

3. Über die norwegische Küstenplattform.

Von

A. G. Högbom.

Inhalt.

Einleitung.

Die Unhaltbarkeit der tektonischen Theorie.

Der innere Rand der Küstenplattform.

Die Oberflächengestaltung der Küstenplattform.

Die Fjorderinnen der Küstenplattform.

Angebliche Abrasionsflächen auf höheren Niveaus und in geschützter Lage.

Die Breite der Küstenplattform.

Zusammenfassung und Schlussbemerkungen.

Literatur.

Einleitung.

Unter den Forschern, welche sich mit der norwegischen Küstenplattform (»Strandfladen«) beschäftigt haben, gehen die Meinungen über ihre Genesis noch weit auseinander. H. REUSCH (1), der zuerst diesen sonderbaren Zug in der Morphologie Norwegens beschrieb und als eine marine Abrasionsebene deutete, verlegte ihre Bildung in die Tertiärzeit und fasste die sie überquerenden submarinen Fjordtäler als jünger auf. Zu derselben Ansicht ist auch J. H. L. VOGT (2, 3) bei seinen Studien über die Küstenplattform von Helgeland und Lofoten gekommen. Ebenso haben W. M. DAVIS in seiner »Physical Geography« (1899) und DAVIS und G. BRAUN in der deutschen Ausgabe derselben Arbeit (1911) sich zu dieser Auffassung angeschlossen. Einen anderen Standpunkt wird von FRIDTIOF NANSEN (4) insofern vertreten, dass er die Ausmodellierung der Küstenplattform in die Quartärzeit verlegt und die Fjorde als ältere Bildungen ansieht. Das

Vorhandensein der submarinen Fjordrinnen wird von NANSEN sogar als eine Bedingung für die Bildung einer Abrasionsebene von diesen Dimensionen betrachtet. THOROLF VOGT (5) hat in seiner neuerdings erschienenen Arbeit über Lofoten sich für die Ansicht NANSEN's betreffs des Alters der Plattform ausgesprochen. ANDR. HANSEN (6, 7) nimmt einen ähnlichen Standpunkt ein, indem er ebenfalls die Plattform für quartär, und zwar für frühquartär hält. Er sieht in dem Treibeis den hauptsächlichsten Werkzeug bei ihrer Ausmodellierung, während die anderen genannten Forscher wohl den Meeresbrandungen und Meeresströmungen die grösste Rolle zuschreiben. E. RICHTER (8) verlegt die Bildung dieser Plattform in interglazialer Zeit.

Eine ganz besondere Stellung nehmen G. DE GEER und J. J. SEDERHOLM ein, indem sie bei mehreren Gelegenheiten sich gegen die Deutung dieser Plattform als eine marine Abrasionsebene ausgesprochen haben und in derselben nur ein durch Spaltenverwerfungen gegen die Erosion geschütztes Peneplan sehen wollen. In seiner letzten Arbeit »Über die kontinentalen Niveauveränderungen im Norden Europas« hat DE GEER (9) diese Betrachtungsweise näher entwickelt, und ebenfalls hat SEDERHOLM (10) in seinem Aufsatz »Über die Bruchlinien in Beziehung auf die Morphologie von Fennoskandia« seinen Standpunkt mit aller Deutlichkeit formuliert. Er »bestreitet entschieden die Ansicht mehrerer norwegischer Geologen« und will geltend machen, dass »die angenommene Abrasion mit bekannten Daten bezüglich des wirklichen Betrages der marinen Abrasion in vollständigstem Widerspruch steht« (l. c. S. 867).

Die Betrachtungen, Auseinandersetzungen und Analogien, welche für die verschiedenen Deutungen angezogen worden sind, darf ich nicht hier referieren, sondern muss darüber auf die bezüglichen Arbeiten hingewiesen werden.

Meine Absicht ist nur, ganz kurz einige Momente hervorzuheben, welche mir bei einer Reise zwischen Trondhjem und Ofoten in die Augen gefallen sind und durch welche einige der oben erwähnten Deutungen ausgeschlossen werden dürfen oder wenigstens als sehr unwahrscheinlich vorfallen müssen.

Obgleich mir schon im voraus die so zu sagen tektonische Theorie SEDERHOLM'S und DE GEER'S sehr schwach gegründet vorkam, wollte ich jedoch über ihre Haltbarkeit eine auf Beobachtungen an Ort und Stelle gegründete Meinung gewinnen, dies um so viel mehr als die Frage, ob die Küstenplattform eine marine Abrasionsfläche oder ein durch Dislokationen geschütztes altes Peneplan sei, von der grössten Tragweite für die ganze jüngere geologische Geschichte Fennoskandias sein müsste. Ein zweiter Zweck mit meiner kleinen Studienreise war, die glaziale Skulptur an der Küstenplattform kennen lernen. Da ich bei meinen Studien über die glaziale Erosion in dem mittelschwedischen Grundgebirgsterrain schon zu der Auffassung gekommen war, dass diese im allgemeinen einen sehr geringen Betrag hatte, schien es mir wünschenswert, Vergleiche mit der topogra-

phisch und betreffs der Zusammensetzung des Felsengrundes recht ähnlichen norwegischen Küstenplattform zu machen. Diese Studien führten mich dann natürlich auch auf die Bildungsgeschichte der Fjorde über. Freilich bin ich nicht in allen diesen Fragen zu einer bestimmten Meinung gekommen; meine Beobachtungen und Gesichtspunkte dürfen jedoch vorgelegt werden können, da sie vielleicht eine weitere Diskussion und — was wichtiger wäre — möglicherweise zu weiteren Untersuchungen anregen könnten.

Die Unhaltbarkeit der tektonischen Theorie.

Ich werde zuerst einige Bemerkungen zu der Theorie von SEDERHOLM und DE GEER machen. Dabei werde ich mich nicht mit ihrer Unwahrscheinlichkeit an und für sich aufhalten, wie sie aus der weiten Ausdehnung unter konstanter Meereshöhe und aus den über die Plattform aufragenden zahllosen Monadnocks erhellt, welche nach dieser Theorie als aufgetriebene oder stehend gebliebene Horste aufgefasst werden, sondern nur bemerken, dass die genannten Forscher keinen einzigen Fall aufgewiesen haben, wo die Begrenzung der Plattform und der Monadnocks von Verwerfungen bestimmt wird. Auch findet man bei den norwegischen Forschern, welche die Küstenplattform studiert haben, keinen einzigen derartigen Fall beschrieben. Verwerfungen kommen freilich in dem Gebiete der Küstenplattform vor und sind auch hier und da in der Literatur erwähnt werden, sie stehen aber, so weit bis jetzt bekannt ist, nirgendwo in einer solchen Relation zu der Begrenzung der Monadnocks oder der Küstenplattform, dass sie zur Erklärung ihrer Entstehung angezogen werden können. Im Gegenteil schneidet die Uferplattform quer über diese Verwerfungen in einer Weise, die deutlich zeigt, dass sie von denselben unabhängig ist. Als Beispiel können die postjurassischen Verwerfungen auf Andö in Lofoten genannt werden (vgl. J. H. L. VOGT, Om Andöens Jurafelt. N. G. U. Aarb. 1905). Überhaupt kann man sagen, dass Verwerfungen und Quetschzonen keine besonders hervortretende Rolle in den grösseren Zügen der Oberflächenkonfiguration der von mir bereisten Küstenstrecke zwischen Namsos und Ofoten spielen. Dagegen ist es leicht zu sehen, wie die Faltentektonik und die verschiedene Widerstandsfähigkeit der Gesteine für die Ausmodellierung der Landschaft massgebend gewesen sind. Im Gegensatz zu SEDERHOLM, der in der Geomorphologie überall Quetschzonen, Spalten und Verwerfungen ausliest, habe ich den Eindruck bekommen, dass in dem fraglichen Gebiete derartige tektonische Züge recht untergeordnet sind. Es has mir sogar sehr aufgefallen, dass dieser Küstenstrich im Vergleich mit der gegenüberliegenden ängermanländischen Küste an dem Bottnischen Meere, welche ich kurz voraus befahren und deshalb in frischer Erinnerung hatte, sehr wenig von Diaklasen durchgesetzt war. Dass sie indessen hier und da vorhanden sind und sich auch in den

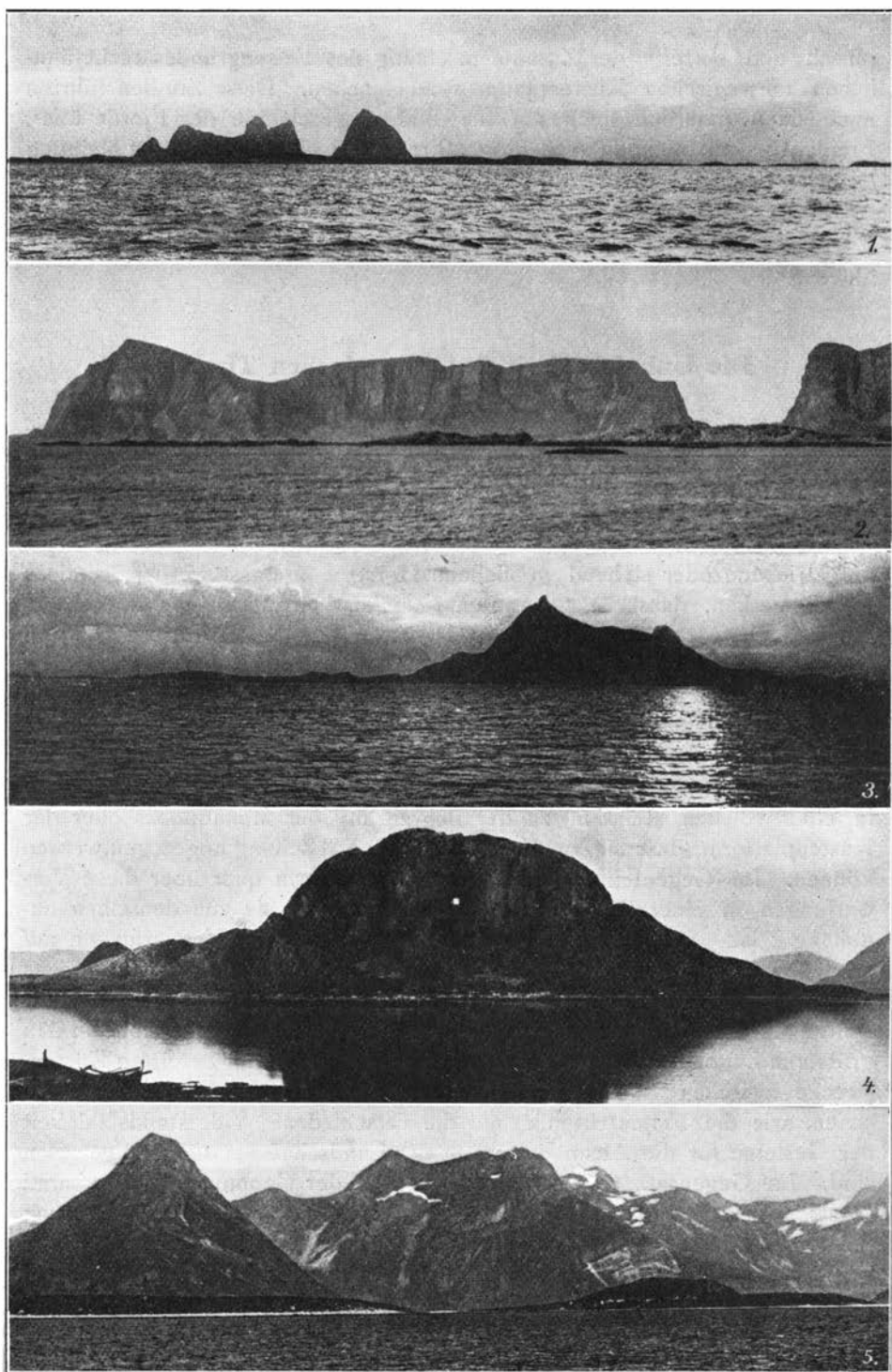


Fig. 1—5. 1. Trænstaverne, Nordland; 2. Wærø, Lofoten; 3. Hæstmandø, Helgeland;
4. Torghatten, Helgeland; 5 Alderen, Helgeland.

kleineren Zügen der Topographie kund geben, soll nicht bestritten werden (vgl. z. B. REKSTAD, Beskr. till Kartbl. *Dønna*, N. G. U. Aarb. 1904). Bei der vorzüglich guten Entblössung des Felsengrundes an der offen liegenden, von Vegetation und losem Material sehr freien Küste, würden natürlich Verwerfungen leicht zu konstatieren sein, wenn sie bei der Bildung der über die Küstenplattform aufragenden Monadnocks beteiligt gewesen wären. Ich habe aber mehrere Meilen den inneren Rand der Küstenplattform verfolgt, ohne eine Andeutung davon zu finden, dass derselbe von Verwerfungen begleitet sei. Im Gegenteil habe ich mehrfach konstatieren können, dass keine Verwerfungen dort vorhanden sind, indem leicht erkennliche Gesteinsbänke, Intrusionen und anderweitige Gesteinseigentümlichkeiten ohne Unterbrechung über die innere Grenze oder den Knickpunkt der Küstenplattform fortsetzen. Da, wie oft vorkommt, diese Gesteinsbänke und Intrusionen ein flaches Fallen haben, würden schon Verwerfungen von mässiger Sprunghöhe sich durch ein beträchtliches Verrücken in der Zusammenhang derselben kund geben. Als Illustrationen zu dem gesagten mögen einige Lokalitäten und Gebiete genannt werden. Die Inselgruppe *Wikten* (die topogr. Blätter *Fosnes* und *Wikten*, um 60° n. Br.) gehört zum grossen Teil der Küstenplattform; zahlreiche kleine Berghügel und grössere Bergrücken erheben sich aber über dieselbe, ohne jedoch besonders grosse Höhe zu erreichen (meistens unter hundert Meter, viele jedoch ein Paar hundert Meter oder etwas mehr). Da die Plattform selbst etwas uneben ist, indem die flach fallenden, gebankten Granitgneisse mit ihren eingeschalteten Amphiboliten und anderen Gesteinsvariationen gern zu alternierenden langgezogenen Senken und Erhebungen prädisponieren, ist es nicht immer leicht, die obere Grenze der Plattform genau festzustellen. Die Unsicherheit bewegt sich indessen gewöhnlich nur um einige wenige Meter, so dass man die Grenze zwischen etwa 35 und 45 Meter ü. M. verlegen möchte. Natürlich gibt es aber einzelne Lokalitäten, wo die Unsicherheit der Bestimmung, wenn man nicht diese auf Beobachtungen in der Nachbarschaft gründet, viel grösser sein würde. Auf der anderen Seite tritt aber der Knickpunkt manchmal mit ganz verblüffender Deutlichkeit hervor. Dies ist z. B. der Fall an mehreren Stellen N und NO von Rörvik. In dieser Inselgruppe ist es nun sehr leicht, in den vorzüglich entblössten Gesteinsgrund die Gesteinsbänke zu verfolgen und dabei zu konstatieren, dass sie ohne Unterbrechung oder Verrückung von der Küstenplattform in die über diese aufragenden Berge fortsetzen. Ich nenne als Beispiele die Küstenplattform und die Berghöhen jenseits des Rörviksundes, NO von Rörvik, und ebenfalls die Bergrücken N von Rörvik, unter denen auch einen isolierten kleinen Monadnock auf der ausgedehnten Plattform weiter nördlich auf der Insel Lövöen.

Weiter nach dem Norden, an der Küste von *Helgeland* (65 – 67° n. Br.), wo die Küstenplattform in den offen liegenden Teilen des Archipelags mit grossartigster Entwicklung hervortritt (vgl. VOGT, 2), sind ähnliche Verhältnisse wie auf Wikten mehrfach an dem Knickpunkt zwischen der

Plattform und den aufragenden Bergen zu beobachten. Die Abwechslungen in der Zusammensetzung der Gneisse und Granite, ebenso wie die von diesen in die Schieferformation ausgehenden lagerartigen Intrusionen, ermöglichen, die Abwesenheit von überschneidenden Verwerfungen zu konstatieren. Dasselbe gilt auch weiter nördlich, in der Umgegend von *Bodö* ($67^{\circ} 15'$ n. Br.). Sogar in den mehr massigen Eruptivgesteinen von *Lofoten* lassen sich mitunter Schlieren oder Bänke unterscheiden, welche ununterbrochen von den steilen Bergwänden in die Küstenplattform hinein fortsetzen. So ist z. B. der Fall mit einer Bank in dem Gabbroberge dicht an *Svolvær*, welche von dem steilen Berggipfel herabläuft und ohne Diskontinuität in einer horizontalen, etwas über die normale Höhe der Küstenplattform reichenden niedrigen Rücken zwischen Garsosen und Svolværwand ausläuft.

Mit dem Gesagten wird natürlich nicht die Möglichkeit verneint, dass in einzelnen Fällen Diaklasen oder Verwerfungen an der Grenze zwischen Küstenplattform und Bergwand vorkommen können; dies ist aber nicht hinreichend, eine tektonische Erklärung für das Auftreten der Plattform zu begründen. Die Abwesenheit derartiger tektonischer Linien an zahlreichen Stellen, wo die Küstenplattform in typischer Ausbildung auftritt, ist aber ein Beweis, dass die tektonische Theorie SEDERHOLM's und DE GEER's unhaltbar ist. Es darf noch bemerkt werden, dass, wenn wirklich die von diesen Forschern angenommenen Störungslinien eine Rolle in der Begrenzung der Küstenplattform spielten, die glaziale selektive Erosion, wohl diese Linien als Einschnitte markiert haben sollte, wie sie es anderswo in diesen Gegenden gemacht hat. Derartige Einschnitte dürften aber ausserordentlich selten sein; dagegen habe ich an unzähligen Stellen und auf lange Strecken solche Erosionsformen in der Nähe des Knickpunktes gefunden, welche gegen das Vorhandensein irgendwelcher Diaklasen oder Quetschzonen sprechen.

Die Abbildungen der Fig. 1 bis 8, welche gar nicht mit besonderem Rücksicht auf dieser speziellen Frage ausgewählt worden sind, können als repräsentativ für die Profile der Küstenplattform an ihrer Innergrenze angesehen werden. Wenn so grosse Verwerfungen, wie die tektonische Theorie fordert, an dieser Grenze oder in ihrer nächsten Nähe vorhanden wären, würde wohl, besonders nach der SEDERHOLM'schen Anschauung von der Bedeutung solcher Linien für den jetzigen Relief, dieselben durch Senken oder Einschnitte verfolgt werden können. Ich kenne aber nur einen Fall, wo dies einzutreffen scheint, nämlich das Nordufer der Insel *Fleina* (Bl. *Gildeskaal*, $67^{\circ} 6'$ n. Br.). Von der grossen Mehrzahl der über die Küstenplattform aufragenden Berge darf aber gesagt werden, dass keine Andeutungen der Gegenwart derartigen Linien in ihrer Begrenzung zu sehen sind, und von einer beträchtlichen Zahl dieser Berge liegen, wie oben beschrieben, positive Beweise vor, dass sie nicht vorkommen. Man kann vielleicht gegen die angeführten Tatsachen die Einwendung machen, dass die postulierten Linien nicht gerade an dem Innerrand der Plattform

zu suchen sein dürfen, da die marine Abrasion jedoch so weit gewirkt haben könne, dass sie etwas von den tektonischen Horsten abgeschnitten haben kann. Hierzu sei nur bemerkt, dass es dann ein sonderbarer Zufall wäre, wenn diese Abrasion so genau mit dem Niveau des supponierten Penepplans zusammenfalle, dass man diese beide Flächen an beiden Seiten der angenommenen Verwerfung nicht auseinander halten könne, sondern beide morphologisch als eine einheitliche Bildung auftreten. Zur Beleuchtung der tektonischen Theorie mag noch ein bemerkenswerter Umstand angeführt werden. Es ist sehr gewöhnlich, wie auch schon von den norwegischen Forschern, besonders von J. H. L. VOGT und TH. VOGT betont worden ist, dass die Küstenplattform ihre grossartigste Entfaltung in den lockeren Schiefergesteinen und in anderen wenig widerstandskräftigen Gesteinen hat, und dass die über die Plattform reliktiert aufragenden Monadnocks, ebenso wie die grösseren Gebirgskomplexe (Lofoten) aus widerstandsfähigeren Gesteinen bestehen. Zahlreiche und sehr instruktive Illustrationen zu diesem Verhältnis bietet eben die Küstenregion zwischen Namsos und Bodö, in welcher die meistens lockeren Gesteine der »Glimmerschiefer-Marmorformation« reichlich mit Granit intrudiert sind. Die grösseren Granitintrusionen und auch die sie oft begleitenden Gneisse, welche durch eine intensive Injektionsmetamorphose aus den Glimmerschiefern hervorgegangen sind, bilden gern die aufragenden Berge, während die Glimmerschiefer-Marmorformation, sofern sie eine gegen das Meer offene Lage hat, in der Regel als Küstenplattform auftritt. Nur in sehr offener Lage haben auch diese härteren Gesteine in grösserer Ausdehnung der Abrasion heimgefallen.

Unter Hinweis auf die geologischen Karten von J. OXAAL (N. G. U. Aarb. 1911) und J. REKSTAD (N. G. U. Aarb. 1904 und N. G. U. N:o 62, 1911) und die Karte VOGT's (2) über die Küstenplattform mögen hier zur Illustration dieses Verhältnisses nur folgende Beispiele herausgegriffen werden. Die Insel *Wega* (65° 40') wird zu etwa der Hälfte ihres Areals von einem Granitmassiv aufgenommen, welches mit einer Maximumhöhe von 797 Meter über den vorwiegend aus Schiefern bestehenden, der Küstenplattform zugehörigen Teil aufragt. Der Monadnock *Söla* (431 m) westlich von *Wega* besteht ebenfalls aus Granit. *Torghatten* (Fig. 4), südlich von *Wega*, ist ein aus der Schieferformation auspräparierter Granitstock, der mit einer Höhe von 261 m über die Küstenplattform aufragt. Die Gebirgsgruppe *Syv Söstre* mit Gipfeln bis über 1000 m. ist ein über die angrenzenden Schiefer und über die Küstenplattform aufragendes Granitmassiv. *Hæstmandö* (Fig. 3), *Næsön*, *Dörvær* und *Trænen* (Fig. 1), alle am Polzirkel gelegen, sind Monadnocks aus Granit oder Gneiss, welche die weite Küstenplattform überragen. Es ist bemerkenswert, dass in den letztgenannten Inselgruppen, welche die am meisten exponierte Lage haben, der Granit viel mehr als in den mehr geschützten Archipelag weiter einwärts in der Küstenplattform eingeht. Ebenso ist diese weit in dem ganz offen liegenden Insel *Leka* (65° 5') eingeschnitten worden, welche grösstenteils aus Ser-

pentin und Gabbrogesteinen besteht. In den höchsten Partien der Insel (422 m) herrscht ein widerstandskräftiger Serpentin.

Weiter gegen Norden hat man die Insel *Melöen* ($66^{\circ} 50'$), deren über die Küstenplattform aufragende östliche Hälfte aus Granit besteht und eine Höhe von 574 m erreicht, ferner die offen liegende, nach den Karten aus Granit bestehende Insel *Fuglöen* ($67^{\circ} 5'$) mit einer Höhe von 765 m und voranliegender Plattform aus Glimmerschieferformation mit einer Maximumhöhe von etwa 30 m; und in der Nähe von *Bodö* ($67^{\circ} 20'$) ragen die aus Granit und Injektionsgneissen aufgebauten *Hjartöerne* (132 u. 99 m) und die etwas nördlichere, nach der geologischen Karte aus Granit bestehende *Landegode* (707 m) über die Küstenplattform auf, welche vorwiegend in den lockeren Schiefeln ausmodelliert ist. In der offen liegenden Insel *Gimsö* in Lofoten ($68^{\circ} 20'$) ist dagegen die Küstenplattform in Granit ausmodelliert, mit Zurücklassen jedoch eines 371 m hohen Monadnocks *Hoven* (vgl. VOGT, 3).

Es ist schon aus den geologischen und topographischen Karten zu sehen, dass die tektonische Theorie, nach welcher die hier beispielsweise aufgerechneten Inseln und Inselberge auf Verwerfungen zurückzuführende Horste sein sollen, sehr unwahrscheinlich ist. Wenn man in Betracht zieht, dass sie aus Intrusivgesteinen der sie umgebenden Glimmerschieferformation bestehen und dass von ihnen in mehreren Fällen (vgl. S. 45) Apophysen und Lagergänge in die angrenzenden Schiefer der Küstenplattform einsetzen, so wird die Unhaltbarkeit der Theorie noch mehr offenbar. Wenn man überhaupt die Theorie von einem gesenkten Peneplan aufrecht halten will, bleibt nur übrig, diese aus widerstandskräftigen Gesteinen bestehenden Monadnocks als subaërische Denudationsrelikte auf der übrigens peneplanierten Plattform anzusehen; dann steht aber zurück die Schwierigkeit, die ausserordentlich gleichmässige Höhe und die scharfe Abgrenzung dieser Ebene gegen diese Monadnocks zu erklären. Bis eine solche Erklärung hervorkommt, dürfte man auf der sichereren Seite sein, wenn man die Küstenplattform als eine marine Abrasionsfläche zu deuten versucht.

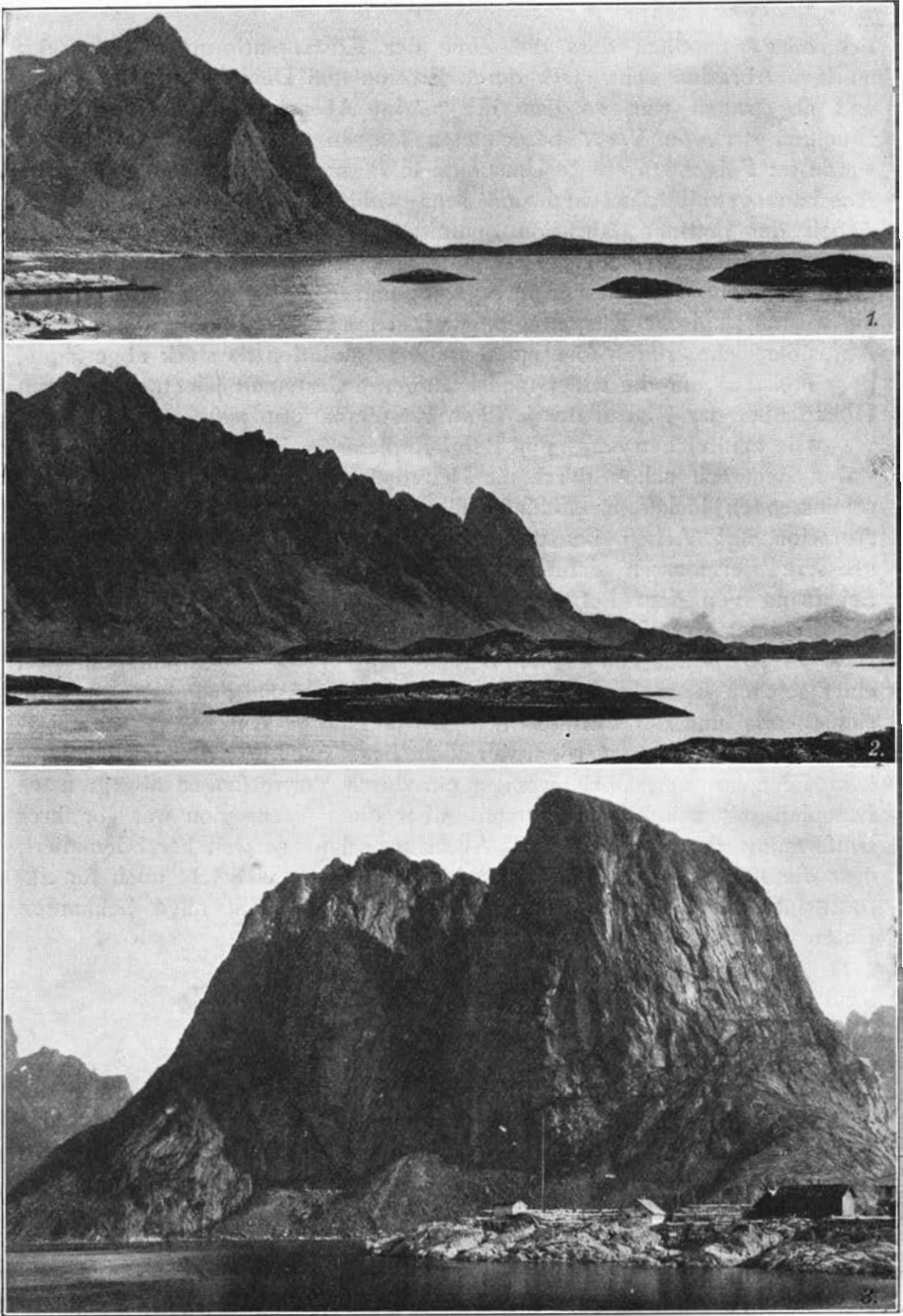
Der einzige wiegende Einwand gegen diese Deutung ist die grosse Ausdehnung der Plattform, welche das Wegführen so enormer Massen zu erfordern scheint, dass man sich schwierig vorstellen kann, wie es durch marine Abrasion innerhalb eines geologisch gesprochen allerdings recht kurzen Zeitraums geschehen haben kann. Dieser Einwand muss freilich als sehr wichtig betrachtet werden, wenn man, wie J. H. L. VOGT in seinen Schriften über die Küstenplattform, sich vorstellt, dass die marine Abrasion in einen im voraus nicht hierabdenunierten Gebirgskörper eingeschnitten hat, dessen Höhe annähernd durch die zurückgebliebenen Berggipfel und Monadnocks repräsentiert ist. VOGT (2) schätzt die mittlere Höhe der an der Helgelandküste abradierten Massen zu mindestens 400 m in den inneren Teilen der bis 45 Kilometer breiten Küstenplattform. Wie aber die Auseinandersetzungen NANSEN's (4) wahrscheinlich machen, darf man

sich eher vorstellen, dass die Zone der Küstenplattform schon vor der marinen Abrasion sehr stark durch Erosion und Denudation zerschnitten und abgetragen war, so dass die marine Abrasion nur einen geringen Bruchteil der von VOGT berechneten Massen zu bewältigen hatte. Ich werde im Folgenden einige Umstände in Betracht ziehen, welche für diese Anschauungsweise sprechen und sehr wahrscheinlich machen, dass die Arbeit der marinen Abrasion quantitativ ausserordentlich viel geringer gewesen ist, als VOGT sie berechnet. Das Resultat meiner Studien über diese Frage möchte ich hier antezipieren und folgendermassen formulieren: die westnorwegische Küstenregion war, schon vor der Bildung der marinen Abrasionsfläche, durch die subaërische Denudation so stark abgetragen, dass meistens nur die widerstandskräftigeren Gesteine mit beträchtlicheren Höhen über das Niveau der jetzigen Küstenplattform aufragten.

Die zahlreichen Berge und Bergkomplexe der jetzigen Küstenplattform waren demnach schon durch die Denudation grösstenteils aus ihren umschliessenden lockereren Schieferhülle herauspräpariert, wenn die marine Abrasion ihre Arbeit begann, und diese hat nur in sehr offener Lage grössere Bergmassen demolieren können. Wenn ich überhaupt eine Schätzung von dem Betrag der marinen Abrasion im Ganzen innerhalb des Gebietes der Küstenplattform wagen dürfte, wollte ich dieselbe *höchstens* zu 10 % des von VOGT berechneten Wertes veranschlagen. Bei einer solchen Betrachtungsweise würde der Gegensatz zwischen der Abrasionstheorie und der SEDERHOLM—DE GEER'sche Anschauung gewissermassen ausgeglichen werden. Freilich liegt nach der vorigen Deutung kein Peneplan vor, noch weniger ein durch Verwerfungen abgegrenztes Peneplan mit zahlreichen Horsten, aber die Küstenregion war vor ihrer Umformung durch die marine Abrasion schon so weit herabdenudiert, dass die Arbeit, welche diese zu ausrichten hatte, vielleicht auch für SEDERHOLM nicht »in vollständigem Widerspruch« mit allen bekannten Daten (vgl. S. 42) zu stehen scheinen darf.

Der innere Rand der Küstenplattform.

Ausser der schlagenden Gegensatz zwischen der Topographie der Küstenplattform als Ganzes und den an ihr anstossenden bergigen Landgebieten und Monadnocks, ist es wohl die im Allgemeinen scharf hervortretende innere Abgrenzung der Plattform, welche den Gedanken auf marine Abrasion als Werkzeug bei ihrer Ausbildung führt. Die hier reproduzierten Bilder können eine gute Vorstellung von dem gewöhnlichen Aussehen dieses Innerrandes geben. Es mag bemerkt werden, dass die Bilder nicht zu diesem speziellen Zweck genommen worden sind, sondern dass sie alle aus Ansichtskarten stammen, die wohl meistens nur touristische Interessen berücksichtigen. Sie dürfen deshalb die allgemein herrschenden Profillinien des Knickpunkts mehr objektiv repräsentieren, als wenn man



{ Fig. 6—8. 6. Skjoldwær, Lofoten; 7. Kabelwaag, Lofoten; 8. Havnö, Lofoten. Alle drei Bilder zeigen den Innerrand der Küstenplattform und die am Fusse der Bergwände auftretenden Vorsprünge, deren Breite das Zurückweichen der Bergwände durch Verwitterung angibt.

besonders gut entwickelte solche aufgesucht hätte. Dass der Knickpunkt manchmal noch schärfer als in den meisten hier wiedergegebenen Bildern hervortritt, ist an den Aufnahmen von NANSEN (4) und TH. VOGT (5) zu sehen. Auf der anderen Seite ist die Lage desselben nicht überall leicht zu bestimmen. So ist er z. B. in dem Profil von Torghatten auf Fig. 4 recht unsicher.

Aber wenn es auch oft eintrifft, dass man nicht die Höhe der Küstenplattform an ihrer inneren Rand einigermaßen genau angeben kann, so darf ich betreffs der von mir bereisten Küstenstrecke ganz VOGT (3) bestimmen, wenn er sagt, dass der Innerrand der Küstenplattform in der Regel zwischen 30 und 40 m über das jetzige Meeresniveau reicht und dass dieser Wert etwa derselbe ist an den äusseren Monadnocks, im östlichen Lofoten (z. B. Kabelwaag—Svolvær) und an der Festlandsküste, so dass die Küstenplattform nicht das für die nacheiszeitlichen Uferlinien kennzeichnende regelmässige Abfallen nach Westen hat. Dies geht übrigens aus dem von VOGT schon aufgewiesenen Umstand hervor, dass diese Uferlinien im Osten hoch oberhalb der Küstenplattform liegen, während sie im Westen die obere Grenze der Plattform nicht erreichen.

DE GEER hat gegen die marine Abrasionstheorie den Einwand gemacht,¹ dass er weder in der Literatur noch in der Natur eine einzige Lokalität gesehen habe, wo die Küstenplattform durch eine deutliche Uferlinie abgegrenzt war. Dieser Einwand wäre berechtigt, wenn die Ausmodellierung der Küstenplattform in postglazialer Zeit stattgefunden hätte; da sie aber überall, wie allgemein bekannt, vergletschert gewesen ist, wäre es doch die Bedeutung der glazialen Erosion für die jetzige Morphologie gar zu viel zu unterschätzen, wenn man dieselbe Schärfe bei dem Innerrand dieser Küstenplattform wie an einer postglazialen Uferlinie erwarten wollte. Eher muss es als sehr bemerkenswert betrachtet werden, dass die glaziale Erosion nicht mehr umgestaltend gewirkt hat. Auch wenn die von SEDERHOLM und DE GEER angenommenen Bruchlinien nicht da sind, welche für die selektive Erosion Angriffslinien dargeboten haben, so würde jedoch eine grössere Umformung der Profillinien an den Knickpunkten keineswegs unerwartet sein. Die unbedeutende Wirkung der Vereisung in dieser Hinsicht finde ich — so gering ich auch im allgemeinen die glaziale Erosion taxiert — nur dadurch erklärlich, dass die Vereisung der Küstenplattform ganz kurzdaurig gewesen ist oder, mit anderen Worten, nur den letzten oder einen der letzten Abschnitten der Eiszeit umfasst. Ich werde weiter unten andere Gründe dafür anziehen, hier mag indessen auf eine Eigentümlichkeit aufmerksam gemacht werden, welche sehr oft etwas oberhalb des Knickpunktes zum Vorschein kommt und besonders an den über die Küstenplattform steil aufragenden Bergwänden gewöhnlich ist. Die Erscheinung ist einigermaßen gut an den drei Bildern Fig. 6—8 zu sehen.

¹ In der Diskussion nach meinem Vortrage über die Küstenplattform in Geol. Förningen Nov. 1912 (Bd 34, S. 582),

Es ist ein nahe an dem Bergfusse, aber jedoch oberhalb des Niveaus der Küstenplattform hervortretender Vorsprung, der in den zwei oberen Bildern mehr terrassenartig aussieht, in dem untersten Bilde dagegen, obgleich ganz deutlich, nicht so weit hervorgeschoben ist, sondern mehr unmerklich in die steilere Böschung übergeht.

Die Breite dieses Vorsprungs scheint mir ein Maass für das Zurückweichen des steilen Bergwandes durch Verwitterung anzugeben und der Vorsprung dürfte dadurch erklärt werden können, dass die am Fusse des Bergwands angehäuften Talusbildungen diese vorspringenden Partien geschützt haben. Die Vereisung, mitunter vielleicht auch Meeresbrandungen, haben nachher diese Talusbildungen weggeführt und die unter denselben verdeckten und geschützten Fusspartien der Berge dabei blossgelegt. Ähnliche Vorsprünge, obgleich wohl meistens beträchtlich kleiner, würden durch die Entfernung der jetzigen (postglazialen) Taluskegeln hervortreten und in gleicher Weise ein Maass über das postglaziale Zurückweichen der Bergwände geben. Der geringe Betrag in der Verschiebung und Umgestaltung der Bergwände an dem Innerrand der Küstenplattform deutet auf ein geringes Alter für dieselbe. Bei längerer Zeit würden die Felswände, viel mehr als der Fall ist, Böschungen angenommen haben, welche sich den natürlichen Böschungswinkel für lose Massen nähern, wie z. B. an der Bergkegel Alderen auf Fig. 5. Der Umstand, dass sie oft ganz steil aus der Küstenplattform aufragen, ist, ebenso wie der im allgemeinen gut erkennliche Innerrand der Plattform, ein Zeugnis, dass ihre Ausskulptierung in einer nicht weit entfernten Zeit stattgefunden hat.¹ Zur näheren Beleuchtung dieser Frage kann ein Vergleich mit den unter etwa ähnlichen klimatischen Bedingungen liegenden inneren Hebriden in Schottland von Interesse sein. Die dortigen Basalte mit ihren Intrusivmassen von Granit und Gabbro, welche von tertiärem Alter sind, haben einer Denudation und Erosion heimgefallen, welche von einer so ganz anderen Grössenordnung als die nach der Bildung der norwegischen Küstenplattform stattgefundene Degradation der norwegischen Küstenberge ist, dass es schon aus diesem Grunde sehr unwahrscheinlich vorfallen muss, die Ausskulptierung der Küstenplattform so weit zurück in der Zeit wie im Tertiär zu verlegen. Wenn man weiter die Umgestaltungen in der Morphologie überblickt, welche die Quartärzeit mitgeführt hat, und zwar besonders wenn man die Fjorde zum wesentlichen Teil als glaziale Erosionsbildungen deutet, dann muss man auch beim Anblick der über die Küstenplattform oft ganz unvermittelt aufragenden Berge und des gewöhnlich wohl bestimmbar Knickpunktes der Plattform zu den Schluss kommen, dass diese Plattform nur während eines geringen Teils der Quartärzeit existiert haben kann und nur einer vergleichmässig kurzdaurigen Vereisung ausgesetzt gewesen sein möchte.

¹ Betreffs der Bilder Fig. 1 und 2 ist zu bemerken, dass die postglaziale Abrasion sehr kräftig gewesen ist und die Bergprofile zugespitzt hat.

Es wurde schon oben bemerkt, dass die über die Küstenplattform aufragenden Berge nicht immer so steilwändig sind, wie in den hier zunächst diskutierten Fällen. Sehr oft erheben sie sich mit ganz sanften Böschungen über die Plattform, wie es mit den in Fig. 4 abgebildeten Torg hatten der Fall ist. Ähnliche Reliefformen, manchmal noch viel flacher, sind sehr gewöhnlich, z. B. auf der Inselgruppe *Wikten*, in der nächsten Nähe von *Bodö* und bei *Lödingen* in Lofoten. Wenn diese Berge ausserdem noch nur unbedeutend über das Niveau der etwas undulierenden oder kleinkügeligen Küstenplattform aufragen, ist es leicht einzusehen, dass diese nicht besonders scharf hervortritt und dass die genaue Lage ihres inneren Randes oft etwas unsicher sein werden muss. Um die Bergformen von diesem Typus, den ich kurz als den *Torghattentypus* bezeichnen will, zu erklären, könnte man sich denken, dass sie ursprünglich mit steilen Wänden, wie die vorher beschriebenen Berge, über die marine Abrasionsfläche aufragten, seither aber durch die Denudation umgestaltet worden sind. Diese Deutung scheint mir die nächstliegende zu sein, wenn man mit J. H. L. VOGT ansieht, dass die marine Abrasion in eine vorher nicht tief degradierte Landmasse eingeschnitten hat. Wenn man aber, wie ich schon auseinandergesetzt habe, aus anderen Umständen schliessen muss, dass die Umgestaltung der Bergwände und des Innerrandes der Plattform im allgemeinen sehr geringfügig gewesen ist, wird es schwer zu verstehen, weshalb sie in anderen Fällen so gross gewesen sein kann, dass diese flache oder flach buckelige Bergformen entstanden sind.

Es scheint mir dann bessere Gründe zu vorliegen für die Annahme, dass diese Formen auch annähernd die ursprüngliche Topographie im Verhältnis zu der Plattform repräsentieren. Dies will mit anderen Worten sagen, dass sie nicht durch die marine Abrasion und die nachherige Denudation hervorgebracht worden sind, sondern dass sie schon vorher durch die Denudation herausmodelliert waren. Die granitische Injektionsmasse des Torg hatten z. B. ragte nach dieser Betrachtungsweise schon über die umgebenden Schiefer mit einer von der jetzigen nicht sehr abweichender Gestaltung auf, da die marine Abrasion einsetzte und ihre Ausebnungsarbeit begann. Ich werde weiter unten andere morphologische Züge anführen, welche diese Auffassungsweise stützen und somit gegen die Meinung VOGT's sprechen, dass die Ausmodellierung der Küstenplattform in einer nur wenig herabdenudierten Küstenregion stattgefunden hat.

Die Oberflächengestaltung der Küstenplattform.

In den Arbeiten der norwegischen Geologen, besonders in denen von J. H. L. und TH. VOGT und von REUSCH, ist der allgemeine Charakter der Oberflächenformen dieser Abrasionsebene so eingehend beschrieben, dass ich mich darauf beschränken darf, nur einige Züge hervorzuheben, welche von besonderem Interesse zu sein scheinen. Vor allem dort, wo

die Plattform eine grössere Breite erreicht und einen ausgedehnten Archipelag bildet, ist es auffallend, wie die oft nur einige Meter über das Meer reichenden Inselchen zu Hunderten und Tausenden auftreten, ohne dass unter ihnen einige vorkommen, welche die übrigen nennenswert überragen. Diese Eigentümlichkeit in der Topographie zeigt die Küstenplattform auch oft, wenn sie grössere zusammenhängenden Landareale aufnimmt und bis an den inneren Rand, wo sie, wie schon oben bemerkt, fast ganz unvermittelt an die aufragenden Bergwände anstösst. Es muss daraus geschlossen werden, dass die marine Abrasionsfläche fast genau durch das Höhengniveau dieser Scheeren und kleiner Felsenhügeln repräsentiert wird und dass folglich die Vergletscherung der Küstenplattform nicht viel von derselben weggeführt hat, sondern hauptsächlich nur in dem Hervorbringen oder der Vertiefung der zwischenliegenden Senken eine Rolle gespielt hat.

Da die Küstenplattform zu etwa 30 bis 40 m über das Meer reicht und andererseits bis etwa 30 m unter dem Meeresniveau sich ausdehnt, ist es offenbar, dass die Abrasion nicht an einem konstanten Niveau gearbeitet hat, sondern dass dieses sich während der Ausmodellierung der Plattform mit etwa diesem Maass verschoben hat. Es ist dann auch deutlich, dass, je nach der Beschaffenheit der Gesteine, Unebenheiten in der Plattform entstehen haben können, so dass diese nicht ganz ausgeebnet gewesen sein darf, als das Meer sich von derselben zurückzog. Auch kann nachher eine ungleichmässige Zersprengung und Verwitterung stattgefunden haben, ehe die Vergletscherung eintrat und ihre Arbeit ausführte. Diese konnte dann hauptsächlich darin bestehen, das aufgelockerte Material wegzuführen, während sie nur sehr wenig an dem festen Gestein ausrichtete. Bei der Kurzdaurigkeit, welche die Eisbedeckung der Küstenplattform gehabt zu haben scheint, wird die geringe Umgestaltung der Oberfläche derselben um so viel wahrscheinlicher, da man findet, wie wenig die glaziale Denudation während der ganzen Quartärzeit auf den in vielen Hinsichten mit der Küstenplattform vergleichbaren mittelschwedischen Grundgebirgsterrain gewirkt hat.

Dass die kleinhügelige Topographie der Küstenplattform, wenigstens zu einem wesentlichen Teil, durch die glaziale Erosion hervorgebracht worden ist, und folglich nicht hauptsächlich als ein primärer Zug aufgefasst werden darf, scheint jedoch aus der weiten Verbreitung von losem Material über dieselbe, auch wo sie nach der Eiszeit von dem Meer überflutet gewesen ist, hervorzugehen. Die Grus-, Sand-, Ton- und Moränenablagerungen, welche jetzt unterhalb des höchsten nacheiszeitlichen Meeresniveaus über die Küstenplattform ausgebreitet sind und zum guten Teil die reichliche Besiedelung derselben ermöglichen, würden nämlich nicht liegend bleiben können, wenn die Küstenplattform wesentlich dieselbe Topographie nach der Eiszeit hatte, wie unmittelbar nach ihrer Bildung. Die Brandungen würden nämlich dann diese Ablagerungen abgespült haben, ganz wie sie bei der Ausmodellierung der Küstenplattform dieses Vermögen während der ganzen Zeit beibehalten haben müssten. Die fraglichen, auf der

Küstenplattform verbreiteten Bodenarten dürften demnach Vertiefungen ausfüllen, welche im Allgemeinen erst während der Vereisung gebildet worden sind.

Es wurde oben die auffallend gleichmässige Höhe hervorgehoben, welche die Scheeren und Felsen der Küstenplattform gewöhnlich über weite Gebiete haben. Bemerkenswerte Ausnahmen kommen jedoch vor, indem man oft, besonders gegen den Innerrand der Plattform hin, vereinzelte Felsen und Berghügeln findet, welche mehr oder minder über das Normalniveau aufragen, ohne jedoch solche Dimensionen und Höhen zu haben, dass sie ohne weiteres mit den grösseren Monadnocks oder Abrasionsresten gleichgestellt werden dürfen.

Sie können z. B. nur einige Meter das Normalniveau der umgebenden Scheeren oder Felsen überragen. Wenn man der glazialen Abtragung eine grössere Rolle zuschreibt, als ich nach dem oben Gesagten geneigt bin anzunehmen, könnte man diese Hügel als glaziale Denudationsrelikte deuten. Dagegen darf aber eingewendet werden, dass es schwierig zu verstehen ist, wie diese Denudation übrigens so gleichmässig auf die Küstenplattform gewirkt habe, dass sie die Hunderten von Felsen in der Umgebung zu einer gleichmässigen Höhe niedergebracht, jene vereinzelt Hügeln aber geschont haben würde. Dies wird um so mehr eigentümlich, als letztere oft gar nicht in ihrer Zusammensetzung sich von den umgebenden Felsen unterscheiden. Es scheint deshalb mehr motiviert zu sein, dieselben als Relikte der marinen Abrasion aufzufassen, welche durch die Vereisung nur moutonniert worden sind.

Es ist bemerkenswert, dass diese Relikte häufiger dort vorkommen, wo die Küstenplattform an Gebieten grenzt, deren Terrainformen sanft und niedrig sind, als dort, wo schroff aufsteigende Bergmassen begegnen. Dies dürfte daraus erklärlich sein, dass die Abrasion beim Einschneiden in einen mächtigen Bergkörper nur langsam fortschreitet und deshalb mehr Zeit hat, die eventuell nachgebliebenen Partien zu demolieren, als wenn sie sich über ein niedriges Land hineinarbeitet. Die topographischen Blätter *Wikten*, *Dønna*, *Meløy*, *Bodø* geben u. A. zahlreiche Beispiele von dem Auftreten dieser kleinen Abrasionsrelikte. Wenn sie, wie z. B. auf dem nördlichen Teil der Insel Dønna, mehr gesellig auftreten und wenn das angrenzende, der Küstenplattform nicht zugehörige Land einen wenig ausgesprochenen Relief hat (vgl. z. B. die östlich von Dønna gelegene Insel *Løhta*), wird die innere Grenze der Küstenplattform wenig markiert und oft sehr schwierig festzustellen, indem es so aussieht, als ob ein allmählicher Übergang von dem einen zu dem anderen Gebiete vorhanden sei. Wenn die westnorwegische Landmasse vor der Bildung der marinen Abrasionsebene so tief hinabdenudiert und peneplaniert gewesen wäre, wie z. B. die schwedischen Küstengebiete an der Ostsee und Kattegatt, so würde eine solche Abrasionsebene wie die westnorwegische vielleicht sich der Aufmerksamkeit der Morphologen ganz entzogen haben. Der Gegensatz zwischen dieser und dem anliegenden Peneplan würde nämlich nicht grösser

sein, als dass er durch die glazialen Wirkungen fast ausgewischt geworden sein könnte. Ich habe zu wenig die genannten Küstengebiete Schwedens und die des südlichen Norwegens aus diesem Gesichtspunkt studiert, um hier auf die Frage einzugehen können, in wie weit die marine Abrasionsfläche Westnorwegens auch dort entwickelt ist und ob es aus diesen Umständen zu erklären ist, dass sie nicht dort deutlich hervortritt, oder ob sie ganz fehlt, oder vielleicht erst unterhalb des jetzigen Meeresniveaus zu suchen ist. Es ist übrigens zu bemerken, dass sie wegen der weniger exponierten Lage dieser Küsten und wegen der grösseren Widerstandsfähigkeit ihrer Gesteine nicht so grossartig wie an der offenen atlantischen Küste und in den dort meistens lockeren Schieferformationen entwickelt sein könnte. Auch können die klimatischen Verhältnisse weniger günstig für die Ausmodellierung der Abrasionsebene gewesen sein, wozu noch kommt, dass die glaziale Erosion während längerer Zeit als an der westnorwegischen Küstenebene wirksam gewesen ist und deshalb mehr umgestaltend auf der eventuell vorhandenen Küstenplattform gewirkt haben kann. Ich kann aus diesen Gründen, die übrigens teilweise schon von NANSEN beachtet worden sind, das Fehlen einer mit der westnorwegischen gleichzeitigen Abrasionsfläche an den genannten südsandinavischen Küsten nicht als erwiesen ansehen, noch weniger DE GEER beistimmen, wenn er in dem noch nicht konstatierten Fehlen eines Küstenplatforms an diesen Küsten ein Argument gegen die Deutung der westnorwegischen Plattform als eine marine Abrasionsfläche zu finden meint.

Die Fjordrinnen der Küstenplattform.

Wie an den topographischen Karten und Seekarten und auch aus den mehr übersichtlichen Tiefenkarten der norwegischen Küste (vgl. z. B. die Karte NANSEN's, 4) zu sehen ist, wird die Küstenplattform von Tiefrinnen durchzogen, unter denen mehrere die unmittelbare Fortsetzung der inneren Fjorde sind und auswärts über den kontinentalen Sockel bis in die grosse Meerestiefe hinreichen. Diese Tiefrinnen gehen teils quer auf die Küste und entsprechen in ihrem Auftreten die Quertäler des benachbarten Festlandes, teils ziehen sie mehr längs der Küste und der herrschenden Streichrichtung der Schieferformation mit ihren in derselben Richtung eingeschalteten Intrusivmassen und entsprechen dann ganz den Längstälern des Festlandes. Die Tiefrinnen der Küstenplattform sind im allgemeinen nicht so tief wie die inneren Fjorde, sie scheinen aber etwa gleich steilwandig wie diese zu sein und erscheinen gewöhnlich als scharfe Einschnitte in der Küstenplattform, deren Abgrenzung gegen dieselben deshalb meistens ganz deutlich ist, wie u. a. an den von VOGT (2) und NANSEN (4) mitgeteilten Profilen zu sehen ist.

Über das Alter dieser Tiefrinnen im Verhältnis zu der Küstenplat-

form sind, wie schon erwähnt worden ist (S. 41), verschiedene Ansichten ausgesprochen. NANSEN (4), der diese Frage am eingehendsten behandelt hat, betrachtet die Tiefrinnen und die Fjorde als ältere Bildungen. Ausser den von NANSEN besonders angeführten Gründen scheinen mir folgende Umstände ganz entschieden zu Gunsten dieser Ansicht zu sprechen. Wenn die Tiefrinnen, sei es durch Glazialerosion oder durch Flusserosion bei einer grösseren Höhe des Gebietes im Verhältnis zu dem jetzigen Meeresniveau, in der schon vorhandenen Küstenplattform herausmodelliert geworden wären, ist es ganz unerklärlich, wie die Küstenplattform übrigens so wenig angegriffen worden ist, dass ihre Oberfläche noch mit so schlagender Deutlichkeit erhalten worden ist. Eine glaziale Erosion, welche diese Tiefrinnen ausskulptiert hätte, würde wohl viel kräftigere Spuren an der diesen begrenzenden Küstenplattform hinterlassen haben, dies umso mehr, da die Tiefrinnen oft eine solche Lage haben, dass man keine Gründe finden kann, warum das über die Plattform schreitende Eis eine so ausgesprochen selektive Erosion ausgeübt hat. Dies gilt vor Allem von den die Küstenplattform durchziehenden Tiefrinnen, welche etwa senkrecht gegen die Bewegungsrichtung des Eises oder annähernd parallel mit der Küste streichen. Betreffs den quergestellten Tiefrinnen, welche unmittelbare Fortsetzungen der grossen Fjorde im Osten sind, könnte es für die Anhänger der glazialen Fjordskulptur vielleicht wahrscheinlich vorkommen, dass die aus den Fjordtälern herausgepressten Gletscherströme noch seit ihrem Hinaustreten auf die Küstenplattform ausgrabend wirkten, aber wie eine derartige Ausgrabung auch anderswo auf der Küstenplattform und in Richtungen quer auf die Eisbewegung stattfinden könne, ist mir ganz unverständlich. Und noch mehr unverständlich, wie eine solche Ausgrabung sich so lokalisieren könne, dass die Küstenplattform in unmittelbarer Nähe über weite Gebiete fast gar nichts von der Erosion gelitten hat.

Wenn man auf der anderen Seite die Fjorde und die Tiefrinnen wesentlich als Produkte der Wassererosion ansieht und folglich die, nach der gemachten Annahme, schon vorhandene Küstenplattform eine Zeit lang wenigstens so hoch über ihr jetziges Niveau gehoben gewesen sein muss, wie durch die Tiefe dieser submarinen Täler angegeben wird, so stösst man auf eine nicht geringere Schwierigkeit die Erhaltung der Plattform in so grosser Ausdehnung zu erklären. Es ist in der Tat wohl ganz gegen alle Erfahrungheit über die Arbeitsweise des rinnenden Wassers, dass derartige Hochflächen, wie die Küstenplattform dann gewesen sein muss, einer starken Erosion entgehen könnte, welche in zahlreiche in die Haupttäler (die Tiefrinnen) ausmündende Nebentäler resultieren würde und dabei auch die scharfe Abgrenzung der Tiefrinnen gegen die Plattform auswischen würde. Eine tiefgreifende Skulptur in der Plattform würde um so mehr unter dieser Voraussetzung zu erwarten sein, als die Gesteine der Plattform sehr verschiedenartig sind und sehr verschiedenen Widerstand gegen die Denudation geleistet haben müssen und weil ausserdem die Lage an der Ozeanküste wohl ein niederschlagreiches Klima voraussetzen lässt.

Von derartigen Skulpturformen auf der Küstenplattform und an ihren Rändern ist aber sehr wenig oder gar nichts zu sehen.

Dagegen dürfte es schwierig sein, Züge in der Morphologie der Küstenregion aufzuweisen, welche gegen die Ansicht sprechen, dass die Tiefrinnen älter als die Plattform sind.¹ Wie NANSEN hervorgehoben hat, wird die grossartige Entwicklung dieser marinen Abrasionsfläche auch viel leichter zu verstehen, wenn die Tiefrinnen schon bei ihrer Bildung vorhanden waren, indem für die Abrasionsprodukte dann ein viel geringerer Transport durch die Brandungen nötig war. Möglicherweise ist die geringe Tiefe dieser submarinen Rinnen im Vergleich mit den Fjordtiefen weiter einwärts z. T. eben durch ihre Ausfüllung mit Abrasionsprodukten zu erklären, welche der nachher überschreitende Eis nicht vermocht hat wegzuräumen. Wie viel aber dieser Faktor im Vergleich mit Ausfüllung durch glaziale Ablagerungsprodukte oder mit Übertiefung der Fjorde durch glaziale Erosion bedeutet, entzieht sich wohl gegenwärtig einer objektiven Beurteilung.

Angebliche Abrasionsflächen auf höheren Niveaus und in geschützter Lage.

Sowohl NANSEN wie REUSCH meinen, dass Spuren höher liegender Küstenplattformen an vielen Stellen zu sehen sind. So bildet NANSEN z. B. eine solche an der Insel Lovunden ($66^{\circ} 22'$ n. Br.) ab, welche als ein deutlicher Vorsprung auf etwa 200 m Höhe auftritt, und REUSCH gibt sowohl in seiner ersten Arbeit (I) wie in seiner neuerdings erschienenen Beschreibung zu der Karte über Söndhordland und Ryfylke (N. G. U. Nr 64, 1913) einige Bilder, die das Vorhandensein einer oberen Plattform illustrieren sollen. Die bis jetzt vorliegenden Beobachtungen scheinen jedoch gar zu sporadisch zu sein, um als beweisend angesehen zu werden. Allerdings ist es wohl recht wahrscheinlich, dass das Meer bei den grossen Niveauwechselungen der jüngsten geologischen Epochen, ausser an der grossen Küstenplattform, auch an anderen Niveaus hinreichend lange stehen geblieben sein kann, um kleinere Abrasionsflächen ausmodellieren zu können. Wenn sie vorkommen, so sind sie jedoch oft so schlecht erhalten und so undeutlich, dass ihre wahre Natur sich schwierig festzustellen

¹ Einige der von NANSEN und VOGT über die Plattform gezogene Profile (z. B. NANSEN Pl. XV N:o 23, Wega und VOGT 2, S. 45 Finknaerne) scheinen freilich zum Gunsten des jüngeren Alters der Fjordinnen zu sprechen, weil die völlige Abwesenheit eines Einschnittes der Uferplattform in den offen liegenden Bergwänden der Fjordinnen etwas unwahrscheinlich wäre, wenn die Fjordinnen schon zu Zeit der Bildung der Abrasionsplattform vorhanden waren. Es fällt mir aber vor, als ob die genannten Profile zu schematisch sind, um Schlüsse dieser Art zu erlauben. An dem Wegaprofil fehlt in diesem Bild der vollkommen deutliche, wenn auch recht schmale Streifen der Küstenplattform, welcher in der Wirklichkeit an der Westseite der Insel auftritt.

lässt. Die in dieser Weise gedeuteten Vorsprünge können vielleicht nur zufällige Formen sein oder auch mit den auf S. 50 beschriebenen, unter dem Talus gebildeten Vorsprünge identisch sein. In anderen Fällen hat vielleicht die postglaziale marine Abrasion unter günstigen Bedingungen Abrasionsterrassen skulptieren können, die grössere Dimensionen als die gewöhnlichen nacheiszeitlichen Uferlinien erreichen. Eine solche Terrasse von jedoch recht bescheidener Grösse hat sich in dem Granit von Torg-hatten auf etwa 120 m Höhe gebildet und tritt an der Fig. 4 ganz deutlich im Niveau des berühmten, gleichzeitig gebildeten Loches des Berges hervor. In diesem Falle ist es leicht, das nacheiszeitliche Alter zu erkennen. Schwieriger ist es, die nacheiszeitliche Abrasion von der älteren an solchen offen liegenden Inseln auseinanderzuhalten, wo der postglaziale Niveauwechsel, wie es z. B. der Fall ist mit den äussersten Inseln von Lofoten, sehr klein gewesen ist und die postglaziale Abrasion deshalb während viel längerer Zeit in etwa demselben Niveau wie die Abrasion der grossen Küstenplattform gewirkt hat (vgl. Fig. 1 u. 2). —

Auf der Karte zu seiner Arbeit über die Küstenplattform hat REUSCH (1) die Plattform an mehreren Stellen im Inneren der Fjorde und in einer vor den Brandungen ganz geschützten Lage ausgezeichnet, so z. B. im Hardangerfjord, im Trondhjemsfjord (zwischen Stadsbygden und Örlandet), im inneren Teil des Namsenfjords und in den Fjordstrassen zwischen Ofoten und Tromsö. Auch J. H. L. VOGT (3) meint sich in ähnlichen Lagen, die Küstenplattform verfolgen zu können. So sieht er in den engen Passagen, welche das Lofotenmassiv zu einem Archipelag zerteilen, Durchbrüche, welche »die ursprünglich zusammenhängende Felsenkette an vielen Stellen völlig durchquert und durchlöchert haben«. Diese »Querschläge« würden demnach Gegenbilder im riesigen Maassstab zu den Durchbrüchen sein, welche die nacheiszeitlichen Meeresbrandungen an mehreren Bergrücken der westnorwegischen Küste ausmodelliert haben.

Ich habe zu wenig Gelegenheit gehabt, die genannten Fjordstrecken zu studieren, um mich eine ganz bestimmte Meinung über diese angeblichen Ausbildungsformen der Abrasionsplattform zu machen. Was ich in dem Trondhjemsfjord, im Namsenfjord und auf Lofoten davon gesehen habe, hat mich aber nicht geneigt gemacht, dort das Vorhandensein einer so situierten Abrasionsplattform anzunehmen. Die als eine solche bezeichneten niedrigen Uferstrecken treten erstens ganz unmotiviert mit recht grosser Breite an einigen Stellen im den Fjorden auf, während sie ebenso unmotiviert an anderen Stellen ganz fehlen (z. B. in verschiedenen Teilen des Namsenfjords). Zweitens sind sie mehr hügelig und von mehr wechselnder Höhe als die typische Küstenplattform; und drittens scheinen diese niedrigen Säume am Fusse der Bergwände zu grossem Teil aus quartären Aufschüttungsmassen gebildet zu sein (z. B. zwischen Hol und Borge auf Westwaagö in Lofoten). In so fern diese niedrigen Ufersäume und Landspitzen aus festem Fels bestehen, scheint es mir angenommen werden können, dass sie Reste der alten hinabdenudierten Landfläche seien, in

welche die marine Abrasion einsetzte. Wie ich schon oben (S. 55) auseinandergesetzt habe, kann diese Landfläche, wo sie nur wenig über das Niveau der Küstenplattform reicht, nicht immer leicht von dieser abgegrenzt werden.

Gegen das Auftreten der Küstenplattform in den Fjorden und überhaupt in geschützter Lage kann ausserdem angezogen werden, dass die Plattform, wo sie in ganz deutlicher Ausbildung und Abgrenzung zu sehen ist, eine gegen das Meer offene Lage hat und dass von ihr in der Regel nichts zu sehen ist an Küstenstrecken, wo voranliegende Inseln den Zugang der Meeresbrandungen abgesperrt haben. Dies Verhältnis ist schon an den topographischen Karten recht gut abzulesen; ich nenne als Beispiele die Blätter *Dønna*, *Lurøy*, *Meløy*, welche auch deshalb zu diesem Zweck geeignet sind, weil sie Küstenpartien enthalten, die sich nur wenig über das Niveau der Abrasionsplattform erheben und bei einer mehr summarischen Betrachtung mit dieser verwechselt werden können.

Was das angebliche Vorkommen der Küstenplattform in den Festlandsfjorden betrifft, ist noch ein Umstand zu beachten. Da der Landeis die Küstenplattform in ihrer ganzen Ausdehnung überschritten hat, ist es offenbar, dass diese Fjorde nach dem Ausskulptieren der Plattform von mächtigen Gletscherströmen aufgenommen gewesen sind, welche wohl so weit umgestaltend auf die Fjordtopographie gewirkt haben dürfen, wenn sie überhaupt dieselbe beeinflussen können, dass sie die eventuell vorhandenen Abrasionsterrassen der Küstenplattform ausgewischt haben mussten; Zu bemerken ist auch, dass das Eis in den Fjordtälern kräftiger als auf der äusseren Küstenplattform erodiert haben muss, teils weil er in jenen viel stärkere Bewegung gehabt hat, teils auch weil er während bedeutend längerer Zeit dort als weiter nach aussen gewirkt hat. Auch wenn man die glaziale Erosion in den Fjordtälern nicht hoch schätzt, ist es unverständlich, wie z. B. die zu der Küstenplattform gerechneten Landspitzen an der Mündung des *Leirfjordes* (65° n. Br.), welche aus lockeren Schiefeln und Kalksteinen bestehen, nicht durch das über sie hervorgepresste Eis abgetragen worden sind. Es scheint mir deshalb, als ob diese Landspitzen und andere ähnliche Vorsprünge in den Fjorden nur zufällig mit der Küstenplattform koinzidieren und dass sie Reste der schon vor der Bildung der Küstenplattform tief hinabdenudierten Landoberfläche sind. REUSCH hat auch in seiner Beschreibung der niedrigen Vorsprünge und Landzungen im Hardangertjord (N. G. U. Aarb. 1900, 5. 189 u. f.) diese nicht zu der Küstenplattform gerechnet, sondern sie als Reste einer Talsohle betrachtet, welche zur Zeit der Bildung der Küstenplattform von den gleichzeitigen Flüssen eingenommen wurde. Diese Auffassung ist aber kaum haltbar, wenn die Fjordtäler, wie ich meine, schon vor der Küstenplattform modelliert waren. Dagegen können vielleicht diese Talleisten Relikte der noch älteren Talsohlen sein, welche vor der grossen tertiären Landhebung existierten.

Die Breite der Küstenplattform.

Einige Bemerkungen über die Breite der Küstenplattform möchten hier Platz finden. Die Abgrenzung der Plattform nach aussen, gegen den kontinentalen Sockel, kann natürlich nicht so leicht wie die innere Grenze derselben verfolgt werden, da jene submarin ist. VOGT schätzt die Tiefe des äusseren Randes zu etwa 30—40 m, während sie nach NANSEN in der Regel nicht 20 m überschreitet. Der Abfall gegen den äusseren Sockel wird von NANSEN im Durchschnitt zu 1 : 6 oder 10° angegeben, mitunter auch etwas mehr. Da die Beschaffenheit des Aussenrandes für die in diesem Aufsatz behandelten Fragen von untergeordneter Bedeutung ist und da ich ausserdem nicht Gelegenheit gehabt habe, denselben näher zu studieren, soll er nicht hier in die Diskussion eingezogen werden. Es mag genügen, die im ganzen nicht sehr differierende Lage desselben, wie sie von NANSEN (4) und J. H. L. VOGT (2 u. 3) angegeben wird, als Ausgangspunkt für die Bestimmung der Breite der Plattform zu nehmen. NANSEN setzt die Breite in Finnmarken zu 5 bis 12 km und in Lofoten, Westeraalen und Senjen zu 7 bei 8 km. VOGT gibt für die Aussenseite von Lofoten 8 bis 15 km, und für der Helgelandküste 40 bis 50 km an. Als eine bemerkenswerte Tatsache mag der grosse Wechsel in der Breite an benachbarten Küstenpartien hervorgehoben werden. So ist die Breite am Südennde von Hindö in Lofoten mehrere km, während sie an den gleich offen liegenden benachbarten Lilla Molla und Skraaven höchstens einige hundert m erreicht. Derartige Unterschiede können vielleicht aus der verschiedenen Widerstandsfähigkeit der Gesteine und aus der verschiedenen Höhe der wegabradierten Massen erklärt werden (vgl. S. 53) und ich werde mich nicht damit aufhalten. Dagegen mögen einige Worte über die sehr grossen Breiten gesagt werden, die VOGT (2) für Helgeland und Nordland angibt. Auch wenn man nicht mit VOGT annimmt, dass diese ausserordentlich breite Plattform in einer zusammenhängenden mächtigen Gebirgsmasse ausmodelliert werden ist, sondern dass die Denudation schon vorher das meiste weggeführt hatte, und ausserdem noch in Betracht zieht, dass die Gesteine z. T. vergleichmässig wenig widerstandsfähig sind, muss eine marine Abrasionsfläche von dieser Breite, die in einer geologisch nicht sehr langen Zeit ausgegraben worden ist, sehr sonderbar erscheinen. Dieses Maass von 40 bis 50 km gibt aber, wie es mir scheint, eine unrichtige Vorstellung von den wirklichen Dimensionen der Küstenplattform. Es könnte richtig sein, wenn man mit VOGT annimmt, dass die Tiefenbecken und Fjordrinnen, welche die Küstenplattform durchziehen, jünger als diese sind. Wenn aber die Küstenregion, wie ich im Vorhergehenden darzutun gesucht habe, schon vorher stark aufgeschnitten und gegliedert war, und bei der Transgression des Meeres sich z. T. in weit getrennte Inseln und Inselgruppen auflöste, an welche die marine Abrasion einsetzte, so ist es deutlich, dass man die Breite der Küstenplattform nicht von ihrem

inneren Rand am Festlande bis über die äusserste Scheerenzone hin zu messen darf, sondern dass sie wie ein schlingelnder Saum die getrennten Inselgruppen umrahmt oder auch sie ganz demoliert hat. Alle hinreichend frei liegende Inseln oder Inselgruppen haben, mit anderen Worten, ihre eigene Küstenplattform, deren Breite durch den kürzesten Abstand zwischen dem Innerrand und dem Aussenrand (oder der 30 m. Tieflinie) angegeben werden dürfte. In vielen Fällen ist die Insel, bzw. Inselgruppe vollständig abradirt worden; die Breite der Küstenplattform würde dann eigentlich nicht ohne weiteres über das ganze Gebiet gerechnet werden, sondern würde richtiger, wenn die zentralen Teile desselben bis gegen die normale Höhengrenze des Innerrandes der Plattform (an der Helgelandsküste 30 bis 40 m über das Meer) reichen, von diesen Teilen nach aussen angegeben werden. Ein Beispiel aus den südlichsten Lofoteninseln mag dies illustrieren. Wie aus der Karte Th. VOGT's (5) zu sehen ist, kommen noch vereinzelte Abrasionsreste oder Monadnocks¹ dort vor, welche es erleichtern, die östliche und die westliche Abrasionsfläche auseinander zu halten. Wenn diese Relikte ganz der Abrasion heimgefallen wären, würden aber die beiden Flächen so zusammenfliessen, dass sie, mit der Betrachtungsweise J. H. L. VOGT's, als eine einzige bezeichnet werden möchten. Dies würde aber ein unrichtiges Bild von der Arbeitsleistung der Abrasion geben, indem zwei gleichzeitig, von verschiedenen Seiten ausmodellierten Flächen zusammengenommen werden und als Maass für die Abrasion angegeben werden.

Zusammenfassung und Schlussbemerkungen.

Aus obigem Versuche zu einer Analyse der Morphologie der westnordischen Küstenplattform und aus den übrigen Daten, welche in früheren Arbeiten über dieselbe eingehalten sind, scheinen mir folgende Schlüsse gezogen werden können.

Die Küstenplattform ist eine marine Abrasionsfläche, nicht eine durch tektonische Bewegungen im Verhältnis zu den über sie aufragenden Inseln und Küstenstrecken gesenkte, alte peneplanierte Denudationsfläche.

Der im allgemeinen gut hervortretende Knickpunkt am inneren Rande der Plattform und die geringe nachherige Umgestaltung und Denudation ihrer Oberfläche zeigen, dass die Auskultpierung der Plattform nicht präquartär ist.

¹ VOGT schlägt vor, den Term »Monadnock« nicht für die Abrasionsrelikte zu brauchen, sondern dafür das in der Gegend gebrauchte Wort »Nyk« in die Literatur einzuführen. »Monadnocks« würden demnach für Denudationsrelikte eines Peneplans reserviert werden. Diese Distinktion scheint mir indessen überflüssig und ausserdem nicht ganz zweckmässig, da es oft eintritt, dass Ungewissheit und Meinungsverschiedenheiten vorkommen, ob man mit einem Peneplan oder einer marinen Abrasionsfläche zu tun hat.

Die Fjordrinnen, welche die Küstenplattform durchziehen, sind ältere Züge in der Topographie und haben die Arbeit der Abrasion im hohen Grade erleichtert.

Die norwegische Küstenregion war schon vor der Ausskulptierung dieser Abrasionsfläche durch Denudation und Erosion stark zerteilt und erniedrigt; die jetzt über die Plattform aufragenden Berge und Bergkomplexe waren dadurch schon zu wesentlichen Teilen herauspräpariert und können deshalb keineswegs als Maasse für die damalige mittlere Höhe der Region und für die durch die marine Abrasion weggeführten Massen dienen.

Aus dem vorigen Schluss folgt auch, dass es eine unrichtige Vorstellung von dem Betrag der marinen Abrasion gibt, wenn man die Breite der Abrasionsfläche ohne weiteres von der äussersten Scheerenregion bis zu dem innersten Rande am Festlande rechnet, da die isoliert und gegen die Brandungen offen liegenden Scheerengruppen und Inseln ihre eigenen Küstenplattformen haben, die durch zwischenliegenden Meeresflächen und Tiefrinnen von einander und von der Küstenplattform des Festlandes getrennt sind.

Der Betrag der marinen Abrasion wird nach der angeführten Betrachtungsweise sowohl betreffs der Breite der Abrasionsfläche als der Mächtigkeit der weggeführten Massen ausserordentlich viel geringer als ihn J. H. L. VOGT aus dem von ihm angenommenen Ausgangspunkt aus berechnet hat.

Das Auftreten von höheren Abrasionsflächen an der norwegischen Westküste scheint bis jetzt nicht genügend bewiesen zu sein und allerdings spielen solche Flächen in keiner Weise eine hervortretende Rolle in der Morphologie der Küstenregion. Auch scheint es zweifelhaft, ob die grosse Küstenplattform in die Fjorde hinein verfolgt werden kann oder überhaupt in Lagen auftritt, wo die Brandung nicht Zutritt gehabt hat.

In typischer und unzweideutiger Ausbildung ist die Küstenplattform nur in gegen das Meer offener Lage entwickelt, was dafür spricht, dass Wellenschlag und Brandungen das nötige Werkzeug bei ihrer Ausskulptierung gewesen sind. Damit ist nicht die Möglichkeit ausgeschlossen, dass Frostzersprengung, Meeresströmungen und schwimmender Eis mitwirkende Faktoren gewesen sein können.

Wenn die quartären Niveauveränderungen in Nordeuropa auf wechselnde Belastung und Entlastung durch Bildung und Abschmelzung der Landeise zurückzuführen sind, wie aus den Höhenverhältnissen nacheiszeitlicher Uferlinien geschlossen wird, so muss andererseits die gleichmässige Meereshöhe der hier behandelten Küstenplattform es wahrscheinlich machen, dass sie zu einer Zeit oder zu Zeiten gebildet worden ist, da derartige Ursachen zu kontinentalen Niveauveränderungen in dieser Küstenregion keine Rolle spielten. Dies bedeutet, mit anderen Worten, dass Vereisungen und ihre isostatische Nachwirkungen damals keinen Einfluss auf die Niveauverhältnisse der Region gehabt haben.

Das Alter der Küstenplattform im Verhältnis zu den übrigen morphologischen Zügen der norwegischen Küstenregion kann in Übereinstimmung mit der hier versuchten Deutung folgendermassen angegeben werden.

Während der Tertiärzeit wurde, bei einer abnormen Höhenlage, Westnorwegen und die dazu gehörige jetzige Küstenregion tief erodiert; die jetzigen Fjorde und Tiefrinnen ausserhalb der Küste markieren die Flusstäler dieser Höhenperiode. Sie sind später, und vielleicht hauptsächlich vor der Bildung der Küstenplattform, durch Glazialerosion umgestaltet und übertieft worden. Nach einer Senkung trat die langdaurige Stillstandslage ein, während welcher die Küstenplattform eingeschnitten wurde und die dabei abradierten Massen sich in den benachbarten Tiefrinnen anhäuften. Bei einer folgenden Vergletscherung, welche die ganze Plattform überflutete, wurde diese nur wenig glazialerodiert, so dass sie nach dem Verschwinden des Eises noch mit voller Deutlichkeit erhalten war und auch deutlich die Lage des Knickpunktes zeigte, von welchem die Bergwände nur ein wenig zurückgetreten waren, dabei einen kleinen Vorsprung zurücklassend, der durch das Wegführen der Talusbildungen entblösst worden war.

Ein nähere Fixierung der Bildungszeit und der Bildungsweise, als hier skizziert worden ist, dürfte erst nach mehr ausgedehnten und mehr systematischen Untersuchungen zu erzielen sein.

Literatur.

1. H. REUSCH. Strandfladen ett nyt træk i Norges Geografi. Norges Geol. Undersökn. N:o 14 (1892—93). Christiania 1894.
2. J. H. L. VOGT. Søndre Helgeland. Norges Geol. Undersökn. N:o 29. Christiania 1900.
3. J. H. L. VOGT. Über die schräge Senkung und die spätere schräge Hebung des Landes im nördlichen Norwegen. Norsk Geol. Tidsskr. Bd. 1. Kristiania 1907.
4. FRIDTJOF NANSEN. The Norwegian North Polar Expedition 1893—1896. Scientific Results. Vol. IV. Christiania 1904.
5. THOROLF VOGT. Landskapsformerne i det Ytterste af Lofoten. Det norske geografiske Selskaps aarb. 1911—1912. Christiania 1912.
6. ANDR. M. HANSEN. Om strandflaten. Arch. Matem. og Naturvid. Vol. XVII. N:o 5. Christiania 1894.
7. ANDR. M. HANSEN. Menskeslægtets Aelde. Kristiania 1898.
8. E. RICHTER. Reisebeobachtungen aus Norwegen. Sitzber. d. Akad. d. Wissensch. Wien 1896.
9. GERARD DE GEER. Kontinentale Niveauveränderungen im Norden Europas. XI Congrès Géologique International 1910. Compte Rendu. Stockholm 1912.
10. J. J. SEDERHOLM. Über Bruchlinien mit besonderer Beziehung auf die Geomorphologie von Fennoskandia. XI Congrès Géologique international 1910. Compte Rendu. Stockholm 1912.

Gedruckt ²⁸/₅ 1913.