

Erläuterungen
zur
Geologischen Karte
von
Preußen
und
benachbarten deutschen Ländern

Herausgegeben von der
Preußischen Geologischen Landesanstalt

Lieferung 259

**Bl. Borkum, Juist-West, Juist-Ost
u. Norderney**

Nr. 914, 1010, 1011, Nr. 915, Nr. 916, Nr. 820, 821
Gradabteilung 21, Nr. 20, 21, 26, 27, Nr. 22, Nr. 23, Nr. 17, 18

Aufgenommen und erläutert
durch

K. Keilhack

der Festlandsanteil von Bl. Juist-Ost aufgenommen
durch

D. Wildvang

B E R L I N

Im Vertrieb der Preuß. Geologischen Landesanstalt, Berlin N 4, Invalidenstr. 44
1925

Lieferung 259

Bl. Borkum, Juist-West, Juist-Ost u. Norderney

Nr. 914, 1010, 1011, Nr. 915, Nr. 916, Nr. 820, 821

Gradabteilung 21, Nr. 20, 21, 26, 27, Nr. 22, Nr. 23, Nr. 17, 18

Aufgenommen und erläutert
durch

K. Keilhack

der Festlandsanteil von Bl. Juist-Ost
durch

D. Wildvang

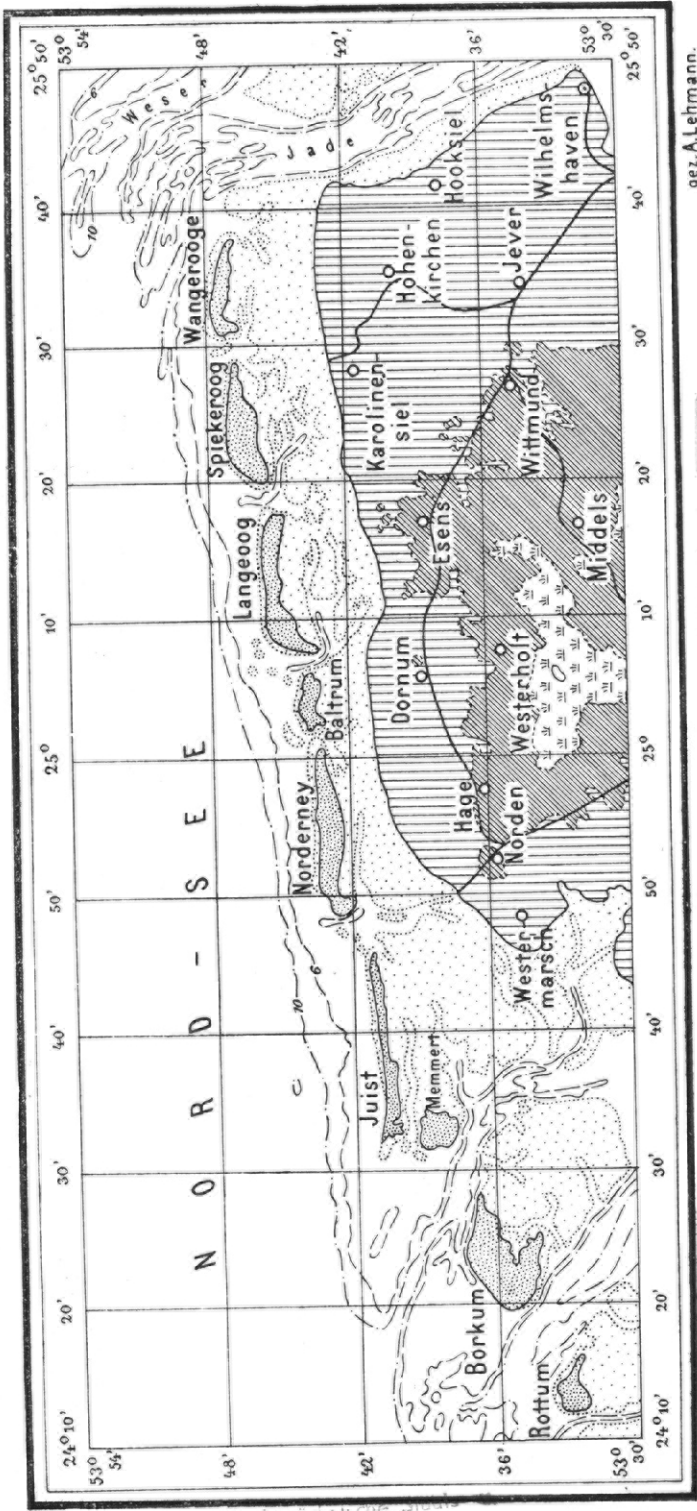
Mit einer Übersichtskarte des weiteren Gebietes, einer Entwicklungskarte
von Borkum und 2 Abbildungen

SUB Göttingen
207 816 077

7



Übersichtskarte des weiteren Gebietes



gez. A. Lehmann.

Entworfen von K. Keilhack 1923.

Niedersächsische Staats-
 Universitätsbibliothek
 Göttingen
 F
 1960. 3086

I. Entstehungsgeschichte und Oberflächenformen des weiteren Gebietes

Die Lieferung 259 umfaßt die Blätter Borkum, Juist-West, Juist-Ost und Norderney, d. h. die drei westlichsten der deutschen ostfriesischen Inseln und auf Bl. Juist-Ost in der SO-Ecke einen etwa $4\frac{1}{4}$ qkm großen Ausschnitt aus dem Festland Ostfrieslands mit dem Hafen von Norddeich. Eigentlich umfaßt die Lieferung 8 Meßtischblätter, denn die Insel Borkum wird durch die der Karteneinteilung zugrunde liegende Gradeinteilung so zerschnitten, daß sie auf vier Blätter entfällt, und Norderney fällt mit dem westlichsten Kilometer ebenfalls aus dem Rahmen des nach ihm benannten Blattes heraus. Dadurch, daß die Inseln Borkum und Norderney je auf ein Kartenblatt gedruckt sind, wird deren Zahl von 8 auf 4 beschränkt.

Die ostfriesischen Inseln bilden ein Glied einer den Süd- und Ostrand der Nordsee begleitenden Kette von Gestade-Inseln, die mit dem holländischen Texel beginnen und mit dem dänischen Fanø endigen; sie gehören zu dem Dünenstreifen, der von Calais bis in das nördliche Jütland sich der Nordseeküste entlang erstreckt und im ersten und letzten Teil auf dem flandrisch-holländischen, bzw. dem jütischen Festland liegt, im Zwischengebiet aber vor dem Festland auf perlschnurartig aneinandergereihten Inseln lagert. Wir würden uns aber im Irrtum befinden, wollten wir annehmen, daß unsere Inseln etwa die der Zerstörung entgangenen Reste einer ehemaligen festländischen Dünenkette darstellen. Unsere Inseln sind keine Landreste, sondern wandernde Neubildungen. Um dies zu verstehen, müssen wir zuvörderst einen Einblick in den Werdegang des ostfriesischen Festlandes und seiner angrenzenden Küstengebiete zu gewinnen trachten.

Am Ende der Eiszeit lag das Küstengebiet der Nordsee mindestens 30 m höher als heute. Der Meeressaum lag weit im Norden; die ganze südliche Nordsee war Festland und wurde von einem mächtigen Strom, der Fortsetzung der Elbe, durchflossen, der als Nebenflüsse Weser, Ems, Rhein und Themse aufnahm und zwischen Schottland und Norwegen in das Nordmeer mündete. Der englische Kanal war noch nicht vorhanden, England war in breiter Fläche dem europäischen Festland angegliedert. In Gestalt von flachen Rinnen können wir dieses alte Flußsystem im Untergrund der heutigen Nordsee wiedererkennen.

Auf diesem Festland verwitterten die Bodenschichten chemisch und mechanisch: Die während der Eiszeit abgelagerten Geschiebemergel und andere kalkige Bildungen wurden entkalkt und ersterer wurde in Lehm umgewandelt. Die Sande wurden ebenfalls ihres Kalkgehaltes beraubt und

oxydiert. In den Niederungen des Festlandes konnten sich Torflager bilden. Dieser Zustand hielt mehrere Jahrtausende an, er umfaßt die beiden ersten Abschnitte der Postglazialzeit, die Yoldia- und Ancyluszeit. Während der ersteren herrschte unter der Einwirkung des noch in großer Ausdehnung auf Skandinavien lastenden Inlandeises ein strenges nordisches Klima bei uns, welches in der Ancyluszeit, nachdem das Eis völlig verschwunden war, durch ein wärmeres, subboreales Klima mit ausgesprochener Trockenheit abgelöst wurde.

Vor etwa 6000 bis 7000 Jahren trat dann ein Ereignis ein, welches für Norddeutschland und seine Nachbargebiete von ungeheuren Folgen begleitet war — die sogenannte Litorinasenkung, die von Flandern bis Ostpreußen wie auch in Skandinavien nachgewiesen ist. Die Ostsee, bis dahin ein abgeschlossenes Süßwasserbecken, kam in offene Verbindung mit der Nordsee, und diese selbst überflutete weite Gebiete des früheren Festlandes im S ihrer früheren Küste, bis weit über ihre heutige Küstenlinie hinaus.

Diese Senkung vollzog sich aber nicht plötzlich, sondern verteilte sich wahrscheinlich über einen geraumen Zeitabschnitt; sie scheint auch durch eine oder zwei Stillstandszeiten unterbrochen gewesen zu sein. Auf dem sinkenden Lande bildeten sich Torfmoore; über ihnen entstanden bei weiterer Senkung Schlicke; schließlich wurden auch diese wieder unter tiefere Meeresbedeckung gebracht und nach ihrer Versenkung mit Sanden von zum Teil großer Mächtigkeit überschüttet. Wir haben es also mit zwei zu verschiedenen Zeiten versenkten Landoberflächen zu tun, einer älteren diluvialen, die am Beginn der Litorinasenkung und einer jüngeren alluvialen, die an deren Ende unter Meeresbedeckung gelangte. Die Beweise dafür werden bei der Beschreibung der einzelnen Inseln erörtert.

Als diese Senkung vollendet war, lag das Gebiet, welches die heutigen ostfriesischen Inseln trägt, etwa 20—25 m unter dem Meeresspiegel. Inzwischen aber war — vielleicht durch dieselbe Senkung, vielleicht aber auch erst etwas später — eine tiefgreifende Veränderung in der südwestlichen Nordsee eingetreten: Die Verbindung Englands mit dem Festlande hatte aufgehört; durch den Kanal trat die Nordsee in unmittelbare Verbindung mit dem Ozean; die Flutwelle kam jetzt auf kürzestem Wege aus dem Atlantischen Ozean in unser Gebiet hinein; eine starke, von W nach O gerichtete Strömung begann sich zu entwickeln. Alle diese Umstände waren bedingend für die Entstehung der ostfriesischen Inselkette. Aus der Verbreitung der Meeresebildungen können wir die Lage der Küste am Ende der Senkungszeit einigermaßen erkennen; sie ist auf der diesen Eriäuterungen beigegebenen Karte eingetragen und verläuft in Ostfriesland von Siegelsum über Marienhaf in nördlicher Richtung nach der Stadt Norden, von dort bis Westermarsch nach W. Dann schob sich eine breite Halbinsel vor, in deren Mitte heute Esens liegt; von deren Ostende, etwa von Thumm aus, wandte sich die Küste nach SO bis Witmund und Jever. Das Meer griff mit flachen Buchten weit in das Land hinein, so von Witmund bis Ardorf, bei Staderdorf und Fulkom. Andererseits hoben sich aus dem flachen Meer nahe der Küste Geestinseln heraus, auf denen heute Städte und Dörfer liegen, z. B. Dornum, Wester-Ackum, Roggenstade, Werdum, Hostward, Marz, Asel u. a. m.

Unter dem Einfluß der Gezeiten begann eine kräftige Landbildung. In den tief ins Land eingreifenden Buchten, besonders im Gebiete der Ems-

und Wesermündung, aber auch in der Nähe der übrigen Küsten begann ein starker Absatz von Schlick, der tonigen Trübe, die die Flüsse aus dem Land ins Meer schafften. Weiter nach See zu aber wurden unendliche Sandmassen abgelagert, die durch die Strömung immer aufs neue von W her herangeschafft wurden. Lieferanten für diese Sandmassen waren wahrscheinlich in der Hauptsache die sandigen Tertiärablagerungen des belgisch-nordfranzösischen Gebiets. So entstand vor der Küste eine breite Sandzone, die man etwa bis zur 5 m Tiefenlinie annehmen kann. Bis zu dieser reichte der ungemein flache, ebene Meeresboden; dann aber folgte ein rasches Absinken desselben bis zu 10 und mehr Metern Tiefe. Diese beiden Tiefenlinien, die zusammen den Saum der küstennahen Sandaufschüttung bezeichnen, sind auf unserm Übersichtskärtchen ebenfalls eingetragen. Die marinen Sande, die sich durch außerordentliche Gleichkörnigkeit auszeichnen, bilden eine ausgedehnte, völlig ebene Platte, welche einmal durch die Mündungen größerer Flüsse — in unserm Gebiet also der Ems und Weser — dann aber durch Strömungsrinnen gegliedert wird, die, ohne mit festländischen Flüssen in Verbindung zu stehen, sich durch das Abfließen des bei Ebbe zurückflutenden Wassers entwickelt haben. Diese Strömungsrinnen werden als Baljen, die zwischen ihnen liegenden Sandflächen als Riffe, Platen oder Sande bezeichnet. Auf diesen Sanden haben sich dann, als sie die Oberfläche des Meeres bei Flut erreichten hatten, unter kräftiger Mitwirkung des Windes unsere ostfriesischen Inseln gebildet.

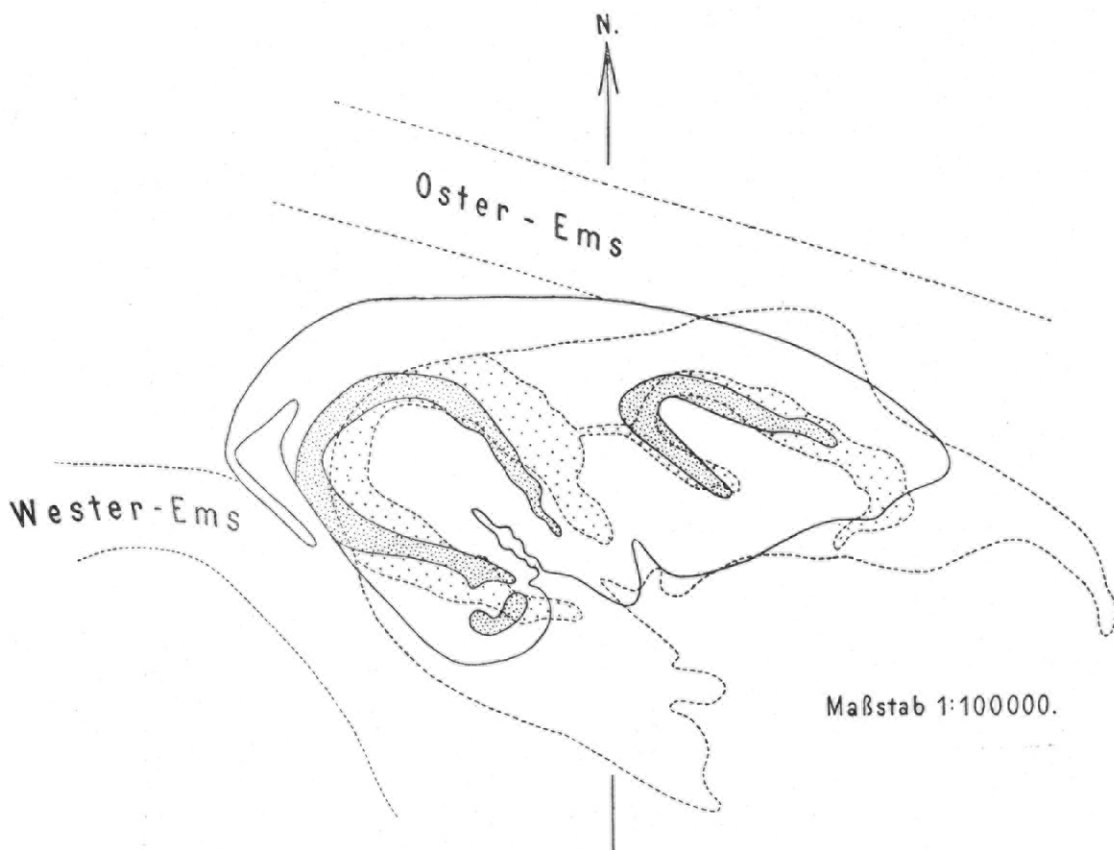
Ganz im W unseres Gebiets liegt das untermeerische Tal der Ems, die Westerems. Der Strom gabelt sich in seinem Mündungsgebiet nördlich Delfzijl; die Hauptmasse des Wassers fließt durch die Westerems ab; ein geringer Teil der Wassermenge wendet sich nach N und fließt, verstärkt durch einige aus der Ley-Bucht, dem Kapersand und dem Nordland kommende Baljen, als Osterems in das tiefere Meer. Zwischen beiden Emsmündungen liegen die mächtige Platte des Borkum-Riffs und das Randzel, auf denen die Insel Borkum entstanden ist. Diese Platte ist 30 km lang und 10 km breit; sie hat keine unmittelbare Anlehnung an das Festland. Aus diesem Grunde ist es auch nicht möglich, zur Zeit der Ebbe über das Watt hinweg vom Festland aus die Insel Borkum zu erreichen, während dies bei allen übrigen Gestade-Inseln der Fall ist. Die große Platte, auf der Borkum liegt, bildet eben selbst schon gewissermaßen eine Insel.

Östlich von der Osterems folgt dann eine ausgedehnte Platte, die bis zur Jademündung reicht; sie ist von Oldeog bis zum Memmert 75 km lang, östlich Norderney 8—11 km und westlich davon 22 km breit. Diese Platte wird nur durch eine Anzahl flacher, 5—6 m tiefer Baljen zerschnitten. Auf den durch diese flachen Rinnen erzeugten einzelnen Abschnitten der großen, überall an die Küste sich anlehnenden Platte bildete sich die lange Inselreihe vom Memmert über Juist und Norderney bis nach Wangerooge hin.

Die erste Entstehung aller unserer Inseln haben wir uns ebenso vorzustellen wie die Bildung des Memmert selbst, der sich heute unter unsern Augen zu einer neuen Insel auf dieser großen Sandplatte entwickelt. Die zunehmende Sandzufuhr bewirkt, daß große Teile der emporwachsenden Platte bei Ebbe trockenlaufen und nur noch bei Flut regelmäßig unter Wasser gesetzt werden. Flächen, welche diese Eigenschaft besitzen, werden bekanntlich als Watt bezeichnet. Dann kommt mit weiterer Sandzufuhr der Zeitpunkt, wo auch die gewöhnliche Flut die höchsten Teile der Platte nicht

mehr erreicht; sie werden dann nur noch von Springfluten überströmt. In diesem Zustand befand sich ungefähr bis zum Jahre 1880 der Memmert. Endlich wachsen Teile der Platte auch über den Bereich der Springfluten hinaus und liegen dann dauernd trocken.

Nun beginnt die Arbeit des Windes, der den Sand zu kleinen, aber bald sich kräftig vergrößernden Dünen zusammenweht. Diese werden in ungemein kurzer Zeit von der Pflanzenwelt besiedelt und dadurch festgelegt. Dieser Zustand hat sich in den Jahren 1880—1900 bei dem Memmert herausgebildet. Ist erst eine einigermaßen geschlossene Besiedlung der Dünen durch die Pflanzen erfolgt, so bildet sie einen natürlichen Schutz der jungen Insel bei schweren Stürmen. Im zweiten Teil dieser Erläuterungen werden wir sehen, in welcher Art und wie rasch sich diese Pflanzenbesiedlung vollziehen kann.



Entwicklungskarte der Insel Borkum

Unsere Inseln wandern auf ihrer Sandplatte von W nach O. Auf dem Westende finden infolge der Strömung, vor allem aber infolge der starken westlichen Winde Zerstörung und Abtragung statt, während auf der Ostseite Ablagerung und Zuwachs zu beobachten sind. Wo, wie auf Borkum und

Norderney, die Bevölkerung sich am Westrand angesiedelt hat, zwang der dauernde Landverlust und die darin liegende Bedrohung der Ortschaften zu Sicherheitsmaßnahmen. Und so sehen wir heute auf beiden Inseln die Westseite durch hunderte von Metern lange Buhnen gegen die Zerstörung gesichert. Auf Borkum läßt sich infolge eines glücklichen Umstandes das Wandern der Insel zahlenmäßig nachweisen. Wir besitzen eine von dem Ingenieur Tönnies gezeichnete Karte von Borkum aus dem Jahre 1713, die mit ausreichender Genauigkeit im Maßstab 1 : 24 000 aufgenommen ist. Einige Fixpunkte, wie die alte Kirche am Ostende des Dorfes Borkum gestatten es, die Umrißkarte des alten Borkum von 1713 und die der heutigen Insel ineinander zu zeichnen, wie es auf beiliegender Abbildung mit punktierten Linien für die heutigen, mit ausgezogenen Linien für die 200 Jahre zurückliegenden Landesgrenzen geschehen ist. Dabei zeigt sich, wie bedeutend die Umgestaltung ist, welche die Insel seitdem erfahren hat: Der Westrand ist in den 200 Jahren um 1500 m zurückgewichen. Demgegenüber steht ein Zuwachs von 3200 m Länge sowohl im West- wie im Ostland. Bis zur Erbauung des Buhnenschutzes betrug die jährliche Verschiebung nach W 8—9 m. Seitdem hat auf Borkum und Norderney diese Art der Küstenverlegung aufgehört. Aber der Zuwachs nach O geht auf beiden Inseln heute noch kräftig weiter. Auch der Memmert ist in ganz entschiedener Weise im Begriff, sich nach O in das Watt hinein auszudehnen.

Die ostfriesischen Inseln liegen von Texel bis Wangerooge nördlich gestaffelt, d. h. die Längsaxe jeder östlicheren Insel liegt nicht in der Verlängerung derjenigen der nächst westlichen, sondern nördlich davon. Das Maß der Staffeln wechselt und ihr Betrag nimmt von W nach O ab:

Rottum gegen Borkum 5 km
 Borkum gegen Memmert 5 km
 Memmert gegen Juist 2,5 km
 Juist gegen Norderney 2,5 km
 Norderney gegen Baltrum 1,6 km
 Baltrum gegen Langeoog 2,25 km
 Langeoog gegen Spiekeroog 2 km
 Spiekeroog gegen Wangerooge 1,5 km.

Die Ursache dieser Staffeln liegt begründet im Wechselspiel der Meeresströmungen und Winde. Durch die kreisförmige, erst von W nach O, dann von S nach N gerichtete Strömung in der deutschen Bucht der Nordsee von der holländischen bis zur jütischen Küste wird der bogenförmige Verlauf der mehr oder weniger der Festlandslinie folgenden flachen untermeerischen Sandplatten bedingt. Jeder etwas höher emporwachsende und zum Inselkern sich entwickelnde Teil der Sandplatte mußte umso nördlicher liegen, je weiter nach O hin er sich bildete. Ist aber erst ein solcher Inselkern entstanden, so wird sein weiteres Wachstum ausschließlich durch die Winde bedingt, die ganz vorherrschend aus dem westlichen Quadranten wehen. Sie beherrschen die Strandversetzung an der Küste und die Dünenbildung und -wanderung auf der Oberfläche der neu entstandenen Inseln. Jede einzelne Insel wächst also nach O hin weiter und würde sich kulissenartig hinter die nächstöstliche verschieben, wenn nicht gleichzeitig der Westrand der dauernden Abtragung unterlegen wäre, die erst ein Ende fand, als der Buhnenschutz im arg bedrohten W von Borkum und Norderney einsetzte.

Aber schon jetzt beginnt der Memmert sich kräftig hinter Juist einzuschieben und das gleiche dürfte allmählich bei Juist in Beziehung auf Norderney eintreten, da letztere Insel mit ihrem Westende jetzt festgelegt ist. Die Zeit wird kommen, da die Offenhaltung der Wasserstraße Norddeich—Norderney Schwierigkeiten machen wird.

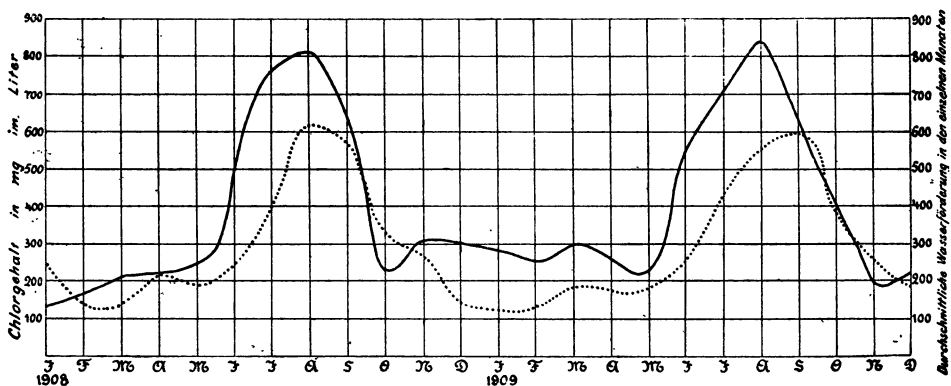
*

Der Festlandsanteil unseres Gebietes beschränkt sich auf die Südostecke des Bl. Juist-Ost, ist etwa 4 qkm groß und besteht aus flacher Marsch, deren Oberfläche 1 m Höhe über NN nicht übersteigt. Natürliche Wasserläufe fehlen darin. Auch die Inseln sind rücksichtlich ihrer Oberflächenformen sehr wenig verwickelt: Auf der flachen 1—2 m über NN liegenden Sandplatte, die den Sockel aller unserer Inseln bildet, sind Dünen aufgesetzt, die im allgemeinen 10 m, nur ausnahmsweise 15—20 m Höhe erreichen. Auch auf den Inseln fehlen natürliche Wasserläufe völlig.

*

Die Grundwasserverhältnisse der ostfriesischen Inseln sind ziemlich verwickelter Natur. Für ihre Darstellung seien die am besten studierten Verhältnisse auf Norderney hier mitgeteilt.

Trotz der Nähe des Meeres und trotz ihrer meist geringen Ausdehnung führen unsere Inseln bis in ziemliche Tiefen Süßwasser, welches für die Wasserversorgung der Inselbewohner früher völlig ausreichte. Als aber durch den zunehmenden Badeverkehr im Sommer der Wasserbedarf auf ein Vielfaches des früheren answoll, machte man in Norderney die unliebsame Beobachtung, daß der Chlorgehalt des Wassers stieg und schließlich eine Höhe erreichte, die die Verwendbarkeit des Wassers zu Trinkwasser und zum Kochen erheblich beeinträchtigte. Die folgende graphische Darstellung gibt einen Überblick über das Anwachsen des Chlorgehaltes im Wasser mit der Zunahme des Bedarfes in der Hochsaison der Jahre 1908 und 1909.



Die Buchstaben am unteren Rande bezeichnen die einzelnen Monate, die Zahlen an der linken Seite den Chlorgehalt des Wassers in Milligramm pro Liter, die auf der rechten Seite die in den einzelnen Monaten täglich

durchschnittlich geförderten Wassermengen. Im Kurvenbilde bezeichnet die punktierte Linie den Chlorgehalt, die ausgezogenen die Wasserförderung; ein gewisser Parallelismus beider ist unverkennbar.

Untersuchungen der Grundwasserverhältnisse durch tiefere Bohrungen ergaben dann in ausgesprochener Weise das Vorhandensein von Salzwasser unter dem Süßwasser und die zunehmende Versalzung des Brunnenwassers im Sommer war demnach auf das Zuströmen des tieferen Salzwassers in den Brunnen zurückzuführen. Das Prinzip, nach welchem sich Süßwasser und Salzwasser auf diesen Inseln gegenseitig einstellen, ist zuerst von Badon Ghijbets im Jahre 1889 und zwölf Jahre später unabhängig davon von Herzberg richtig erkannt worden. Es beruht auf dem hydrostatischen Gleichgewicht von zwei untereinander nicht mischbaren, im spezifischen Gewicht verschiedenen Flüssigkeiten in kommunizierenden Gefäßen. Nennen wir das spezifische Gewicht der beiden Flüssigkeiten G_1 und G_2 und den Höhenunterschied der beiden Flüssigkeitsspiegel nach eingetretenem Gleichgewichtszustand H , so wird die Scheidungsfläche zu beiden Flüssigkeiten (h_1) in einer Tiefe von $\frac{G_2}{G_1 - G_2} \cdot H$ unter dem Spiegel der leichteren Flüssigkeit G_1 liegen.

Ein solcher Gleichgewichtszustand wird nur eintreten zwischen dem Meerwasser, welches den aus Sand zusammengesetzten Untergrund einer Insel durchdringt und dem Süßwasser, das sich infolge der atmosphärischen Niederschläge an der betreffenden Stelle in den oberen Schichten angesammelt hat; auch hier wird das spezifisch leichtere Süßwasser auf dem schwereren Meerwasser schwimmen und die Berührungsfläche nach unten drängen.

Nimmt man als spezifisches Gewicht des Süßwassers 1000, als das des Seewassers 1024 an, ist H die Höhe des Süßwasserspiegels über dem benachbarten mittleren Meeresspiegel und h_1 der Höhenunterschied zwischen dem Meeresspiegel und der tiefer gelegenen Grenze zwischen Süß- und Salzwasser, so berechnet sich h_1 aus der obigen Formel zu:

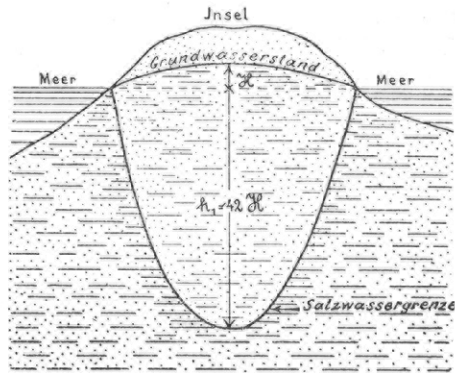
$$\frac{1000}{1024 - 1000} \times H = 42 H.$$

Ein vollkommen statisches Gleichgewicht wird aber nie zustande kommen, weil in den höheren Schichten auf gleichem Niveau das Süßwasser unter einem höheren Druck steht als das Meerwasser. In diesen Schichten wird denn auch fortwährend Süßwasser nach der Meeresseite wegfließen, das durch den Regenfall ersetzt wird.

Die Existenz dieses Seitenabflusses bedingt weiter, daß der Einfluß der Diffusion, welche durch die Anwesenheit des Sandes sehr gehemmt wird, auf eine schmale Zone beschränkt bleibt. Theoretisch reicht also an einer Stelle, an der der Süßwasserspiegel des Grundwassers sich 1,5 m über den Meeresspiegel erhebt, das Süßwasser bis in eine Tiefe von 63 m unter den Meeresspiegel hinab. In unserem Falle, auf Norderney, wurde die obere Salzwassergrenze 50—60 m unter dem Meeresspiegel angetroffen, während die Süßwasseroberfläche 1—1,5 m über derselben liegt.

Der Vorgang der zunehmenden Versalzung bei gesteigerter Wasserentnahme gestaltet sich nun so, daß durch das Pumpen des Wassers entweder ein Senkungstrichter an der Oberfläche gebildet wird, falls das wasserführende Schichtensystem frei von weit durchgehenden, schwer durchlässigen

oder undurchlässigen Bildungen ist, oder daß eine Druckerniedrigung in dem unter solchen undurchlässigen Schichten befindlichen Süßwasser eintritt. In beiden Fällen müssen nach obigem hydrostatischem Gesetz die Berührungsflächen von Süß- und Salzwasser sich nach oben verschieben. Damit gelangt die Diffusionszone in den Bereich des Saugwerkes der Pumpen und die Versalzung des Süßwassers beginnt, um mit zunehmender Druckerniedrigung sich zu steigern.



Daraus ergibt sich für künftige Wasserversorgungen oder Erweiterung bestehender Anlagen die Notwendigkeit, nun Brunnen in Gebiete zu legen, in denen das Süßwasser seine höchste Lage besitzt, die Brunnen nicht zu nahe nebeneinander zu legen, sondern in 100—200 m gegenseitigem Abstand, und in Zeiten starken Wasserbedarfes das Wasser zum Straßensprengen nicht dem Brunnen, sondern dem Meere zu entnehmen.

II. Geologische Beschreibung des Gesamtgebietes

In geologischer Beziehung haben wir es auf unseren Inseln nur mit alluvialen Bildungen zu tun und unterscheiden:

1. Die „Sandplate“,
2. Die Schlickgebiete auf der Wattseite der Insel,
3. Die Dünenlandschaft,
4. Das Watt.

Dazu kommt auf dem kleinen Festlandsanteil von Bl. Juist-Ost:

5. Die Marsch.

1. Die „Sandplate“

wird bis zu 20 m Tiefe hinunter aus Meeressand (s) aufgebaut. Dies ist ein mittel- bis feinkörniger, kalkhaltiger Sand, der mehr oder weniger reich an Schalen und Gehäusen von Meeresmuscheln und -schnecken ist. Ihre Verteilung im Sande ist sehr unregelmäßig. Bald sind sie zu ganzen Muschelbänken gehäuft, bald treten sie nur vereinzelt auf, ähnlich wie dies auch auf der heutigen Oberfläche der Sandplatten der Fall ist. Besonders wenn der Wind lange Zeit über die Sandplate hinweggeweht und viel feinen Sand hinweggeführt hat, entstehen auf ihrer Oberfläche richtige Muschel-

felder, unter denen die Schalen der Herzmuschel (*Cardium edule*), der Miesmuschel (*Mytilus edulis*), der Sandmuschel (*Mya arenaria*), der Auster (*Ostrea edulis*) und der Tellermuschel (*Tellina baltica*), sowie der Bohrmuschel (*Pholas crispata*) und die Gehäuse des großen Wellhorns (*Buccinum undatum*) und der Strandschnecke (*Litorina littorea*) am häufigsten sind. Außerdem werden, besonders nach starken Sturmfluten Massen von Algen und Tangen, Schwämme, Quallen, Seesterne, Seeigel, Ballen von Wellhorneiern, Schülpe von Tintenfischen u. a. vom Meere ausgeworfen und auf der Sandplate ausgebreitet. Auch kommen gelegentlich abgerollte Bruchstücke von Torf vor, die eine alluviale Festlandsbildung darstellen und mit der oben besprochenen Litorinasenkung tief unter das Meer gesunken sind, im N unserer Insel austreichen und von den Wellen dann wieder in abgerollten brotleibförmigen Stücken an den Strand geworfen werden. — Ferner findet man am Strande nicht selten bis über kopfgroße, mit gleichmäßigen Blasenräumen erfüllte hellfarbige Schlacken, die man lange für vulkanische Gebilde hielt, die bei unterseeischen Ausbrüchen bei Island oder den Antillen entstanden sein sollten. In Wirklichkeit handelt es sich aber um Hochofenschlacken, die aus den Hochöfen von Middleborough an der englischen Ostküste herrühren. Diese Schlacken wurden durch besondere Schiffe in die Nordsee versenkt, besitzen infolge ihrer zahlreichen Hohlräume beträchtliche Schwimmfähigkeit und wurden von den Strömungen an alle Küsten der Nordsee befördert.

Die Sandplate ist im allgemeinen vollkommen vegetationslos und nur auf der Wattseite stellenweise bewachsen, sodaß sie als Weide benutzt werden kann. An zwei Stellen, nämlich 1 km östlich vom Dorfe Borkum und in der Bill im westlichen Juist ist durch Deiche ein Teil der Sandplate den Einwirkungen des Meeres entzogen. Hier hat sich in den Binnenwiesen eine üppige Vegetation ansiedeln können, die eine 2—3 dm mächtige Humusdecke erzeugt hat.

Diese Humusdecke ist nicht rein, sondern mit Sand und teilweise auch mit tonigen Teilen, die aus dem Schlickuntergrund stammen, auf das innigste gemischt; solche Bildungen werden als Moorerde (h) bezeichnet. Die südwestliche Hälfte dieses kreisförmigen Moorerdegebietes wird von dem Hauptteil des Dorfes Borkum eingenommen.

Die mechanische Zusammensetzung der Strandsande, d. h. die Korngröße der ihn erfüllenden Sande, ergibt sich aus den nachfolgenden drei Analysen:

Strandsande
Mechanische Zusammensetzung

Fundort	Sand					Tonhaltige Teile	
	2—1 mm	1—0,5 mm	0,5—0,2 mm	0,2—0,1 mm	0,1—0,05 mm	Staub 0,05—0,01	Feinstes unter 0,01
1. Baltrum Badestrand	99,2					0,8	
	—	5,6	68,0	25,2	0,4	0,0	0,8
2. Langeoog Badestrand	98,4					1,6	
	—	0,8	51,2	46,0	0,4	0,1	1,5
3. Juist Badestrand	98,4					1,4	
	—	1,2	26,4	69,2	1,6	0,0	1,4

Sie zeigen, daß der allergrößte Teil aus Sandkörnern besteht, deren Durchmesser zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{5}$ mm schwankt und daß gröbere Bestandteile über 1 mm darin völlig fehlen.

Seiner mineralogischen Zusammensetzung nach besteht der Meeressand fast ganz aus Quarz. Nur etwa 2% anderer Mineralien sind darin enthalten, unter denen $\frac{1}{3}$ von kohlensaurem Kalk in Form von Muscheltrümmern gebildet wird, während der Rest auf eisenreiche Alkalisilikate entfällt, die wohl in der Hauptsache aus Glaukonit bestehen. Demgemäß enthält der Meeressand auch nur wenige in Salzsäure lösliche Bestandteile, wie aus den beiden folgenden Nährstoffbestimmungen der beiden Arten oben bezüglich ihrer Korngröße dargestellten Sande hervorgeht.

Nährstoffbestimmung des Feinbodens

Bestandteile	1. Baltrum	2. Langeoog
1. Auszug mit konzentrierter, kochender Salzsäure:		
Tonerde	0,03	0,06
Eisenoxyd	0,19	0,12
Kalkerde	0,35	0,23
Magnesia	0,04	0,06
Kalí	0,05	0,05
Natron	0,18	0,11
Schwefelsäure	Spur	Spur
Phosphorsäure	0,02	0,01
2. Einzelbestimmungen:		
Kohlensäure (n. Finkener)	0,20	0,16
Humus (nach Knop) . . .	Spur	Spur
Stickstoff (nach Kjeldahl)	0,04	0,01
Hygr. Wasser bei 105° C	0,02	0,05
Glühverlust	0,29	0,35
In Salzsäure Unlösliches	98,59	98,79
Summe	100,00	100,00

2. Die Schlickgebiete

Der Schlick (sl) fehlt auf dem Memmert und ist auf die drei Inseln Borkum, Juist und Norderney beschränkt, auf denen er in den dem Watt zugekehrten Teilen größere Flächen einnimmt. Auf Borkum findet er sich beiderseits der Hopp, auf der Grenze zwischen West- und Ostland und auf letzterem selbst. Auf Juist findet er sich vom Dorfe Juist bis zur Bill, 5 km lang, bis 0,5 km breit und im östlichen Juist in einer 3 km langen, bis 600 m breiten Fläche. Auf Norderney endlich findet sich ein Schlickgebiet im mittleren Teile der Insel, in der Grohde südwestlich vom Leuchtturme beginnend und bis zur Postbake reichend in einer 4 km langen und bis 1 km breiten Fläche. Der Schlick ist ein mehr oder weniger feinsandiger Ton mit nicht unerheblichem Kalkgehalte, der sich aus dem verhältnismäßig ruhigen Wasser des Watts ganz allmählich niedergeschlagen hat. Seine mechanische und chemische Zusammensetzung zeigen die folgenden Analysen zweier Schlicke von den Nachbarinseln Baltrum und Langeoog.

1. Mechanische Zusammensetzung

Fundort	Sand					Tonhaltige Teile		Kalkgehalt
	2—1 mm	1—0,5 mm	0,5—0,2 mm	0,2—0,1 mm	0,1—0,05 mm	Staub 0,05 —0,01	Feinstes unter 0,01	
Baltrum südlich von Ostdorf	21,2					78,8		11,3
	—	0,2	2,2	7,6	11,2	24,4	54,4	
Langeoog Südstrand	52,4					47,6		6,88
	—	0,4	8,4	27,6	16,0	18,4	29,2	

2. Chemische Zusammensetzung des Wattenschlicks von Langeoog

1. Auszug mit konzentrierter, kochender Salzsäure:

Tonerde	1,00
Eisenoxyd	1,74
Kalkerde	3,56
Magnesia	1,83
Kali	1,36
Natron	0,62
Schwefelsäure	0,32
Phosphorsäure	0,11

2. Einzelbestimmungen:

Kohlensäure	3,03
Humus	4,49
Stickstoff	0,25
Hygroskopisches Wasser	2,28
Glühverlust	2,56
Unlösliches	78,35

Summe 100,00

3. Das Watt

Das Watt wird aufgebaut von sehr feinen Sanden von dunkler Farbe, die beim Trockenliegen des Sandes sich schnell in ein helles Weißgrau verwandelt und von dunklen, sehr leicht oxydierbaren Schlickern, die aber nur ganz dünne, einige mm bis cm dicke Lagen auf der Oberfläche des Sandes in dem Übergangsgebiete zwischen Watt und Insel bilden und durch unmerkliche Übergänge mit dem unter 2. beschriebenen Schlick verbunden sind.

Die Korngröße des Wattensandes zeigen die beiden folgenden Analysen von Wattssanden bei Borkum und Baltrum:

Wattensand
Mechanische Zusammensetzung

Fundort	Kies	Sand					Tonhaltige Teile	
		2—1 mm	1—0,5 mm	0,5—0,2 mm	0,2—0,1 mm	0,1—0,05 mm	Staub 0,05—0,01	Feinstes unter 0,01
Borkum	—	98,4					1,6	
		—	—	0,4	29,2	68,8	0,4	1,2
Baltrum	1,2	97,6					1,2	
		—	1,2	51,2	44,4	0,8	0,0	1,2

Danach schwankt die Korngröße in der Hauptsache zwischen 0,2 und 0,05 mm bei Borkum und zwischen 0,5 und 0,1 mm bei Baltrum, ist also bei der erstgenannten Insel erheblich feiner gekörnt.

Der Wattensand ist reich an Schwefeleisen, welcher aus dem Wattensand durch verwesende organische Substanzen als wasserhaltiges Eisensulfid-Gel ausgefällt wird und von wenig stabiler Zusammensetzung ist. An der Luft wird er rasch oxydiert und zerfällt in Eisenhydroxyd, Schwefelsäure und ein wenig freien Schwefel. Die dunkel schwarzblaue Farbe des frischen Wattensandes ist durch diesen Eisensulfidgehalt bedingt und wandelt sich bei seiner Oxydation infolge des stark färbenden Eisenhydroxyds in gelb und braun um.

Die folgenden Analysen eines Wattensandes von Borkum und dreier Wattensande von Juist, darunter zwei erst wenig und ein sehr stark oxydierter mögen zunächst folgen.

Chemische Zusammensetzung

	Borkum	Juist		
		wenig oxydiert		oxydiert
Kalkerde	—	—	1,12	1,38
Kohlensäure	1,01	0,37	0,55	1,05
Kohlensaurer Kalk aus der gef. Co ₂ berechnet	2,30	0,84	1,25	2,39
Schwefelsäure	—	0,08	0,20	0,11
Schwefel	—	0,23	0,14	0,04
Eisenoxydul	—	—	0,40	0,18
Eisenoxyd	—	—	1,87	1,97
Tonerde	—	—	—	—
Organische Substanz	—	0,37	—	—

Sie zeigen, daß der frische Wattensand etwa 0,8 % Schwefeleisen enthält und daß der Kalkgehalt zwischen 0,84 und 2,39 % beträgt.

Der wie gesagt nur in ganz dünnen Decken am Rande des Watts auftretende Schlick zeigt folgende mechanische Zusammensetzung:

Wattenschlick

Mechanische Zusammensetzung

Fundort	Sand					Tonhaltige Teile	
	2—1 mm	1—0,5 mm	0,5—0,2 mm	0,2—0,1 mm	0,1—0,05 mm	Staub 0,05—0,01	Feinstes unter 0,01
Borkum	36,8					63,2	
	0,8	6,0	2,0	15,2	12,8	28,0	35,2
Juist	48,0					52,0	
	—	1,6	2,8	29,2	14,4	27,6	24,4

Die tonigen Teile, die im Wattensand nur 1,2—1,6 % ausmachten, stiegen im Schlick auf 52—63 %.

Eine Anzahl chemischer Einzelbestimmungen der beiden gleichen Schlicke bietet folgende Analyse:

Wattenschlick Einzelbestimmungen

	Borkum %	Juist %
Kalkerde	—	0,92
Kohlensäure	1,58	0,60
Kohlensaurer Kalk (aus der gefundenen CO_2 berechnet)	3,59	1,37
Schwefelsäure	—	0,44
Schwefel	—	0,16
Eisenoxydul	—	2,16
Eisenoxyd	—	1,12
Tonerde	—	9,62
Sandige, nicht durch Schwefelsäure aufschließbare Bestandteile	—	46,13

Danach beträgt der Gehalt an kohlensaurem Kalke nicht mehr als im Wattsande, während der Gehalt an Eisensulfid, welches in obiger Analyse allerdings zum größeren Teile in Eisenoxydulsulfat umgewandelt ist, etwas höher ist.

Die beiden bezeichnendsten Bewohner der küstennahen Teile des Watts sind der Köderwurm oder Sandpfer (*Arenicola marina* L.), dessen wurmförmig geschlängelten dunklen Kotsandhaufen man überall im Watt, besonders aber in den dasselbe durchziehenden Prielen sieht, und die Sand- oder Klaffmuschel (*Mya arenaria* L.), deren große Schalen in senkrechter Stellung man zu Tausenden die Wattsande an den Steilrändern der Prielen erfüllen sieht.

4. Die Dünen

Der Flugsand oder Dünensand ist das wichtigste Gebilde unserer Gestadenseln, da er allein deren Bewohnbarkeit bedingt. Er ist vom Winde zusammengeweht und ausschließlich aus dem Strandsande hervorgegangen. Aus diesem Grunde unterscheiden sich beide weder rücksichtlich ihrer Korngröße, noch nach ihrer chemischen Beschaffenheit, wie aus den folgenden Analysen ohne weiteres hervorgeht:

1. Mechanische Zusammensetzung einiger Dünensande der ostfriesischen Inseln

Fundort	Sand					Tonhaltige Teile	
	2—1 mm	1—0,5 mm	0,5—0,2 mm	0,2—0,1 mm	0,1—0,05 mm	Staub 0,05—0,01	Feinstestes unter 0,01
Borkum	98,02					2,0	
	—	0,4	54,0	43,2	0,4	0,2	1,8
Baltrum Norddüne	99,2					0,8	
	—	0,4	16,0	82,4	0,4	0,0	0,8
Baltrum neben der Post	99,2					0,8	
	—	—	15,2	83,6	0,4	0,0	0,8

2. Chemische Zusammensetzung eines Dünensandbodens Nährstoffbestimmung der Oberkrume

Nördlich vom Dorfe Spiekeroog (Bl. Spiekeroog) R. Wache

Bestandteile	Auf lufttrockenen Boden berechnet in Prozenten
1. Auszug mit kochender, konzentrierter Salzsäure bei einstündiger Einwirkung:	
Tonerde	0,25
Eisenoxyd	0,22
Kalkerde	0,19
Magnesia	0,04
Kali	0,07
Natron	0,08
Schwefelsäure	Spur
Phosphorsäure	0,03
2. Einzelbestimmungen:	
Kohlensäure (nach Finkener)	Spur
Humus (nach Knop)	0,92
Stickstoff (nach Kjeldahl) .	0,05
Hygrosk. Wasser bei 105° C	0,15
Glühverlust	0,19
In Salzsäure Unlösliches (Sand und Nichtbestimmtes	97,81
Summe	100,00

Weitere Angaben über die Dünen finden sich bei den Sonderbeschreibungen der einzelnen Inseln.

5. Die Marsch

Sie beschränkt sich auf die etwa 4 qkm großen Fläche in der Südostecke des Bl. Juist-Ost und wird oberflächlich ausschließlich von marinem Schlick aufgebaut, der eine Mächtigkeit von 1,5—2,5 m besitzt.

Der Schlick (Klei) (asf) ist im ursprünglichen Zustande ein kalkhaltiger, mit mehr oder weniger großen Mengen meist recht feinen Sandes innig gemischter Ton. Nimmt der Sandgehalt stark zu, so wird der Ton als Lehm bezeichnet. Solcher Lehm bedeckt die Oberfläche unseres Blattstückes in einem der Küste folgenden, 1 km breiten Streifen. Darauf folgt, die Ecke des Blattes einnehmend und ohne scharfe Grenze durch Abnahme des Sandgehaltes aus dem Lehm hervorgehend, der eigentliche Ton oder Klei. In der Kartendarstellung ist der Unterschied zwischen Lehm und Ton durch weitere oder engere Schraffierung zum Ausdruck gebracht. Die oberen 3—6 Dezimeter der Schlickdecke sind durch Verwitterung verändert worden. Der Kalkgehalt ist ausgelaugt und in die Tiefe geführt und bisweilen wieder in Form kalkreicher Konkretionen ausgeschieden, die bis 50% Kalkgehalt besitzen. Auch die im Ton enthaltenen Eisenverbindungen haben bei der Verwitterung eine Veränderung erlitten, sind oxydiert worden und haben zu einer Umfärbung des Tones Anlaß gegeben.

Die mechanische und chemische Zusammensetzung einer Reihe von Marschlehmen und Marschtonen ist in folgenden Tabellen dargestellt:

Mechanische Analyse einer Reihe von Schlicktonen

Nr.	Bodenart, Entnahmestelle (Meßtschblatt)	Tiefe der Ent- nahme m	Kies über 2 mm	Sand				Tonhaltige Teile		Kalk- gehalt Ca CO ₃ in %	Analytischer	
				2—1 mm	1—0,5 mm	0,5— 0,2 mm	0,2— 0,1 mm	0,1— 0,05 mm	Feinstes unter 0,01 mm			42,0
1	Lehmboden des Schlicks, etwa 500 m nordöstlich Pewsumer Schattthaus (Bl. Fewsum)	—	0,4	8,4	4,0	2,4	6,8	36,0	38,0	4,0	—	G. Kiesler
2	Lehmboden des Schlicks, Wirdumer Neuland (Bl. Norden)	—	—	0,4	0,4	0,4	3,6	56,4	25,2	13,6	2,8	Laage
3	Braunerdiger Schlicklehm, stüdöstlich von Moorhusen (Bl. Zoppersum)	0,1	1,2	2,0	7,6	5,2	25,6	14,4	19,6	24,4	—	Utescher
4	Lehmboden des Schlicks, an der Straße zur Itzendorfer Schule (Bl. Westermarsch)	0,1	—	—	0,4	0,8	14,4	43,2	24,8	16,4	—	Heykes
5	Schlickton, Kaiser-Wilhelm-Polder, westlich von Emden (Bl. Emden)	0,1	—	0,4	0,4	1,2	8,4	18,0	34,8	36,8	—	Utescher
6	Schlickton, 500 m südwestlich von Boldeweer (Bl. Loquard)	0,1	—	0,4	2,0	1,6	8,0	15,2	29,6	43,2	—	„
7	Schlickton, nördlich von Wybelsum (Bl. Loquard)	0,1	—	0,8	2,8	2,8	10,4	18,4	34,0	30,8	—	„
8	Schlickton, 1 km südöstlich von Damhusen (Bl. Fewsum)	—	0,1	—	—	1,2	5,2	14,0	44,4	35,1	—	Kurth
9	Schlickton, 300 m östlich von Eilsun (Bl. Fewsum)	0,1	0,2	—	0,4	0,4	4,0	28,0	36,8	30,2	—	„
10	Schlickton, nördlich von Nisquard (Bl. Fewsum)	0,1	0,1	—	1,2	0,8	8,4	26,0	37,6	25,9	—	„

Mechanische Analyse einer Reihe von Schlicktonen

Nr.	Bodenart, Entnahmestelle (Meßtischblatt)	Tiefe der Ent- nahme m	Kies über 2 mm	Sand				Tonhaltige Teile		Kalk- gehalt Ca CO ₃ in %	Analytiker
				2—1 mm	1—0,5 mm	0,5— 0,2 mm	0,2— 0,1 mm	0,1— 0,05 mm	Staub 0,05— 0,01 mm		
11	Schlickton, zwischen Hóvingswehr und Mittelstewehr (Bl. Pewsium)	—	0,1	25,6				74,3		—	Kurth
				0,4	0,8	7,2	17,2	37,2	37,1		
12	Schlickton, Vinterburer Meede (Bl. Zoppersum)	—	—	14,8				85,2		—	Heykes
				—	—	6,0	8,8	25,6	59,6		
13	Schlickton, Ziegelei bei Pilsium (Bl. Pewsium)	—	0,1	34,0				65,9		—	Wache
				1,6	6,0	11,6	14,8	30,0	35,9		
14	Schlickton, östlich von Manslagt (Bl. Pewsium)	0,1	0,1	43,2				56,7		—	„
				0,2	0,6	8,4	34,0	32,8	23,9		
15	Schlickton, nördlich von Groothusen (Bl. Pewsium)	0,2	0,1	38,0				61,8		—	„
				0,4	0,8	8,0	38,8	30,8	31,0		
16	Schlickton, Osteeler Neuland (Bl. Norden)	—	—	34,4				65,6		0,2	Laage
				0,4	2,8	9,2	22,0	31,2	34,4		
17	Schlickton, Hagenpolder (Leybucht polder (Bl. Norden)	—	—	30,8				69,2		2,6	„
				—	—	0,8	2,8	34,0	35,2		
18	Schlickton, Hohe Plate, Außendeichsland (Bl. Norden)	—	—	33,2				66,8		9,0	„
				1,6	3,2	13,2	15,2	19,6	47,2		
19	Schlickton, Kaufmannsche Ziegelei nordwestlich von Norden (Bl. Westermarsch)	0,1	—	17,6				82,4		—	Heykes
				0,4	0,4	5,6	11,2	40,0	42,4		
20	Schlickton, Emspolder südwestlich von Petkum (Bl. Emden)	0,1	—	34,8				65,2		—	„
				2,4	3,6	10,0	18,8	39,6	25,6		

Diese Tabellen lassen deutlich erkennen, daß in den Schlicklehm die sandigen, in den Schlicktonen die tonigen Teile mehr als 50% betragen. Berechnet man aus den beiden Gruppen den Durchschnitt sämtlicher Analysen, so ergeben sich folgende mittlere Zusammensetzungen:

Bodenart	Kies unter 2 mm	Sand					Tonhaltige Teile	
		2—1 mm	1—0,5 mm	0,5—0,2 mm	0,2—0,1 mm	0,1—0,05 mm	Staub 0,05—0,01	Feinstes unter 0,01
Schlicklehm Mittel aus 4 Proben	0,4	58,1					41,5	
		2,7	3,1	2,2	12,6	37,5	26,9	14,6
Schlickton Mittel aus 16 Proben	0,05	31,0					69,5	
		0,1	0,9	1,7	7,9	20,4	33,6	35,9

die uns am besten zeigen, daß bei den Lehmen die feinsten Sande und der Staub, bei den Tonen dagegen der Staub und das Feinste zusammen $\frac{2}{3}$ der Masse ausmachen.

Die chemische Zusammensetzung derselben Reihe von Schlicklehm und Schlicktonen gibt die umstehende Tabelle des in konzentrierter kochender Salzsäure bei einstündiger Einwirkung zersetzten Bodenanteils und eine Reihe von Einzelbestimmungen. — Die Nummern dieser Tabelle bezeichnen dieselben Fundorte wie die Tabelle der Körnung Seite 17 und 18. Auch die Analytiker sind die gleichen.

Unter dem Schlick lagert in der Küstenzone ein kalkhaltiger Meeresand (s), der dem Wattsande entspricht, weiter landeinwärts aber, ungefähr zusammenfallend mit dem Übergange des Schlicklehm in Schlickton ein Flachmoortorf (tf), der als Darg bezeichnet wird. Letzterer besitzt in einer genauer untersuchten Probe folgenden Aufbau: Die oben, gleich unter dem Ton lagernde Schicht besteht aus schwarzem, erdigen Torf, in der Hauptsache einem ausgefällten Humus mit wenigen zwischen-gelagerten Wurzelteilen und Hautfetzen von Seggen und ebenso seltenen Rindenteilchen von Birken darstellend. Die mittlere Schicht war ein faserig-krümeliger Torf mit sehr viel *Calluna vulgaris* (Heidetorf), weniger häufig sind Reste von Ried- und Wollgräsern. Dazu kommen Laubblättchen von *Empetrum nigrum* (Krähenbeere). Die untere Schicht war ein dunkler Heidetorf, ein typischer Grenztorf, fast nur aus Callunaresten in stark zersetztem, vermodertem Zustande bestehend. Eingesprengt waren Reste von Wollgras und Krähenbeere.

III. Geologische Verhältnisse der einzelnen Inseln

1. Borkum

Bl. Borkum, Nr. 1010, 914/1011 (Gradabteilung 21, Nr. 20/21 und 26/27), liegt zwischen $24^{\circ} 19'$ und $24^{\circ} 29'$ östl. Länge und $53^{\circ} 33'$ und $53^{\circ} 39'$ nördl. Breite. Nach der Art der sonst üblichen Blatteinteilung entfällt es demnach auf 4 Meßtischblätter, die aber der Übersichtlichkeit halber auf einem nicht in die Gradabteilung sich einfügenden Blatte zusammengelegt sind. Das Blatt enthält nur die Insel Borkum. Diese Insel weicht durch

ihre sichelförmige Gestalt stark ab von den weiter nach O hin folgenden ostfriesischen Inseln, die sich alle durch gradlinig gestreckte Formen auszeichnen. Die Insel hat die Gestalt einer Raute, deren vier Spitzen durch das „Hohe Hörn“, die Landungsbrücke, das Dorf Borkum und den nördlichsten Punkt des Ostlandes gebildet werden. In die Südwestseite dieser Raute greift das Wattenmeer 3 km tief ein und bedingt dadurch die vorhin erwähnte sichelförmige Gestalt.

Die Insel Borkum wird oberflächlich ausschließlich von alluvialen Bildungen aufgebaut, die ursprünglich alle vom Meere abgelagert, dann aber zum Teil vom Winde zu Dünen umgelagert sind. Nur im tiefen Untergrunde finden sich Schichten, die dem ältesten Diluvium angehören, also in der ersten Eiszeit zur Ablagerung gelangt sind. Wir kennen sie aus einer Reihe von Bohrungen und Brunnen, die im Interesse der Wasserversorgung der Insel niedergebracht sind und alle am Nordrand der Binnenwiesen stehen. Die Profile dieser 10 Bohrungen mögen zunächst folgen.

Schichtenverzeichnis

von 9 Bohrlöchern und einem Brunnen bei dem Wasserwerke in Borkum
Bohrproben untersucht von K. Keilhack

Bohrloch I

Bis 5 m	Sand	}	Alluvium
„ 12 „	mehr oder weniger toniger grauer Sand mit marinen Konchylien		
„ 14 „	braunschwarzer harter Torf		
„ 21 „	grauer, etwas toniger Meeressand		
„ 22 „	fetter grauer Lehm	}	Diluvium
„ 24 „	grauer Geschiebemergel		
„ 26 „	dunkelgrauer, ziemlich grober Quarzsand mit Feuersteinstückchen ohne andere nordische Beimengungen		
„ 52 „	hellgrauer, ziemlich feiner Quarzsand		

Bohrloch II

Bis 2 m	Dünensand	}	Alluvium
„ 5 „	grauer Sand ohne Schalreste		
„ 7 „	grauer, etwas toniger Sand mit marinen Schalresten		
„ 8 „	grauer sandiger Schlick		
„ 21 „	grauer Sand, zum Teil mit Schalresten	}	Diluvium
„ 22 „	grauer Geschiebelehm		
„ 24 „	grauer Geschiebemergel		
„ 46 „	grauer Quarzsand, bis 33 m ziemlich grob, dann feiner		

Bohrloch III

Bis 3 m	Dünensand	}	Alluvium
„ 5 „	grauer Sand		
„ 12 „	feiner grauer Sand mit Muscheln		
„ 14 „	Schluffsand		
„ 18 „	feiner grauer Sand		
„ 19 „	feiner brauner Sand		
„ 22 „	feiner grauer Sand		
„ 25 „	Ton (wahrscheinlich Geschiebemergel)	}	Diluvium
„ 29 „	grauer Sand		
„ 36,5 „	Kiessand		
„ 42 „	feiner Sand		
„ 52 „	blauer Schluffsand		
„ 60 „	Schluffsand		

Bohrloch IV

Bis 3 m	grauer, ziemlich feiner Dünensand	}	Alluvium
" 11 "	grauer, zum Teil schwach toniger Sand mit marinen Schalresten		
" 12 "	bräunlicher, schwach humoser Sand		
" 22 "	grauer Sand		
" 25 "	grauer Geschiebelehm		
" 32 "	grauer Sand, bei 27 m gröber, sonst mittelfein, ohne nordische Beimengungen	}	Diluvium

Bohrloch V (?)

Bis 6,0 m	Seesand	}	Alluvium
" 11,0 "	Seesand, reich an Muschelschalen		
" 15,0 "	brauner feinkörniger kalkfreier Sand		
" 21,3 "	hellgrauer mittelkörniger Sand		
" 24,6 "	grünlich-grauer Geschiebelehm		
" 28,3 "	kiesiger Sand, hellgrau, ohne nordische Beimengungen	}	Diluvium
" 30,0 "	mittelkörniger Sand		
" 36,0 "	kiesiger Sand ohne nordische Beimengungen		
" 42,0 "	grauer feinkörniger Sand mit etwas Glimmer		

Bohrloch VI

Bis 4 m	Dünensand	}	Alluvium
" 6 "	gelber Sand mit marinen Schalresten		
" 12 "	grauer Sand mit marinen Schalresten		
" 14 "	sandig-humose Bildung mit Cardium		
" 15 "	fester hellgrauer kalkfreier Sand mit wurzelartigen Pflanzenteilen		
" 23 "	loser dunkelgrauer Sand ohne Schalreste	}	Diluvium
" 25 "	grünlich-grauer Geschiebemergel		
" 35 "	grauer Quarzsand		
" 38 "	grauer Quarzsand, etwas gröber		

Bohrloch VII

Bis 23 m	grauer Sand mit Schalresten, meist kalkig	}	Alluvium
" 25 "	Geschiebelehm unten Geschiebemergel		
" 27 "	klarer hellgrauer Sand, unten schwach kalkig		
" 29 "	grauer Mergelsand		
" 30 "	kalkfreier glimmerreicher dunkelgrauer sehr sandiger Ton		
" 39 "	kalkfreier grauer Sand	}	Diluvium

Bohrloch VIII

Bis 5,00 m	Dünensand	}	Alluvium
" 11,50 "	schwach kalkiger Meeressand		
" 13,20 "	muschelreicher Saad		
" 21,30 "	grauer, schwach kalkiger Sand mit Cardium		
" 22,30 "	desgl. kalkfrei		
" 24,20 "	grauer Geschiebelehm	}	Diluvium
" 29,00 "	grober Quarzsand		
" 33,00 "	mittelkörniger Quarzsand		
" 37,00 "	grober Quarzsand		
" 42,00 "	sehr feiner heller Quarzsand	}	

Bohrloch IX

Bis 4,00 m	Dünensand	}	Alluvium
" 6,00 "	feiner Sand		
" 11,00 "	kalkreicher Sand mit Muscheln		
" 15,00 "	feiner grauer Sand		
" 21,30 "	feiner heller glimmerhaltiger Sand		

Bis 24,60 m	grauer Geschiebelehm	} Diluvium
„ 26,00 „	mittelkörniger Sand	
„ 28,00 „	grober Sand	
„ 30,00 „	fein- bis mittelkörniger Sand	
„ 32,80 „	Quarzkies	
„ 35,00 „	grober Quarzsand	
„ 36,00 „	desgl. mit Quarzgeröllen	
„ 43,00 „	feiner grauer Glimmersand	

Brunnen VIII

Bis 4 m	gelbgrauer Dünensand	} Alluvium
„ 11 „	grauer Sand, zum Teil mit Schalresten	
„ 15 „	bräunlich-grauer Sand mit kleinen Konchylienbruchstücken	
„ 23 „	grauer Sand ohne Meeresmuscheln	
„ 24 „	grauer Geschiebelehm	
„ 26 „	grauer Geschiebemergel	
„ 38 „	mittelkörniger und grober kiesiger Quarzsand ohne nordische Beimengungen	

Aus diesen Schichtverzeichnissen geht hervor, daß in einer Tiefe von 21—23 m ein plötzlicher Gesteinswechsel einsetzt. An Stelle der jungen, marinen, kalkhaltigen Sande mit ihren zahlreichen Muschelschalen tritt ein grauer oder grünlicher, typischer Geschiebemergel, die Grundmoräne des ältesten Inlandeises. Ihre Mächtigkeit ist nicht bedeutend, sondern beträgt nur 2—4 m, die gewöhnlich entkalkt und in grauen Geschiebelehm umgewandelt sind. — Unter dem Geschiebemergel folgen mittel- bis grobkörnige, zum Teil sogar etwas kiesige Sande, die ganz wesentlich aus Quarzen bestehen, in ihren feineren Bildungen etwas glimmerhaltig sind und nur wenig Feuersteinbruchstückchen, im übrigen aber so gut wie gar kein skandinavisches Material enthalten. — Diese Bildungen sind bis zu 46 m Tiefe verfolgt worden. Dann kommen feinkörnige, blaugraue Schluff-sande, die aber nur in der Bohrung III bis zu einer Tiefe von 60 m erbohrt worden sind. Es handelt sich hier offenbar um ein altes, fluviatiles Diluvium, welches von Flüssen abgelagert wurde, die von S her kamen und nur wenig vom Inlandeis aus Skandinavien hergeführtes Material nordischen Ursprungs herbeiführten.

Von anderen diluvialen Bildungen wurden nur noch Tone getroffen und zwar im Bohrloch III (3 m kalkfreier Ton) und im Bohrloch VII (1 m kalkfreier, glimmerreicher, dunkelgrauer Ton). Aus der Geschiebemergelbank, die voraussichtlich weiter im N unter der Nordsee ausstreicht, dürften die Geschiebe nordischer Herkunft herrühren, die man gelegentlich nach starken Stürmen am Strande unserer nordfriesischen Inseln vereinzelt antrifft.

Die Insel Borkum besteht aus einer einheitlichen Sandplatte, die erst durch die Entstehung und Auflagerung von Dünen zu einer eigentlichen Insel von längerer Bestandsdauer geworden ist.

Durch Feststellung des Vorhandenseins einer alten Karte im Maßstabe von ungefähr 1 : 24 000, gezeichnet vom Landingenieur J. Tönnies 1713, die in einem mehr historischen Werke des früheren Auricher Archivdirektors Herquet über die Insel Borkum wieder abgedruckt wurde und zurzeit sich im Staatsarchiv in Aurich befindet, konnten einige interessante Angaben über die Umgestaltung der Insel in den letzten 200 Jahren gewonnen werden. Borkum besteht nicht aus zwei Inseln, wie Behrmann noch vor kurzem ausgeführt hat und wozu er sich durch das Vorhandensein zweier getrennter Dünengebiete verführen ließ, sondern bildet eine einheitliche Insel, die nach

N, S und SW durch tiefere Meeresteile, ertrunkene alte Flußtäler begrenzt wird, nach NW unter ganz flaches Meer untertaucht und nach O und SO vom Watt begrenzt wird, welches nur zur Flutzeit unter Wasser steht, bei Ebbe aber größtenteils trocken läuft. Die Dünen auf dieser großen flachen Sandplatte sind etwas sekundäres und, wie ein Vergleich mit der alten Karte zeigt, etwas sehr veränderliches. Heute haben wir ein einziges zusammenhängendes Dünensystem von den Sterklipddünen im O bis zu den Woldedünen im S. Aber der Dünenhals, welcher Ost- und Westland verbindet, ist eine junge Bildung, nämlich erst seit 1860 unter Anlehnung an einen von Menschenhand gezogenen Deich entstanden. Bis zu diesem Jahre gab es also auf der Insel zwei größere Dünengebiete, aber auch dieser Zustand hat sich erst in der Zeit zwischen 1713 und 1860 herausgebildet, denn die Karte von 1713 zeigt drei getrennte Dünengebiete, zwei auf dem West-, eins auf dem Ostlande; die Dünenpartie, die im Westlande 1713 außer der Hauptmasse noch vorhanden war, waren die sogenannten Wolde-dünen, die heute völlig mit den ersteren verwachsen sind. Um 1700 bildete der Nordrand der heutigen Kiebitzdelle den Rand der Sandplatte gegen das sehr viel kleinere Dünengebiet des Westlandes, während im N die Watterdelle bereits zur Sandplatte gehörte und die gesamten Norddünen von der Viktoriahöhe bis zur Rettungsstation am Jägerheim noch nicht vorhanden waren. Das Bild der Dünen ist also sehr wandelbar und diese selbst dürfen nicht für die Ansicht ins Treffen geführt werden, Borkum bestehe aus zwei verwachsenen Inseln; vielmehr ist die Insel der am höchsten emporgewachsene Teil einer ausgedehnten Sandplatte, die sich zwischen Wester- und Oster-Ems von OSO nach WNW erstreckt und als Borkumriff sich noch weit nach W fortsetzt.

Borkum gehörte am Ende der Eiszeit und während des älteren Abschnittes des Alluviums zum Festland; erst durch die Litorinassenkung kam der alte Festlandsboden 21 m unter dem Meeresspiegel zu liegen und es erfolgte nun erst auf den glazialen Sanden und Geschiebelehmen die Aufschüttung junger muschelführender, kalkhaltiger, feiner Sande, die immer höher emporwachsen, bis sie von der Flut nicht mehr überspült werden konnten. Dann begann die Dünenbildung. Tesch hat es wahrscheinlich gemacht, daß die ungeheure Sandzufuhr, die zum Aufbau der langen Dünen- und Inselreihe von Calais bis Wangerooge erforderlich war, begann, als die südliche Nordsee durch den Kanal mit dem Atlantischen Ozean in Verbindung gesetzt wurde und die Gezeitenströmungen nunmehr ihre Arbeit beginnen konnten. Er datiert diesen Vorgang der Abtrennung Englands vom Festland auf höchstens 6000, wahrscheinlich aber nur 2—3000 Jahre vor Christus zurück.

Heute wächst Borkum vor allem nach SW, und die in Ausführung begriffene Ziehung einer Mole von 3 km Länge vom heutigen Endpunkte der Bahn nach WSW wird den Südstrand um 1½ km vorschieben. Auch an den Norddünen des Westlandes findet starker Zuwachs wenigstens an den Dünen statt, der dahin führen wird, das Verbindungsstück zwischen Ost- und Westlanp erheblich zu verbreitern und damit zu verstärken. Auch auf der Nordseite des Ostlandes hat sich seit 1913 der Dünengürtel um 100—150—200 m verbreitert.

In Abbruch ist die Westküste von den Süddünen bis zu den Norddünen. Von 1713 bis zur Erbauung der 29 die Küste schützenden Buhnen

in den Jahren 1871—1906 ist der Dünengürtel beim Bade Borkum um etwa 400 m schmaler geworden. Ein weiterer Fortgang dieses Abbruches würde in etwa 100 Jahren das Dünenbild der Insel abermals sehr gründlich verändert haben.

Alte Dünen fehlen überhaupt auf Borkum. Wohl kann man in den Dünen einen Unterschied machen zwischen den nur mit Dünengräsern bewachsenen oder ganz kahlen Außendünen und den mit einem dichten Buschteppich bedeckten inneren Dünen, aber beide in bezug auf ihre Pflanzendecke so verschiedenen Dünen zeigen den gleichen Mangel irgendeiner kräftigeren Verwitterung; keine Oxydation der Eisenverbindungen, keine beginnende Bleichsand- oder Ortsteinbildung zeugt für ein Alter der Dünen von 400—500 Jahren oder mehr, und wir müssen deshalb die Gesamtheit der Borkumer Dünen als nach dem Mittelalter erzeugte Gebilde ansehen.

Eine bezeichnende Eigentümlichkeit der Borkumer Dünen sind die sogenannten Dellen, kilometerlange, 50—150 m breite, westöstlich verlaufende ebene Täler, die während eines großen Teiles des Jahres unter flacher Wasserbedeckung stehen. Es sind nicht vom Winde ausgeblasene Dünen-täler, auch keine Wanderdünen, sondern ausgesparte Reste der alten Strandplatte, von ihr abgetrennt durch Aufschüttung neuer Dünen in regelmäßigen Abständen von den bisherigen. So sind die Kiebitzdelle im S und die Waterdelle im N des Westlandes erst nach 1713, die gegabelte Delle südlich der Woldedünen wahrscheinlich erst in den letzten 50 Jahren entstanden. Durch das Aufsteigen des Grundwasserspiegels in den Dünen geraten die Oberflächen der Dellen unter den Grundwasserspiegel und sind nur zu Zeiten tiefen Grundwasserstandes trocken. Eine Entwässerung ist möglich und während des Krieges seitens der zahlreichen Besatzung vielfach zur Gewinnung von Kulturland durchgeführt.

Höchst bezeichnend sind die Unterschiede der Flora auf den geologisch verschiedenen Bildungen. Die folgenden Listen bringen eine Zusammenstellung besonders bezeichnender Pflanzen. Wir können nach der Flora auf der Insel unterscheiden;

1. Grasdünen
2. Buschdünen
3. Dünentäler (Dellen)
4. Außenweiden (Schlick oder anschlickiger Sand)
5. Brackwasserflora
6. Binnenweiden (meist Moorerde oder humoser Sand).

1. Grasdünen

Phleum arenarium L.
Ammophila arenaria Lk.
A. baltica Lk.
Elymus arenaria L.
Carex arenarius L.
Salsola Kali L.

Honckeyna peploides Ehrh.
Cakile maritima Scop.
Eryngium maritimum L., fast ausgerottet
Convolvulus Soldanella L. (nur an einer Stelle im Woldedünengebiet).

2. Buschdünen

Salix repens L.
Rubus caesius L.
Hippophae rhamnoides L.
Polypodium vulgare L.
Silene Otites Sm.
Thalictrum minus L.

Lathyrus maritimus Big.
Viola canina L.
V. tricolor L.
Epilobium angustifolium L.
Galium verum L.
G. Mollugo L.

Jasione montana L. var. *litoralis* Fr.
Lotus corniculatus
Hieracium murorum L.

H. umbellatum L.
Leontodon autumnalis L.

3. Dünentäler

Poa pratensis L.
Schoenus nigricans L.
Eriophorum angustifolium Rth.
Carex trinervis Degl.
Juncus anceps Scharpe
Orchis incarnata L.
Epipactis latifolia All.
Liparis Loeselii Rich.
Sagina maritima Don.
Cerastium tetrandrum Curt.
Drosera rotundifolia L.
Parnassia palustris L.
Potentilla anserina L.
P. tormentilla Sibth.
Anthyllis vulneraria L. var. *maritima*
 Schweiger

Lotus corniculatus L. var. *tenuifolius* L.
Vicia lathyroides L.
Linum catharticum L.
Pirola rotundifolia L.
Pirola minor L.
Monotropa glabra L.
Calluna vulgaris Salisb.
Erica Tetralix L.
Gentiana campestris L.
G. amarella L.
Mentha aquatica L.
Pedicularis palustris L.
Euphrasia stricta Hort.
E. Odontites L.
Salix repens L.
Samolus Valerandi L.

4. Außenweiden

Triglochin palustris L.
Tr. maritima L.
Scirpus maritimus L.
Juncus Gerardi L.
J. maritimus Lam.
Suaeda maritima Duch.
Salicornia herbacea L.
Obione pedunculata Moque-Tand.
O. portulacoides Moque-Tand.
Atriplex litorale L.
Spergularia salina Presl.
Sp. marginata Kittl.
Cochlearia anglica L.
C. danica L.
Trifolium fragiferum L.

Hydrocotyle vulgaris L.
Apium graveolens L.
Oenanthe aquatica Lam.
Glaux maritima L.
Samolus Valerandi L.
Armeria maritima Willd.
Statice Limonium L.
Erythraea Centaurium L.
E. linariifolia Pers.
Plantago Coronopus L.
Pl. maritima L.
Aster Tripolium L.
Inula britannica L.
Artemisia maritima L.

5. Die Binnenweiden

sind reine Kulturwiesen und ermangeln einer bezeichnenden natürlichen Flora.

6. Brackwasserflora

Zostera marina L.
Z. nana Rth.
Zannichellia palustris L.
Ruppia maritima L.

mehrere *Potamogeton*-Arten
Batrachium Baudottii v. d. Borch
Peplis Patula L.

2. Memmert

Der Memmert ist die jüngste der ostfriesischen Inseln. Er liegt zwischen $53^{\circ} 37'$ und $53^{\circ} 39'$ nördl. Breite und $34^{\circ} 51'$ und $34^{\circ} 54'$ östl. Länge auf der als Nordland bezeichneten Platte des Wattenmeeres südlich von dem Westende von Juist und ist von dieser Insel durch die Juister Balje (6—12 m tief), von Borkum durch die Osterems (12—19 m tief) getrennt. Im S bestreicht ihn die in die Osterems mündende, bis 18 m tiefe Memmertsbalje, sodaß

nur nach O hin ein Zusammenhang mit dem Watt besteht. Seine Größe beträgt rund 8 qkm. Der Memmert wird schon vor 300 Jahren als von gewöhnlichen Fluten nicht mehr überströmte Plate, mit gelegentlichen halmbewachsenen Dünen versehen, erwähnt. Bis zum Jahre 1880 dauerte dieser Zustand. Dann setzte im SW stärkere Dünenbildung ein, die zur Entstehung von 5 auf einer nordsüdlichen Linie gelegenen Dünenkörpern führte, die von N nach S an Größe zunehmen. Es sind die Wrackdünen, Middeldünen, Warfdünen, Kobbedünen und Steerdünen, die zusammen etwa 90 ha Fläche besitzen. Von 1884 an erfolgte eine rasche Besiedelung der Insel mit Pflanzen, die durch die unermüdliche Tätigkeit von O. Leege*) in allen Einzelheiten auf das genaueste verfolgt wurde. Die folgenden Mitteilungen sind der angeführten Abhandlung entnommen. Im Jahre 1888 kamen nur 6 Landpflanzen vor (*Triticum arenarium*, *Psemmia arenaria*, *Elymus arenarius*, *Honckenia peploides*, *Cakile maritima* und *Salsola Kali*), die alle bezeichnende Sandstrandpflanzen und erste Dünenbesiedler sind. Dann erfolgte eine rasche Vermehrung des Pflanzenbestandes: 1890 waren 10 neue Phanerogam hinzugekommen, 1891 wieder 16 neue Arten, 1892 wurden wieder 47 neue Pflanzen festgestellt. Dann ging mit einigen Rückschlägen die Besiedelung mit Pflanzen stetig weiter, die Jahre 1908 und 1909 brachten 37 bzw. 29 neue Arten, sodaß im Jahre 1910 nicht weniger als 188 Pflanzenarten auf der Insel vorhanden waren, die sich auf dem jungfräulichen Boden in erstaunlicher Uppigkeit entwickelten.

Der Memmert bildet oberflächlich eine weite, außerordentlich ebene Sandplate, die mit unzähligen Muschelschalen bedeckt ist und im S 0,8 m, im N 1,2 m über Normalhochwasser sich erhebt. Auf ihr sind im SW die genannten Dünengruppen aufgesetzt, die sich im S bis an 7 m erheben. Unter der Sandplate liegt in 2 m Tiefe eine 0,8 m mächtige Kleilage, die auf Torf (Darg) auflagert und bei tiefer Ebbe sowohl auf der Westseite wie im NO der Insel als langgestrecktes flaches Kliff freiliegt. Im Frühjahr 1923 konnte Dr. Windberg in Aurich bei besonders niedrigem Wasserstande in der Osterems eine freiliegende Torffläche beobachten und durch Bohrungen folgendes nach oben ergänzte Profil feststellen:

2,00 m	Seesand
0,80 „	Klei
1,00 „	Torf mit Baumstümpfen auf der Oberfläche
1,00 „	blauer Ton (Klei)
	Torf
	blauer Ton (Klei).

Unter dem Memmert liegt also ein alter Festlandsboden, der jünger ist als der erste, durch die Litorinasenkung versenkte alte diluviale Festlandsboden.

Der Memmert ist nicht von Menschen, wohl aber von Tausenden von Seevögeln, hauptsächlich Silbermöven und mehrere Seeschwalbenarten, bewohnt. Er ist ein Naturschutzgebiet und sein Betreten, zum Schutze der brütenden Vogelwelt gegen Eierräuber und andere Störenfriede, vom 1. Mai bis 15. September streng verboten. Er gehört dem Preußischen Domänenfiskus und ist als Vogelkolonie dem Deutschen Verein zum Schutze der Vogelwelt verpachtet.

*) Otto Leege: Der Memmert. Eine entstehende Insel und ihre Besiedelung durch Pflanzenwuchs. Abh. des naturwiss. Ver. Bremen 1912, Band XXI, Heft 2 mit 1 Karte und 14 Abb.

Lütje Hörn

Am Südrande des Bl. Juist-West, am Südufer des untermeerischen Tales der Osterems liegt eine 2000 m lange, bis 400 m breite kleine Sandplate, das Lütje Hörn, auf deren Mitte periodisch etwas Dünenbildung sich findet. Da hier keine Wachstumsmöglichkeit nach O hin gegeben ist, so hat das Inselchen keine Aussicht auf Vergrößerung, sondern stellt wohl als Ganzes nur eine vorübergehende Erscheinung dar.

3. Juist

Die Insel Juist liegt auf den beiden Meßtischblättern Juist-Ost und Juist-West, Nr. 916 und 915 (Gradabteilung 21, 23 u. 22) und ist mit 15,5 km die längste der ostfriesischen Gestadeinseln. Die östliche Hälfte ist nur 550—700 m breit. Erst 2 km westlich vom Dorfe Juist erlangt sie bei den Haiddünen 1 km Breite, diese bleibt bis zur Bill, wo die Insel sich auf 1,5 und schließlich in der öden Sandplate der Haak auf 2 km verbreitert. Die Insel besaß früher 2 Dünengebiete, die durch die 2 km breite Pforte des Hammer voneinander getrennt waren. Hier war für Springfluten ein Durchgang möglich, die die Bill gelegentlich völlig von dem größeren Ostland trennten. Durch Ziehung eines Deiches wurde die Lücke geschlossen, es setzte an ihm starke Dünenbildung ein, die noch immer im Wachsen begriffen ist und zur Zeit der Aufnahme bereits eine 200 m breite Dünenverbindung erzeugt hatte. Die Breite des Dünengürtels schwankt zwischen 200 und 600 m östlich vom Hammer und zwischen 600 und 1000 m in der Bill. Am Nord- und Westsaume zeigen die Dünen ausgesprochene Neigung zur Bildung langgestreckter paralleler Rücken, im Innern aber sind sie in ein gänzlich regelloses Haufwerk einzelner Kuppen aufgelöst, die im O 11—14, im W 14—18 m größte Höhe erreichen, im Durchschnitt aber nur 6—10 m hoch werden.

Da die Insel im W nicht an tieferes Wasser grenzt, sondern in die flache Sandplate übergeht, so hat sie hier weder die gerundete Form der drei übrigen Inseln unserer Lieferung, noch zeigt sie die Zeichen der Abtragung, hat vielmehr hier zwischen Dünen und Strand ein breites, ebenes Vorland, die Schillplate und den Haack, die mit eingebuchteten Grenzen gegen die Flachsee endigen; Juist ist wohl die einzige Insel der friesischen Küste, die sowohl nach W wie nach O hin wächst.

Über den tieferen Untergrund unserer Insel unterrichtet uns eine am Kurhaus Juist niedergebrachte Bohrung, die folgende Schichten ange-
troffen hat:

Bohrloch Juist, Kurhaus

Bis 13,00 m	grauer schwach humoser Sand mit spärlichen Konchylienresten .	} Alluvium
„ 14,00 „	derselbe, reich an Konchylien	
„ 26,65 „	grauer feiner kalkiger Sand mit sehr kleinen marinen Schalenstückchen	
„ 28,50 „	hellgrünlich-grauer Geschiebemergel, anscheinend meist Kreide und Feuersteinchen führend	} Diluvium
„ 37,00 „	ziemlich feiner, ganz kalkarmer Sand	
„ 39,50 „	desgl., schwach tonig	
„ 46,30 „	grauer gröberer Sand, fast kalkfrei, vorwiegend Quarz mit wenig nordischem Quarz; bei 42—43 m zwei mäßig große Feuersteingerölle. Enthält Braunkohlenteilchen.	
„ 47,00 „	grauer kalkarmer, etwas toniger Sand	

Demnach liegen hier über dem glazialen Diluvium ausschließlich marine Sande und die auf dem Memmert beobachteten alluvialen Klei- und Torfbänke scheinen hier zu fehlen. Weiter im W der Insel aber scheinen diese Schichten vorhanden zu sein, denn Herr O. Leege gibt an, bei einem Durchbruch im W, also wohl im Hammer, Darglagen bloßgelegt gesehen zu haben.

Das Diluvium setzt nach obigem Bohrergergebnisse mit 2 m Geschiebemergel ein, unter dem eine Art feinkörnige, dann grobe und dann wieder feinkörnige Folge von fluviatilen Sanden sich findet, deren Armut an Kalk und nordischen Beimengungen ebenso wie bei Borkum auf Ablagerung durch von S gekommene Flüsse hindeutet.

Die Flora von Juist ist sehr reichhaltig, insbesondere die Bill birgt in ihren Dünentälern eine große Anzahl von selteneren Pflanzen, darunter mehrere Orchideen. Der Charakter der Flora und ihre Verteilung auf Gras- und Buschdünen, Dünentäler, Außenweiden und Brackwassergebiete ist dieselbe wie auf Borkum.

4. Norderney

Die Insel Norderney liegt eigentlich auf 4 Meßtischblättern: Auf Baltrum, Norderney Nr. 820 und 821 (Gradabteilung 21, 17 u. 18) selbst, Juist-Ost (mit einem schmalen Streifen im SO) und auf dem westlich an Norderney angrenzenden namenlosen Bl. Letztere drei Teile sind der größeren Bequemlichkeit halber auf einem Bl. zusammengedruckt. Norderney hat eine Länge von 14 km, nimmt von O nach W an Breite zu von 0,5 bis zu 2 km, die an der Grohde und am Leuchtturm erreicht werden und verschmälert sich dann wieder langsam gegen das Dorf zu auf 1 km. Daraus ergibt sich ein Flächeninhalt von etwa 20 qkm.

Über den Untergrund sind wir wenigstens für den westlichen Teil der Insel durch eine Reihe von Wasser- und Brunnenbohrungen unterrichtet, deren Ergebnisse hier zunächst folgen mögen.

Schichtenverzeichnis von Bohrungen auf der Insel Norderney

Wasserwerk, alter Brunnen I

Bis 7 m	feiner Sand	}	Alluvium
" 10 "	Muschelsand		
" 13 "	Ton		
" 14 "	Torf		
" 33 "	feiner Sand	}	All. u. Dil.
" 37 "	etwas scharfer Sand		
" 54 "	sehr scharfer Sand	}	Diluvium
" 60 "	feiner Sand		
" 69 "	ganz scharfer Sand		
" 72 "	feiner Sand		
" 86 "	ganz scharfer Sand		
" 88 "	schwarzer feiner Sand		

Alter Brunnen II

Bis 7,00 m	weißer Sand	}	Alluvium
" 12,00 "	blauer Muschelsand		
" 13,00 "	Ton		
" 16,00 "	Torf		
" 17,00 "	feiner weißer Sand mit Ton		
" 18,00 "	feiner weißer Sand		

bis 30,00 m	feiner dunkler Schliefsand	} All. u. Dil. Diluvium Interglazial
" 33,00 "	feiner weißer Sand	
" 41,90 "	mittelscharfer Sand	
" 43,00 "	Seetorf	
" 50,48 "	scharfer weißer Sand	

Brunnen III

Bis 0,50 m	weißer Sand	} Alluvium
" 11,60 "	blauer Muschelsand	
" 14,00 "	Ton	
" 15,00 "	Torf	
" 16,00 "	feiner weißer Sand mit Ton	
" 17,00 "	feiner weißer Sand	
" 27,00 "	fetter dunkler Schliefsand	} All. u. Dil. Diluvium
" 52,00 "	feiner weißer Schliefsand	

Brunnen V

Bis 0,60 m	feiner gelber Sand	} Alluvium
" 7,00 "	feiner grauer Sand mit Ton	
" 12,00 "	feiner grauer Sand	
" 13,80 "	weicher brauner Ton	
" 15,00 "	feiner bräunlicher Sand	
" 28,00 "	brauner Schliefsand, bei 19,40—20,00 m größere Steine	} All. u. Dil.
" 37,70 "	grauer feiner Sand	
" 40,10 "	grauer scharfer Kiessand	
" 41,87 "	grauer mittelscharfer Sand	

Brunnen VI

Bis 1,80 m	feiner gelber Sand	} Alluvium
" 6,00 "	grauer feiner Sand	
" 7,50 "	desgl. tonig	
" 14,40 "	fetter blauer Ton, bei 13,80 m Moorboden mit Holz	
" 20,15 "	ganz feiner Sand	
" 37,55 "	grauer feiner Sand, bei 20,17 m Steine	
" 38,70 "	grauer scharfer Kiessand	} Diluvium
" 39,40 "	grauer feiner Sand	
" 43,65 "	grauer scharfer Kiessand	

Wasserwerk, Brunnen VI (J. Korn 1917)

Bis 5 m	Flugsand	} Alluvium
" 10 "	anschlickiger hellgrauer feiner Sand	
" 15 "	hellgrauer Feinsand	
" 17 "	blauer Schlick, stark kalkhaltig	
" 20 "	anschlickiger hellgrauer Feinsand mit Humusstreifen	
" 36 "	hellgelb-grauer Feinsand	
" 40 "	grauweißer gemischtkörniger mittelfeiner Sand	} Diluvium
" 46 "	mittelkörniger hellgrauer mit Kies gemischter Sand	
" 47 "	desgl. scharf	

Wasserwerk, Brunnen VIII (J. Korn 1917)

Bis 5,00 m	gelblich-grauer Sand	} Alluvium
" 11,80 "	feiner blauer Sand mit Muscheln	
" 15,60 "	Blättertorf	
" 16,20 "	feiner blauer Schlamm sand	
" 19,00 "	desgl. graublau, tonig, kalkig	
" 20,00 "	blauer Schlicksand	
" 23,00 "	feiner gelblich-grauer Sand	
" 30,00 "	schwarzgrauer Sand	
" 34,00 "	feiner weißer Sand	} Diluvium
" 36,00 "	mittelscharfer weißer Sand	
" 38,00 "	desgl. etwas schärfer	
" 43,50 "	Kiessand	

Seeflugplatz, Bohrung 1 (W. Wolff 1917)

Bis	1,40 m	gelbgrauer mittelkörniger Sand mit Muscheln	}	Alluvium
"	3,30 "	grauer Sand mit wenig Muscheln		
"	4,55 "	desgl. mit ganz geringem Tongehalt		
"	5,80 "	Sand, dunkelgrau, faulschlammhaltig, schwach tonig, mit viel Muscheln		
"	6,15 "	desgl. mit wenig Muscheln		
"	7,10 "	desgl. etwas toniger		
"	7,80 "	desgl. tonarm		
"	8,60 "	Sand, dunkelgrau, fein tonig, kalkhaltig durch Muschelstückchen		
"	9,10 "	heller Schlick		
"	9,30 "	schwarzer Torf		
"	10,10 "	Sand mit Torf		
"	10,40 "	dunkler Sand		
"	11,50 "	desgl. etwas heller		
"	12,00 "	heller Sand		

Kopf der Ablaufbahn der Seeflugzeuge, Baugrube (J. Korn 1917)

Bis	6,40 m	mittelkörniger bis feinkörniger grauer kalkiger Sand	}	Alluvium
"	7,30 "	kalkhaltiger Schlick mit Muschelresten		
"	8,80 "	Torf mit Schilffresten, kalkfrei		
"	9,10 "	sehr humoser kalkfreier mittelkörniger Sand		
"	11,27 "	hellgrauer kalkfreier mittel- bis feinkörniger Sand		

Schlachthof

Bis	9 m	Sand mit Muschelschalen	}	Alluvium
"	10 "	Klei		
"	13 "	humoser Klei		
"	14 "	Klei		
"	16 "	Torf		
"	21 "	schlickiger Sand	}	Diluvium
"	23 "	desgl. mit Feuersteinbrocken (Geschiebemergel)		
"	44 "	Quarzsand		
"	48 "	Quarzkies		

Aus diesen Bohrungen geht Folgendes hervor:

Im ganzen W der Insel liegt eine alte begrabene Festlandsfläche in 14—17 m, im äußersten SW in 8—10 m Tiefe. Es sind dieselben von Torf (Darg) unterlagerten Schlick(Klei)-Schichten, die wir schon bei der Besprechung von Juist und dem Memmert kennengelernt haben. Unter ihnen folgen nochmals alluviale Sande, zum Teil sehr feinkörnig, und dann erst folgt die älteste durch die Litorinasenkung versenkte diluviale Landfläche, deren Oberkante sich hier lange nicht so genau feststellen läßt wie auf den übrigen Inseln, weil hier die auf jenen so bezeichnende oberste Schicht, der Geschiebemergel, völlig fehlt und das Diluvium mit zum Teil feinen Sanden einsetzt, die sich von denen des Alluviums nur schwer unterscheiden lassen. Doch ist beispielsweise bei Brunnen VI durch eine Steinsohle in 20,17 m Tiefe eine genügend scharfe Grenze beider Formationen gegeben.

Das Diluvium beginnt auch auf Norderney mit feinen Sanden, die nach unten hin gröber werden und in etwa 40 m Tiefe in Kiessande und Kiese übergehen, die in größeren Tiefen mit feinen Sanden verschmelzen. Daß Im Untergrunde von Norderney auch Geschiebemergel und marine Bildnugen der Eiszeit, also älteres Interglazial, folgen, wird durch Funde bewiesen, die Gagel am Nordrande der Insel, etwa 1—1,5 km westlich von der Höhe des Leuchtturmes gemacht hat. Dort fanden sich auf eng begrenztem

Raume als Zeichen von Moränebildungen Diluvialgeschiebe (rote und graue algonkische Quarzite, Feuersteine, hellgrün, dunkelgefleckte flintähnliche Kieselgesteine, graue Gneise, Granitgneise, grauer Granit, dunkelroter Granit mit Blauquarz, brauner Quarzporphyr, Diabas, glaukonitischer Sandsteinschiefer, Glimmerschiefer, Leptit und obersilurischen Beyrichienkalk). Ferner aber fanden sich hier gewisse Ostreen, Mytilus, Cardium und Buccinum, die sich sowohl durch ihre außerordentliche Größe, als auch durch ihre Dickschaligkeit und tief schwarzblaue Farbe scharf von den viel kleineren, dünneren und helleren Schalen der heutigen Fauna unterscheiden und höchst wahrscheinlich aus untermeerisch anstreichenden Interglazialschichten stammen. Dieselben auffälligen Schalreste sind auch auf Baltrum und Langeoog gefunden, auf letzterer Insel zusammen mit der für die Eembildungen bezeichnenden Muschel *Tapes aureus eemiensis*.

Ebenfalls auf das Vorkommen von Interglazial im tieferen Untergrunde von Norderney deutet das im Wasserwerksbrunnen II in 41,90—43,00 m Tiefe erbohrte Torflager hin, welches viel zu tief liegt, als daß es alluvialen Alters sein könnte.

Die Insel Norderney hat die höchsten Dünen unter den ostfriesischen Inseln und zwar erreichen sie südwestlich von der Weißen Düne 22 m und auf dem Nordflügel der Mövendüne 21,2 m. Die Anordnung der Dünen ist nicht so unregelmäßig wie auf Juist; vielmehr lassen sich deutlich eine Anzahl hufeisenförmig gestalteter Bogendünen erkennen, z. B. bei den Mittel- und Mövendünen und im O im sogenannten kleinen Eilande.

Die Dünen von Norderney sind junge Bildungen, keine dürfte ein Alter von 4—500 Jahren überschreiten, denn nirgends finden sich, sowenig wie auf den übrigen Inseln, irgendwelche Anzeichen von Verwitterung, Gelb- und Braunfärbungen oder gar Ortsteinbildungen. Dagegen sind viele Dünen nachgewiesenermaßen ganz jung. So liegen südlich und östlich von der Postbake jetzt 5 neue Dünengruppen, die 1891 noch nicht vorhanden waren und durch ihre kräftige Bewachung mit Strandweizen und Strandhafer eine Bürgschaft für eine längere Lebensdauer besitzen.

Die Flora von Norderney hat mit der übrigen Inseln große Ähnlichkeit und die unter Borkum aufgezählten Pflanzengenossenschaften lassen sich auch hier wiederfinden. Eigentümlich für Norderney ist die Häufigkeit der kleinen schwarzfrüchtigen Dünenrose, *Rosa pimpinellifolia*. Einen Vorrang vor den übrigen Inseln besitzt die Flora Norderneys in ihren Bäumen. Nicht nur findet sich südlich vom Dorfe ein größerer Erlenhain, sondern die Insel besitzt auch im Ruppertsburger Wäldchen einen Hain von Strandkiefern, der überraschend gut heranwächst.

6. Der Festlandsanteil

Der nur 4 qkm große Festlandsanteil unserer Lieferung liegt auf Bl. Juist-Ost und bildet einen kleinen Ausschnitt aus der ostfriesischen Marsch. Ihr diluvialer Untergrund ist uns bekannt durch eine bei Itzendorf niedergebrachte Tiefbohrung, die folgendes Resultat geliefert hat:

Bohrloch Itzendorf bei Norddeich (Fr. Schucht 1911)		
Bis 0,40 m	bräunlicher toniger Feinsand, kalkfrei (Schlicksand)	} Alluvium
„ 2,50 „	weißlicher kalkiger schwach toniger Feinsand mit Brackwasser- fauna (Schlicksand)	

bis	2,90 m	braunschwarzer Torf mit Resten von Eriophorum und Calluna, nach unten in braunen sandigen Humus übergehend (Torf)	}	Alluvium
"	7,50 "	bräunlicher kalkfreier Feinsand		
"	8,25 "	rotbrauner feinsandiger Ton, kalkfrei mit eingelagerten Glimmerblättchen		
"	11,00 "	mittel- bis feinkörniger Quarzsand		
"	13,00 "	hellgrauer sandiger Geschiebelehm		
"	18,50 "	grünlichgrauer sandiger Geschiebemergel mit kleinen nordischen Geschieben	}	Diluvium
"	28,00 "	mittel- bis feinkörniger weißlichgrauer Quarzsand mit Spuren von Braunkohlen, ohne nordisches Material		
"	28,10 "	grauer kalkiger feinsandiger Ton mit etwas Glimmer		
"	32,00 "	weißlichgrauer sandiger Kies mit nordischem Geröll		
"	33,00 "	kiesiger Quarzsand		
"	36,00 "	bräunlichgrauer Feinsand		
"	48,00 "	Sand, Kies und kiesiger Sand		
"	50,00 "	kiesiger Sand		
"	53,00 "	mittelkörniger Sand, mit Spuren von Braunkohle, bei 52,00 m etwas sandiger amorpher Humus als Einlagerung		
"	54,50 "	kiesiger Sand und Sand		

Die Bohrung ist deshalb von Bedeutung, weil sie dieselbe Geschiebemergelbank angetroffen hat, wie die Bohrungen auf Borkum und Juist, aber in einem etwas höheren Niveau und in 7,5 m Mächtigkeit. Es läßt sich daraus das Gefälle der alten, vor der Litorinasenkung vorhanden gewesenen Landfläche zwischen Norddeich und Borkum und Norddeich und Juist berechnen. In ersterer Richtung senkt sich die Oberfläche des Geschiebemergels von 10 auf 21 m, also um 11 m auf 33 km (1 : 3000), in letzterer von 10 auf 26,5 m, also um 16,5 m auf 13 km (1 : 800), also so wenig, daß die Neigung mit dem Auge nicht wahrnehmbar wäre.

Ferner wiederholt sich hier die Gliederung des unter dem Geschiebemergel folgenden fluviatilen Diluviums in eine obere feinsandige, eine mittlere grobsandig-kiesige und eine untere Abteilung, in der gröbere und feinere Schichten sich in Wechsellagerung befinden.

Inhalt

	Seite
I. Entstehungsgeschichte und Oberflächenformen des weiteren Gebietes	3
II. Geologische Beschreibung des Gesamtgebietes	10
1. Die „Sandplate“	10
2. Die Schlickgebiete	12
3. Das Watt	13
4. Die Dünen	15
5. Die Marsch	16
III. Geologische Verhältnisse der einzelnen Inseln	19
1. Borkum	19
2. Memmert	26
3. Juist	28
4. Norderney	29
5. Der Festlandsanteil	32