

Sie selbst kennen nicht den Ursprung dieser Bauwerke, welche die einzigen Ueberreste einer längst entschwundenen Cultur-Epoche der Carolinen-Inseln bilden.

Ueber erodirende Meeresthätigkeit.

Von **Bernhard Jülg**, k. k. Linienschiffsfähnrich.

(Schluss.)

Es ist einleuchtend, dass dieser mächtige, in regelmässigen Perioden sich wiederholende Anprall der See im Laufe der Zeit gewaltige Veränderungen in der Ufergestaltung hervorbringen musste: insbesondere macht er sich an jenen Küsten geltend, wo zwei von verschiedener Seite kommende Fluthwellen zusammentreffen, wenn diese Küsten Festlandinseln am Rande grosser Meere angehören. Die äusserst interessanten Untersuchungen von Capitän Beechey¹⁴⁾ haben dies für die Küsten des südwestlichen England und der Bretagne dargethan. Wenn auch die Behauptung Leipoldt's,¹⁵⁾ dass der trichterförmige Bristol-Canal in erster Linie dem Andränge der Fluthwelle seine Entstehung verdanke, etwas gewagt erscheint, so lässt sich dennoch nicht läugnen, dass eben an jenen Küsten die Fluth im Vereine mit den weit mächtigeren meteorologischen Factoren gewaltige Zertrümmerungen hervorgebracht hat. Hugo Lentz gibt in seinem ausgezeichneten Buche über „Fluth und Ebbe“ pag. 39—41 über die Flutherscheinungen im Bristol-Canal nähere Daten, ebenso bietet uns Elisée Reclus in seinem grossen Werke „La terre“ in der ihm eigenen, fesselnden Darstellung (II. Theil, pag. 134) ein anschauliches Bild jener immensen Wirkungen.¹⁶⁾ Aehnliche Verhältnisse wie bei England müssen auch bei anderen grösseren Festlandinseln an den Rändern von Meeren mit starker Tidenbewegung statthaben.

Ebenso wie die Fluth häufig Geröll- und Sandmassen an den Küsten absetzt, nimmt die rückkehrende Ebbe Material von den-

¹⁴⁾ F. W. Beechey. Report of Observations made upon the Tides in the Irish Sea. Phil. Trans. 1851 und Report of further Observations upon the Tidal Streams of the North Sea and English Channel.

¹⁵⁾ Peschel-Leipoldt. Phys. Erdkunde. I. Band, pag. 434.

¹⁶⁾ Vgl. Herschel. Treatise on Astronomy, pag. 339: „Even at Bristol, the difference of high and low water occasionally amounts to 50 feet“ und T. G. Bunt, Discussion of Tidal Observations at Bristol. Phil. Trans. 1867.

selben und entführt es oft weit seewärts; der Boden aller Randmeere gibt Zeugnis von dieser nivellirenden Thätigkeit. Vor jeder Küste lagern sich je nach ihrer Schwere die Geröll- und Sandmassen ab und bilden unter Umständen allmählich dem Ufer parallele Terrassen ohne steile Böschungswinkel, wie es von Graf Pourtalès und den Officieren des Coast-Survey der Vereinigten Staaten Kriegsmarine für Florida festgestellt wurde. Man hat der bis in die Tiefe reichenden oscillatorischen Tidenbewegung selbst noch am Meeresgrunde so bedeutende Machtentfaltung zugeschrieben, dass sie im Stande wäre, in seichteren Meeren und Canälen ganze Rinnen zu graben: Mellard-Readé¹⁷⁾ wollte dies speciell für die englischen Meere nachgewiesen haben, die Tiefenverhältnisse anderer Randmeere erlauben jedoch auch den Schluss, dass dergleichen Spalten durch den geotectonischen Bau der Küste allein erklärt werden können.

Wenn sich unter besonders günstigen Umständen starke Wind- und Fluthwellen vereinen, oder wenn namentlich zur Zeit von Springtiden ein ausserordentlich heftiger und andauernder, weit über See kommender Sturm gegen eine Seeküste prallt, dann können jene furchtbaren Ueberschwemmungen entstehen, von denen so manches Flachgestade zu erzählen weiss. Die Sturmfluth verwandelt dann weite Strecken Landes in tiefe Buchten und oft fallen ihr blühende Kulturstätten zum Opfer. Welche furchtbaren Verheerungen Sturmfluthen über die Küsten bringen und wie tief greifend die Veränderungen sein können, welche dieselben an den Gestaden hervorrufen, davon gibt es in den Annalen beinahe jeder Flachküste der traurigen Beispiele genug. Ich erwähne hier nur die Ueberschwemmung vom 1. November 1170 in Holland, welche alles Land zwischen Texel, Stavoren und Medenblyk verschlang und die Insel Wieringen bildete. In den Jahren 1232, 1242 und 1387 fanden an den holländischen und friesischen Küsten mehr als 200.000 Menschen ihren Tod in den Wellen, der Einbruch des Meeres bildete die Zuyder-See,¹⁸⁾ an deren Trockenlegung erst wieder in unseren Tagen gearbeitet wird. Die Küsten der Ostsee wurden innerhalb des Zeitraumes 1320—1874 durch 48 grössere Sturmfluthen verheert, welche daselbst namhafte Umwälzungen der

¹⁷⁾ Peschel-Leipoldt. Phys. Erdkunde I. Band, pag. 435 und Nature. Vol. IX. 1874.

¹⁸⁾ Mittheilungen der k. k. geogr. Gesellschaft 1870, pag. 249—265. Fr. v. Hellwald „die Zuyder-See.“

Uferlinien hervorbrachten.¹⁹⁾ Am schrecklichsten wirkte die Sturmfluth vom 12. und 13. November 1872, bei der alle jene Momente, welche den Spiegel der Ostsee bedeutend zu erhöhen im Stande sind, zusammenwirkten, nämlich Dauer, Stärke und Richtung des Windes. Ich verweise bezüglich der Schilderung derselben auf die detaillirten Berichte von Hugo Lentz in seinem Buche „Fluth und Ebbe“ pag. 126–132 und auf die Schrift von Geh. Baurath O. Baensch: „Die Sturmfluth an den Ostseeküsten des preussischen Staates vom 12. und 13. November 1872.“²⁰⁾ Furchtbare Zerstörungen brachten die Fluthen der Jahre 1066 (Erweiterung des Jahdebusens), 1277 (Bildung des Dollart), 1792, 1793 und 1825 (Nordbrabant, Gelderland, Overijssel und Friesland) über die Küsten der Nordsee. Ein grosser Theil Hollands wäre wohl längst schon ein Raub der zerstörenden See, wenn nicht der Niederländer alle Mittel der Baukunst in Errichtung von Dämmen und Deichen aufwenden würde, um sein Land zu schützen. Ein Blick auf die Karte des südlichen Theiles der Nordsee belehrt uns, dass einst die jetzigen, dem Untergange preisgegebenen friesischen Inseln den alten Küstenrand Deutschlands und Hollands gebildet haben müssen.

Aber noch viel grauenvoller als diese Fluthen hausen die gewaltigen Drehstürme der Tropen. Während der Cyklone von Backergunge und Chittagong in Bengalen, Ende October 1876, wurde in den Deltalandschaften des Brahmaputra und Ganges ein Gebiet von 141 deutschen Quadratmeilen überschwemmt, mehr als 200.000 Menschen ertranken in den plötzlich in finsterner Nacht hereinbrechenden Wogen des Oceans! Das Wasser erreichte durchschnittlich eine Höhe von 4 m, stellenweise 8, ja sogar 12 m.²¹⁾ Nahezu ebenso furchtbar war 1780 der sogenannte „grosse Orkan“

¹⁹⁾ Dr. C. Ackermann. Beiträge zur physischen Geographie der Ostsee, pag. 211.

²⁰⁾ Vgl. Ackermann, pag. 213–221 und die treffliche Arbeit von Prof. Dr. A. Colding: „Nogle Undersøgelser over Stormen over Nord- og Mellem-Europa af 12de—14de Nov. 1872 og over derved fremkaldte Vandflod i Østerrøen. Kjöbenhavn 1881.“

²¹⁾ Vgl. J. Elliot Storms in Bengal during the year 1876. Indian Meteorological Memoirs Vol. I. Part II. pag. 119–145. Calcutta 1878 und Report of the Vizagapatam and Backergunge Cyclones of Oktober 1876. Calcutta 1877 — Section III. Cap. V., ferner Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie. XII. Band, pag. 81–87.

von Barbados.²²⁾ Er umfasste das Gebiet der Antillen, zog durch den mexikanischen Golf und endete nördlich der Bermudas, nachdem er mehrere Flotten der Engländer und Franzosen vernichtet hatte. In St. Pierre, der Hauptstadt von Martinique, stieg die Sturmfluth auf 8 Meter und zerstörte alles.

Jeder Orkan erzeugt in seinem Wirbel schwere Kreuzseen, insbesondere im Centrum desselben entfaltet sich der Wellenschlag zu voller, mächtiger Höhe; aber von diesen gewaltigen Wogen ist die meilenbreite Cyklonenwelle zu unterscheiden, die als Folge der intensiven Luftdruckabnahme im ganzen Sturmfelde entsteht; gelangt diese vom Ocean in allmählig sich verengende Baien, so erreicht sie durch Stauung oft bedeutende Höhe und bewirkt jene entsetzlichen Katastrophen, von denen früher einige Beispiele gegeben wurden.

Neben den durch die meteorologischen Vorgänge und die kosmischen Einflüsse erzeugten Wellen, welche ihre modellirende Thätigkeit auf die Ränder der Meere ausüben, erscheinen hie und da, jedoch ungleich selten, aber mit der verheerendsten Gewalt Wellenzüge, welche ihre Entstehung tektonischen oder vulkanischen Erderschütterungen zu verdanken haben. An den Küsten erfolgt dann meistens ein plötzlicher Rückgang des Wassers, der ebenso rasch eine Fluthwelle nach sich zieht. Während Schiffe auf hoher See wegen der enormen Wellenlänge nur die erste oder primäre Stosswelle und nicht die nachfolgenden secundären Wellen eines Seebebens fühlen, ist dagegen die Wirkung derselben an den Küsten geradezu jeder Beschreibung spottend, denn die mit kolossaler Gewalt bis auf den Meeresgrund in Aufruhr versetzte Wassermasse bricht sich, alles zerstörend und zertrümmernd, mit ausserordentlicher Kraft an den Ufern. In dieser Beziehung ist das weitverbreitete Erdbeben von Lissabon im Jahre 1755 lehrreich: in

²²⁾ Maury. Physical geography of the sea. London 1874, pag. 63. „The great hurricane“ of 1780 commenced in Barbadoes. In it the bark was blown from the trees, and the fruits of the earth destroyed; the very bottom and depths of the sea were uprooted, and the waves rose to such a height, that forts and castles were washed away, and their great guns carried about in the air like chaff; houses were razed; ships wrecked; and the bodies of men and beasts lifted up in the air and dashed to pieces in the storm. At the different islands not less than 20.000 persons lost their lives on shore, while farther to the north, the „Stirling Castle“ and the „Dover Castle“, British men-of-war, went down at sea and 50 sails were driven on shore at the Bermudas.“ Vgl. auch H. W. Dove. Das Gesetz der Stürme. Berlin 1873, pag. 181.

Europa wurden von demselben namentlich die spanischen, englischen und schwedischen Küsten, in Amerika einzelne westindische Inseln davon heimgesucht. Die Wellenhöhe betrug bei Lissabon 16. bei Cadix 20 Meter über der normalen, mehr als 60.000 Menschen fanden damals den Tod. Bekannt ist das grosse Erd- und Seebeben von Simoda in Japan, das am 23. December 1854 stattfand. Die eindringenden Fluthwellen zerstörten die ganze Stadt, kenterten und zertrümmerten schliesslich die dort verankerte russische Fregatte „Diana“. ²³⁾ Die grössten bisher beobachteten Erdbebenwellen waren die des Erdbebens von Lima im Jahre 1586 mit 27 Metern. Capitän zur See, Mensing I., Commandant der kaiserlich deutschen Corvette „Prinz Adalbert“ berichtet, dass die Fluthwelle in Folge des Krakatoa - Ausbruches am 27. August 1883 bei Anjer eine Höhe von 12—15 *m* während ihrer dreimaligen Wiederkehr erreicht habe.

Ausser den verschiedenen Arten von Wellenbewegung, deren Wirkungen auf das Festland im vorhergehenden charakterisirt wurden, ist das Meer auch horizontal fortschreitenden Bewegungen unterworfen, welche man Strömungen nennt. Dieselben sind für die klimatischen Verhältnisse der Gestadeländer von unendlicher Wichtigkeit und nachdem sie häufig einen bedeutenden Einfluss auf die Wärmevertheilung, den Luftdruck, die vorherrschende Windrichtung, den Feuchtigkeitsgrad der Luft, kurz auf den Gang sämtlicher meteorologischen Elemente ausüben, daher wieder vielfach Ursache von Gleichgewichtsstörungen der Atmosphäre sind und somit Veranlassung zur Wellenbildung geben, so wäre ihr Verlauf schon aus diesem Grunde allein für die Gestaltung der Uferlinien von eminenter Tragweite: aber es ist nicht nur diese gleichsam vermittelte Aeusserung ihrer Thätigkeit, sondern auch ihre directe erodirende Kraft, welche als selbständig modellirender Factor der Küste auftritt. Wenn auch die Wirkungen der Meeresströmungen in den seltensten Fällen plötzliche sind, so muss man dennoch ihrer constanten ruhigen Action die grössten Umwälzungen in der Küstengestaltung zuschreiben. Wohin wir auch in der Natur blicken mögen, überall erkennen wir deutlich und klar, jenes Gesetz, nach welchem die grossartigsten Veränderungen nicht Folgen spontaner kolossaler Kraftäusserungen, sondern vielmehr Consequenzen der während langer Zeiträume einwirkenden

²³⁾ Maury. Physical Geography of the sea. pag. 4 und 5.

stetigen und mässigen Naturkräfte sind. Ist eine Kraft auch an und für sich ungenügend, um eine Bewegungserscheinung hervorzubringen, so versetzt sie dennoch das angegriffene Object in eine gewisse Spannung, verleiht ihm die Tendenz mit umso grösserer Geneigtheit eine Veränderung seines Zustandes einzugehen. Durch dergleichen beharrlich fortgesetzte Angriffe mögen die an den Festlandrändern nagenden und reibenden Meeresströmungen nicht wenig dazu beigetragen haben, dass die Südausläufer der Contiente ihre dreieckförmige Gestalt erhielten, denn an den Ostseiten derselben laufen die Strömungen von Nord nach Süd, an den Westseiten von Süd nach Nord. Ebenso äussert sich die transportirende Kraft einer Meeresströmung an allen jenen Stellen, welche ihrem directen Angriffe ausgesetzt sind, durch beständiges Abnagen der Küsten und Verschleppen der Erosionsproducte in andere Gewässer. Der Ocean ringt allenthalben nach Nivellirung der Erdoberfläche, die Zerstörung der Küsten schreitet stetig fort und je grösser dadurch die angegriffene Uferstrecke wird, je mehr diese an innerer Consistenz einbüsst, desto grösser muss auch der Reibungsverlust am Gestade sein. Die transportirende Kraft einer Strömung ist eine Function ihrer Geschwindigkeit und der bewegten Masse. Meeresströmungen, denen eine intensive lebendige Kraft innewohnt, wie der Golfstrom oder der Kuro-Siwo haben auch bedeutende Resultate der Küstenzerstörung aufzuweisen. So zeigen die West- und Ostküsten der britannischen Inseln ein ganz verschiedenes Gepräge, erstere sind dem directen Anpralle der gewaltigen Massen des Golfstromes preisgegeben, welche schon längst die von den amerikanischen Gestaden mitgeführten Geschiebe während ihres Laufes über den Ocean abgesetzt haben, sie besitzen tief eingeschnittene Buchten, Häfen, welche nicht der Versandung unterworfen sind; die Ostküsten hingegen leiden weniger unter den zerstörenden als vielmehr unter den aufbauenden Wirkungen dieses mächtigen oceanischen Flusses und so sehen wir, dass die einzelnen granitischen Inselkerne, aus welchen England zusammengefügt ist, einem allmäligen Verfall gegen Osten hin, der Nordsee zu, entgegengehen.

Die Küstengestaltung, wie sie sich unserem Auge in der Gegenwart darbietet, ist zum grossen Theile das Gesamtproduct der soeben im einzelnen dargelegten Wirkungen aller modellirenden Factoren des Meeres, freilich darf dabei nicht übersehen werden, dass auch andere mächtige Einflüsse, welche hier nicht

in den Kreis der Betrachtung gezogen werden können, von hervorragender Wichtigkeit für den Bau der Festlandränder sind. Zu diesen gehören vor allem die secularen Schwankungen der Erd-festen, welche im Stande sind, häufig die Spuren der Meeres-thätigkeit zu verwischen oder über die Macht derselben zu täuschen.²⁴⁾ Ebenso dürfen wir auch die Action der atmosphäri-schen Kräfte und ihre Begleiterscheinungen, wie Niederschläge etc. nicht unterschätzen.

Die Zerrüttung der Ufer wird überall da am weitesten vor-geschritten sein, wo mehrere der oben genannten Factoren zu-sammenwirken oder einer derselben in umso grösserer Stärke auf-tritt. Nachdem die Kraft der Wogen hauptsächlich eine Function des Windes ist, so werden wir die mächtigsten Zertrümmerungen an den Küsten da zu suchen haben, wo die Winde ihre grösste Gewalt frei entwickeln können. Die Windvertheilung auf der Erd-oberfläche ist aber von der Luftdruckvertheilung und diese von der Wärmecirculation und Erdrotation abhängig. Die Lage der Pleio- und Meiobaren und deren Verschiebung gegeneinander bedingt nach den grundlegenden Forschungen von Ferrel, Coffin und Buys-Ballot die herrschende Windrichtung.

Es wird daher von grossem Interesse sein, die Bahnen der barometrischen Minima über den Oceanen zu verfolgen, weil dieselben den wesentlichsten Einfluss auf die Windverhält-nisse eines Ortes ausüben. Die Centren der cyclonalen Wind-systeme, wie wir sie in den synoptischen Wetterkarten²⁵⁾ von Tag zu Tag verfolgen können, schreiten auf ihren ostwärts ge-richteten Bahnen meist auf gewissen Linien vor, welche mittlere Zugstrassen der barometrischen Minima genannt werden. Köppen unterscheidet in seiner werthvollen Abhandlung²⁶⁾ über den Gang

²⁴⁾ Vgl. R. Credner, die Delta's in Petermann's Mittheilungen 1878, Erg.-Heft 56 und Dr. F. G. Hahn, Untersuchungen über das Aufsteigen und Sinken der Küsten. Leipzig 1879.

²⁵⁾ Vgl. Cpt N. Hoffmeyer, Etudes sur les tempêtes de l'Atlantique septentrional. Kopenhagen 1880, pag. 7 ff. — Tägliche synoptische Wetterkarten herausgegeben vom kön. dän. meteorologischen Institute und der kaiserlich deutschen Seewarte. — Ueber „Ocean Storm Tracks“ und „Showing Tracks of Centres of Low Barometer“ siehe in Annual Report of the chief Signal Officer and in Monthly Weather Review. Washington. War Department.

²⁶⁾ Dr. W. Köppen, Ueber die Häufigkeit und die mittleren Zugstrassen barometrischer Minima. Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie, 17. Band, pag. 257 Annalen der Hydrographie 1882, pag. 336; Atlas des at-

der Minima im Nordatlantic Strahlungsgebiete 1. und 2. Ordnung und zwar bei ersteren 3 subarctische und 3 gemässigte, nämlich in der Davisstrasse, südwestlich von Island, bei den Lofoten, dann bei Neu-Braunschweig, an der Nordseite des Golfstroms im Ocean und im Skagerrack. Als Strahlungsgebiete 2. Ordnung bezeichnet er Nord-Schottland, den finnischen Busen, den südwestlichen Theil des St. Georgs-Canals und die Küste von Corsica. In diesen Gebieten kreuzen sich die Zugstrassen verschiedener Depressionen, die Minima verweilen über ihnen besonders gern, nehmen hie und da sogar rückläufige Bewegungen an und rufen daselbst die andauerndsten Stürme hervor. Nun wird es sofort klar, warum einzelne Küstenstrecken ganz besonders der Zerstörung unterworfen sind, andere wieder weniger; denn solche, welche in der Normalbahn von Wirbeln liegen, müssen unbedingt mehr unter den verwitternden Einflüssen der Atmosphärien und der Meeresthätigkeit leiden, als entferntere.

Die Küsten der Davisstrasse, Baffinsland und der Westrand Grönlands, sind von tiefen Fjorden zerrissen, tragen die einschneidendsten Merkmale einer weit vorgeschrittenen Zerrüttung; eben solche örtliche Verheerungen zeigen die Ostseite Grönlands, Wilhelms-, Scoresby-, Egede-, Fredericks-Land und die West- und Nordküsten von Island, während die Süd- und Ostseiten dieser Insel bedeutend geschlossener erscheinen.

Speziell auf Island sind jedoch auch häufig vulkanische Eruptionen Grund so mancher Küstenveränderung, so vergrösserte sich daselbst im vorigen Jahre das kleine Eiland Geirfugladrangr unweit des Cap Reykjanes, bürstete aber wieder in der Folge an Land ein. Ein anderes Strahlungsgebiet erster Ordnung besteht bei den Lofoten, dasselbe liegt geradezu in der am meisten frequentirten Zugstrasse der atlantischen Minima und wieder treffen wir hier auf eine Uferlandschaft, die wohl mit vollster Berechtigung zu den interessantesten der Welt gezählt werden darf, denn kaum irgendwo ist die Zerklüftung und Zerspaltung der Steilküste grossartiger als hier.

Unter dem Einflusse des an der Nordostseite Amerikas befindlichen Meiobarengbietes sehen wir die Küsten von Labrador, Neufundland, Neubraunschweig und Neuschottland vielfach durch-

schnitten. Jedenfalls können wir die Insel Neufundland, das geologisch äusserst interessante Anticosti und die Prinz-Edward-Insel als directe Producte der Zerstörung der Continentalküsten betrachten, ja wir sehen hier sogar wie das Flutphänomen in seiner vollendeten Machtentfaltung zur Loslösung von Inseln beitragen kann, denn die Halbinsel Neu-Schottland, welche dem gewaltigen Anprall der Flutwogen in der Foundy-Bai beständig ausgesetzt ist, hängt nur mehr durch eine schmale Landbrücke mit Kanada zusammen. An den europäischen Küsten des Atlantic zieht ferner als Strahlungsgebiet erster Ordnung die Gegend der östlichen Nordsee und des Skagerracks unsere Aufmerksamkeit auf sich. Nicht nur die Felsenküsten Norwegens von Stavanger bis Fredrickshald und die Gestade von Götarike und Schonen, sondern auch die schleswigschen und jütischen Küsten sind vielfach der Erosion der Wellen ausgesetzt und überall sehen wir auf dem Anlitze dieser Lande die tiefen Furchen und Merkzeichen der zerstörenden Macht der See eingegraben. Gerade hier ist es für den Forscher auf dem Gebiete der vergleichenden Erdkunde äusserst interessant an zwei räumlich so nahe gelegenen Küsten, die gänzlich verschiedenen Effecte der Erosion auf die Physiognomie des Landes zu beobachten. Helgoland, Amrum, Sylt, Föhr, Nordfriesland und die Dithmarschen, sowie die dänischen Landschaften Ringkjöbing und Thisted bieten im Gegensatze zu den wetterharten Steilküsten von Christiansand den deutlichsten Beweis für diese Behauptung. Wenn anhaltende westliche Winde das Wasser aus der Nordsee in die Ostsee gegen die russischen Küsten getrieben und dort aufgestaut haben, dann aber eine retrograde Bewegung der barometrischen Depression, wie sie in jenen Gegenden mitunter beobachtet wird, eintritt, so müssen die folgenden Nordoststürme mächtige Wassermassen gegen die deutschen Gestade schleudern und schliesslich furchtbare Sturmfluten erzeugen. Am Ausgange des bottnischen Meerbusens zeigt sich an den Gestaden der finnischen Landschaften Abo und Nyland in dem Strahlungs-Gebiete einer Depression zweiter Ordnung die zahlreiche Gruppe der Alands-Inseln und der finnischen Skären, jedenfalls wieder eine Folgeerscheinung der vereinigten secularen Thätigkeit der Atmo- und Hydrosphäre. Betrachten wir die übrigen atlantischen Strahlungsgebiete 2. Ordnung, so sieht man, dass sich auch hier das einfache Gesetz von der vermehrten Landzerstörung in dem Bereiche der mittleren Bahnen von Luftdruckdepressionen bewahrheitet. Die nord- und west-schottischen

Küsten, die Orkney- und Hebriden-Gruppe, die Shetland-Inseln und Far-Oer sind im Kreuzungspunkte der nördlich oder südlich von Skandinavien vorbeiziehenden Strassen der Minima gelegen und bieten in ihrer unendlich weitgehenden Zerklüftung ein anschauliches Bild davon, wie sich durch die Vereinigung der Wellenthätigkeit, der transportirenden Kraft des nordatlantischen Warmwasserstroms und der Action der Atmosphäre mächtige Wirkungen erzeugen lassen. Die gleiche Thatsache gilt für die Westküsten von Irland, namentlich für Connemara, Kerry und Cork, sowie für den südwestlichen Theil Englands und die berühmten Skilly-Inseln, denn auch hier kreuzen sich mehrere Trajectorien barometrischer Depressionen, ja man kann kühn behaupten, dass die eben genannte Inselgruppe, welche aus nahe anderthalbhundert Eilanden und unzähligen Klippen besteht, den ehemaligen Rand Britanniens bildete. Die normanischen Inseln, die Skilly-Gruppe, die Hebriden, die Orkney's und die Shetlands-Inseln bestehen meist aus plutonischen Gesteinen ausserordentlicher Härte und dennoch vermochte es die hochgehende, nimmer rastende See, unterstützt durch die Strömungen, immer neu gekräftigt durch den vorherrschenden Südwestwind jener Gegenden, indem sie ihren Angriff durch Jahrtausende wiederholte, mit geradezu titanischer Macht die furchtbarsten Zertrümmerungen hervorzurufen. Im Mittelmeere begegnen wir an den Westgestaden Corsica's wieder einem Strahlungsgebiete geringerer Intensität und auch hier sehen wir klar den scharfen Contrast in der Configuration der westlichen zerissenen Luvküste mit der östlichen geschlossenen Leeseite. Wenn auch in bedeutend mässigerem Grade lassen sich die Erosionswirkungen der See in Gegenden grösserer Häufigkeit barometrischer Minima auch im nordadriatischen Golfe und im schwarzen Meere nachweisen.

Bei weitem nicht so gründlich wie der nordatlantische Ocean sind die anderen Meere bezüglich ihrer Wind- und Wetterverhältnisse erforscht. In jedem derselben beginnt ausserhalb der Tropen und der Passatregion das Gebiet der vorherrschend westlichen Winde.²⁷⁾ Es ist einleuchtend, dass diese in der Südhemisphäre, wo sie schon bei 45° Breite ausser den wenigen Inseln und Patagonien durch kein Land in der freien Entwicklung gehemmt sind, Wellen enormer Grösse vor sich her treiben müssen.

²⁷⁾ Vgl. van Heerdt, Mandeljk'sche Windkaarten van den Zuid Atlantischen Ocean. Koninklijk Nederlandsch Meteorol. Instituut. Utrecht 1894.

Wie bedeutend deren erodirende Thätigkeit an den Ufern ist, beweist die Zerissenheit der Westküsten Patagoniens und Neuseelands, sowie der kleineren Inseln und gewiss nicht umsonst heissen die Südspitzen von Afrika und Amerika im Munde der Seefahrer „the stormy capes“ — die Sturmkaps.²⁸⁾ Wie die Untersuchungen von Perry über die Meteorologie von Kerguelen-Inland im südlichen indischen Ocean unter 70° E. v. Greenw. und 50° Süd dargethan haben, herrschen daselbst mit erdrückender Mehrheit Winde aus dem 4. Quadranten vor.²⁹⁾ So spärlich auch die Nachrichten aus höheren Breiten des südlichen Atlantic sein mögen, so erkennt man dennoch, dass die Hauptstrasse der Depressionen unter 55° bis 65° Südbreite gelegen sein müsse.

Analogen Verhältnissen wie im Nordatlantic begegnet man im nördlichen grossen Ocean. Bezüglich der Bahnen barometrischer Minima sind die von E. Knipping in Tokio herausgegebenen Weathermaps³⁰⁾ sehr interessant, denn man sieht deutlich, wie in Japan die Nordwest- und Westküste die Wetterseite mit heftigen Stürmen und Schneefällen ist, während die Süd- und Ostküsten weniger unter diesen ungünstigen Umständen zu leiden haben. Im allgemeinen ziehen die japanesischen Depressionen von Südwest nach Nordost. An den Westufern des nordamerikanischen Festlandes begegnen wir an der von Fjorden tief zerschnittenen Küste unter 50° Breite nördlich von Vancouver-Inland einem Strahlungsgebiete erster Ordnung³¹⁾ der über den Pacific nach Osten ziehenden grossen Depressionen.

Es würde hier wohl zu weit führen, wollten wir den Einfluss der Wetterverhältnisse und der Wellenthätigkeit auf die Küstengestaltungen sämtlicher Meere im einzelnen beleuchten. Der Zusammenhang zwischen den mittleren Bahnen cyclonaler Windsysteme und der Küstenerstörung durch die Meereserosion ist klar erwiesen.³²⁾

²⁸⁾ Maury. Physical geography of the sea. pag. 63.

²⁹⁾ Perry. Report on the meteorology of Kerguelen-Inland. London 1879, pag. 12, 18, 30 und 41.

³⁰⁾ E. Knipping. Weathermaps of Imp. meteorological observatory. Tokio 1884.

³¹⁾ John P. Finley. Charts of Relative Storm frequency for a portion of the Northern Hemisphere. Washington 1884.

³²⁾ Vgl. Second Annual Report of the United States Geological Survey by Powell. Washington 1882, pag. 171 und 172.

Wenn man die Meeresströmungen in's Auge fasst, so fällt sofort auf, dass die Aequatorialströme sich längs der Ostküsten gegen die Pole bewegen. Die normalen Sturmbahnen folgen diesen warmen Strömungen und in Folge dessen wehen ausserhalb der Passatregionen an den östlichen Continentalküsten die Winde vom Lande gegen die See, an der Westseite aber von der See gegen das Land. Dadurch erklären sich die mächtigen Wirkungen allgemeiner Verwitterung und Zerstörung durch Wind und Wellen an den Westküsten, denn über die weiten Oceane hin ist der freien und vollen Entwicklung der Naturelemente keine Schranke gesetzt.

Schon der unermüdlche, für die wissenschaftliche Erforschung der Meere so hochverdiente Maury nennt in seinem berühmten Werke ³³⁾ den Golfstrom den Weatherbreeder oder Stormking of the Atlantic, ja er sagt: „the path of the storm is laid along the Gulf Stream.“ Ganz analoge Verhältnisse bietet der Kuro-Siwo im nördlichen Pacific

Anders wie im Bereiche der vorherrschend westlichen Winde beider Hemisphären gestaltet sich das Bild der Küstenzerstörung in den Tropen, wo die Passate die Beherrscher der Oceane sind, denn hier erscheinen entgegen dem früher aufgestellten Satze thatsächlich die Ostseiten der Continente als Wetterküsten; jedoch üben längs der Gestade die mit den Jahreszeiten wechselnden Monsune und überdies Land- und Seebriesen häufig einen mildernden Einfluss und nirgend in der heissen Zone begegnen wir solchen grossartigen Phänomenen der Zerrüttung, wie sie die Klippenküsten höherer Breiten repräsentiren.

An den Polen und deren Umgebung müssen wir die Natur in der vollen Entwicklung der kämpfenden und producirenden Kräfte bewundern und deren Gesetze zu erforschen trachten, während die Tropen die Regionen der Ruhe und des gleichförmigen Schaffens darstellen.

Wenn im vorhergehenden die einzelnen Factoren der Meereserosion und die Grösse ihrer Gesamtwirkung auf das Küstengebiet einer Betrachtung unterzogen worden sind, so erübrigt noch, einige Worte über den Charakter der Küstenformationen selbst beizufügen.

Die Physiognomie der Küste ist unendlich mannigfaltig, doch lassen sich mit Rücksicht auf den verticalen Bau zwei generelle

³³⁾ Maury. Physical geography of the sea. pag. 62 und 429.

Formen unterscheiden, nämlich Steil- und Flachküsten. Die Steilküsten können wieder in gerade verlaufende, in buchtenreiche und in Klippenküsten eingetheilt werden. Relativ am seltensten sind die gerade verlaufenden Steilküsten, das Meer findet an ihnen beinahe überall den gleichen Widerstand und so hoch auch die Brandung an solchen Küstenfelsen hinaufschlagen mag, die Zerstörungseffekte werden stets nur geringe sein; nur langsam Schritt für Schritt weicht die Felsmasse den Wogen und es stürzen dann gewaltige Blöcke mit donnerähnlichem Getöse in die Fluthen. Schreiber dieser Zeilen war an der gerade verlaufenden Steilküste nördlich von Molonta in Süddalmatien selbst Zeuge eines solchen Felssturzes. Küstenformationen dieser Art sind ein Theil der spanischen Ufer, dann der nördliche Theil der Westküste Südamerikas, Mexico und Californien, wo die Cordilleren bis an das Meer herantreten. Bei weitem am häufigsten sind unter den Steilufern solche mit Buchtengliederung. Die durch irgend einen Vorgang bewirkte intensivere Küstenrandzerstörung äussert sich in einer reichen und mannigfaltigen Gestaltung, in dem Auftreten grösserer und kleinerer Buchten, Vorsprünge und Caps mit einer Menge von ausgezeichneten Häfen. Bedeutsam für dieselben und für den sich an ihnen am stärksten entwickelnden Verkehr ist die zumeist genügende Wassertiefe in der Nähe des Ufers und der Schutz vor gewissen Windrichtungen, wie ihn die eine Bucht umgebenden Höhen gewähren können. Je grösser die Zahl der Buchten und Caps einer Küste ist, desto mehr Angriffspunkte werden den Wogen dargeboten und um so stärker wird die Zerstörung sein.

Ist eine Küste aus einer Anhäufung solcher Erosionsprodukte gebildet, ragen über den Wasserspiegel Theile aufsteigender Eilande hervor oder sei es, dass der eingebrochene Rand eines Küstengebirges noch in einzelnen Resten als Inseln im Bereiche des Senkungsfeldes über das Niveau der See sich erhebt, so kann eine solche Küste Klippen- oder Skärenküste genannt werden, wenn ihr eine bedeutende Anzahl derselben vorgelagert ist. Erscheinungen dieser Art sieht man im baltischen Meerbusen, in Skandinavien, Schottland, Patagonien, einigen Inseln des Südatlantik, zum Theil auch in Dalmatien.

Jedenfalls eine weitere Potenzirung des Begriffes „Klippenküste“ ist die Fjordküste. Wenn die Zersetzung der Gesteinsschichten bereits derart weit vorgeschritten ist, dass das Meer sich in schmalen Einschnitten einen Weg bis an den Rand eines Plateaulandes

gebildet hat, so tritt uns das Phänomen der Fjordbildung entgegen. Fjorde sind tiefe und schmale, steilwandige und weit in das Innere des Landes reichende Meereinschnitte. Eine Unzahl von Klippen, Skären, Inseln verwehrt häufig den Eingang in die Fjorde. Für Fjordbildungen generelle Erscheinungen sind, dass sie meistens senkrecht oder schräg in die Küste eindringen, sich vielfach gabelförmig spalten und wieder vereinigen, Inselepolygone abtrennen, ausserdem dicht nebeneinander „gesellig“ auftreten und ohne vermittelnden Uebergang plötzlich einer anderen Küstengestaltung weichen.

Fjorde finden wir in Skandinavien, an den schottischen und irischen Küsten, in Island, dann in Labrador, Neufundland, Neuschottland, auf Feuerland, an der Westseite Patagoniens; im Territorium Alaska an der Küste des Thlinkiten-Landes, im arktischen Norden in Grönland,³⁴⁾ Spitzbergen, Franz-Josefsland, Nowaja Semlja, endlich noch in Neuseeland und einigen anderen kleineren Inseln der Südhemisphäre, wie z. B. Kerguelen.

Wie schon früher gezeigt wurde, liegen alle diese Gebiete im Bereiche von Normalbahnen grösserer Luftdruckdepressionen und gewiss haben die mit den Actionscentren der Atmosphäre innig verknüpften Folgeerscheinungen, wie hoher Seegang, an der Küste reichliche und über das ganze Jahr vertheilte Niederschläge, einen bedeutenden, wenn auch nicht den wesentlichsten Antheil an der Fjordbildung. Wo von See kommende, also feuchte Winde als Theile grosser atmosphärischer Depressionen gezwungen sind, Felsen- und Steilküsten zu überschreiten, müssen sie sich gleichfalls emporheben und aus diesem Grunde Veranlassung zu ungeheuren Niederschlägen geben. Thatsächlich sind Fjorde dort am besten entwickelt, wo der Regen am reichlichsten fällt.

Es ist klar, dass das Maximum der Küstenzerrüttung, also das Phänomen der Fjorde, im innigsten Zusammenhange mit der Maximal-Intensität der atmo- und hydrosphärischen Kräfte sein müsse. Die Natur der Küstengesteine, deren Consistenz und Härte fällt nur insoferne in die Wagschale, als bei nachgiebigerem Materiale die Verwitterungserscheinungen um so grössere sein werden.

³⁴⁾ Lieutenant Lockwood der „Greely“-Expedition drang bis jetzt am weitesten in der Richtung gegen den Nordpol vor, erreichte 83° 24' Nordbreite (Nares 83° 20' 26" Nordbreite), indem er den Archer-Fjord verfolgte und den Greely-Fjord entdeckte. Vgl. auch Nordenskjöld 1883 über die grönländischen Fjorde.

Ueber Entstehung und Ausbildung von Fjordküsten sind die widerstreitendsten Theorien entwickelt worden, namentlich ist die *Thatsache*, dass Fjorde nur den höheren Breiten beider Hemisphären angehören, vielfach benützt worden, um die Entstehung der Fjorde allein durch Erosionswirkung von Gletschereis zu erklären. Diese Anschauung liess sich aber nicht durch die gegenwärtigen geologischen Vorgänge in den durch Eis ausgefüllten Thälern unserer Gebirge stützen und fiel von selbst, weil keinerlei Anzeichen dafür vorlagen, dass die Erosion durch Eis so riesige Dimensionen annehmen könnte. Man hat sich die Thäler durch die Eismassen, welche auf ihnen mit ungeheuerem Drucke lasteten, ausgefurcht gedacht, aber wo immer wir in den Alpen hinblicken mögen, nirgends sehen wir die Glacialerosion in dieser Hinsicht von so potenzirter Thätigkeit, wie sie erforderlich wäre, um Thäler zu furchen. Zahllose Beispiele deuten vielmehr darauf hin, dass die Gletscher verhältnismässig ruhig über die Geröllschichten ihrer Sohle hinschreiten. Entgegen dieser namentlich von Keilhau, Ramsay und Tyndall verfochtenen Theorie stellt Th. Kjerulf die Behauptung auf, die Fjorde seien durch Spaltung der Küsten während ihrer secularen Hebung entstanden und stützt dieselbe namentlich auf die Erscheinung der gabelförmigen Theilung derselben. Allerdings findet manche Seltsamkeit im Charakter der Fjorde hiedurch ihre Erklärung, so z. B. der Parallelismus innerhalb weiter Gebiete; dementgegen muss aber mit Entschiedenheit zur Geltung gebracht werden, dass die secularen Hebungen grössere Küstenstrecken umfassen, als die Fjordlandschaften und sonach erscheint es nicht einleuchtend, warum die Fjordbildung an der Westküste Nordamerikas genau mit den Parallelkreisen von Cap Spencer im Thlinkitenlande und mit Cap Flattery an der Nordgrenze der Union aufhören müsse, da doch weder die geologische Beschaffenheit der Küstengebirge, noch die klimatischen Verhältnisse eine plötzliche Aenderung nach Ueberschreitung dieser Grenze erlitten hatten; ebenso suchen wir auf Basis der Kjerulfschen Theorie vergebens nach einer Erklärung, warum in den Westküsten von Südamerika die Fjordbildung mit der Insel Chiloe plötzlich endigt, um der vollkommen gerade verlaufenden Steilküste von Llanquihne das Feld zu räumen.

Nachdem durch Boussingault, Humboldt, Darwin und Andere das Aufsteigen der Westküsten Amerikas bewiesen erscheint und überdies hiefür auch der Umstand spricht, dass die Anden bis

dicht an den Meeresrand herantreten,³⁵⁾ so sollte doch die Zerspaltung und Gabelung der Ufer sich auf grössere und nicht räumlich so scharf abgegrenzte Gebiete erstrecken, wie es in Amerika thatsächlich der Fall ist. Wenn man auch annimmt, dass Gletscher sofort nach dem Entstehen der Spalten in höheren Breiten dieselben in Besitz nahmen und daher gleichsam conservirten, während in niederen Breiten die fortschreitende Verwitterung die Schluchten ausfüllte, so bleibt dennoch stets der scharfe, oftmals geradezu verblüffende Uebergang der Fjordküste in eine gewöhnliche Steiluferformation völlig unerklärt und darauf wollte ich hinweisen.

Selbst auf den von Leipoldt und Hochstetter³⁶⁾ erwähnten Umstand, dass „sich die Aequatorialgrenzen der Fjorde an den Küsten der Festlande nach denselben Gesetzen heben und senken wie die Isothermen, und dass sie vor einer Jahresmittelwärme von 10° C. Halt machen“, möchte ich kein besonderes Gewicht legen, da die Entstehung der Fjorde jedenfalls in längst verflossene geologische Epochen zurückreicht, wo die Vertheilung der Wärme an der Erdoberfläche, insbesondere aber der Lauf der Isochimenen, der gewiss massgebender wäre, ein ganz anderer gewesen ist, als heute. Zur Unterstützung dieser Ansicht führe ich noch an, dass wir an der Südseite der Alpen ein System von Binnenfjorden in den oberitalienischen Seen besitzen, die zu jener Zeit, als sie noch Buchten eines lombardischen Golfes waren, sicherlich nicht mit der Isotherme von 10° C. in irgend welcher gesetzmässigen Relation standen.

Den von Keilhau und von Kjerulf verfochtenen Theorien ist Helland mit der Ansicht entgegengetreten, dass die Fjorde reine Denudations- und Erosionsproducte sind.

Zum Schlusse sei noch einer eigenthümlichen Erscheinung erwähnt, welche sich bei vielen Fjorden, namentlich Norwegens, wiederholt und mit dem geotektonischen Bau der Küste in Zusammenhang steht. Gegen die Fjorde hin erstrecken sich von See aus, also senkrecht gegen die Küste, einzelne Tiefenzonen, gleichsam Fortsetzungen der oft bedeutenden Meerestiefen in den Fjorden, so z. B. zwischen Bremanger und Vaags-Ö gegen den Nord-Fjord

³⁵⁾ Siehe Peschel-Leipoldt. Phys. Erdkunde. I. Bd. pag. 532—560,

³⁶⁾ Ebendasselbst pag. 467 und Allgem. Erdkunde von Hann, Hochstetter und Pokorny. 3. Aufl. Prag 1851, pag. 335.

hin mit 120 Faden, während die Umgebung nur 50 Faden tief ist — zwischen Vaags-Ö und der Halbinsel Stadtlandet gegen den Silde-Gabet mit 140 Faden (Umgebung 50 Faden) — zwischen Stadtlandet und Gurske-Ö gegen den Vanelus- und Rövde-Fjord mit 120 Faden bei Tiefen von 40 Faden in der Umgebung. Am schönsten zeigt sich dies bei dem grossen Sulen-Fjord, der sich in den Stor-, Hjørung-, Vurtdals-, Örsten-, Völpen-, Dals- und Öster-Fjord theilt, und ausserdem mit dem Rövde-Fjord durch die Strasse von Gurske-Ö in Verbindung steht, denn hier zieht sich zwischen Harejd-Ö und Sul-Ö die 140 Faden tiefe Bredsund-Dybet gegen den Fjordeingang hin, während das umliegende Meer nur eine mittlere Tiefe von 40—50 Faden hat.

Im Gegensatze zu der Mannigfaltigkeit in den Gestaltungen der Steilküsten steht der eintönige Strand des Flachgestades. Hier hat die See freies Spiel und äussert ihre Macht in der Bildung von Uferwällen, Dünen, Strandseen, Nehrungen und Haffs. An der Steilküste entwickelt das Meer vornehmlich seine zerstörende, seine erodirende Kraft, am Flachstrande hingegen die friedlichere, aufbauende Thätigkeit, und so strebt das flüssige Element des Erdballs, sei es nun als kleine Quelle, als mächtiger Strom oder als das gewaltige Meer selbst, überall mit rücksichtsloser Entschiedenheit seinem letzten Ziele entgegen, und dieses ist: die allgemeine Nivellirung der Erdoberfläche, der Ausgleich in der Natur.

Geographischer Bericht für die Monate August bis October 1885.

Vom General-Secretär Dr. Franz Ritter v. Le Monnier.

Allgemeines.

Lehrstühle der Geographie an der Wiener Universität.

Nachdem der bisherige Vertreter der Geographie an der Wiener Hochschule, unser hochverdientes Ehrenmitglied Hofrath Professor Dr. Friedrich Simony, nach Ueberschreitung seines 71. Lebensjahres zum Bedauern aller Freunde der Erdkunde von der Lehrkanzel, welche er durch mehr als 30 Jahre zum Ruhme der Universität inne hatte, schied, musste an seine Vertretung gedacht werden. Wir können nunmehr zu unserer grossen Befriedigung constatiren, dass die Forderung der meisten Geographen, das grosse Wissensgebiet der Erdkunde nach den beiden Seiten der Forschung, d. i. der mathematisch-naturwissenschaftlichen und der historisch-ethnographischen, von zwei Vertretern an den Hochschulen gelehrt zu sehen, an der Wiener Universität