

eine wahrhaft überraschende Weise. Darum dürfen wir der vulkanistischen Ansicht mit Recht den Vorrang zuerkennen, und die neptunistische nur in untergeordneter Bedeutung gelten lassen. Wir werden ihr zwar den wichtigen Antheil, welchen das Wasser an der Gestaltung der Erdoberfläche immer gehabt hat, weder wegräsonniren können, noch wollen; wir werden vielmehr gern zugeben, daß daran das feuchte Element mehr geformt und gemodelt habe, als das heiße; aber wir werden doch immer zur Bewegung jener Wassergewalt keine anderen als vulkanische Ursachen auffinden können, und somit die erste Quelle und den Grund aller Revolutionen und Umgestaltungen des Erdkörpers dem Vulkanismus anheimgeben müssen.

## 2.

*Mechanische Wirkungen des Wassers in der Gegenwart, untersucht an den Flüssen, Seen und am Meere. Sedimentbildung.*

Die bisherigen theoretischen Betrachtungen hatten keinen anderen Zweck, als den Leser über die Richtung im Allgemeinen aufzuklären, welche bei Schilderung der Schöpfungsbergänge zu nehmen ist. Denn die Erscheinungen der Gegenwart sollen begriffen, aus Thatsachen die Ursachen entwickelt und das verworrene Verhältniß derselben unter einander soll so dargestellt werden, daß die Einheit des Planes im Ganzen klar und verständlich, die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen aber als das nothwendige Resultat der gesetzten Grundursache erkannt werde. Dies ist ohne irgend eine Kenntniß der verschiedenen Grundursachen überhaupt unmöglich, und daher mußten sie zuerst berührt werden. Wir sind durch ihre Erörterung zu der Ansicht gelangt, daß zwei Agenten in der Schöpfung die Hauptrollen spielen, und daß dem einen von beiden zwar der Vorrang hinsichtlich seiner Bedeutung zugeschrieben werden müsse, dem anderen aber auch ein nicht zu überschender Antheil an den Erscheinungen zukomme. Dieses Resultat ist freilich ein vorweggenommenes, gleichsam ein vorgefaßtes, welches durch die nachfolgende Darstellung erst bewiesen werden soll; wir müssen uns also zur Beweisführung desselben anschicken, indem wir diejenigen Einflüsse näher untersuchen, welche in gegenwärtiger Zeit auf die

Gestaltung und Veränderung der Erdoberfläche von dem feuchten wie heißen Elemente ausgeübt werden. Diese Untersuchung wird uns am besten zur Beurtheilung von ähnlichen Erscheinungen in früheren Schöpfungsperioden befähigen.

Was die Thätigkeit des Wassers betrifft, so kann dieselbe eine doppelte sein, nämlich eine mechanische und eine chemische. Im ersten Falle wirkt das Wasser bloß abwaschend oder anschwemmend, überhaupt einfach bewegend; im zweiten Falle löst es Stoffe auf, verstatet in der Auflösung mancherlei Einwirkungen der Materien auf einander und scheidet die eine oder die andere, ja endlich alle, aus der Auflösung dadurch wieder ab, daß es verdunstet oder durch Verdampfung bei höheren Hitzgraden entfernt wird. Von allen diesen Thätigkeiten liefert uns das Wasser noch heut zu Tage auf der Erdoberfläche Beweise.

Bei weitem am einflussreichsten ist die mechanische Thätigkeit; sie bildet die eigentliche Hauptmacht der modernen Veränderungen, und muß aus diesem Grunde zunächst berücksichtigt werden. Auch entziehen sich ihr kaum die härtesten Gesteine, ja auf alle übt das Wasser in Verbindung mit der atmosphärischen Luft mächtige Einflüsse aus. Achten wir z. B. nur auf den fallenden Wassertropfen, wie er sich nach jahrelanger Wiederholung endlich eine Höhlung in jeden Stein bohrt, den er trifft, und wie dieselbe bald schneller bald langsamer entsteht, je nach der Höhe, von welcher er fällt und nach der Härte des Steins, der ihm entgegensteht. Die Beobachtung einer einzigen Traufreihe, wie wir sie am Fuße alter Gebäude, deren Boden in geraumer Zeit nicht durch Menschenhände verändert ward, wahrnehmen können, lehrt uns, daß der härtere Stein dem fallenden Tropfen länger widersteht, daß der Sandstein von allen am leichtesten nachgiebt, daß die Kalksteine schon mehr Widerstand leisten, daß die gutgebrannten Ziegel auch diese noch an Festigkeit übertreffen, und daß endlich der lockere Flugsand nie an diesen Stellen haftet, sondern nach jedem Regen fortgespült wird. Noch bestimmter sehen wir das Auswuschungsvermögen des Wassers an Rinnen, in denen es seit langer Zeit sich bewegt hat; wir bemerken bei fortgesetzter Beobachtung, daß das reine Wasser nur langsam abwäscht, daß aber seine abreibende Kraft zunimmt, wenn es Sand oder Kies in sich treibt, und daß die Körnchen gegen den Rand der Rinne unaufhörlich gleichsam nagen, selbst aber von den Rinneiwänden und von einander wieder abgerieben werden. Hier zeigt es sich also deutlich, daß die abwaschende Kraft des Wassers zunimmt, sobald es harte Theile mit sich führt, und daß es außer der abwaschenden Wirkung, die es auf unbewegliche

Massen ausübt, auch noch eine bewegende Ursache für alle beweglichen Materien werden kann. Dies ist jedoch nur so lange der Fall, als das Wasser auf einer geneigten Fläche fließt; sobald der Boden, auf dem es ruht, eine ganz horizontale Ebene wird, bleibt es stehen, wenn es sich über dieselbe ausgebreitet hat und keinen Punkt findet, wo die Ebene sich senkt und wieder in die geneigte Lage übergeht. Steht aber das Wasser still, so hört auch die Bewegung der von ihm getriebenen Körper auf, und alle, die nicht leichter sind als das Wasser, fallen in ihm zu Boden; die schwereren schneller, die leichteren langsamer. Das sind die Wirkungen des Wassers, welche man bei jedem Regen auf der Straße wahrnehmen kann und deren Statthastigkeit daher keines Beweises mehr bedarf; sie erschöpfen zugleich die Summe von Thätigkeiten, welche das Wasser auf mechanischem Wege zu entfalten vermag, und schließen diejenigen Prozesse in sich, deren Erfolge man als Sedimentbildungen zu bezeichnen pflegt.

Untersuchen wir die Erscheinungen der Erdoberfläche nach Maafsgabe der eben angedeuteten Ursachen, so finden wir, daß alle noch jetzt eine gewaltige Rolle spielen und daher auch in der Vorzeit unter ähnlichen Umständen gespielt haben werden. Wir brauchen nur einen Blick auf die Thätigkeiten der Flüsse zu werfen, um uns von der Richtigkeit des Behaupteten zu überzeugen. Jeder Bach, jeder Fluß und noch mehr jeder Strom führt Gerölle oder abgelöste Bruchstücke härterer Gesteine von verschiedenem Umfange mit sich, und verändert sie ebenso gut, wie den Boden, worüber seine Wassermasse hinrollt, oder den Meerespunkt, wohin er sie ergießt. In den oberen Theilen seines Laufes sind diese Bruchstücke noch eckig, wie sie beim Abbrechen von den benachbarten Felswänden sein mußten; allmählig reiben sie sich ab und nehmen die Scheiben-, Kugel- oder Eiformen an, welche uns an den Geröllen der Ebene oft durch merkwürdige Regelmäßigkeit überraschen. Anfangs werden alle, selbst größere, 2 bis 3 Fuß mächtige Blöcke mit fortgerissen, obgleich die letzteren mehr durch ihr eignes Gewicht, als vom Wasserdruck getrieben, auf der schiefen Ebene hinabzurollen scheinen; denn noch größere, bis 12 Fuß im Durchmesser haltende Hauptblöcke, wie man sie bisweilen unter den Geschieben der Ebene antrifft, bleiben liegen, bis etwa ein im Herbst oder Frühjahr durch die schnelle Vermehrung des Wassers ungewöhnlich verstärkter Strom auch sie von der Stelle treibt. Da wo das Gefälle sich mindert, nimmt die Schnelligkeit des fließenden Wassers und somit auch seine treibende Kraft ab; die schweren Massen setzen sich hier, und bilden mitunter wohl einen Damm, den das hinter ihm

aufgestaute Wasser endlich wieder durchbricht oder mit fortführt. Durch die vermehrte Gewalt so großer Druckkräfte gelangen die Blöcke selbst bis zur Ebene und verlieren auf diesem Wege theils durch die eigene Bewegung, theils durch das fortwährende Anreiben der kleineren Stücke, ihre Kanten und Ecken. In der Ebene aber vermindert sich die Schnelligkeit des Laufes um so mehr, je geringer der Fall wird, und da mit der Abnahme des letzteren auch die treibende Kraft nachläßt, so verringert sich in demselben Maasse die Größe der Gerölle, welche der Fluß noch zu bewegen im Stande ist; bald bleibt ihm nur der Kiesel- und Sand übrig, aus dem das Bett aller Flüsse, die nicht über reinere oder festere Lagen fließen, besteht. Dabei ändert sich seine Farbe je nach dem Erdreich, über dem seine Wasser sich bewegen; denn auch von ihm spülen sie unaufhörlich Theile ab und führen sie so fein zertheilt, wie es ihr Gefüge erlaubt, mit sich fort. Die eigenthümliche Farbe der Flüsse, welche über Sand, Thon oder Lehm Boden fließen, rührt von solchen Beimischungen her, gleich wie das klare oder dunkelschwarze Wasser aller Wald- und Moorbäche; Unterschiede, die sich noch lange erhalten, wenn zwei verschieden gefärbte Ströme zusammentreffen, und eine doppelte farbige in der Mitte fast scharf geschiedene Wassermasse bedingen. Denn jene feinsten erdigen Theile ruhen in den meisten Flüssen nie, so lange sie noch fließen; erst wenn sie ins Meer kommen, hört ihre Bewegung auf, oder wird eine andere. Aus solchem Material entstehen die Sandbänke und Untiefen vor den Strommündungen, oder Delta gebilde, durch welche die eigentliche Mündung des Flusses sich ändert und immer weiter ins Meer hinausrückt. Welche von diesen Erscheinungen eintritt, hängt theils von der Masse des bewegten und ins Meer geführten Erdreiches ab, theils vom Meere und seiner Bewegung, die durch herrschende Winde oder Strömungen bedingt sein kann. Wir werden diese verschiedenen Arten der Absetzungen an einzelnen Beispielen näher erörtern, und bei jeder die Gründe, welche gerade sie veranlassen, untersuchen.

Kein Strom der Erde eignet sich zu einer solchen Betrachtung besser, als der Nil mit seinen periodischen Ueberschwemmungen, denn er zeigt alle Veränderungen, welche ein Fluß hervorbringen kann, schon deshalb am vollständigsten, weil kein anderer durch einen so langen Zeitraum in seiner Thätigkeit sich verfolgen läßt. Ueber 4000 Jahre reichen bekanntlich viele Denkmäler hinaus, welche sich noch jetzt in seinen Wogen spiegeln, und ebenso alte untrügliche Zeugen geben sie ab für die Umgestaltungen des Bodens, die sein Wellenschlag in ihrer Nähe verursacht hat. — Schon der Lauf des Stromes selbst ist einer der merkwürdigsten, denn es giebt keinen

zweiten Fluß von solcher Größe, der so wenig Nebenflüsse besitzt, so lange und unaufhörlich in einem engen Gebirgsthale bleibt, und während dieses Laufes von mehr als 250 geogr. Meilen keinen Zuwachs durch benachbarte Stromgebiete erhält. Nachdem beide Nilarme, der blaue südöstliche und der weiße südliche, bei Khartum sich vereinigt haben <sup>1)</sup>, bekommt der nunmehr vollständige Strom nur noch einen Zufluß bei Damer durch den Tacazze oder Atbara, welcher mit ihm die Hochebene der alten Meroë umfaßt; tritt dann in das enge S förmige Felsenthal Nubiens, stürzt sich in demselben 10mal terrassenförmig über sein Bett durchkreuzende Felswände, und erreicht bei Syene gleich hinter dem zehnten Katarakt das ähnlich gebaute, aber weniger gekrümmte Thal Aegyptens. Bis dahin begleitet ihn Granit unmittelbar, der stellenweis seine Ufer berührt, aber von Syene an umgibt den Strom bis zu einer Höhe von 360—500 Fuß ein Sandsteinplateau, dessen westliche oder libysche Kette sanfter geneigt ist und an der abwärts gewendeten Seite allmählig in die Sandfelder der Sahara übergeht. Die östliche oder arabische Kette, jetzt Gebel Mokattam genannt, wird größtentheils von höheren Granitketten überragt, umschließt mehrere sie in schiefer Richtung durchsetzende Querthäler, als alte Verbindungen des Nilthales mit dem rothen Meere, und fällt überall steiler gegen das Strombett ab, daher sich der Fluß meistens dichter an den Ostabhang seines Thales hinandrängt. Zweimal, bei Selsech und Gebeleyn, treten die Sandsteinmassen so dicht an den Strom, daß nur eben für ihn Platz bleibt; dann erweitert sich das Thal bis auf zwei Stunden, und endet oberhalb Cairo, wo die libysche Kette sich in der Richtung von Nordwest zur Küste wendet, die arabische aber fast rechtwinklig ostwärts zum rothen Meere. Beide umschließen einen Winkel von 140°, in dem der Strom sich ausbreiten, und dessen Boden er mit mehrfachen Armen durchfurchen kann; sind gegen diese Ebene terrassenartig abgesetzt, und noch kurz vor ihrem Abfall von engen Querthälern durchzogen, in denen Gerölle und andere Spuren einen früheren Wasserstand unzweifelhaft nachweisen. Das östliche Thal ist das Thal der Verirrun gen, das westliche besteht aus zwei Parallelthälern, von welchen das innere den Namen Strom ohne Wasser (Bahr el bela ma) führt, das äußere die Kette der Natronseen enthält, aus welchen die alten Aegyptier ihr Hauptmittel zur Fabrication der Mummien gewannen. Auf dem Höhen-

1) Vergl. über den obern Nil die interessante Schrift von G. Ritter: Ein Blick in das Nil-Quellland. Berlin 1844. 8. —

zuge zwischen beiden Thälern stehen, dem alten Memphis gegenüber, bei Gizeh, die ersten und größten Pyramiden. —

Schon Herodot erklärte (L. 2. c. 5.) das ganze Nilthal für ein neues Gebilde, für ein Produkt des jährlich über seine Ufer tretenden „arbeitenden“ Stromes. Auch läßt sich bei näherer Untersuchung des bekannten, an unsern norddeutschen Strömen in ähnlicher Art, wenngleich minder regelmäßig und großartig, auftretenden Phänomens die herbeischaffende, landbildende Thätigkeit des Flusses nicht wohl verkennen. — Zuwörderst bemerken wir über die im Alterthum unbekannte Ursache seines Steigens, daß sie in den anhaltenden Regenergießungen liegt, welche jeden Sommer die Hochlande Habessinens tränken, nachdem sie als landwärts strömende Dünste aus dem Mittelmeere aufgestiegen und von den glühenden Strahlen der Sahara nach Süden bis an die Hochgebirge weiter getrieben worden. Hier die Gipfel der Berge umlagernd, verdichten sie sich in den kälteren Luftschichten zu Wasser, fallen nieder und bedingen ein Steigen des Stromes in seinem ganzen Laufe bis zum Meere, welches in Aegypten mit dem Anfang des Juli beginnt, Mitte August so zugenommen hat, daß der Fluß seine Ufer überschreitet und bis Ende September im Zunehmen begriffen auf 18, selbst 22 Fuß Höhe anschwellend, nach und nach das ganze Thal bis zum Fuße der Bergketten hin überfluthet, dann aber gegen Ende Octobers in sein altes Bett zurückkehrt, und von dieser Zeit an langsam mehr und mehr fallend gegen Anfang Juni seinen tiefsten Wasserstand wieder erreicht. Während dieser Zeit ziemlich klar und rein färbt sich der Strom zur Zeit des Schwellens röthlich, vermöge des fein zertheilten Erdreiches, welches er aus seinen oberen Theilen mit herabführt und überall da absetzt, wo er sich, langsamer fließend, über eine weite Ebene ausdehnen kann, oder wo künstliche Deiche seinen Lauf über die Ebene hemmen. Tritt er später zurück in sein Bett, so hinterläßt er die während des Ueberfluthens abgesetzte, aus Sand, auf dem ein röthlicher Schlamm liegt, gebildete Schicht und erhöht den Boden mit jedem Jahr, weshalb das Land immer mächtiger, das Thal stets flacher werden, das Verhältniß des Flusses zu seinen Ufern aber dennoch dasselbe bleiben muß, weil auch der Boden des Flußbettes mit erhöht wird. In solcher Art nähert sich der Strom, noch reichlich mit Schlamm und Sand gemischt, dem Meere, verliert aber, bald nachdem er in dasselbe eingetreten ist, die eigne Bewegung, sein Inhalt fällt, und der Meeresboden hebt sich in derselben Weise, wie der Thalboden, über den sich der Fluß ausgebreitet hat. Alle diese Thatfachen waren im Alterthum bekannt; Herodot berichtet, daß man eine Tagereise von der Küste den Schlamm aus der Tiefe hervorziehe,

welchen der Nil dem Meere mitgetheilt habe, er nennt ganz Unter-Aegypten bis zum Meere ein „Geschenk des Nils“ und bespricht in dieser Beziehung den Bau des Deltas, als den eines Sumpflandes, dessen Boden man erst durch Eindeichung benutzbar machte. Damals, erzählt er (L. 2. c. 13.), brauchte der Nil nur 8 Fuß zu steigen, um den Landstrich unterhalb Memphis zu überfluthen; zu seiner Zeit seien 15 oder 16 Fuß dazu erforderlich gewesen. Dieselbe Ansicht herrschte durch das ganze Alterthum; Aristoteles gedenkt ihrer ausführlich, und Plutarch beweist aus der Art und Weise, wie Homer von der Insel Pharus spricht, daß dieselbe früher viel weiter von der Küste entfernt lag. Auch hat das heutige Delta eine ganz andere Beschaffenheit als zur Zeit der Römer, aus welcher Zeit uns Strabo eine Schilderung desselben hinterlassen hat; jetzt liegt die Gabelungsstelle über zwei Stunden tiefer als damals, und während früher die westliche Hauptmündung bei Canopus ins Meer fiel, mündet sie heut zu Tage bei Rosette. Ähnlich hat sich die östliche verändert. Von ihren beiden Armen, in welche sie sich theilt, war früher der östlichste, nach Pelusium gewendete, der größere, und der innere, welcher jetzt die stärkere Wassermasse nach Damiette hin abführt, war anfangs ein bloßer Graben. Im Ganzen hat also die Breite des Deltas abgenommen, dafür ist aber seine Basis weiter ins Meer hinausgeschoben worden. Diese Thatsache erklärt sich leicht aus den Wechselwirkungen des Stromes und des Meeres, die beide an der Mündung sich begegnen und gegenseitig ihre Bewegungen lähmen. Die Gewalt des Flusses wird dadurch geschwächt, und seine Treibkraft läßt nach, die erdigen Theile fallen nieder, werden aber von den nachfolgenden Wassermassen aus der Mitte des Bettes auf die Seite geschoben, wo sie sich dammartig aufhäufen. Gegen diesen Damm spülen die Meereswellen, verwaschen ihn und führen seine Bestandtheile mehr seitwärts gegen das benachbarte Ufer, vor dem sich die erdigen Massen aufs neue setzen, Untiefen bildend, die der Küste parallel laufen und um so mehr von derselben sich entfernen, je weiter auch die Mündungsdämme ins Meer hinausrücken.

Erheben sich solche Untiefen bis zur Oberfläche des Wassers, so brechen sich an ihnen die Wogen, und erhöhen, indem sie aus der Tiefe neue Massen herbeispülen, endlich die Untiefe bis über den gewöhnlichen Wasserpiegel; wobei die landwärts strömenden Seewinde ihnen dadurch behülflich werden, daß sie den von der Luft ausgetrockneten obersten Sand zusammenwehen und gleich einem Walle aufhäufen. Seine Entstehung ist der Beginn einer neuen Epoche für die Untiefe, der Anfang ihres übermeerischen Daseins; denn bald findet sich das schnell wuchernde Dünengras (*Elymus arenarius*)

hier ein, bekleidet die Abhänge der Sandhügel zunächst auf der Landseite, und macht, indem es sich später überall hin ausbreitet, durch seinen vermehrten Anwuchs sie fester, also zum Widerstande fähiger. Dann heißen diese Sanddämme Dünen. In ähnlicher Art entstanden die drei großen, von schmalen Landzungen seewärts begrenzten Wasserbecken, welche wir zwischen wie neben den Nilmündungen antreffen, und die uns durch ihre völlige Uebereinstimmung an die Haffe vor allen größeren Strommündungen des Ostseebeckens erinnern. Wie diese seewärts von schmalen Landzungen, Nehrungen genannt, begrenzt werden, so auch die Nilmündungen, und wie hier die Ausflüsse sich im Laufe der Zeiten mannigfach änderten, so auch jene des Nils. Diese Aehnlichkeiten beider Verhältnisse weisen auf ähnliche Ursachen hin, und da die Oder, die Weichsel und der Niemen gleich dem Nil nordwärts abfließen, da alle vier in Meere münden, welche keine Ebbe und Fluth besitzen, wenigstens nicht an den Stellen, wo die Mündungen der genannten Flüsse sich befinden; da ferner jene drei norddeutschen Flüsse große Sand- und Lehmmassen mit sich fortführen, so dürfen wir wohl in Berücksichtigung dessen, daß die Elbe und Weser zwar dieselbe Richtung und Beschaffenheit haben, aber in ein Meer mit Ebbe und Fluth münden, den Mangel der letzteren als die Hauptursache ansehen, warum sich gerade vor jenen drei Flüssen und dem Nil Delta- und Haffbildungen zeigen. Die Aehnlichkeit der Weichsel, als des größten der drei norddeutschen Ströme, mit dem Nil ist wahrhaft überraschend; auch sie bildet zwischen der Rogat und der eigentlichen Weichsel ein langes Delta, dessen linker Schenkel sich wieder gabelt. Vor beiden Hauptmündungen findet sich ein großes Haff, von welchen das östliche, mehr ausgebildete mit dem Haff des Pregel zusammenfließt, das westliche oder Puziger Haff weit nordwärts vorgeschoben ist, und von der schmalen Nehrung, welche an ihrer Spitze das Dorf Hela trägt, umgeben wird. Minder deutlich, doch ebenfalls kenntlich genug, ist die Aehnlichkeit der Oder mit dem Nil, weil hier die Nehrungen ausgedehnte Inseln wurden und das große Delta zwischen den beiden seitlichen Odermündungen, der Peene und Diwenow, zu umfangreich ist für die Erdmassen des Flusses, um von ihnen erfüllt werden zu können.

Indeß scheinen die Haffe und Nehrungen der angeführten norddeutschen Flüsse sich nicht mehr in ihrer ältesten ursprünglichen Form zu befinden, sondern in einer späteren Umbildung. Ihr Abstand von der heutigen Flußmündung ist zu groß, als daß man den Absägen des Stromes ihre Entstehung in dieser Ferne beimessen dürfte; man sieht sie vielmehr als die Dünen der früheren, weiter vortretenden Küste neben einer älteren Flußmündung an.

In dieselbe, so meint man, drang bei heftigen Stürmen das bewegte Meer und bildete hinter der Düne durch Aufstauung einen See, welcher beim Rücktritt ins Meer die obersten Schichten des Erdbodens mit sich fortführte und das Gaff aushöhlte. Wahrscheinlich haben sich derartige Eingriffe des Meeres öfters an derselben Stelle wiederholt und nach und nach die großen Gaffe gebildet. Wir werden später Veranlassung finden, ähnliche Eingriffe der Nordsee in ihre Küste als historische Ereignisse zu besprechen, und dürfen aus ihnen auf die vorhistorischen der Ostsee mit um so größerem Rechte zurückschließen. Zur Entstehung der Nehrung bot jedoch der Fluß auch bei dieser Ansicht die Hand, indem er dem Meere einen Theil der Sandmassen zuführte, welche letzteres neben seiner alten Mündung zur Düne verwendete; wobei ihm die Seewinde schon damals, wie noch jetzt, behülflich waren. —

Wenn uns diese Betrachtung und namentlich ein Vergleich der Weichsel mit der ihr an Beschaffenheit so ähnlichen Elbe darthun kann, daß die Delta- und Gaffbildung der Flüsse durch ein ruhiges, von keiner regelmäßigen Bewegung erschüttertes Meer begünstigt wird; so überzeugt uns eben die fernere Beobachtung der Elbe, daß ein durch Ebbe und Fluth regelmäßig bewegtes Meer zu Untiefen und fliegenden Bänken Veranlassung giebt, wenn die Mündung im Winkel eines Meereinschnittes, und nicht in der Mitte eines geraden Uferrandes sich befindet. Denn im letzten Falle entstehen alsbald regelmäßiger geformte Inseln, wie vor und zwischen den Rheinmündungen. Es ist kaum nöthig diese Behauptungen näher zu besprechen, sie leuchten als richtig von selbst ein. Wie sehr sich die Untiefen an der Mündung der Elbe ändern, und dadurch der Schifffahrt gefährlich werden, ist leider nur zu bekannt; wie wenig im Ganzen die Rheininseln zwischen der Waal, dem Leck und der Maas, welche mit denen der Schelde zusammenfließen, sich in historischer Zeit geändert haben, dürfte nicht minder wahr sein. Zwar wissen wir, daß die Yffel erst spät aus einem von Drusus angelegten Kanale sich bildete, und dadurch der Rhein einen Theil seines Wassers in anderer Richtung abgab, als in welcher es ursprünglich abfloß; allein dies hat auf die Form seiner Hauptmündungen keinen großen Einfluß ausgeübt, wozu indeß auch der Umstand viel beiträgt, daß der Rhein im Ganzen eine zu kurze Strecke durch ein leicht bewegliches, locker gefügtes Land fließt, einen großen Theil seiner Gerölle im Bodensee läßt, und erst unterhalb Bonn in die Ebene tritt. Daher mag es kommen, daß die kleinen Ströme Maas und Schelde mehr Massen abgesetzt und größere Inseln vor ihren Mündungen zusammengespült haben, als der Rhein. —

Bei den Flüssen Frankreichs und den Hauptströmen der pyrenäischen Halbinsel hindern der stärker bewegte Atlantische Ocean und die geringen Größen der Stromgebiete alle Delta- und Gaffbildungen<sup>2)</sup>; dagegen treffen wir am Po und an der Donau auf ähnliche Erscheinungen. Beide haben indes keine Gaffe und Nehrungen, weil der Strom des Wassers sowohl im Schwarzen, als auch im Adriatischen Meere von der Küste ab gegen das Mittelmeer gerichtet ist, mithin der ausmündende Fluß auf gar keinen Widerstand trifft. Dies ist weder beim Nil, noch bei den drei norddeutschen Flüssen der Fall; vielmehr geht bei ihnen der Meeresstrom gerade gegen die Mündung, und begünstigt eben dadurch sehr das Entstehen der Nehrung.

Ähnliche in allen Meeren vorhandene Strömungen tragen viel zur jedesmaligen Form der Flußmündungen bei, und dürfen nie bei Abwägung der bedingenden Ursachen übersehen werden. Von der Ostsee ist es ausgemacht, daß ihr Hauptstrom gegen die dänischen Inseln zum Grunde sich wendet, und daß dieser Strom, ehe er die westliche Richtung einschlagen kann, erst eine südliche nehmen muß, leuchtet aus der Form der Ostsee von selbst ein. Im Mittelmeere findet sich an der afrikanischen Küste eine östliche Strömung, welche bis an die syrischen Küsten reicht, und hinter Cypem an den Südküsten Klein-Asiens nach Westen fortläuft. Die Richtung dieses Stromes ist also wesentlich den Nilmündungen entgegengesetzt. Durch die abfließenden Wasser des Schwarzen Meeres erhält der Strom im Aegäischen Meere eine südliche Richtung; er geht neben Candia vorbei und trifft dort mit dem nach Süden abfließenden Strome des Adriatischen Meeres zusammen. Im Atlantischen Ocean läuft der Aequatorialstrom nach Westen; unterhalb der Linie breitet er sich nach Süden, oberhalb derselben nach Norden hin aus; an den Küsten Nordamerikas wird er nordöstlich und bewirkt hier die unter dem Namen des Golfstromes sehr bekannte und gefürchtete Strömung, welche quer durch den Atlantischen Ocean ostwärts sich fortsetzt und ihre Wirkungen bis an die gegenüberliegenden Küsten von Europa und Afrika äußert. In der Nordsee kommt der Strom, wahrscheinlich durch die Einwirkung des Golfstromes bestimmt, aus Süden, indem er durch den Kanal vom Ocean hereinfließt. Auf der Südseite der Erdkugel, wo die Wassermasse so sehr überwiegt, sind Strömungen nur in

2) Der einzige Fluß Spaniens mit einem schönen Delta ist der Ebro, welcher sich aber auch in das minder bewegte Mittelmeer ergießt, und durch eine weite Ebene seinen Lauf nimmt.

der Nähe der Küsten bemerklich. An der Ostküste Afrikas ist die Richtung des Stromes südwestlich; er geht durch den Kanal von Mozambique und bewirkt dadurch vielleicht eine nördliche Richtung an der Ostseite von Madagaskar. Um das Vorgebirge der guten Hoffnung herumsehend wird der Strom an der andern Seite nordwestlich und in der Nähe des Aequators ganz westlich. Die Strömungen im Stillen Ocean sind noch nicht genau bekannt, doch hat man bereits einen kalten Strom wahrgenommen, welcher aus dem südlichen Eismeere kommend längs der Küste Chilis bis nach Peru hinaufsteigt und von da westwärts in den Großen Ocean sich ausbreitet, wie er südwärts um das Kap Horn herumgeht. An den gegenüberstehenden Küsten Asiens hat die Strömung hauptsächlich eine südliche Richtung; sie geht an den Ufern Chinas, Malaccas, der Küste Malabar fort, und vereinigt sich mit dem südlichen Strom am Ostrand Afrikas, dem auch die Meerbusen neben Arabien Folge leisten. Aber so gleichförmig, wie im Großen Ocean, ist die Strömung hier nicht; ihr Charakter ändert sich mit den Monsunen, welche halbjährig in entgegengesetzter Richtung die Fläche des Indischen Meeres aufregen. — Im Ganzen finden wir also die Strömungen des Weltmeers zwischen den Tropen der Umdrehungsrichtung der Erde entgegenzueilen, während wir sie in den Polarmeeren vom Pol gegen den Aequator hin sich wenden sehen; eine Erscheinung, die sowohl aus der geringeren Verdunstung des kälteren Wassers, als auch aus seiner periodischen Vermehrung in Folge des Abschmelzens der abgelösten Eismassen sich erklären läßt. Die herrschende westliche Strömung im Aequatorialmeere scheint aber mit den ebenso konstanten tropischen Ostwinden aus gleicher Quelle, nämlich aus dem Ausgleichungsbestreben verschieden erwärmter beweglicher Materien, zu stammen. Endlich mag auch die Umdrehung der Erde um ihre Achse in dem leichter beweglichen Elemente des Wassers Strömungen veranlassen oder wenigstens unterstützen. —

Die Strömungen üben, wie wir bereits gesehen haben, auf die Form der Flußmündungen einen gewaltigen Einfluß aus, und bedingen in Verbindung mit der Masse des Erdreiches, welche der Strom führt, die Gestalt seiner Mündung. Wir wollen in dieser Beziehung noch einige Hauptströme betrachten, und beginnen mit Nordamerika, wo zwei große Flußgebiete uns begegnen, das des Lorenzostromes und des Mississippi. Ersteres besteht fast nur aus großen Seen, in denen alle Gerölle und Erdmassen sich absetzen, daher der untere Lauf des Flusses arm an Geschieben ist und aus demselben Grunde kein Delta bilden kann. Gerade umgekehrt verhält sich

der Mississippi. Er fließt durchgehends in Ebenen, führt große Erdmassen mit sich, und häuft vor seiner Mündung eine weit in den Meerbusen von Mexiko vordringende Landspitze auf, an deren Ende er sich öffnet. In demselben Meerbusen wird die große Atlantische Strömung zwar etwas durch die vor ihm liegende Inselreihe gebrochen, allein nicht ganz zurückgehalten; sie dringt vielmehr zwischen den südlichen kleineren Antillen um so stärker hinein, und bewirkt eine Art Aufstauung der Wasser im Golf von Mexiko, welche ostwärts unter der Spitze von Florida ihren Ausweg in den Ocean findet. Die dadurch bedingte Strömung im Mexikanischen Binnenmeere giebt der vom Mississippi geschaffenen und durchbohrten Landzunge ihre südöstliche Richtung, und veranlaßt die zahlreichen Hafte, welche sich an der Küste von Texas vor allen Flüssen gebildet haben.

Eigenthümlicher verhalten sich die Flußmündungen Südamerikas, insofern sie größtentheils durch Ebenen fließend doch keine Deltas bilden, obwohl die Richtung der Strömung ihren Mündungen entgegensteht. Hier scheint indeß die enorme Wassermasse, welche der Amazonenstrom und Tocantins auf der einen, der Paraguay und Parana auf der anderen Seite Brasiliens ins Meer führen, die Ursache zu sein, daß es zu keiner Deltabildung kommt, da die Wassermassen des Flusses den Meeresstrom durchbrechen und erst in zu großer Entfernung vom Ufer ihre treibende Kraft verlieren. Auch sind die waldigen baumreichen Gegenden, durch welche diese Ströme fließen, wohl weniger geeignet, sich abspülen zu lassen, als das nackte Erdreich; daher die Sandmassen beider Flußgebiete relativ unbedeutender sein mögen. Endlich scheint auch der Umstand, daß beide Ströme frei an offenen Küsten des Weltmeeres münden und nicht in Meerbusen oder Binnenmeere sich ergießen, insofern einen Einfluß auf die Form ihrer Mündungen auszuüben, als den Schlammmassen, welche sie tragen, an dem ausgedehnten östlichen Uferrande Süd-Amerikas ein breiter Boden zum Absatz dargeboten wird, in Folge dessen zwar eine flache weit ins Meer sich erstreckende Küste, aber kein Delta entstehen konnte. Wirklich bieten flache Ufer mit Untiefen den Seefahrern große Schwierigkeiten dar beim Einlaufen in die Mündungen des Maranon und Rio de la Plata.

Vergleichen wir mit diesen Hauptströmen der Erde die großen Flußgebiete Asiens, so zeigen uns die ostwärts abfließenden Ströme Chinas aus denselben Gründen offene weite Mündungen, während die südwärts strömenden, welche zugleich in Meerbusen sich ergießen, reichlich mit Deltagebilden begabt sind. Ich erwähne als Hauptbeweise nur den Ganges, dessen Deltaland das größte und umfangreichste ist, welches man kennt;

den Indus, durch ein genaues Delta fast ebenso bekannt, wie der Nil; und den Euphrat und Tigris, beide, wie die Donau, von zahlreichen Mündungsinselfn umgeben. Alle genannten stimmen zugleich darin überein, daß Hafte und Nehrungen ihnen ganz fehlen, weil sie, gleich dem Po, in Meerbusen sich ergießen, deren Strömung von der Flußmündung abwärts geht.

Nach diesen Thatsachen ist der Einfluß der Flüsse auf die Gestaltung der Meeresküsten als hinlänglich bewiesen zu betrachten, und daher nur noch der Einfluß zu untersuchen, den sie im oberen Theile ihres Laufes ausüben. In dieser Beziehung muß eine Darstellung der Verhältnisse des Nils genügen, da kein anderer Strom so regelmäßige Wirkungen zeigt, und keiner so lange, wie er, von Beobachtungen verfolgt worden ist.

Bald nachdem der Nil die zweite Stromenge bei Gebeleyn verlassen hat, bildet das Thal eine kesselförmige Erweiterung, über deren Mitte die herrlichen Trümmer sich verbreiten, welche einst die Prachtbaue der alten Staatschlösser Thebens ausmachten. Damals an den Ufern des Stromes auf größtentheils künstlichen, dem schwellenden Wasser unzugänglichen Hügeln gelegen, überragten ihre Sockel den Boden, der sie trägt, in kunstgerechter Weise; jetzt sind alle Grundmauern längst bis über die unteren Gesimse hinaus in ihn eingesunken und die umgestürzten Statuen bis zu beträchtlicher Höhe von Erdreich bedeckt. Aber nicht Schuttmassen, aus den zerfallenen Trümmern der Bauwerke entstanden, bilden diesen Aufwurf; das harte allermeist granitische Gestein, fast ohne Mörtel aneinander gefügt, zerfällt nicht in Staub, wenn es zertrümmert, seine zusammengestürzten Massen gleichen mehr durcheinandergeworfenen Felsblöcken, deren Lücken zwar der Küstensand überkleidet und ausgefüllt haben mag, die aber niemals gleichmäßig ebene Flächen veranlassen werden. Es mußte also ein anderer Grund für die Erhebung des Bodens zumal an solchen Orten sich finden, wo das frei stehende Gebäude nur an den Bekrönungen beschädigt, in seiner Hauptmasse erhalten war, oder wo Alleen von Sphinkolossen nur noch mit ihren Köpfen aus dem Boden hervorragten; ihre Verschüttung mußte einer gleichmäßig wirkenden, fortdauernden Ursache und offenbar dem schwellenden Nilströme zugeschrieben werden, wenn man sah, wie er die Denkmäler unmittelbar umfluthete und seinen weichen fruchtbaren Schlamm daneben absetzte. Als die Französischen Gelehrten<sup>3)</sup> während der Expedition

3) *Déscrip. de l'Égypte*. 2. ed. Vol. XX.

nach Aegypten zu Anfange unseres Jahrhunderts diese Beobachtung gemacht hatten, untersuchten sie einzelne hervorragende Punkte der Trümmer genauer, und fanden, daß diejenigen, welche am meisten verschüttet waren, bis zu einer Tiefe von 6 Metern<sup>4)</sup> im Boden steckten, und daß unterhalb dieser Tiefe, wo gepflasterter Boden die ursprüngliche Höhe der Umgebungen des Denkmals bezeichnete, stets künstlich aus Bauschutt, Geröll und aufgefahmem Erdreiche gebildete Unterlagen sich nachweisen ließen. An der kolossalen Memnonstatue, dem 60 Fuß hohen sitzenden Abbilde des Aegyptischen Königs Amenophis III. (um 1480 vor Christus)<sup>5)</sup>, bemerkten die Franzosen einen späteren Aufwurf von fast 2 Meter Dicke, und schlossen aus einer am Fuße des Kolosses befindlichen Inschrift, welche auf das zehnte Regierungsjahr Antonin's hinweist (148 nach Christus), daß der Absatz während eines Jahrhunderts etwa den zehnten Theil eines Meters (nicht ganz 4 Zoll Pr.) betrage. Inzwischen ergab die Untersuchung des von Girard an der Insel Elephantine wieder aufgefundenen alten Nilmessers ziemlich dasselbe Resultat ( $4\frac{1}{2}$  Zoll im Jahrhundert) und wies zugleich nach, daß sich mit der Erhöhung der Ebene, über welche der Fluß sich ausbreitet, das Bett des Stromes gleichmäßig erhoben habe, mithin aus der Höhe der aufgehäuften Erde das Alter wenigstens solcher Gebäude, die dem Flußufer nahe stehen, mit einiger Sicherheit erschlossen werden könne. Der Palast bei Luxor, an dessen südlicher Ecke die Aufhäufung 6 Meter ( $18\frac{3}{5}$  Fuß) betrug, hätte hiernach ein Alter von beinahe 5000 Jahren. Gegen dies überraschende und mit den neuesten Forschungen<sup>6)</sup> über die Blüthezeit des Aegyptischen Reiches, der diese Denkmäler angehören, im Widerspruch stehende Resultat, läßt sich jedoch einwenden, daß

4) Ein Französischer Meter enthält  $3\frac{1}{10}$  Preuß. Fuß.

5) Es ist dieselbe Statue, deren eigenthümlicher Ton die Touristen des Alterthums herbeilockte. Bald nach Sonnenaufgang vernahm man den Laut, welchen die reiche Phantase der Griechen als einen der Mutter Eos von ihrem vor Troja gefallenen Sohne Memnon dargebrachten Gegengruß deutete, nachdem sie ihn mit den Strahlen der Morgenröthe erquickt hatte. Die neueren Beobachter haben darin ein physikalisches Phänomen erkannt, bedingt durch Luftströmungen, welche aus den Fugen des von der Sonne erwärmten Gesteins entweichen.

6) Nach Bunsen (Aegyptens Stellung in der Weltgesch. III. Bd. S. 122 ff.) fallen die Regenten der 18. und 19. Dynastie, denen man die großen Bauwerke Thebens zuschreibt, 1638 und 1298 vor Christi Geburt. Lepsius setzt sie um 700—800 Jahre weiter hinaus.

die Erhebung des Bodens gerade bei Theben ansehnlicher sein konnte, als auf den höher gelegenen Ufern; weil sich das Niltal hier bedeutend erweitert, die Schnelligkeit des Flußlaufes also abnimmt und deshalb eine dickere Schicht Schlamm sich absetzt. Man glaubt vielmehr<sup>7)</sup> die Productivität des Stromes in jener Gegend auf 6 Zoll im Jahrhundert anschlagen zu müssen, und berechnet darnach das Alter der thebaischen Momente im größeren Einklange mit den historischen Angaben zu 3700 Jahren. Ueberhaupt mag die Thätigkeit des Nils in ihren verschiedenen Zeiträumen sich mächtig geändert und der Fluß in frühester Zeit, wo das Thal noch tiefer, also auch enger war, seinen Schlamm weniger im Thale selbst, als an dessen Mündung abgelagert haben. Die ältesten Aegyptischen Erinnerungen scheinen bis dahin zurückzugehen, wenn sie uns, nach Herodot's Aussage (L. 2. c. 4.), das Deltaland als einen Sumpf schildern; sie scheinen durch die uralte Tradition einer noch offenen Strommündung zur Zeit des Königs Menes zu beweisen, daß die Aegyptische Bevölkerung schon bis an's Mittelmeer reichte, als ihre Kultur noch in den Anfängen sich bewegte, die Aegyptier also nicht, ein gebildetes Volk, den Strom von Nubien herabkamen, sondern vielmehr umgekehrt, die an seiner Mündung gewonnene älteste Kultur rückwärts den Nil hinauf verbreiteten.

So entschieden, wie in Aegypten, zeugen übrigens für die Anhäufung des Bodens nur wenige andere Flüsse, indes ist auch kein anderer Strom so regelmäßig thätig wie der Nil. Zwar schwellen auch unsere Flüsse alljährlich im Frühjahr und überfluthen die Ebenen an ihren Ufern, aber die Höhe dieser Fluth ist nach den Jahren sehr verschieden, ja fehlt in manchen Jahren, zumal nach gelinden Wintern, gänzlich. Aehnlich verhalten sich die meisten, wenigstens die größeren Ströme der Erde, wenn auch ihre Ueberfluthungen zu ganz anderen Zeiten eintreten. Von den beiden Hauptstromgebieten Südamerikas ist es bekannt, daß sie während der Regenzeit aus ihren Ufern treten und die Ebenen überschwemmen. Dasselbe wissen wir von den großen Strömen Chinas, vom Ganges<sup>8)</sup>, Indus,

7) Parthey, Wanderungen durch das Niltal. II. 413.

8) Ein englischer Beobachter, Hr. Everest, hat die Masse von Schlamm, welche der Ganges jährlich zum Meere führt, auf nahe an 6400 Millionen Kubikfuß berechnet, was eine Erdschicht von 16 Quadratmeilen Ausdehnung bei 1 Fuß Dicke ergeben würde; eine allerdings ungeheure Productivität, welche die Thätigkeit des Nils noch bei weitem zu überbieten scheint (Vhell, Grundf. der Geol. II. 150).

und besonders vom Euphrat und Tigris, deren Ueberschwemmungen einen gleichen Werth für Mesopotamien haben, wie das Steigen des Nils für Aegypten. Auch die Ströme der West- und Südseite Afrikas bieten ähnliche Erscheinungen dar<sup>9)</sup>.

Wie durch diese Thatsachen der Absatz neuer Erdschichten über alten und besonders ein großer Einfluß aller Strommündungen auf die Form der Küsten bewiesen wird, so lassen sich auch gleichartige Wirkungen verwandter Einflüsse auf höher gelegene Theile der Erdoberfläche tief im Innern des Festlandes mit nicht geringer Sicherheit darthun. Eine kurze Betrachtung der Binnenseen wird uns davon überzeugen und eine Einsicht gewähren in die Veränderungen, welche von ihren Gewässern in näherer oder fernerer Umgebung hervorgebracht werden. Noch jetzt finden wir zwischen den Bergketten der Hochgebirge große mit Wasser angefüllte Vertiefungen, ja selbst in weiten Ebenen sehen wir Seen sich bilden, indem die fließenden Gewässer zu einem Punkte sich begeben, welcher als der tiefste in der Ebene, eben wegen seiner Lage keinen Abfluß des Wassers in das benachbarte Meer gestattet. Aehnliche Verhältnisse scheinen in früheren Perioden öfter eingetreten und manche Thäler, die jetzt ein Fluß durchströmt, ursprünglich Seen gewesen zu sein. Angehäufte Wassermassen üben aber einen Druck auf die sie einschließenden festen Theile aus, einen Druck, der in dem Maaße zunimmt, wie die Wassermasse, die ihn hervorbringt. Je nach der Verschiedenheit aller dabei zu berücksichtigenden Verhältnisse wird sich hier ein verschiedenes Resultat ergeben. Gesezt zunächst, es sei die Verdunstung des Wassers an der Oberfläche geringer als die Quantität des fortwährend zuströmenden, so muß der See steigen, bis er irgendwo an seinem Rande eine Stelle findet, die niedrig genug ist, um ihm einen Abfluß zu verstaten; durch diese Lücke des Randes wird dann fortwährend gerade so viel Wasser abfließen, als wie viel größer der Unterschied zwischen der einströmenden und verdunstenden Flüssigkeit ist. Hält sich dagegen Verdunstung und Zufluß die Wage, so wird der See mit unveränderter Wasserhöhe stehen bleiben, und ist jenes Verhältniß einem periodischen Wechsel unterworfen, so wird sein Spiegel zwar steigen und fallen, aber nur innerhalb gewisser Grenzen, und zum Abfluß kommt es nie. Letzgenannter Fall findet sich am Kaspischen Meere und am Aralsee, in welche so große Flüsse sich ergießen,

9) Im Alterthume waren der Mäander und Achelous als schnell producirende Flüsse bekannt; Herodot vergleicht (L. 2. c. 10) ihre Thätigkeit mit der des Nils.

und die doch nur periodisch wachsen und fallen, aber nie beträchtlich aus ihren Ufern treten; das erste Verhältniß zeigen uns der Bodensee, Genfersee, Ladogasee, Wenernsee und die großen Seen Nord-Amerikas, aus denen der Lorenzo seinen Ursprung nimmt; alle diese Seen sind eigentlich nur stellenweis erweiterte Flußbetten, welche, nachdem der Fluß sie mit seinen Wassern bis zu einer gewissen Höhe angefüllt hat, einen Ausweg erhielten, durch den der Fluß gegenwärtig seinen Lauf weiter fortsetzt. —

Es giebt aber außer diesen Fällen, die alle auf dem Geses der Gleichheit zwischen Wirkung und Gegenwirkung beruhen, noch einen zweiten Hauptfall, nämlich den, daß die Gegenwirkung von der Wirkung überwunden wird; ein in engen Felsenthälern häufiger, als in Ebenen, eingetretenes Verhältniß, dessen als eines die Form der Thäler und selbst der Ebenen bedingenden hier ausführlicher gedacht werden muß. Ist die Umgebung irgend einer aufgestauten Wassermasse an einzelnen Stellen nur schwach, so wird sie um so weniger dem Gewichte des Wassers Widerstand leisten können, je mehr dieses zunimmt; sie wird endlich nachgeben und dem Wasser einen Abfluß verstatten. Mag auch diese Nachgiebigkeit anfangs nur geringe gewesen sein, etwa von einer engen Spalte im festen Gestein der Wandungen herrühren; das andrängende Wasser würde sich bald weiter Bahn brechen und je nach Befinden seiner Kräfte und des Widerstandes sich einen Durchweg bilden, der bis auf den Grund des Sees reichen und allem aufgestauten Wasser einen Abzug gewähren könnte. Mit einem solchen Durchbruche sind natürlich Veränderungen des ganzen unter dem See gelegenen Landstriches, auf den das abfließende Wasser trifft, zunächst verbunden, und daraus folgt wieder eine Umgestaltung aller der Ablagerungen, welche vor dem Durchbruche auf der Oberfläche schon vorhanden waren. Hierbei wird viel auf die Quantität des sich ergießenden Wassers ankommen; auf die Schnelligkeit, womit der Durchbruch erfolgt; auf die Massen, welche der Strom mit sich fortreißt; und auf die Höhe, von welcher er herabstürzt. Die Gewalt eines solchen Phänomens wird Jeder sich selbst am besten deutlich machen, der Gelegenheit gehabt hat, ähnliche Erscheinungen, wie sie beim Aufstauen der Eismassen unserer Flüsse bisweilen vorkommen, zu beobachten; ja und wer sie nicht ansehen konnte, den überzeugen wohl eben so sehr von den ungeheuern Wirkungen die Berichte der Zeitungen, wenn sie von Unglücksfällen, wie sie noch jüngst die Stadt Pesth betrafen, Nachricht geben. Wem sind nicht die fast jährlichen Verwüstungen bekannt, welche die Weichsel anzurichten pflegt; wer hat nicht im frischen Gedächtniß das

furchtbare Schicksal, welches die schwellende Rhone vor einigen Jahren der vollreichen Stadt Lyon und allen anwohnenden Landleuten bereitete. Und doch waren diese Flüsse keineswegs abgedämmt; ihnen war ihr regelmäßiger Abfluß wenigstens theilweise geblieben, und bloß der Zufluß war vermehrt worden. Wie aber, wenn der Bodensee, dessen Tiefe bis auf 1800 Fuß angegeben wird, einen Ausweg bis zum Spiegel des Rheins unterhalb Schaffhausen fände, und nun mit seinem Wasser in das Rheinthal sich ergösse; wie würden Basel und alle anliegenden Ortschaften, noch mehr aber die Städte des Rheingaus verwüstet werden, weil die Stromenge von Bingen bis Coblenz nur einen sehr allmäligen Abfluß der Wasser möglich machte.

Den Umfang solcher Verwüstungen einigermaßen zu ermessen und überhaupt die Möglichkeit von wirklichen Thaldurchbrüchen einzusehen, dazu eignen sich besonders mehrere Beispiele, die noch in den Bereich unserer Beobachtungen fallen und deshalb hier näher berücksichtigt werden mögen. Eins der neuesten ist das Ereigniß im Vanienthale am 16. Juni 1818<sup>10)</sup>. Dieses Thal erstreckt sich von der Rhone südwärts gegen die Alpenkette hin, aus welcher der große Bernhard als einer der höchsten Punkte zwischen dem Montblanc und Mont Rosa hervorragt, und wird von der Dranse durchströmt, die sich bei Martigny in die Rhone ergießt. In seinem oberen Theile zwischen dem Mont Pleureur und Mont Mauvoisin, die es, jener nach Norden, dieser nach Süden, begrenzen, ist es eng und empfängt seine Wasser von drei großen Gletschern, deren kleinster, der Getrozgletscher, dem untern Ende der Thalenge beim Mont Pleureur am nächsten liegt. Von ihm fallen die Gerölle oder Morainen, welche er führt, unmittelbar bis in die Dranse, und nicht selten lösen sich auch ganze Eisblöcke ab, unter denen jedoch die Wasser des Flusses immer noch einen Ausweg fanden, bis derselbe im April des genannten Jahres verstopft ward und hinter den aufgethürmten Eismassen sich ein See bildete, der gegen eine Viertelmeile lang war. Die Anwohner erkannten sehr bald die drohende Gefahr und versuchten, dem Wasser, dessen Menge sich schon auf 800 Millionen Kubikfuß belief, einen Ausweg zu bahnen, was aber nur zum Theil gelang. So nahete der Sommer immer mehr heran, die höhere Temperatur während desselben lockerte durch Erwärmung

10) Vergl. Gilbert's Annalen der Physik und Chemie. Bd. 60. S. 334, 335, und Bd. 62. S. 108.

des Bodens die Fugen auf, welche am Grunde zwischen den Eismassen später verstopft worden waren, und öffnete den noch übrigen Theilen des Wassers einen Abfluß, der bald die entstandenen Lücken bis zu 90 Fuß Breite ausdehnte. Die Verwüstungen, welche dieser fallende Strom anrichtete, waren furchtbar: alle Häuser, Bäume, Blöcke, und was nur dem forteilenden Elemente einen Widerstand leistete, wurde fortgerissen, ein Theil der Stadt Martigny zerstört und selbst die Rhone noch zum Steigen gebracht. Die 11 Meilen lange Entfernung vom Eisdamme bis zum Genfersee legte das Wasser in  $5\frac{1}{2}$  Stunden zurück, hatte anfangs eine Geschwindigkeit von 33 Fuß in der Sekunde, verlor dieselbe aber durch die fort-dauernden Hindernisse und die geringere Neigung der Ebene aufgehoben bis auf 6 Fuß, mit welcher es im Genfersee anlangte.

Ein anderes in die historische Zeit fallendes Ereigniß ähnlicher Art, doch von ungleich geringerer Wirkung, ist der Durchschnitt, den der Simeto oder Gabello, Siciliens Hauptfluß am westlichen Fuße des Aetna, darbietet. Derselbe war in seinem Laufe von einem im Jahre 1603 quer durch sein Bett geflossenen und hier erkalteten Lavaströme gehemmt und dadurch ebenfalls aufgestaut worden, bis er am oberen Rande des Lavadammes einen Abfluß fand. Die einschneidende Gewalt des Wassers und des von ihm geführten Kiesel hat jedoch diesen Abflusspunkt nach und nach so vertieft, daß er gegenwärtig schon den größeren Theil des ganzen Lavaströmes wieder durchfurcht, und darin eine rinnenartige Schlucht geschaffen hat, deren rauhe Schönheiten von zwei terrassenartigen Abstufungen mit brausenden Wasserstürzen vermehrt werden. Lyell <sup>11)</sup>, dem wir diese Beobachtungen verdanken, giebt die Tiefe des Einschnittes auf 40—50, und die Breite desselben von 50—100 Fuß wechselnd an; eine solche Lücke konnte also in etwas über 200 Jahren hervorgebracht werden, wobei indeß nicht zu übersehen ist, daß das am Damme terrassenartig herabstürzende Wasser diesen fortwährend eben so schwächte, wie der Ausfluß am oberen Einschnitt ihn erniedrigte, derselbe also von zwei Seiten her gleichzeitig zerstört wurde. Auch mochte die Klüftung der Lava das Fortreißen ganzer Blöcke möglich machen und verstaten.

Die letzterwähnte Thatsache ist übrigens insofern noch interessant, als sie zeigt, daß Seen selbst ohne große Verheerungen einen Ausweg finden können, mithin nicht alle Erscheinungen durchbrochener Thalwände, welche

11) Principles of Geology, deutsche Bearb. von Hartmann. II. 34 ff.

wir in den Hochgebirgen so oft antreffen, mit großartigen Umwälzungen verbunden waren. Ja viele Durchflüsse sind ohne Zweifel nicht von den Strömen geschaffen, die darin fluthen; ein großer Theil mag ursprünglich auf Spalten und Lücken beruhen, die der Fluß vorfand und höchstens nur erweiterte. So hat der Rhein seinen Weg zwischen dem Hundsrück und Taunus erst langsam sich bereitet, und desgleichen der Main den zwischen dem Odenwald und Spessart. Dasselbe ist von dem Durchbruch der Elbe durch das Erzgebirge zu behaupten; in allen drei Fällen scheint der Strom eine vorgesehene Lücke nur breiter gemacht und dem vormals secartig hinter dem Durchbruche aufgestauten Wasser allmählig einen Abzug bereitet zu haben, der bis auf den heutigen Thalgrund einschneidet. Auch der Durchtritt der Weser durch die porta westphalica beruht wohl auf einer tiefen Spalte im Gestein, welche das durch sie abfließende Wasser langsam bis zu ihrer jetzigen Größe ausdehnte. Vor dieser Zeit waren die Niederungen des Elsasses und Badens, der Mainkreis, das Fürstenthum Lippe mit seinen Umgebungen und Böhmen aufgestaute Wasserbecken, deren Gehalt durch den Fortschritt des Flusseinschnittes stufenweis erniedrigt wurde, bis seine Tiefe allem Wasser einen Abzug verstattete. Bei weitem die meisten engen Flußthäler sind als solche Producte des Flusses zu betrachten; sie entstanden aus ursprünglich vorhandenen Vertiefungen, in denen das von allen Seiten herabfallende Wasser sich sammelte und je nach der Neigung des Bodens fortließ, bis es einen natürlichen Ausweg fand; denn nur wo ein solcher fehlte, brauchte es sich einen zu bahnen. Es liegt in der Natur der Sache, daß es schwieriger ist für eine fließende Wassermasse, eine entgegenstehende Felswand zu durchbrechen, als um dieselbe herum einen Ausweg zu suchen; und da nur selten Höhenzüge eine gleiche Erhebung an allen Stellen zeigen, so konnte in vielen Fällen schon eine geringe Ansammlung von Wasser hinreichen, den Strom bis zu einer niedrigen Stelle des Damms zu erheben. Ueber diese weg führte er, nach Art des Simeto, die Lücke bald mehr aus und schnitt sich allmählig bis zu der gegenwärtigen Tiefe ein, ohne je Verwüstungen und Umwälzungen von irgend einer Bedeutung oder Ausdehnung über größere Flächen angerichtet zu haben. Durchbrüche in solcher Weise zeigen uns die meisten, wenn nicht alle Flüsse, deren Bett verschiedene Bodenerhebungen durchläuft.

Zur Veranschauung der eben erörterten Hergänge mag der beigegebene Holzschnitt dienen; er zeigt eine Irländische Gegend mit dem kleinen Flüßchen Burnthollet, wie es aus einer engen Schlucht im Glimmerschiefer

hervortritt, und den breiteren Kessel am Fuße des Abhanges ausfüllt, der seinen Lauf gehemmt hatte. Offenbar ist der Felseinschnitt in dieser Form



sein Werk, eine Erweiterung ursprünglich vorhandener Klüfte, welche die nach links geneigten Lagen des unordentlich geschichteten Gesteines durchsetzen und gegenwärtig in mehreren Terrassen kanalförmig durchbrechen. Zugleich kann diese Ansicht das großartigste Beispiel einer ähnlichen Thätigkeit uns erläutern, wovon derselbe Englische Geognost Lyell, auf dessen Schilderung wir die früheren Angaben vom Durchbruch des Simeto stützten, erst kürzlich eine genaue Darstellung geliefert hat<sup>12)</sup>. Wir meinen die berühmten Niagarafälle zwischen dem Erie- und Ontario-See. Beide Seen gehören zum Flußgebiet des Lorenzo-Stromes, der Erie zum oberen, der Ontario zum unteren Theile seines Laufes; denn eine Kalksteinterrasse zieht sich im weiten Bogen um den Ontario herum und scheidet ihn von den um so viel höher gelegenen vier größeren Seen. Diese Terrasse ist die Ursache des Niagarafalles; über sie müssen die Wasser der oberen Seen in den unteren hinabstürzen. Gegenwärtig befindet sich der Wasserfall

12) Vergleiche dessen Reisen in Nord-Amerika; übers. von G. Th. Wolff. Halle, 1846. 8. S. 18 ff.

ziemlich genau in der Mitte zwischen beiden Seen; sein Abstand vom Erie beträgt  $3\frac{3}{4}$ , vom Ontario  $3\frac{1}{2}$  Meilen; allein ursprünglich war er ohne Zweifel am Rande der Terrasse,  $1\frac{3}{4}$  Meilen weiter unterwärts gegen den Ontario hin. Dafür spricht eines Theils der Umstand, daß die Strecke vom Wasserfall bis zum Rande der Terrasse eine enge 500—1000 Fuß breite Schlucht bildet, deren Wände fast senkrecht über den Fluß sich erheben; anderen Theils die noch fortwährende zurückschreitende Bewegung des Wasserfalles selbst. Diese Bewegung rührt vom Flusse und seiner einschneidenden Wirkung her. Das Wasser desselben stürzt sich, nachdem es eine 50 Fuß mächtige festere Kalkschicht als Stromschnelle von  $\frac{1}{4}$  Meile durchbrochen hat, bei den Fällen<sup>13)</sup> senkrecht über eine andere ungefähr 90 Fuß dicke Kalkschicht herab, unter der weiche Schiefer von gleicher Mächtigkeit liegen, welche fortwährend von den fallenden Wassern und besonders von den in ihnen treibenden Baumstämmen zertrümmert werden. In Folge dieser Zerstörung verlieren die überlagernden Schichten ihre Stütze, und brechen von Zeit zu Zeit zusammen, wobei der Wasserfall um ebensoviel Raum weiter nach Süden fortschreitet. Bestimmt man aus den seit etwa 40 Jahren angestellten Beobachtungen den durchschnittlichen Fortschritt auf 1 Fuß im Jahre, so brauchte der Fluß zur Aushöhlung der  $1\frac{3}{4}$  Meilen langen Schlucht 35,000 Jahre, und wird noch andere 70,000 Jahre nöthig haben, um den Eriesee mit seinen Fällen zu erreichen. Daß er einst dahin kommen werde, läßt sich mit Grund behaupten.

Nicht minder bedeutend, wenngleich eben so örtlich, sind die Veränderungen, welche das Meer an den Küsten des Festlandes hervorbringt. Im Allgemeinen hat dasselbe ähnliche Einwirkungen wie fließendes Wasser, theils weil es, wie wir bereits gesehen haben, in der Nähe aller Küsten eine beständige Strömung besitzt, theils weil die regelmäßig wiederkehrende Ebbe und Fluth es mit Ausnahme einiger Binnenmeere, z. B. der Ostsee und des Schwarzen Meeres, in Bewegung erhält; theils endlich weil es vom Winde getrieben und in vielfache, oft sehr bedeutende Aufregungen versetzt wird. Bei allen diesen Bewegungen treibt es gegen die Küsten und bewirkt daselbst ein mehr oder minder gewaltthames, unter dem Namen

13) Es sind eigentlich zwei Wasserfälle, indem eine kleine Insel (Goat Island), welche auf dem Rande des Absturzes liegt, den ganzen Fall in zwei ungleiche Hälften theilt. Der größere (Horse-shoe Fall), an der englischen Seite, ist 1800 Fuß breit, die Insel beträgt über 1600 Fuß, der kleinere amerikanische Fall mißt 600 Fuß, die senkrechte Höhe des fallenden Wassers ist 160 Fuß.

Brandung bekanntes Anprallen, dem auch die härtesten Gesteine nach und nach theilweise unterliegen. Sie ist die Ursache, warum man dem Meere, ganz wie den Flüssen, im Allgemeinen eine die Ufer zerstörende Einwirkung beilegen und ihm einen um so größeren Einfluß auf die Gestaltung derselben zuschreiben muß, je weicher das Erdreich ist, aus dem sie bestehen. — Wir sehen auf solche Weise das Meer nach und nach Landzungen in Inseln verwandeln, die letzteren verkleinern oder sie endlich ganz zerstören; ein Schicksal, welches nach den bisherigen Untersuchungen über ihre einstmalige Ausdehnung, z. B. der kleinen Insel Helgoland an der Mündung der Elbe bevorsteht, wenn es auch erst spät, nach Verlauf von Jahrtausenden, wirklich bei ihr eintreten mag. Bisweilen stürzt es sich unter heftigen Stürmen in kleine Buchten des Ufers und höhlt dieselben aus, daß sie zu Meerbusen sich gestalten. Wir haben in unsrem Vaterlande mehrere beglaubigte Beispiele der Art aus historischer Zeit; eins der jüngsten war die Bildung des Dollarts neben der Emsmündung, welcher vom Jahre 1277 bis zum Jahre 1539 nach und nach vom Meere ausgehöhlt wurde; früher (1218) entstand die ganz ähnlich gebildete, aber viel größere Fehde neben der Wesermündung, und um dieselbe Zeit (von 1219 bis 1282) die Verbindung des vormals geschlossenen Zuidersees mit dem Meere. Noch kämpfen mit den Wogen die zahlreichen kleinen Düneninseln, welche sich an der Westküste Schlesiens von Jütland bis nach Holstein herabziehen; manche sind schon von ihnen zerstört worden, und alle gehen, gleich Helgoland, einem späteren Untergange entgegen. Auch die ähnlich gelegenen Küsteninseln Hollands und Ostfrieslands ändern ihren Umfang fast jährlich.

An den bezeichneten Stellen findet das Meer nur flache sandige Ufer, von denen es leicht Theile hinwegspült, selbst wenn ihre Ränder sich zu natürlichen Sanddämmen, welche die herrschenden Seewinde aufgeschüttet haben, sogenannten Dünen (vergl. S. 14) erheben. Diese Sanddünen sind eine fast allgemeine Eigenheit aller nordwestwärts gewendeten Küsten Deutschlands, wie Hollands; sie setzen allerdings dem unmittelbaren Anprallen der Wogen einen gewissen Damm entgegen, sind indeß zu schwach, um allen Uebergriffen der See zu widerstehen. Sie werden vielmehr von den sturmbewegten Wellen theils durchbrochen und die hinter ihnen liegenden flachen Uferstrecken haffartig ausgehöhlt (S. 15), theils ganz abgespült, oder von den Seewinden weit ins Land hineingeweht, geben dadurch Veranlassung zu einer fortschreitenden Versandung des Bodens, und schaden auf solche Weise mehr, als sie etwa nützen durch das Brechen der Bran-

ding. Dagegen scheinen höher aufsteigende Ufer, besonders wenn sie aus festen Gesteinen bestehen, weniger Nachgiebigkeit als diese flachen Küsten zu besitzen. Allerdings ist es dem Meere in der Regel nicht vergönnt, sie zu überfluthen oder Schichten von ihnen abzuspuhlen, aber es wirkt dennoch zerstörend auch an ihnen. Bestehen diese Küsten aus krystallinischen oder derben Gesteinen, so wird die Zerklüftung der Substanz Ursache von Zertrümmerungen, welche das Meer unterstügt, indem es die losgetrennten Stücke wegführt und neue Flächen der Verwitterung aussetzt. Indes fallen die abgebrochenen Trümmer vor der steilen Wand nieder, mehren sich mit der Zeit und bilden eine Art Damm, der die Gewalt der Wogen bricht und das fernere Ablösen hindert. Dadurch sind harte Felswände gewöhnlich den fortdauernden Veränderungen des Meeres unter ihnen entzerrissen. Besteht aber das Ufer aus erdigen oder geschichteten Massen, so ist die Einwirkung des Meeres bald bedeutender. Bei den geschichteten kommt es sehr auf die Neigung der Schichtungsflächen gegen das Meer an, wenn man die Einwirkung des letzteren auf sie bestimmen will; — es zeigt sich bei näherer Untersuchung bald, daß Schichtungsebenen, welche mit ihrer Neigung sich ins Meer senken, viel eher vom Meere werden zerstört werden, als solche, die vom Meere abwärts in die Richtung des Landes einfallen. Leicht kann ja das Wasser in einer Schichtungsebene aufwärts vordringen, und wenn es zurückfließt, einen Theil der zerstörten Schichtenmasse mit sich fortnehmen, wodurch es die darüber befindlichen Schichten lösen und ihr Herabgleiten bedingen muß; im entgegengesetzten Falle ist ein Abgleiten der oberen Schichten unmöglich, vielmehr nur ein mechanisches Abspülen der freien Ränder denkbar.

Ein wohlbekanntes Beispiel der letzteren Art liefert Helgoland an seiner südwestlichen Küste, die uns der Holzschnitt zeigt; indem das hohe, steile, zackige Ufer aus landwärts einfallenden, rothen, feinsandigen Thonmergelschichten und zwischengelagerten, dünneren, sehr feinen weißen Sandsteinen besteht, deren abgerissene Köpfe dem Spiele der Wogen sich Preis geben<sup>14)</sup>. Von ihnen mannigfach zertrümmert hält sich der Uferstrand in größter Höhe gerade an der äußersten Kante, während die in das Meer vorspringenden Zacken gratartig erniedrigt und von den Seiten her durchbrochen werden, große Thore, gleich dem dargestellten Mörmers-Gat, bildend,

14) Man vergleiche die interessante Schilderung von O. Volger, über die geognost. Verhältn. von Helgoland, Lüneburg, Segeberg etc. Braunsch. 1846. 4. S. 19 ff.

vor und in denen die zahlreichen Trümmer umherliegen, woraus beim Durchbruche des Felsens die abgelösten Blöcke bestanden. — Noch leichter



als Helgolands Sandstein- und Mergelschichten geben erdige Ufer nach, namentlich die Kreideküsten, welche an den vstwärts gewendeten Seiten Englands, der dänischen Inseln und Nügens vorkommen. Hier spült das Meer einen Theil der Masse am Grunde fort, und alsbald fällt das senkrecht darüber stehende Erdreich, da es seine Stütze verloren hat, herunter; es wird nun weiter fortgeführt von den Wogen, der Grund des Ufers wieder entblößt, und der alte Hergang wiederholt sich aufs Neue. Indes pflegen die erdigen Küsten der jüngsten tertiären Formationen zahlreiche Blöcke härterer Gesteine zu enthalten, welche besonders in den oberflächlichen Schutt- und Mergellagen sich befinden. Auch diese Blöcke fallen natürlich mit hinunter, sind aber zu groß, um vom Meere bewegt werden zu können, und zu fest, um sich zertrümmern zu lassen; sie bleiben liegen und bilden im Laufe der Zeiten einen Damm vor dem Ufer, der die dahinter gelegenen weicheren Massen vor dem Abspülen schützt, und höchstens nur dem Abwaschen fallenden Regens, oder dem Verwitterungsvermögen der Substanzen selbst ist es fortan noch verstattet, an diesen Küstenrändern zu nagen und sie zu verändern.

Wie hier durch die Steindämme der äußerste Rand der Küsten vor den abspülenden Wirkungen des Meeres sicher gestellt ist, so schützt ihn an anderen Stellen das Meer selbst durch aufgeführte Sand- und Geschiebeebänke. Wir haben schon früher bei der Deltabildung ähnliche Erscheinungen, die durch das Beegnen der Fluß- und Meerbewegung hervorgebracht wurden, kennen gelernt und uns überzeugt, daß die Dünen aus einem solchen Entgegenstehen beider Bewegungen hervorgehen; hier treffen wir auf Gebilde derselben Art, die vom Meere allein abgesetzt werden. Geschiebeebänke nennt man Aufhäufungen kleinerer und größerer Geröllmassen, Felsstückchen aller Art, die das Meer auf seinem Grunde lospült, oder aus Muschelschaalen bildet, welche darin schwimmen und die eine fortdauernde Strömung oder ein bestimmter Windzug dem Lande zuführt. In der Regel werden diese Massen von derselben Welle, welche sie dem Lande nähert, auch wieder rückwärts getrieben, und häufen sich deshalb an der Küste nicht auf; aber an Stellen, wo bestimmte Winde herrschen und zu Zeiten sturmartig sich mehren, schleudert der stärkere Wogenschlag die Geröllmassen über die Wirkung der rückgängigen Wellenbewegung hinaus; — es entsteht nach und nach ein kleiner Steindamm, in dessen Fugen sich Sandkörner einsetzen und ihn zu einer festern Masse gestalten. Solche Dämme ergeben die Geschiebeebänke; sie bilden eine gute Schutzwehr gegen den Wogendrang und leisten dem Ufer dasselbe, was jene früher erwähnten Geröllmassen ihm gewähren, welche als abgepülte Theile des Ufers sich vor ihm aufhäufen. In den meisten Fällen vereinigen sich beide Ursachen, indem die abgepülten größeren Felsblöcke die Veranlassung werden, daß über sie von den Wogen hinweggeschleuderte kleine Geschiebe sich halten können. Daraus sind namentlich die großen Geschiebeebänke entstanden, welche sich vor den ostwärts gewendeten Kreideufsen der genannten Küsten bilden, und von denen die malerische Insel Rügen bei Arcona und Stubbenkammer so vorzügliche Beispiele darbietet.

Sandbänke unterscheiden sich von den Geschiebeebänken nur darin, daß sie bloß aus feinen Sandkörnern bestehen und im Laufe der Zeiten Gestalt und Umfang leichter ändern. Sie bilden sich theils an flachen Sandufsen aus dem vom Meere abgepülten Sande, theils und ganz besonders an Stellen, wo verschiedene Bewegungen des Wassers sich begegnen, oder eine bestimmte Bewegung des Meeres plötzlich gehemmt wird. Beide Ursachen nöthigen das Wasser, seine Geschiebe, seien es auch nur leichte Sandkörner, fallen zu lassen, und da die Ursachen eben so fortdauernd sind, wie die Bewegungen des Wassers, so bedingen sie ein fortdauerndes An-

schwollen der Untiefen. Auf solche Weise entstehen Sandbänke vor fast allen Flußmündungen, die es nicht zu Deltagebilden oder Mündungsinselformen bringen, und auch bei ihnen treten die neu sich bildenden Striche immer zuerst als Sandbänke auf. Ganz besonders aber sind Meerengen und hervorragende Uferspitzen zur Bildung von Sandbänken geeignet, weil in ihrer Nähe fast immer zwei Wasserströme sich begegnen. Auch dafür bietet schon allein die Ostsee mannigfache Belege dar. Es versandet z. B. die Meerenge zwischen der Insel Rügen und der Pommerschen Küste an ihrem westlichen Ende so stark, daß sie nur durch künstliche Mittel für die Schifffahrt offen erhalten werden kann. Die Ursache der Sandanhäufung liegt theils in der Schwächung, welche der eingeezte Meeresstrom bei seinem Austritt in die offene See erleidet, theils und ganz besonders in der Form der Küste neben der Meerenge, die hier sich plötzlich nach Westen umbiegt und mittelst der an ihr stattfindenden Strandbildung dem aus der Meerenge kommenden Wasserströme entgegenwirkt. Beide konstanten Wasserbewegungen begegnen sich am Ende der Insel Zingst, und schließen einen ruhigen Meereswinkel ein, der zur Aufnahme des Schlammes dient, woraus die Sandbank, der *Bock*, sich bildet. Ähnlichen Umständen haben die großen Untiefen neben Neu-Fundland und Neu-Schottland ihre Entstehung zu danken. Dort treibt der Golfstrom alle feineren Sandtheile nordwärts mit sich, bis er an den bemerkten Stellen von dem Strom der Lorenzomündung getroffen und gelähmt wird, was beide Ströme nöthigt, ihre Geschiebe fallen zu lassen und als Sandbänke abzusetzen. Ebenso leicht bilden sich hinter großen Landzungen, wie z. B. westwärts neben Florida, Sandbänke, indem der von den Küsten des Merikanischen Meeresbusens kommende Strom einen Widerstand findet, geschwächt wird, seine treibende Kraft verliert, also Sandmassen absetzt. Bisweilen sind sogar Meerengen, durch die kein starker Strom geht, von Sandbänken verschlossen worden. Ein solcher Fall tritt da gern ein, wo der Eingang in die Meerenge viel weiter ist als der Ausgang. Alsdann werden die mit großer Gewalt einströmenden Wassermassen gehemmt und veranlaßt, ihre Geschiebe fallen zu lassen; welcher Umstand zur Bildung einer Sandbank führt, die den Eingang verschließt und später beide gegenüberstehende Ufer verbindet, wenn sie bis zum Wasserspiegel emporgestiegen ist, und die früher (S. 14) besprochene Dünenbildung eintritt. — Ein sehr schönes Beispiel dieser Art zeigt wieder die kleine Insel Rügen zwischen ihren beiden Halbinseln Wittow und Jasmund, welche jetzt durch eine niedrige sandige Landenge, die *Schabe*, und weiter südlich zwischen Jasmund und Rügen

durch eine zweite kürzere, die schmale Heide, verbunden sind, vormalß aber ohne Frage an eben diesen Stellen getrennt waren. Beide Landengen schließen ostwärts ein Binnenmeer, die Bodden, dessen westlicher Ausgang so enge ist, daß man ihn mit einem Kahn in 10 Minuten überschreitet, während die Schabe über eine Stunde Ausdehnung hat, aber nirgends mehr als eine Viertelstunde breit ist, auch aus einem kahlen unbewohnten Erdreich besteht, dessen Beschaffenheit, wenn andere Gründe fehlten, über seinen Ursprung die beste Auskunft ertheilen würde.

Aus allen diesen Thatsachen geht nun wohl zur Genüge hervor, daß die Gewässer für sich allein, und in Verbindung mit herrschenden Luftströmungen oder Winden, noch heut zu Tage eine bedeutende mechanische Wirkung auf das Land ausüben, also auch vormalß ausgeübt haben werden, und daß durch sie ein großer Theil jener Veränderungen herbeigeführt worden ist, von welchen die Erde in ihrer jetzigen Beschaffenheit Zeugniß giebt. Allein übersehen wir es nicht, daß alle diese Veränderungen nur geringe und größtentheils örtliche sind, welche eigentlich nichts Neues hervorbringen, sondern nur Vorhandenes umbilden; und daß wir mit Hülfe der mechanischen Thätigkeit des Wassers zwar die Form, aber nicht gut den materiellen Inhalt der großen geschichteten Niederschläge erklären können, deren Ausgänge wir noch in der Höhe vieler Gebirgsgipfel wahrnehmen. Wir würden dabei zu der Hypothese gelangen, daß sie selbst einmal in früherer Zeit Meeresboden waren, und wenn wir keine Ursachen ihrer Erhebung nachweisen können, annehmen müssen, daß das Meer einst so hoch stand, wie diese geschichteten Massen noch heute liegen. Eine spätere Untersuchung wird lehren, welche von beiden Ursachen die wahrscheinlichere ist, zuvörderst aber untersuchen wir im nächsten Abschnitt die chemischen Einwirkungen der Gewässer und der Atmosphäre.

## 3.

Chemische Wirkungen der Gewässer in der Gegenwart. — Theilnahme der Organismen. — Einfluß der Atmosphäre.

Eben nicht geringer, als die geschilderten mechanischen Einwirkungen der Gewässer auf die Gestaltung der Erdoberfläche, sind die Einflüsse, welche das Wasser chemisch als Lösungsmittel der Gesteine auszuüben im Stande