6,1
128	0	0	0	100	1,10	S	6,1
129	0	0	0	100	0,95	S	6,4
130	0	0	0	100	1,65	S	6,6
131	0	0	S	100	1,64	S	6,6
132	0	0	0	100	1,24	S	7,0
133	0	0	0	100	1,33	S	7,2
134	0	0	0	100	0,45	S	7,4
135	0	0	0	100	1,81	S	7,7
136	0	0	0	100	2,19	S	7,8
137	0	0	0	100	0,50	0	8,0

Nummer des Catalogs. Serie II.	Procentsatz an Sandkörnern.				Ge- halt- zahl.	Procentsatz an Muscheln.	Bemerkun- gen. Tiefe in Me- tern unter N. Amst. Pegel.
	Grösser als		Klei- ner als				
	2mm	1mm	1/2mm	1/2mm			

Strahl 116.

252	0	0	0	100	0,54	0	Dünenfuss.
254	0	0	S	100	0,18	5	Flusslinie.
253	0	0	S	100	0,39	1	Halbwegs.
255	0	0	2	98	0,11	3	Ebbelinie.
238	0	S	S	100	0,53	S	2,5
242	0	0	1	99	0,35	S	3,0
241	0	0	0	100	0,14	S	3,9
138	0	0	0	100	0,65	S	4,5
139	0	0	0	100	0,75	S	4,5
240	0	S	S	100	0,89	S	4,9
239	0	0	0	100	0,75	S	5,7
140	0	0	0	100	0,64	S	5,8
141	0	0	S	100	0,75	S	6,2
142	0	0	0	100	0,50	S	6,2
143	0	0	0	100	0,93	S	7,0
144	0	0	0	100	0,51	S	7,4
145	0	0	0	100	0,38	S	7,8
146	0	0	0	100	0,50	S	8,2
147	0	0	0	100	0,37	S	8,7
148	0	0	0	100	1,31	S	9,5
149	0	0	0	100	1,46	S	10,2
150	0	0	0	100	1,18	S	10,4
151	0	0	0	100	0,56	S	11,3

Strahl 110.

259	0	0	0	100	10,80	0	Dünenfuss.
258	0	0	0	100	26,80	S	Flusslinie.
257	0	0	3	97	1,80	5	Halbwegs.
256	0	0	2	98	0,35	2	Ebbelinie.
206	0	0	2	98	1,05	S	1,4
207	—	—	—	—	—	—	4,6
208	0	0	S	100	0,95	S	3,3
209	0	0	S	100	1,97	S	3,0
75	0	0	S	100	0,64	—	4,8
210	0	0	S	100	1,40	S	4,9
76	0	0	S	100	1,19	1	5,3
77	0	0	S	100	0,69	S	7,7
78	0	0	1	99	0,95	1	8,2
79	0	0	S	100	0,79	1	9,2
80	—	—	—	—	0,07	16	9,7
81	S	4	41	55	0,04	20	9,7
82	S	5	38	57	0,02	15	9,7
83	S	3	50	47	0,03	20	9,8
84	1	8	48	43	0,06	16	9,8
85	1	4	42	33	0,07	19	9,8
86	S	1	57	42	0,05	16	9,8

Nummer des Catalogs. Serie II.	Procentsatz an Sandkörnern.				Ge- halt- zahl.	Procentsatz an Muscheln.	Bemerkun- gen. Tiefe in Me- tern unter N. Amst. Pegel.
	Grösser als			Klei- ner als 1/2 mm			
	2 mm	1 mm	1/2 mm				
87	0	1	17	82	0,41	9	10,2
88	0	2	15	83	0,47	5	10,2
89	S	2	21	77	0,37	7	10,2
90	0	S	7	93	0,53	5	10,4
91	0	S	2	98	1,33	5	10,7
92	S	S	3	97	1,17	7	10,7
93	S	4	8	88	1,63	13	11,4
94	S	3	14	83	1,14	11	11,4
95	0	S	15	85	0,55	10	12,1
96	S	1	5	94	1,03	8	12,1
97	0	S	4	96	0,84	10	12,8
98	0	S	5	95	0,91	5	13,2
99	0	S	8	92	0,70	8	13,4

Strahl 109.

263	0	0	1	99	1,75	0	Dünenfuss.
262	0	0	1	99	5,10	S	Flusslinie.
261	0	0	1	99	1,30	S	Halbwegs.
260	0	0	4	96	0,55	—	Ebbelinie.
201	0	S	2	98	0,36	S	1,5
100	0	S	8	92	0,63	9	3,7
101	S	S	4	96	0,57	9	3,7
202	S	3	24	73	0,59	20	4,6
102	S	S	3	97	1,40	4	4,0
103	S	S	5	95	1,68	6	4,0
203	0	0	1	99	0,95	S	3,8
204	0	0	S	100	1,34	—	3,2
205	0	0	1	99	0,75	2	4,9
104	0	1	2	97	2,09	5	6,3
105	0	S	2	98	2,26	6	6,3
106	0	S	1	99	0,84	3	7,5
107	0	S	4	96	0,45	7	8,5
108	S	S	S	100	1,16	S	9,1
109	0	0	1	99	0,94	1	9,1
110	0	2	6	92	0,55	8	9,8
111	0	S	14	86	0,30	7	9,8
112	0	S	7	93	0,62	—	10,1
113	S	2	10	88	0,75	5	10,1
114	0	S	4	96	1,35	2	10,4
115	S	1	16	83	1,06	6	10,7
116	S	4	43	53	0,19	13	11,2
117	0	0	3	97	1,13	3	11,6
118	0	S	18	82	0,55	7	12,2
119	S	2	12	86	0,35	8	12,8
120	0	1	6	93	0,73	5	13,1

Nummer des Catalogs. Serie II.	Procentsatz an Sandkörnern.				Ge- halt- zahl.	Procentsatz an Muscheln.	Bemerkun- gen. Tiefe in Me- tern unter N. Amst. Pegel.
	Grösser als			Klei- ner als			
	2mm	1mm	$\frac{1}{2}$ mm				
Strahl 103.							
267	0	0	0	100	1,13	0	Dünenfuss.
266	0	0	0	100	2,58	8	Flusslinie.
265	0	0	S	100	0,52	2	Halbwegs.
264	0	S	2	98	0,12	8	Ebbelinie.
225	0	S	3	97	0,51	4	1,6
223	0	S	4	96	0,30	5	4,9
224	0	0	S	100	1,30	5	4,2
222	0	S	1	99	2,40	5	3,6
153	S	S	2	98	0,52	3	3,6
152	0	S	2	98	0,36	—	3,6
221	0	0	1	99	2,57	2	5,0
154	0	0	S	100	3,16	2	5,5
155	0	0	1	99	5,10	4	6,4
156	0	S	1	99	4,31	3	6,4
157	0	0	0	100	1,10	5	7,4
158	0	0	0	100	1,11	5	7,4
159	0	0	0	100	0,32	2	8,7
160	0	S	9	91	2,29	5	9,9
161	0	S	6	94	1,89	5	11,6
162	0	S	6	94	0,34	11	11,6
163	0	S	13	87	0,12	6	12,6

Strahl 102.

271	0	0	S	100	4,88	0	Dünenfuss.
270	0	0	0	100	4,46	4	Flusslinie.
269	0	0	S	100	3,09	1	Halbwegs.
268	0	S	2	98	1,50	6	Ebbelinie.
220	S	S	5	95	0,86	12	1,5
218	0	S	1	99	1,23	5	4,7
219	0	0	0	100	1,87	5	4,2
217	0	S	S	100	2,52	1	3,7
12	S	S	2	98	2,01	1	4,1
13	S	S	2	98	1,33	3	4,1
216	0	S	2	98	2,99	3	4,6
14	S	S	1	99	4,51	1	6,1
15	0	0	1	99	4,48	2	6,5
16	0	0	1	99	3,69	2	6,9
17	0	S	S	100	2,27	5	7,3
18	0	0	2	98	0,91	2	7,7
19	0	S	4	96	0,74	4	7,7
20	0	0	S	100	0,46	5	8,1
21	0	0	0	100	0,47	1	8,1

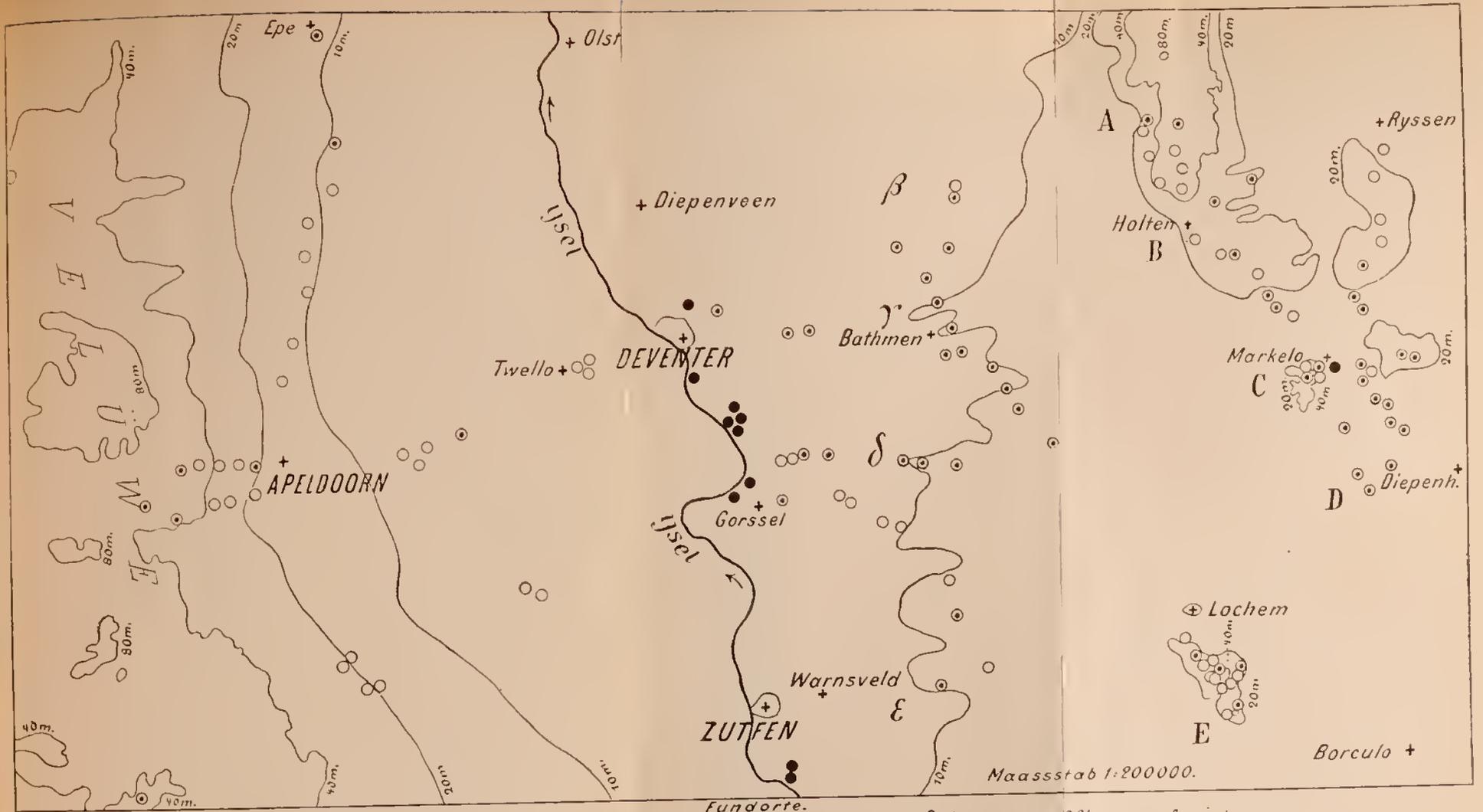
Nummer des Catalogs. Serie II.	Procentsatz an Sandkörnern.				Ge- halt- zahl.	Procentsatz an Muscheln.	Bemerkun- gen. Tiefe in Me- tern unter N. Amst. Pegel.
	Grösser als 2mm	1mm	½mm	Klei- ner als ½mm			

Strahl 101.

275	0	0	0	100	5,55	0	Dünenfuss.
274	0	0	0	100	5,55	0	Flusslinie.
273	0	S	S	100	4,19	1	Halbwegs.
272	0	S	S	100	2,44	2	Ebbelinie.
215	0	S	2	98	1,50	1	2,1
213	—	—	—	—	—	—	4,4
214	0	0	1	99	1,34	S	3,9
212	0	S	2	98	5,78	2	3,5
1	S	S	3	97	2,61	4	4,2
211	0	0	2	98	5,03	3	4,9
2	0	0	4	96	1,70	4	5,5
3	0	S	3	97	1,75	5	6,3
4	0	0	3	97	2,17	5	6,3
5	0	0	1	99	1,51	2	7,0
6	0	0	S	100	1,18	2	7,0
7	0	0	S	100	0,35	S	7,4
8	0	0	S	100	0,50	1	7,4
9	0	S	1	99	0,44	S	7,9
10	0	0	S	100	0,49	S	7,9
11	0	0	1	99	0,55	2	8,7

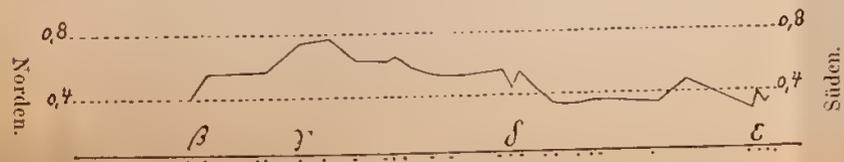
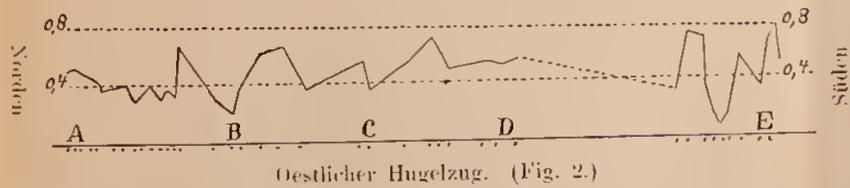
Strahl 96.

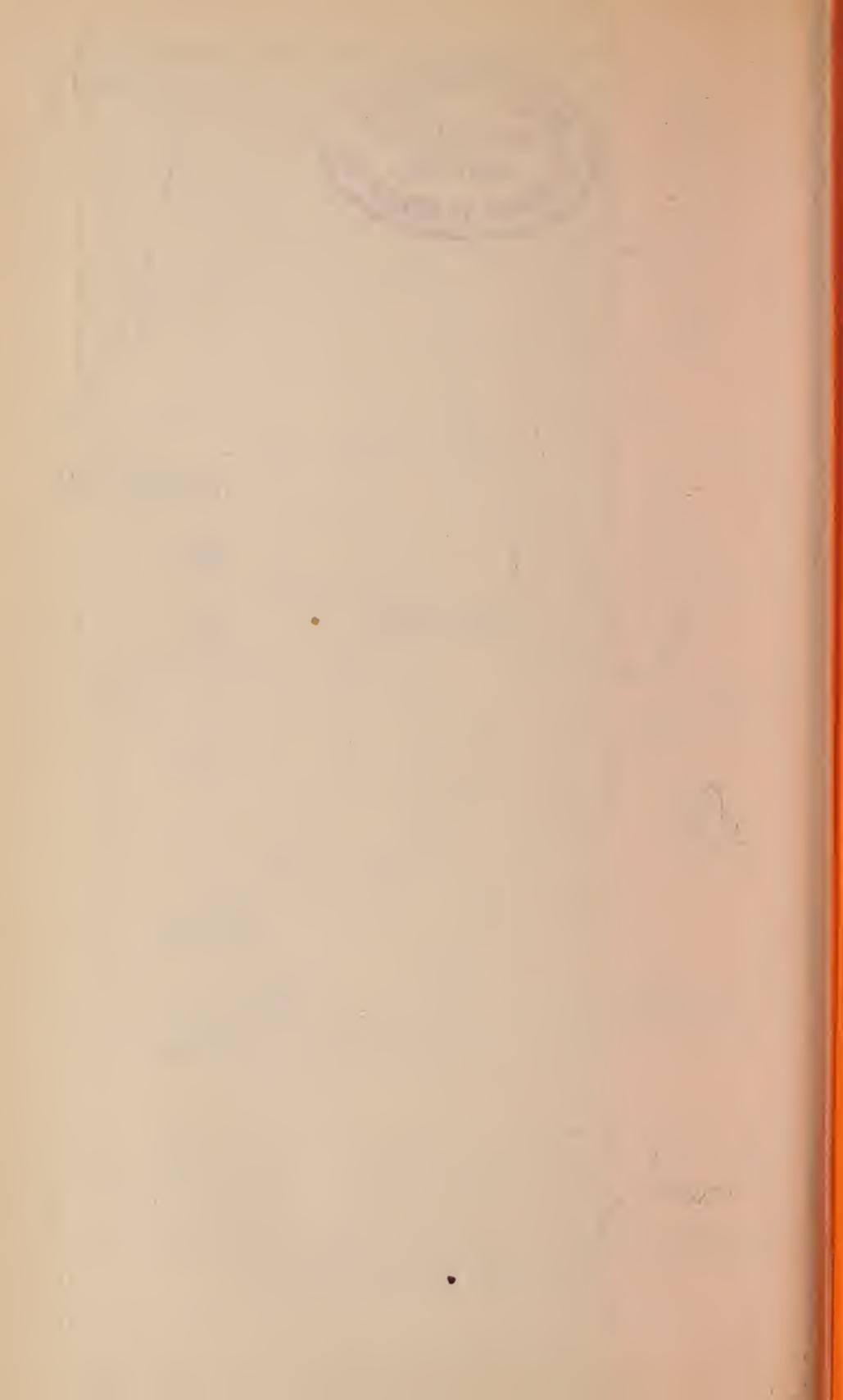
281	0	0	S	100	3,71	0	Dünenfuss.
279	0	0	S	100	1,13	1	Flusslinie.
280	0	0	S	100	0,92	S	Halbwegs.
278	0	S	2	98	0,57	9	Ebbelinie.
233	0	S	1	99	0,79	S	2,1
234	0	0	0	100	4,31	1	4,0
235	0	0	0	100	1,71	S	4,5
236	0	S	S	100	9,90	1	4,0
164	0	0	0	100	5,87	S	4,2
237	0	0	S	100	3,56	S	5,6
165	0	0	0	100	5,76	1	5,6
166	0	0	S	100	4,27	S	5,6
167	0	0	S	100	2,23	1	7,2
168	0	0	0	100	0,96	1	7,7
169	0	0	S	100	1,22	S	7,7
170	0	0	0	100	1,19	1	8,3
171	0	0	S	100	0,69	S	9,0
172	0	0	0	100	0,39	2	10,1
173	0	0	1	99	0,61	2	10,7
174	0	S	1	99	1,22	1	11,4
175	0	0	1	99	1,50	1	12,3
176	0	0	1	99	1,22	S	12,7



Fundorte.
 ○ Gehalt unter 0,4%. ◐ Gehalt von 0,4% bis 0,8%. ● Gehalt von 0,8% an aufwärts.

Figur 1.





Klassengrenzen einer geometrischen Reihe.

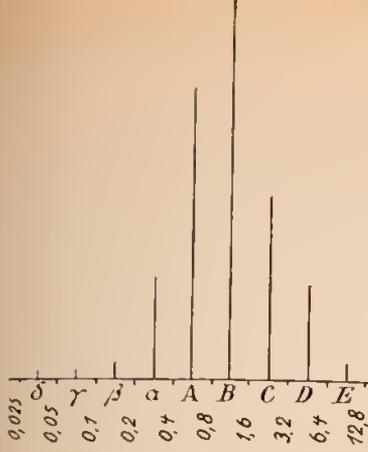


Fig. 5 a.
Nordseeboden.

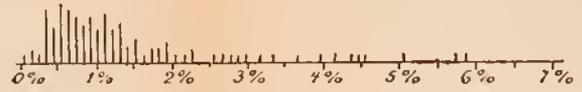


Fig. 5 b.
Nordseeboden.

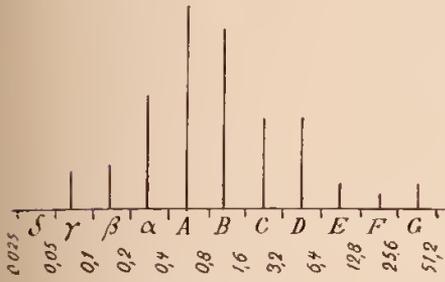


Fig. 6 a.
Nordseeküste.

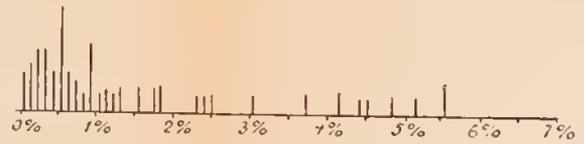


Fig. 6 b.
Nordseeküste.



Fig. 7 a.
Südliches Diluvium.

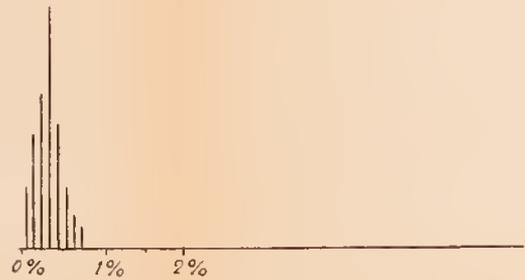


Fig. 7 b.
Südliches Diluvium.

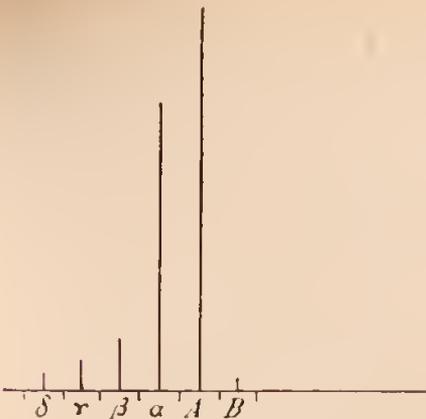


Fig. 8 a.
Gemischtes Diluvium.

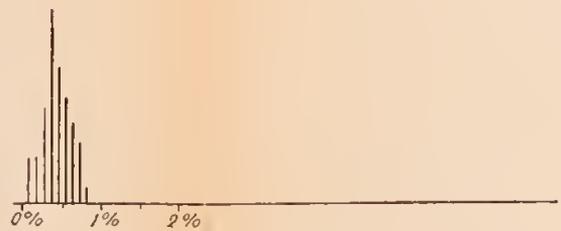


Fig. 8 b.
Gemischtes Diluvium.

Klassengrenzen einer arithmetischen Reihe.

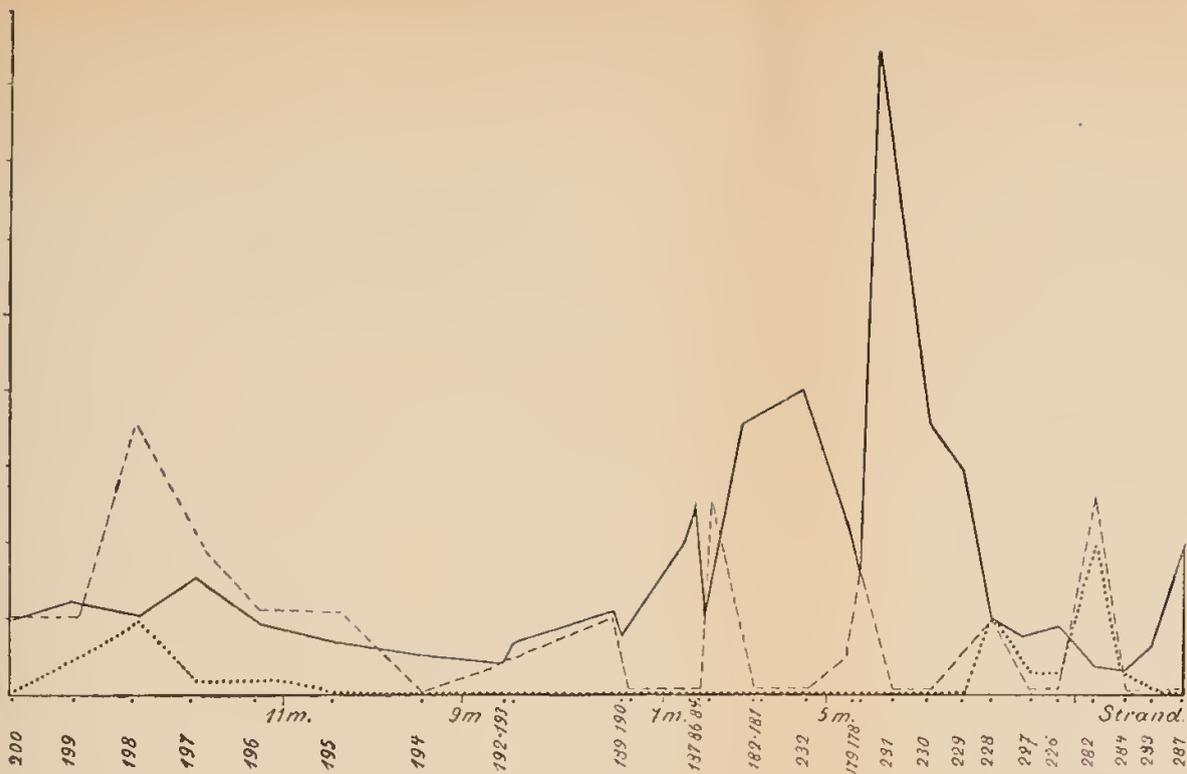


Fig. 9. Strahl 95.

Statt 187 - 86 - 84 ist zu lesen: 157 - 186 - 154.

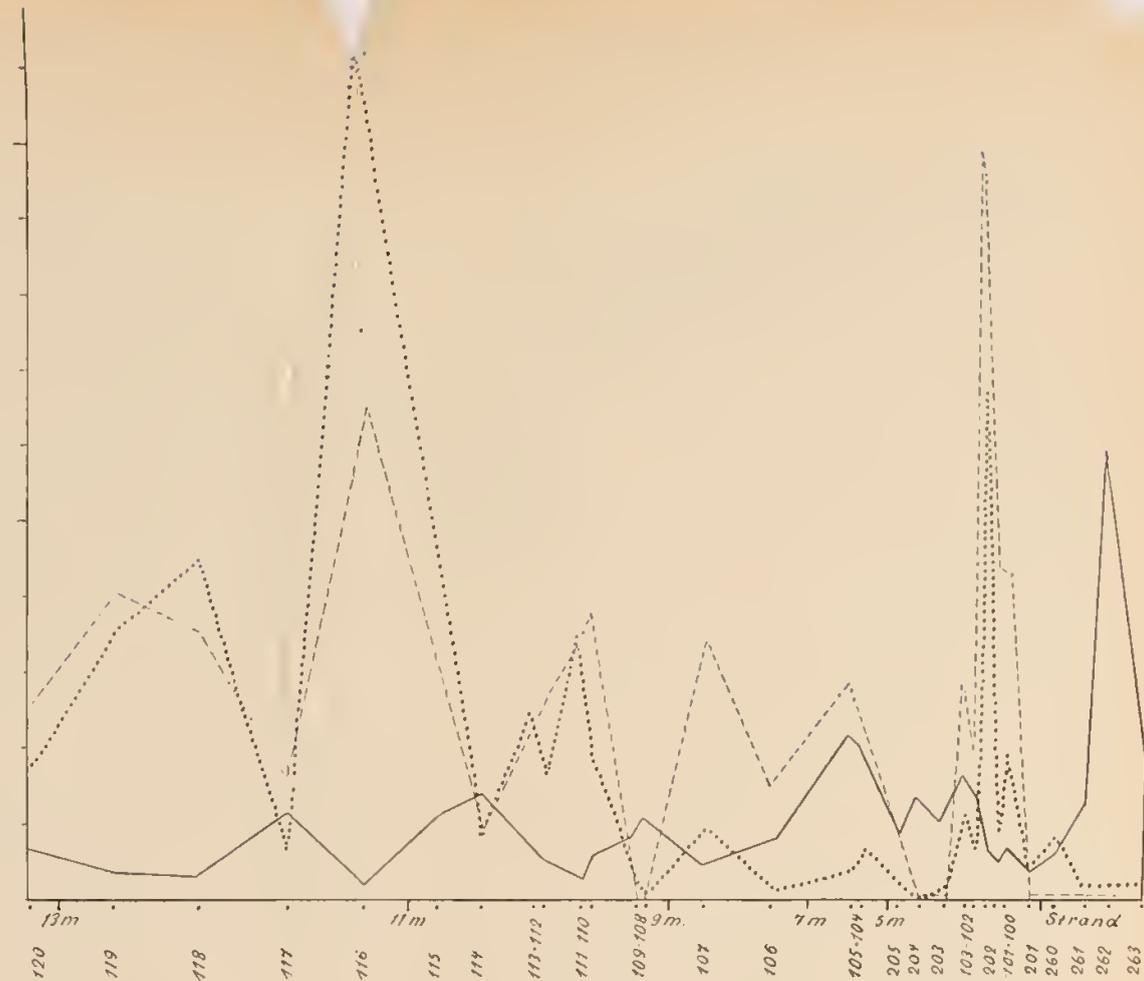


Fig. 14. Strahl 109.

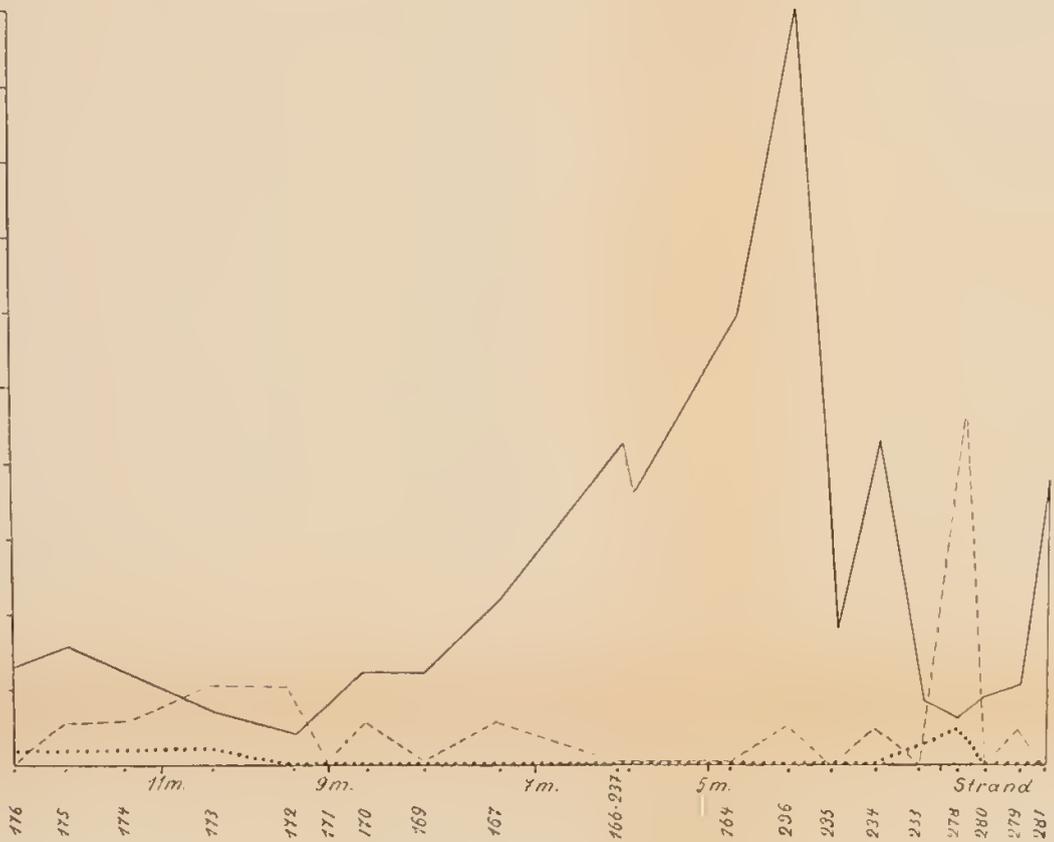


Fig. 10. Strahl 96.

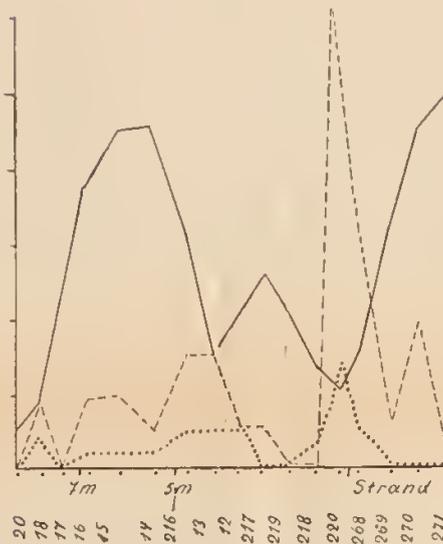


Fig. 12. Strahl 102.

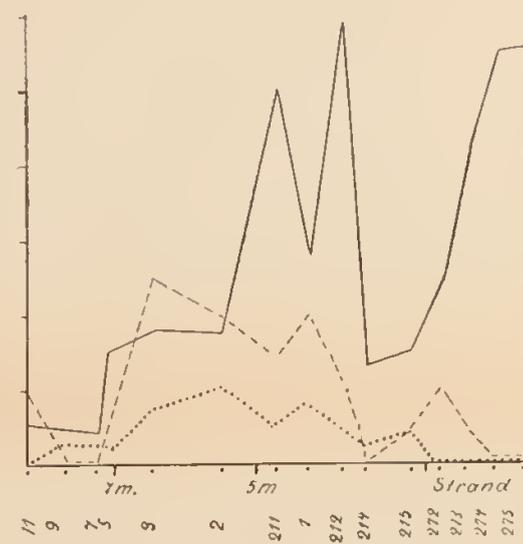
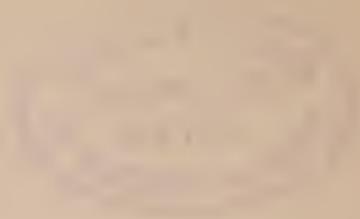


Fig. 11. Strahl 101.



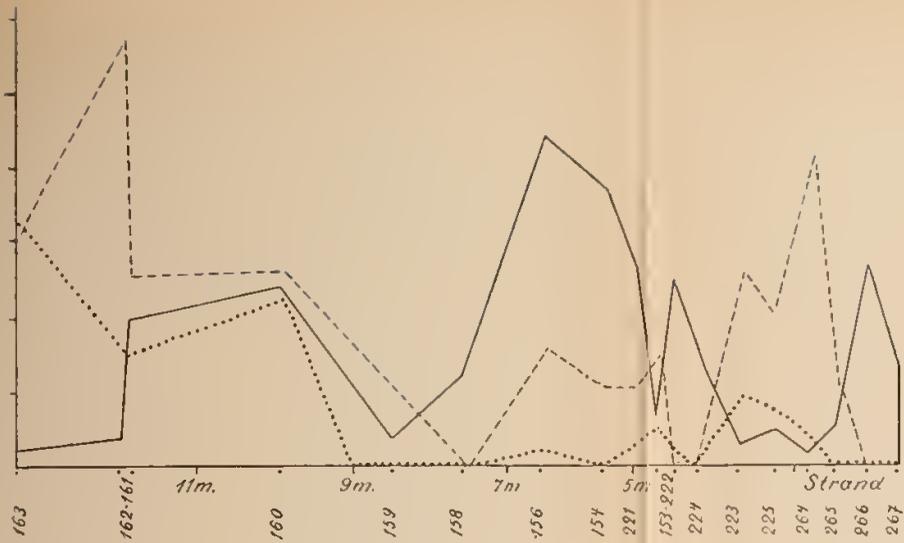


Fig. 13. Strahl 103.

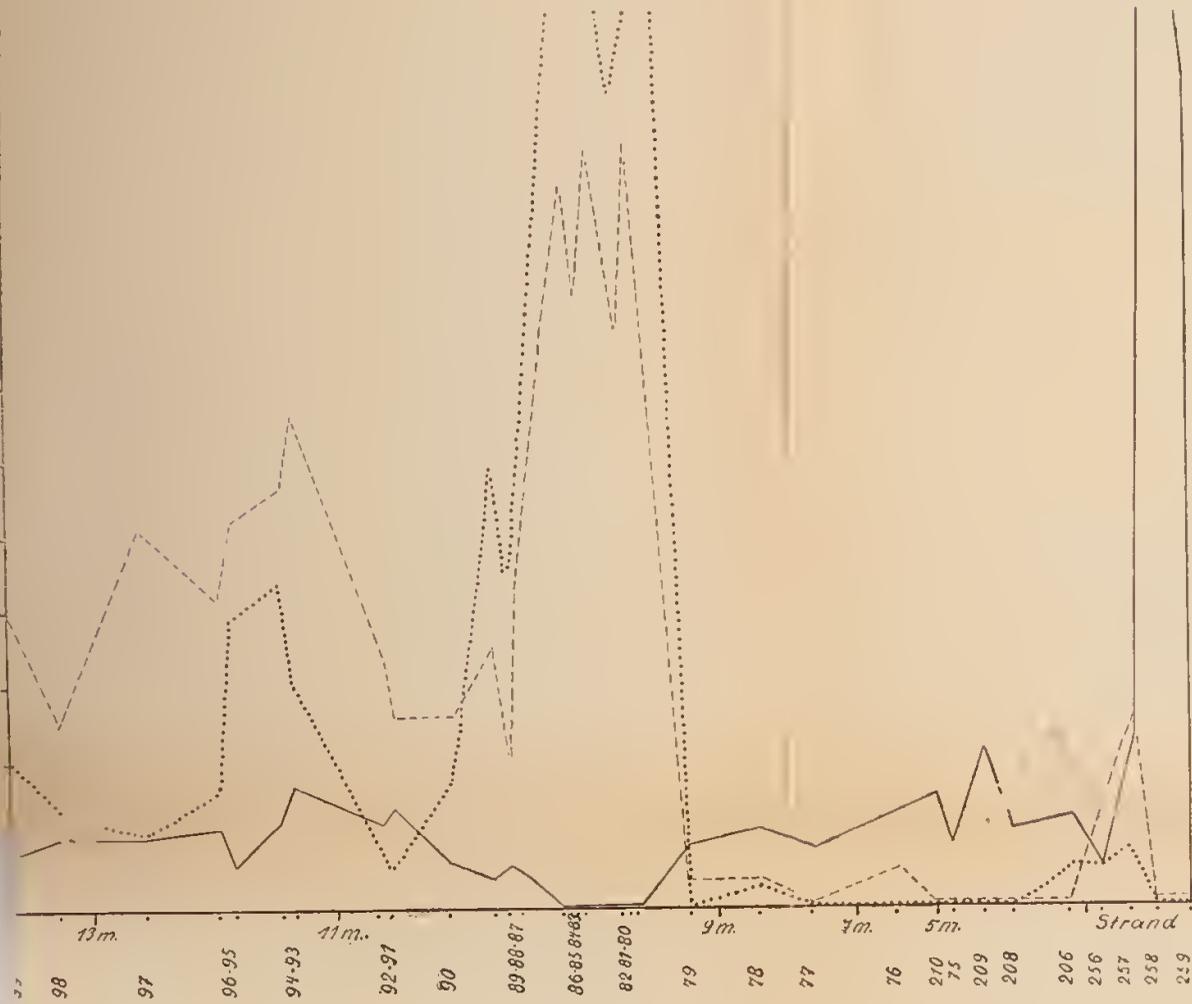


Fig. 15. Strahl 110.

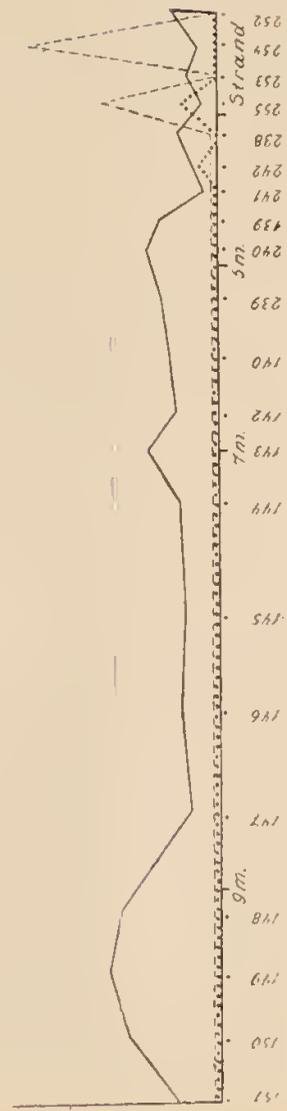


Fig. 16. Strahl 116.

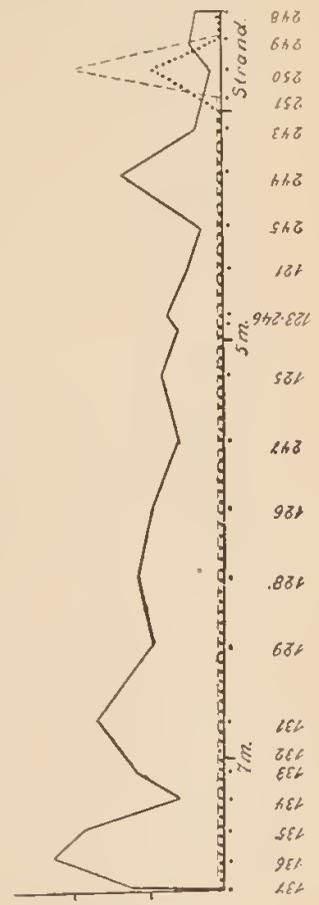


Fig. 17. Strahl 117.



Nummer des Catalogs. Serie II.	Procentsatz an Sandkörnern.				Ge- halt- zahl.	Procentsatz an Muscheln.	Bemerkun- gen. Tiefe in Me- tern unter N. Amst. Pegel.
	Grösser als		Klei- ner als				
	2mm	1mm	$\frac{1}{2}$ mm	$\frac{1}{2}$ mm			
Strahl 95.							
287	0	0	S	100	1,87	0	Dünenfuss.
288	0	0	S	100	0,58	S	Flusslinie.
284	0	0	1	99	0,23	S	Halbwegs.
282	0	S	S	92	0,25	S	Ebbelinie.
226	0	S	1	99	0,82	S	2,0
227	0	S	1	99	0,68	S	2,6
228	0	S	4	96	0,88	2	2,1
229	0	S	S	100	2,78	1	4,3
230	0	0	0	100	3,35	S	4,2
231	0	0	S	100	8,53	S	4,0
177	0	0	0	100	1,23	S	4,3
178	0	S	S	100	1,39	3	4,3
179	0	0	0	100	2,48	1	4,3
232	0	0	S	100	4,10	S	5,1
180	0	0	0	100	1,98	S	5,5
181	0	0	S	100	3,69	S	5,5
182	0	0	0	100	3,65	S	5,5
183	0	0	0	100	1,48	S	6,8
184	0	0	S	100	1,04	S	6,8
185	0	0	0	100	1,33	S	6,8
186	0	0	0	100	2,56	S	6,8
187	0	0	S	100	2,14	S	6,8
188	0	0	0	100	1,05	S	7,7
189	0	0	0	100	1,07	2	7,7
190	0	0	0	100	0,85	S	7,7
191	0	0	S	100	0,47	3	8,5
192	0	0	0	100	0,45	1	8,5
193	0	0	0	100	0,78	1	8,5
194	0	0	S	100	0,51	S	9,2
195	0	0	S	100	0,73	2	10,1
196	0	0	1	99	0,95	2	11,5
197	0	S	1	99	1,63	4	12,5
198	0	S	4	96	1,11	7	13,0
199	0	S	2	98	1,19	2	13,5
200	0	S	S	100	1,01	2	13,9

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1896

Band/Volume: [48](#)

Autor(en)/Author(s): Schroeder van der Kolk J. L. C.

Artikel/Article: [Beiträge zur Kartirung der quartären Sande. 773-807](#)