

# MITTHEILUNGEN

AUS

JUSTUS PERTHES' GEOGRAPHISCHER ANSTALT

ÜBER

## WICHTIGE NEUE ERFORSCHUNGEN

AUF

DEM GESAMMTGEBIETE DER GEOGRAPHIE

VON

DR. A. PETERMANN.

---

**Ergänzungsband XII, 1878.**

### Inhalt:

- No. 53. Przewalsky's Reise an den Lob-Nor und Altyn-Tag.
- No. 54. Rittich, die Ethnographie Russlands.
- No. 55. Behm und Wagner, die Bevölkerung der Erde, V.
- No. 56. Credner, die Deltas.

---

GOTHA: JUSTUS PERTHES.

1878.

MITTHEILUNGEN

1878

JUSTUS PERTHE'S VERLAGSBUCHHANDLUNG

1878

WICHTIGE NEUE ENTDECKUNGEN

1878

DIE GESAMTGEHEILE DER GEOGRAPHIE

1878

Dr. A. REICHERMANN

Wissenschaften Band 2, 1878

Inhalt:

- No. 53. Prowalsky's Reise an den Lap-See und Argo-Tee
- No. 54. Bericht über ethnographische Reisen
- No. 55. Böden und Wälder, die Bevölkerung der Erde
- No. 56. Coblenz, die Dänen

GOETHA, JUSTUS PERTHE'S

1878

04943

# DIE DELTAS,

IHRE MORPHOLOGIE, GEOGRAPHISCHE VERBREITUNG

UND

ENTSTEHUNGS-BEDINGUNGEN.

EINE STUDIE AUF DEM GEBIETE DER PHYSISCHEN ERDKUNDE

VON

DR. GEORG RUDOLF CREDNER,

Privatdocent für Erdkunde an der Universität Halle a./Saale.

---

MIT ZAHLREICHEN KARTEN AUF DREI TAFELN.

---

(ERGÄNZUNGSHEFT No. 56 ZU PETERMANN'S „GEOGRAPHISCHEN MITTHEILUNGEN“.)

---

GOTHA: JUSTUS PERTHES.

1878.

# INHALT.

	Seite		Seite
Einleitung.		9. Das Alter der Deltas . . . . .	33
Bedeutung der Deltas für allgemeine Erdkunde so wie für		10. Zahl und geographische Verbreitung der Deltas . . . . .	36
Länderkunde . . . . .	1	11. Classification der Deltas . . . . .	39
Definition des Begriffs „Delta“ . . . . .	5		
<b>I. Theil.</b>			
<b>Gestaltung, Bau, Wachstum und Verbreitung der Deltas.</b>			
1. Begrenzung und Gestalt der Deltas . . . . .	8		
2. Gestaltung und Beschaffenheit der Deltaoberfläche . . . . .	10		
3. Grösse der Deltas . . . . .	11		
4. Mächtigkeit der Deltas . . . . .	12		
5. Das Material der Deltas . . . . .	13		
a. Mechanisch abgesetzte anorganische Bestandtheile . . . . .	14		
b. Chemisch ausgeschiedene anorganische Bestandtheile . . . . .	16		
c. Vegetabilisches Material . . . . .	16		
d. Animalisches Material . . . . .	17		
e. Gasbildung in Folge der Zersetzung organischer Bestandtheile der Deltaablagerungen . . . . .	18		
6. Architektonik der Deltas . . . . .	19		
7. Maass des Wachstums der Deltas . . . . .	21		
8. Folgen des Wachstums der Deltas . . . . .	25		
A. Erhöhung des Bettes im Unterlaufe der Flüsse . . . . .	25		
B. Veränderungen der Mündungsarme innerhalb des Delta-gebietes . . . . .	27		
C. Verschmelzung mehrerer Deltas. Tributärwerden einst selbstständiger Flüsse . . . . .	28		
D. Seeausfüllung, Seebildung und Seetheilung durch das Deltawachstum . . . . .	29		
E. Landfestwerden von Inseln durch das Vorrücken von Deltas . . . . .	32		
F. Einfluss des Druckes der angehäuften Alluvionen auf den Untergrund der Deltas . . . . .	33		
<b>II. Theil.</b>			
<b>Entstehungsweise der Deltas. Ursachen und Bedingungen ihrer Bildung.</b>			
A. Über die Sedimentationsvorgänge an den Flussmündungen, so wie über den Prozess der Deltabildung . . . . .			
40			
B. Über Ursachen und Bedingungen der Deltabildung . . . . .			
44			
1. Einfluss der Sedimentführung der Flüsse auf die Deltabildung . . . . .			
45			
2. Einfluss der Seetiefe vor den Flussmündungen auf die Deltabildung . . . . .			
48			
3. Einfluss der mechanischen Thätigkeit des Meeres auf die Deltabildung . . . . .			
50			
a. Über die Abhängigkeit der Deltabildung von Uferwällen . . . . .			
50			
b. Einfluss der Gezeiten auf die Deltabildung . . . . .			
51			
c. Einfluss der Meeresströmungen auf die Deltabildung . . . . .			
54			
d. Einfluss der Winde auf die Deltabildung . . . . .			
57			
4. Einfluss von Niveau-Veränderungen des Festlandes oder des Wasserspiegels auf die Deltabildung . . . . .			
60			
a. Einfluss von Senkungen der Meeresküsten auf die Deltabildung . . . . .			
60			
Tabellarische Zusammenstellung von Küsten, an welchen Senkungen nachgewiesen sind, mit speziellem Bezug auf die Gestaltungsweise der dortigen Flussmündungen . . . . .			
64			
b. Einfluss von Hebungen der Meeresküsten auf die Deltabildung . . . . .			
66			
Übersichtliche Zusammenstellung in Hebung begriffener und deshalb Deltas führender Küsten . . . . .			
67			
c. Einfluss von Niveau-Veränderungen des Wasserspiegels von Binnensee'n auf die Deltabildung . . . . .			
71			

## K A R T E N :

- Tafel I. Darstellungen einiger wichtiger Deltas zur Erläuterung der Gestaltung, des Baues und der Wachstum-Erscheinungen der Deltabildungen. — 1. Lena-Delta. Maassst. 1:3 000 000. — 2. Nil-Delta. M. 1:3 000 000. — 3. Mississippi-Delta. M. 1:3 000 000. — 4. Delta des Mackenzie. M. 1:3 000 000. — 5. Delta des Atrato. M. 1:600 000. — 6. Delta des Hwang-ho und Yang-tze-kiang. M. 1:12 000 000. — 7. Delta des Seihun und Dschihan. M. 1:600 000. — 8. Abbildungen von Mud-Lumps an den Mündungen des Mississippi. a. Durchschnitt durch die Ablagerungen des Mississippi-Delta's mit Mud-Lumps. b. In Bildung begriffener Kegel. c. Zusammen-gestürzter Kegel mit centraler Lagune. — 9. Profil durch das Po-Delta bei Venedig. — 10. Ehemalige Gestaltung des Delta's des Yang-tze-kiang. Maassstab 1:12 000 000. — 11. Beginnende Abschnürung des Golfes von Smyrna durch das Delta des Gedis Tschai. M. 1:300 000. — 12. Abschnürung der Turtle-Bai durch das Delta des Trinity-River. M. 1:300 000. — 13. Zertheilung des Lago di Como durch das Delta der Adda. M. 1:300 000. — 14. Landfest gewordene Inseln im Delta des Aspropotamos. M. 1:600 000. — 15. Süd-West-Pass des Mississippi. M. 1:300 000.
- Tafel II. Übersichtskarte über die geographische Verbreitung der Deltas von Georg Rudolf Credner. Maassstab im Äquator 1:135 000 000. Cartons: Delta der Wolga. M. 1:3 700 000. — Delta des Ebro. M. 1:1 500 000. — Delta der Petschora. M. 1:3 700 000. — Delta der Rewa. M. 1:1 500 000. — Delta des Kysyl-Irmak und Jeschil-Irmak. M. 1:3 700 000. — Delta der Donau. M. 1:3 700 000.
- Tafel III. Kartographische Darstellung der Niveau-Veränderungen oceanischer Küstenstriche und des Wasserspiegels von Binnensee'n von Georg Rudolf Credner. Maassstab im Äquator 1:135 000 000. — Cartons: Die Pässe des Mississippi-Delta's. M. 1:500 000. — Das secundäre Delta des Kilia-Armes am Aussenrande des Donau-Delta's. M. 1:500 000.

## Einleitung.

Unter den zahlreichen und mannigfaltigen Einzelvorgängen, welchen die Umriss der Festlandmassen unseres Planeten ihre Erscheinungsweise verdanken, nehmen die *Deltabildungen* eine hervorragende Stellung ein. Nicht nur das durch Strömungen und Wogen bewegte Meer arbeitet hier in seiner zerstörenden, dort in seiner wiederabsetzenden Thätigkeit unablässig daran, den Verlauf der Küstenlinien, wie sie aus den letzten Hebungen oder Senkungen der Continente hervorgegangen sind, umzugestalten, auch die Flüsse bewirken und zwar durch den Aufbau von Deltas zwar local beschränkte, aber um so rascher vor sich gehende Veränderungen der Contourformen der Continente. Flache Niederungen, bisweilen Tausende von Quadrat-Kilometern umfassend, entstehen an den Mündungen von Strömen, an Stellen, die früher vom Meere eingenommen waren, weite, tief in das Land einschneidende Buchten werden durch die Sedimentmassen der in sie mündenden Flüsse zugeschüttet, und Protuberanzen des Gestades, durch die Anschwemmungen der fließenden Gewässer entstanden, treten bald in flach gewölbten Bogen, bald in unregelmässig gestalteten Landzungen in das offene Meer hinaus.

Dieser Umgestaltungsprozess der Küstenumrisse durch die Schwemmlandbildung der Flüsse gelangt nie zum Stillstand, es besteht vielmehr ein ununterbrochener Kampf zwischen der schöpferischen und der zerstörenden Thätigkeit der Gewässer. Bald in raschem, Tausende von Metern im Jahrhundert betragendem Wachsthum, bald langsamer rücken die Flüsse an zahlreichen Deltas ihre Anschwemmungsgebiete über die bisherige Küstenlinie in die See hinaus; Inseln, welche vor solchen Flussmündungen liegen, werden von den Alluvionen umschlossen und dem Festlande einverleibt, Meeresbuchten werden durch Deltas, die sich quer durch deren Eingang aufdämmen, von der offenen See abgeschnürt und in Binnensee'n verwandelt. Über andere Deltas dringt umgekehrt der Ocean von Neuem vor und unter dem zerstörenden Anprall seiner Wogen verschwinden die aus leicht beweglichen Schlammtheilchen jüngst erst aufgebauten Landbildungen. Gleichzeitig mit den Umformungen des Aussenrandes der Deltas vollziehen sich im Innern derselben fort und fort Veränderungen der Mündungsarme des Flusses, indem sich bald neue Abflusskanäle in dem weichen Alluvial-

Credner, Die Deltas.

boden einschneiden, bald früher vorhandene versanden und verschlammen, andere endlich unstät ihr Bett von einer Stelle zur anderen verlegen.

Bezeugen so die Deltabildungen den wichtigen Einfluss, welchen die fließenden Wasser auf die *Gestaltung der Festlandsumrisse* ausüben, so giebt zugleich die gewaltige Quantität von Sedimenten, welche in den Deltas zur Ablagerung gelangt ist, eine Vorstellung davon, wie grossartig die Veränderungen sind, welche durch die zerstörende und transportirende Thätigkeit der Gewässer im *Innern der Festlande* bewirkt werden. Und doch sind die in den Deltas abgelagerten Sedimente nur ein geringer Bruchtheil der durch die fließenden Gewässer dem Innern entführten Mineraltheilchen. Weitaus die grösste Menge derselben wird über das Mündungsgebiet der Flüsse hinaus transportirt, wird auf dem Boden des offenen Meeres ausgebreitet und dem Festlande zunächst entzogen.

Verdienen die Deltas durch derartige Beziehungen die Beachtung eben so des Geographen wie des Geologen, so erhöht sich das Interesse, welches sich für den ersteren an diese recenten Gebilde knüpft, durch die Bedeutung, welche dieselben speziell für die *Länderkunde* gewinnen.

Zunächst ist die *Fruchtbarkeit* des von den Flüssen in den Deltas abgelagerten Erdreiches ein Faktor, dessen tiefgreifender Einfluss auf die besonders günstige Entwicklung des Ackerbaues und der verwandten Gewerbe sich auf vielen Deltagebieten kund giebt. Bestehen doch die oberen Schichten des Deltabodens durchweg aus feinsten Schlamm- und Schlicktheilchen, die nicht nur durch ihr gleichmässiges, lockeres, oft lössartiges Gefüge, sondern auch dadurch eine solche Fruchtbarkeit bedingen, dass ihr Material aus dem ausgedehnten Erosionsgebiete des Hauptstromes und seiner Nebenzweige zusammengeschwemmt ist und deshalb eine Mischung der mannigfachsten Mineralbestandtheile darstellt. Diese beiden Eigenschaften aber sind die wesentlichsten Faktoren der Fruchtbarkeit der Ackererden<sup>1)</sup>. So zeigt sich überall, wo die Gunst des Bodens zu einer Bebauung der Deltaniederungen geführt hat, ein ausserordentlich hoher *landwirthschaftlicher Nutzertrag*.

<sup>1)</sup> Prof. W. Knop: Analysen vom Nilabsatz in „Landw. Versuchstationen“, W. Prof. Dr. Nobbe, B. XVII. 1874.

Schon Herodot berichtet von dem Deltalande des *Nil*, „dass man nirgends so mühelos, ohne Pflug und Hacke zu gebrauchen, die Frucht aus dem Boden erzielen könne“<sup>1)</sup> als dort auf den Schlammabsätzen des „Vaters der Flüsse“, auf denen heute vom Weizen das 8. bis 20., von der Gerste das 4. bis 18., vom Mais das 14. bis 20., von der Durrah das 36. bis 48. Korn geerntet wird<sup>2)</sup>. *Indien* verdankt seine grossartige Produktionsfähigkeit an Indigo, Seide, an Reis, Zucker und Opium der Fruchtbarkeit der Alluvionen seiner Flüsse, namentlich derjenigen des Ganges. Auch in *China* knüpft sich der grösste Nutzertrag des Bodens an die reichen Alluvialniederungen der vereinigten Deltas des Hwang-ho, des Yang-tze-kiang und Pei-ho; das *Mississippi-Delta*, obgleich meist aus sumpfigem und morastigem Terrain bestehend, trägt noch unterhalb Fort Jackson die reichsten Zuckerplantagen<sup>3)</sup>. In Europa ist in den *Niederlanden* das durch künstliche Dammbauten dem Meere abgerungene Schwemmland des Rheins, der Maas und der Schelde der fruchtbarste Theil des Landes, eben so wie sich in Italien das *Po-Delta*, soweit es zur Bebauung hinreichend verfestigt ist, durch die ergiebigsten Maisernten auszeichnet. In anderen Deltas aber, wo Ackerbau in ausgedehnterem Maasse nicht betrieben wird, beweist die auf ihrem Boden üppig gedeihende Vegetation die Produktionsfähigkeit der Anschwemmungsgebilde. So im *Delta des Niger*, welches dichte Urwälder bedecken, die durch Gewebe von Orchideen und Convolvulaceen fast undurchdringbar gemacht werden, und wo „der Baobab eine Dicke von 30 F. und der Wollbaum eine Höhe von 100 F. bei einem Umfang von 40 bis 50 F. erreicht“<sup>4)</sup>, und die Ölpalme reichen Ertrag liefert.

In Gebieten aber von so hoher Fruchtbarkeit, wie sie die Mehrzahl der grösseren Deltas darstellen, ist durch die Produktionskraft des Bodens die Möglichkeit einer besonders starken *Verdichtung der Bevölkerung* geboten. Überall, wo die Grundbedingungen für die Verdichtung gegeben sind, wo nämlich Ackerbau und sesshaftes Leben an Stelle von Jagd und ausschliesslicher Viehzucht getreten sind, macht sich dieser Einfluss des ergiebigen Deltabodens auf die Volksdichtigkeit geltend. So wohnen in der weiten Deltaniederung des *Hwang-ho* und *Yang-tze-kiang* im nordöstlichen China durchschnittlich 17,500 Menschen auf der Q.-Meile. In Vorder-Indien, wo sich zu der Ertragsfähigkeit des Bodens noch die Gunst reicher Niederschläge, gerade in der heissesten Jahreszeit, hinzugesellt, ist das Verhältniss ein ähnliches. Die auf Grund der grossen Zählung von 1867—1872 von *Herm. Wagner* bearbeitete Volksdichtigkeitskarte

<sup>1)</sup> Lib. II. Cap. 14.

<sup>2)</sup> O. Peschel: Völkerkunde, S. 529.

<sup>3)</sup> On the Geology of the Delta &c. of the Miss. by Eug. W. Hilgard. The Am. Journal. 1871, I, p. 356 ff.

<sup>4)</sup> Daniel: Handb. der Geogr. I, S. 493.

von Vorderindien<sup>1)</sup> zeigt zwar das *Ganges-Delta* gegen das Meer von einem schmalen, fast unbewohnten Streifen umgrenzt: den Sanderbans (Sunderbunds), den von Dschungeln bedeckten, sumpfigen und ungesunden jüngsten Theil, die gegenwärtige Wachstumszone des Schwemmlandgebietes. Im ganzen übrigen, oberhalb dieser Küstenzone gelegenen Areale des Delta's aber kommen durchweg 8- bis 10,000 Bewohner auf die Q.-Meile, im Distrikt Faridpur 14,000, in dem von Hughli mit Howrah sogar 22,000. Im *Delta des Mahanaddy* beträgt gleichfalls die Dichtigkeit überall mehr als 8000, in dem Distrikt Kattak 10,000 auf die Q.-Meile, im *Delta des Godavery* gleichfalls zwischen 8000 bis 12,000, in dem des *Kistna* 4000 bis 6000, des *Cavery* wiederum bis über 12,000 pro Q.-Meile, immer aber ist die Dichtigkeit eine grössere auf dem Alluviallande, als auf dem benachbarten Boden älterer Bildung. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich auf den allerdings beträchtlich weniger dicht bevölkerten Deltas *Hinterindiens*, denjenigen des Iravaddy, Me-nam, Mek-hong, Song-ka<sup>2)</sup>, auch auf ihnen ist die Verdichtung überall eine wesentlich stärkere als auf den angrenzenden Gebieten. In ganz analoger Weise hebt sich auf einer Dichtigkeitskarte das *Delta des Amu-Darja* der dünnbevölkerten Umgebung gegenüber vortheilhaft hervor, eben so wie der obere Theil des *Memel-Delta's* und die westlichen Striche der Werder des *Weichsel-Delta's* mit 4000 bis 5000 Bewohnern auf der Quadrat-Meile gegen 2000 bis 3000 auf dem entsprechenden Areale in den umliegenden Theilen der Provinz Preussen<sup>3)</sup>. Das *Po-Delta* ist wie das des Ganges in seinen äusseren, sumpfigen Partien nur spärlich bevölkert, nach dem Innern zu aber steigert sich die Dichtigkeit rasch, bis sie sich oberhalb Ferrara auf über 8000 Bewohner auf die Q.-Meile erhebt<sup>4)</sup>. Auch im *Rhein-Delta* ist die Verdichtung eine so beträchtliche, dass meist 6000 bis 7000 Bewohner auf die Q.-Meile kommen; sie erreicht ihr Maximum in der Gegend um das Jj mit über 8000 Menschen auf dem genannten Flächenraume. Reichbevölkert, wie dieser Theil der Niederlande ist auch das *Nil-Delta*, das sich mit seiner kompakten Bewohnerschaft besonders scharf gegen die menschenleeren Wüsten zu beiden Seiten abhebt. Verhältnissmässig stark verdichtet sich auch trotz fiebererzeugender Miasmen und trotz des Fehlens eines geregelten Ackerbaues die Bevölkerung im *Niger-Delta*, so dass Crowther allein an dessen Flussufern von Angiama aufwärts bis Abo

<sup>1)</sup> Die Bevölkerung der Erde, von E. Behm und H. Wagner IV. Ergh. zu Peterm. Mitth. Nr. 49, Taf. 2.

<sup>2)</sup> E. Behm und F. Hanemann: Die Vertheilung der Menschen über die Erde. Ergh. zu Peterm. Mitth. Nr. 35, Taf. I.

<sup>3)</sup> Übersicht der Dichtigkeit der Bevölkerung Deutschlands. Peterm. Mitth. 1874. Taf. I.

<sup>4)</sup> Dichtigkeit der Bevölkerung von Europa. Ergh. zu Peterm. Mitth. Nr. 35, Taf. II.

27 Ortschaften, von etwa 12,825 Idzos bewohnt, zählen konnte <sup>1)</sup>).

Dort aber, wo die Ertragsfähigkeit des Bodens eine so grosse und in Folge davon die Dichtigkeit der Bevölkerung im Vergleich mit den benachbarten Landstrecken von jeher eine so bedeutende war, wie auf den Deltagebieten, da „finden wir die frühesten und lange Zeit vereinsamten Lichtpunkte der menschlichen Gesellschaft“ <sup>2)</sup>. So erstand auf den Alluvionen des *Nils* die alte Cultur der Ägypter, in dem Schwemmlandgebiete des *Ganges* die der brahmanischen Hindu, so vollzog sich auf dem Delta des *Hwang-ho* und *Yang-tze-kiang* die Herausbildung der eigenartigen Cultur der Chinesen, nachdem letztere vom Lössboden des Wei-ho-Beckens aus jene Deltaebene im Nordosten von China in Besitz genommen hatten.

Nicht immer aber vermag sich die reiche Ertragsfähigkeit der Schlammabsätze der Deltas wie in den angeführten Fällen geltend zu machen, sie bleibt vielmehr bei einer grossen Anzahl von Deltas unverwerthet. So ist der grösste Theil des *Rhône-Delta's*, obgleich aus fruchtbarem Alluvialland bestehend, gegenwärtig fast unbewohnt. Dass jedoch dort die Verhältnisse früher günstiger gelegen haben, darauf deuten Ruinen Römischer Ansiedelungen am Etang de Vaccarés, also an Stellen hin, wo sich heute sumpfige Moräste und Lachen stehenden Wassers ausdehnen und wo fiebererzeugende Miasmen die Niederlassung von Menschen verhindern. Diese Zustände sind erst in neuerer Zeit durch unzuweckmässige Eindämmung der Camargue herbeigeführt worden <sup>3)</sup>, durch welche der Abfluss der übertretenden Flussgewässer verhindert wird. Das *Donau-Delta* ist gleichfalls eine weite, fast unbewohnte, von Schilfwaldungen bedeckte Wildniss. Dass aber auch hier, trotzdem fast die ganze Niederung alljährlich von Überschwemmungen heimgesucht wird, bei thatkräftigem Einschreiten des Menschen eine Nutzbarmachung des überaus fruchtbaren Alluvialbodens erzielt werden könnte, das beweisen die Ergebnisse von Kulturversuchen, welche in früherer Zeit unter Türkischer Herrschaft den Deltainseln wegen der herrlichen Früchte und Gartengewächse, die sie erzeugten, sogar eine hohe Berühmtheit verschafften und welche inmitten des Kara-Kurman-Waldes auf der Georgen-Insel unter der Hand eingewanderter Kosaken das Saporoger „Paradies“ entstehen liessen <sup>4)</sup>.

Zeigen sich demnach die Deltabildungen überall dort, wo eine Nutzbarmachung ihres fruchtbaren Erdreiches durch ackerbaureibende Bewohner möglich und durchgeführt ist, als Förderer der Volksdichtigkeit und dadurch als Hebel

*menschlicher Cultur*, so äussern sie gleichzeitig auch auf *Handel und Verkehr* einen Einfluss, der am unverkennbarsten in der Lage der Handelsstädte zu den Mündungen der Deltaflüsse zum Ausdruck gelangt <sup>1)</sup>.

Ansiedelungen an den Mündungen der Flüsse verdanken ihr Emporblühen hauptsächlich dem Zusammentreffen zweier wichtiger Verkehrs- und Wasserwege: der überseeischen und der binnenländischen. Auf den Handel nach beiden Richtungen hingewiesen, erfreuen sich solche „Mündungsstädte“ an dem Punkte der vortheilhaftesten Lage, bis zu welchem kleinere Fluss-Fahrzeuge stromabwärts und andererseits grössere Seeschiffe flussaufwärts gelangen können. Dem entsprechend finden sich an *deltafreien* Mündungen, wie an denen der Elbe, Weser, Themse, Loire die blühendsten Handelsstädte in der Regel eine Strecke weit oberhalb der eigentlichen Mündung und zwar an der Stelle, bis zu welcher sich eine erhebliche Aufstauung des Flusswassers durch die Fluthbewegung geltend macht.

Am Ausflusse *deltabildender* Ströme dagegen sind durch die Zersplitterung der Wassermasse der Flüsse, so wie in Folge von Versandung der Mündungsarme derartige günstige Bedingungen für das Emporblühen von Handelsstädten nicht immer gegeben. Nur bei denjenigen Deltas, in deren Flussadern sich eine kräftige *Fluthbewegung* geltend macht, finden sich bedeutende Handelsstädte eben so wie bei den *deltafreien* Flüssen oberhalb der Mündungen. So liegt z. B. *Calcutta* im Ganges-Delta, wo die Fluth eine Höhe von 2 bis 5 Meter erreicht <sup>2)</sup>, oberhalb der Hughli-Mündung, bei *Ragun*, ermöglicht eine Fluthhöhe von 4 bis 7 <sup>3)</sup> Metern das Einlaufen selbst der grössten Seeschiffe; *Basra* im Delta des Euphrat und Tigris liegt 15 Deutsche Meilen in gerader Linie von der Mündung landeinwärts, aber die Fluth staut das Wasser selbst hier noch um 3 Meter <sup>4)</sup>. Wo aber die Gezeitenströmung eine solche Befahrung des Unterlaufes *deltabildender* Flüsse durch grössere Fahrzeuge nicht gestattet, wo also die *direkte Verbindung* des Fluss- und Seehandelsweges gehemmt, ja vollkommen gestört ist, da wird der Verkehr einen Hauptstapelplatz *seitwärts* der Deltamündung dort entstehen lassen, von wo aus der überseeische Handel am besten mit der Fluss-Schiffahrt in Communication zu setzen ist.

So ist an der *Rhône* der Haupthandelsplatz nicht in deren sumpfigem, für die Seeschiffe unzugänglichen Mündungsgebiete, sondern an geschützter Stelle östlich desselben, in *Marseille* erwachsen. Aus demselben Grunde besitzt auch der *Ebro* keine eigentliche Mündungsstadt, aber zu beiden

<sup>1)</sup> Die engl. Niger-Exped. Peterm. Mitth. 1861. S. 76.

<sup>2)</sup> O. Peschel: Völkerkunde, S. 456.

<sup>3)</sup> E. Reclus: Nouv. Géogr. univ. II, S. 237 ff.

<sup>4)</sup> E. v. Sydow: Ein Blick auf das Russisch-Türkische Grenzgebiet an der unteren Donau. Peterm. Mitth. 1856. S. 155.

<sup>1)</sup> Vergl. dazu: J. G. Kohl: Der Verkehr und die Ansiedelungen der Menschen. Cap. XIII.

<sup>2)</sup> Lyell: Princ. of Geol. 9 ed. S. 279 u. S. 331.

<sup>3)</sup> Annalen der Hydrogr. 1877. S. 165.

<sup>4)</sup> Daniel: Handb. der Geogr. I, S. 253.

Seiten der Mündung erblühten wichtige Handelsstädte, wie im Alterthum *Sagunt*, später *Taragona*, *Barcelona*, *Valencia* und *Murviadro*. Auch am Nil hat *Alexandria*, vor Versandung durch die Flusssinkstoffe geschützt, die beiden an den Mündungsarmen selbst gelegenen Städte *Damiette* und *Rosette* weit überflügelt, ganz ähnlich wie *Venedig* und *Ravenna* die in der Mitte des *Po-Delta's* gelegenen alten Hafenstädte *Spina* und *Hadria*.

Wie hier an der Meeresküste, an den Ausgangs- und Zielpunkten des Seeverkehres, so können im Binnenlande Handelsstädte von Bedeutung an den natürlichen Concentrationspunkten des Flusshandels erstehen. Solche Stellen zur Stadtanlage bieten sich vornehmlich da, wo die Verästelungen des Flusses im Deltagebiet beginnen, an den Stromgabelungen. Eine grosse Reihe von Ansiedelungen sind an diesen Punkten entstanden, so *Memphis* und *Cairo* im Nil-Delta, *Trichinapoly* im Delta des Cavery, *Hyderabad* am Indus, *Bankok* am Me-nam, *Barranca* am Magdalenenstrom, *Arles* an der Flusstheilung der Rhône, *Ferrara* an derjenigen des Po: Ansiedelungen, welche J. G. Kohl ihrer Lage nach als „Flusstheilungsstädte“ bezeichnet. Die Hindernisse, welche sich in den Deltabildungen der Verbindung solcher Fluss-Handelsplätze mit dem überseeischen Verkehr entgegenstellen, hat man auf doppeltem Wege zu überwinden gesucht: einmal durch unablässige Ausbaggerung und Ausbarkung des Fahrwassers und Vertiefung desselben mit Hülfe von Molos und Dammbauten wie u. a. am Mississippi, an der Wolga, Rhône und Donau, oder aber durch Anlage von *Aussenrheden* am Rande des Delta's, über welche sich der Flussverkehr mit dem Seehandel durch Canäle oder auf dem Landwege in Verbindung setzt. So blüht im Indus-Delta als Hafenplatz von *Hyderabad Karatschi* empor, so vermittelt den Handel *Cairo's* der Seehafen von *Alexandria*; als Exportrhede der alten Handelsstadt *Bafra* im Delta des Kysyl-Irmak ist an der Küste *Kumdschugaz* entstanden und in *False Point* an der Küste von Orissa concentrirt sich der lebhafteste Handel von *Kattak* im Innern des *Mahanaddy-Delta's*.

Allen solchen Ansiedelungen am Aussenrande von Deltas droht aber die Gefahr, durch seewärts gerichtetes Wachstum der Alluvionen vom Meere abgeschnitten zu werden. Zahlreiche einst blühende Handelsplätze sind in dieser Weise zu bedeutungslosen Binnenland-Orten herabgesunken. *Ostia*, von *Ancus Marcius* einst an der Tiber-Mündung erbaut, ist weit landeinwärts gerückt und verfallen. Das gleiche Schicksal hat später sämmtliche mit dem Vorwachsen des Tiber-Delta's weiter nach dem Meere zu verlegte Hafenplätze betroffen, so dass man es vorziehen musste, das entferntere *Civita Vecchia* als Stapelplatz des Römischen Handels zu wählen. Die alten Hafenplätze der Nord-Italienischen Nieder-

ung, *Spina* und *Hadria*, liegen weit im Innern des *Po-Delta's*, selbst *Ravenna*, das noch im Mittelalter als Seehafen blühte, ist durch die Anschwemmungen des Po durch einen fast eine geogr. Meile breiten Streifen Landes vom Meere getrennt. An der Küste Ciliciens hat *Tarsus* in Folge des Wachstums des Delta's des Seihun und Dschihan seine Wichtigkeit für den überseeischen Verkehr des Hinterlandes eingebüsst, *Montpellier* zur Seite des Rhône-Delta's hat, abgeschnitten vom Meere, seine Bedeutung für den Seeverkehr Süd-Frankreichs verloren.

Die sumpfige Beschaffenheit des Bodens mancher Deltas, die häufig wiederkehrenden Überschwemmungen, Verhältnisse, welche ihren Einfluss auf die Stadtlage an den Deltamündungen gleichzeitig mit den Schifffahrtsverhältnissen geltend machen, bedingen im Einzelnen noch besondere Eigenthümlichkeiten in der Lage und in der Bauart der Ansiedelungen.

So drängen sich im *Memel-Delta* die Niederlassungen auf den allein die überschwemmten Niederungen überragenden, höheren Flussufern zusammen<sup>1)</sup>; die Mündungsstadt der Wolga: *Astrachan*, ist auf einem Vorsprunge des Steppensbodens ausserhalb des Alluviallandes erbaut, *Onitscha*, eine bedeutende Stadt des Ibo-Landes am unteren Niger, liegt auf einer Anhöhe<sup>2)</sup>, und ist so den Überfluthungen des eigentlichen Delta's entrückt. Dahingegen ist inmitten des Inundationsgebietes des Me-nam *Bankok* „das Asiatische Venedig“ errichtet, seine leicht gebauten Häuser ruhen jedoch auf Pfählen<sup>3)</sup> und überragen so selbst die bedeutendsten Flussanschwellungen. Das nämliche gilt von der am weitesten im Mississippi-Delta vorgeschobenen Ansiedelung, der Lootsenstation *Balize*, dessen Holzhütten ebenfalls auf tief in den Schlamm Boden eingetriebenem Pfahlwerk aufgeführt sind<sup>4)</sup>.

An anderen Orten sind die Niederlassungen innerhalb der Deltalandschaften durch Damm- und Deichbauten vor Überfluthungen geschützt. Nur durch sie ist die Existenz *New Orleans* gesichert, von dem ein grosser Theil beim Fehlen der etwa 3 Meter hohen „levées“ längs des Mississippi alljährlich unter Wasser gesetzt werden würde<sup>5)</sup>. Ähnliche Dammanlagen umgeben die Ansiedelungen im Nil-Delta. Die Ebenen der *Niederlande* mit ihren dicht gedrängten Städten und Dörfern sind nur durch künstliche Eindeichungen des Landes gegen den Andrang der Fluth geschützt.

Aus den vorstehenden kurzen Betrachtungen erhellt bereits, welch' vielseitige Bedeutung die Deltabildungen sowohl

1) G. Berendt: Geologie des Kurischen Haffes 1869. S. 5.

2) Die Engl. Nigerexpedition: Peterm. Mitth. 1861. S. 76.

3) Daniel: Handb. der Geogr. I, S. 337.

4) Lyell: Zweite Reise nach den Verein. Staaten, II, S. 140 f.

5) Ibid. S. 138.



für die allgemeine Erdkunde und für die Geologie wie für die Länderkunde besitzen.

*Von diesen Gesichtspunkten aus eine möglichst erschöpfende Beschreibung der gesammten Deltaerscheinungen zu geben und im Anschluss daran die Bedingungen zu erörtern, unter welchen die Deltabildung vor sich geht, das soll im Folgenden versucht werden.*

Bei der grossen Zersplitterung der die Deltas betreffenden Literatur würde ich indessen kaum in der Lage gewesen sein, dem gewählten Thema eine möglichst vielseitige Behandlung angedeihen zu lassen, wenn mir nicht in der zuvorkommendsten Weise von verschiedenen Seiten her Unterstützung zu Theil geworden wäre.

Vor allem bin ich zu Danke verpflichtet meinen hochverehrten Lehrern *Herrn Prof. Dr. Alfred Kirchhoff in Halle a./S.* und meinem Bruder *Herrn Prof. Dr. Hermann Credner in Leipzig*, welche mir in freundlichster Weise durch Rath und That ihre Erfahrungen zu Gute kommen liessen, so wie *Herrn Prof. Dr. Carl v. Fritsch*, dessen Güte ich die Überlassung einer Reihe werthvoller und schwer zugänglicher Werke verdanke. In anerkennenswerthester Zuvorkommenheit stellte mir ferner *Herr Prof. August Petermann* in Gotha seine reichhaltige Bibliothek zur Verfügung, unterstützten mich endlich *Herr Prof. Dr. A. v. Kloeden* in Berlin, *Herr Dr. Theobald Fischer* in Bonn, Herr Kartograph *Debes* in Leipzig, *Herr Dr. Arthur Wichmann* in Eimsbüttel bei Hamburg, *Herr Dr. E. Sioli* durch Mittheilung werthvoller Literatur-Angaben. Allen den genannten Herren spreche ich auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank aus.

*Carl Sonklar* <sup>1)</sup> unterscheidet vier Mündungsformen der Flüsse: 1) *die einfache Mündung*, bei welcher der Fluss ungetheilt und ohne Erweiterung des Rinnsals in das Meer fällt; 2) *das Ästuarium oder negative Delta*, wo sich der Fluss vor seinem Austritt in das Meer zu einer trichterförmigen Bucht erweitert, innerhalb welcher sich Fluss- und Seewasser vermischen und Ebbe und Fluth mit dem Meere theilen, 3) *die Haffmündung*: der Fluss erweitert sich zu einem Süsswassersee, welcher vermittels eines Durchbruches durch die Düne oder Nehrung mit dem Meere in Verbindung steht, und 4) *die Deltamündung*, bei welcher sich der Fluss in zwei oder mehr Armen in das Meer ergiesst und so einen Landstrich umschliesst, welcher die Form eines Griechischen  $\Delta$  hat.

Eine solche Eintheilung der Flussmündungen von morphologischem Standpunkte leidet aber zunächst schon an dem Übelstande, dass Mündungen ein und desselben Flusses in

verschiedene jener Kategorien untergebracht werden. Die *Donau-Mündung*, um nur ein Beispiel anzuführen, wird, als Ganzes betrachtet, von Sonklar der Gruppe der „Deltamündungen“ untergestellt, die *Portitze-Mündung* aber, die südliche Abzweigung des St. Georgs-Armes, zählt er zu den „Haffmündungen“. In dieser Weise weitergeführt würde die *Sulina-Mündung* den „einfachen Mündungen“, diejenige des *Kilia-Armes* wiederum den „Deltamündungen“ zuzurechnen sein, so dass wir an ein und demselben Flusse nicht weniger als 3 verschiedene Mündungsformen vertreten sehen.

Überhaupt aber ist die Sonklar'sche Eintheilung in der Natur nicht wohl durchführbar. Die einzelnen von ihm aufgestellten Gruppen sind unter einander nicht gleichwerthig, sind nicht scharf von einander getrennt zu halten, sie schliessen sich nicht gegenseitig aus. Eine „Deltamündung“ z. B. kann gleichzeitig eine „Haffmündung“ sein. *Weichsel*, *Memel*, *Kuban* werden von Sonklar als „Haffmündungen“ aufgefasst, trotzdem sie ausgedehnte, von einem weitverzweigten Flussnetz durchzogene Deltas bilden; auch der *Nil* mündete dereinst in ein durch einen Uferwall vom Mittelmeere geschiedenes Haff, jetzt nach dessen Ausfüllung durch die Sinkstoffe des Flusses, ist die „Haffmündung“ in eine „Deltamündung“ übergegangen. *Dnjepr* und *La Plata* stellt Sonklar zu den Ästuarien und doch sind an beiden Gewässern Landschöpfungen fluviatilen Ursprunges vorhanden, der *pontische Fluss* ergiesst sich in mehreren Armen durch ein von ihm aufgebautes Alluvialland in seinen Liman, und im Hintergrund des *La Plata-Beckens* bildet der *Parana* ein wenn auch kleines, so doch deutlich entwickeltes Delta.

Zu einer anderen Eintheilung der Flussmündungen gelangt man, wenn man die Rolle ins Auge fasst, welche den Flüssen als geologischen Werkzeugen zufällt, indem sie einerseits dem offenen Meere die Substanzen zuführen, welche sich Schicht auf Schicht auf dessen Grunde niederschlagen, andererseits aber den Umfang der Festlande durch Ansetzen neuen Landes direkt und sichtbar erweitern. Es werden demnach die von den Gewässern dem Innern des Landes entzogenen und von den Flüssen den sie aufnehmenden See- oder Meeresbecken zugeführten Sinkstoffe entweder in ihrer ganzen Masse über die Flussmündung hinausgeführt, auf dem Seeboden ausgebreitet und so der Erdoberfläche zunächst entzogen, oder aber sie werden wenigstens zum Theil an der Mündung selbst abgelagert und allmählich über die Oberfläche des Meeres erhöht, um als neugebildetes Land das Festland auf Kosten des Meeres zu vergrössern. Es lassen sich danach 2 Gruppen von Flüssen unterscheiden:

- 1) solche die Nichts zur Vergrösserung des Festlandes beitragen,

<sup>1)</sup> Allgemeine Orographie. Wien 1873. S. 161.

- 2) solche, welche landbauend den Umfang des Festlandes erweitern.

Diesen beiden Flussgruppen entsprechen:

- 1) Mündungen, welche einer von dem Flusse abgesetzten Schwemmland-Bildung entbehren;
- 2) Mündungen, welche von einem solchen neugebildeten Alluvialland umgeben sind.

In beiden Hauptgruppen lassen sich der Gestaltung und Form nach mehrere Unterabtheilungen erkennen und es ergibt sich daraus folgende Gruppierung der Flussmündungen: I. Mündungen ohne sichtbar vorgelagerte Schwemmland-Bildungen fluviatilen Ursprunges:

- 1) ohne Erweiterung des Rinnsals (z. B. Duero, Guadiana Cetina, Limpopo, Cunene),
- 2) mit trichterförmig erweiterter Öffnung (z. B. Elbe, Weser, Themse, Seine, Loire, Gironde).

II. Mündungen mit vorgelagerten Schwemmland-Bildungen fluviatilen Ursprunges an Stelle vorher wasserbedeckter Gebiete:

- 1) Einfache Mündungen (z. B. Ebro, Arno, Ombrone, Seihun, Hwang-ho, Pei-ho).
- 2) Getheilte Mündungen,
  - a) ohne Erweiterung der Mündungscanäle (z. B. Po, Rhône, Donau, Atrato, Mahanaddy),
  - b) mit trichterförmig erweiterten Mündungskanälen (z. B. Ganges, Bramaputra, Irawaddy, Niger).

Die Bezeichnung „Delta“ wurde zuerst, und zwar von den Griechen für das Mündungsgebiet des Nil-Stromes wegen der Ähnlichkeit des von den Flussarmen und dem Meere umschlossenen Landstückes Unter-Ägyptens mit ihrem Buchstaben  $\Delta$  in Anwendung gebracht und diente ursprünglich offenbar ausschliesslich zur Versinnlichung einer morphologischen Erscheinung. In diesem Sinne würde man als „Delta“ jedes durch eine Gabelung des Flusses an seiner Mündung umfasste Landstück bezeichnen können, ohne Rücksicht auf seine Zusammensetzung und Entstehungsweise.

Die Erkenntniss jedoch, dass das Delta des Nil ein „Geschenk des Flusses“ sei, entstanden durch Ausfüllung eines einstigen Meeresgolfes durch die Schlamm Massen des Nil mag der Grund gewesen sein, dass man später mit dem Namen „Delta“ nicht nur den Begriff einer bloss zufälligen Gestaltung verband, sondern gleichzeitig ganz bestimmte Anforderungen an die Entstehung eines solchen Landstriches stellte. Dieses letztere genetische Kriterium ist heute sogar gegen das morphologische vollständig in den Vordergrund getreten. Unter Deltas versteht demgemäss die moderne Erdkunde Schwemmland-Bildungen, welche durch Anhäufung der von den Flüssen mitgeführten Sinkstoffe an ihrer Mündung im See- oder Meeresbecken entstanden sind, und durch welche sich das Festland auf Kosten der Wasserbedeckung vergrössert hat.

Sucht man aber das Wesen eines Delta nicht in der äusseren von den verschiedensten Einflüssen bedingten und deshalb so wechselvollen Gestalt seines Gebietes, sondern in seiner Entstehung, so müssen die sämtlichen Flussmündungen, welche in der oben gegebenen systematischen Gruppierung unter der gemeinsamen Bezeichnung: „Mündungen mit vorgelagerten Schwemmland-Bildungen fluviatilen Ursprunges an Stelle vorher wasserbedeckter Gebiete“ zusammengefasst sind, als „Deltamündungen“ bezeichnet werden, gleichviel ob eine Theilung des Stromes in zwei oder mehr Arme Statt findet oder ob der Fluss ungetheilt seine Alluvionen durchfliesst. Denn Nichts ist wechselvoller als die Lage und Zahl der ein Delta durchschneidenden Mündungsarme. Jedes Hochwasser, jede Sturmfluth kann Veränderungen derselben hervorrufen. Neue Flussarme entstehen, während alte versanden, ungangbar und in todte Arme verwandelt werden. Es kann so der Fall eintreten, dass in Deltas, die früher von einem sich mehrfach gabelnden und in vielen Mündungen das Meer erreichenden Strome durchzogen wurden, heute ein ungetheiltes Flussbett die Wassermassen der See zuführt. Eine derartige Umgestaltung berichtet K. E. v. Baer<sup>1)</sup> von dem Delta des Kur, das seinen Anspruch auf diesen Namen durch die Vereinfachung seiner Mündungsverhältnisse sicherlich nicht verloren hat, eben so wenig wie das Delta des Dnjepr, in welchem sich früher der Fluss in 2 Arme gabelte, während jetzt nur ein Mündungscanal vorhanden ist<sup>2)</sup>. Eben so wird man auch das etwa 25 Kilometer weit in das Mittelmeer hinausgebaute Alluvialland des Ebro, trotzdem es nur von einem Mündungsarme durchzogen ist, mit dem nämlichen Rechte unter die Rubrik der Deltas stellen, wie das Inselgewirr des Mackenzie-Delta oder wie die von zahlreichen Flussadern netzförmig durchzogenen Deltas des Niger, Irawaddy und Ganges.

Wenn nun auch viele Forscher eine Gabelung des Flusses im Deltagebiete als nothwendige Bedingung für die Anwendbarkeit des Deltabegriffes voraussetzen, darin stimmen doch fast alle überein, dass der Schwerpunkt nicht in die äussere Gestaltung, sondern in die genetischen Verhältnisse verlegt werden muss. Diess geht schon daraus hervor, dass sich in allen Lehrbüchern der Geographie und Geologie die Deltabildungen unter den Capiteln besprochen finden, welche von der mechanischen, der transportirenden und wiederabsetzenden Thätigkeit der Flüsse handeln.

So bezeichnet A. v. Hoff<sup>3)</sup> in Übereinstimmung mit früheren Autoren als „Deltabildung“ das „Ansetzen von neuem Land“, so fern es an der Mündung von Flüssen Statt

<sup>1)</sup> Studien aus dem Geb. der Naturw. 1873. II, S. 146.

<sup>2)</sup> Murchison: Geol. des Europ. Russland bearbeitet von G. Leonhard 1848. S. 568. Anmerk.

<sup>3)</sup> Gesch. d. natürl. Veränderungen der Erdoberfläche 1822. I, 228.

findet, „wo es dann gewöhnlich eine Bifluenz oder Gabelung des Flusses hervorbringt“. *Herm. Guthe*<sup>1)</sup> nennt Deltas solche durch die landbauende Thätigkeit der Flüsse entstandene Anschwemmungsgebiete, in denen sich der Fluss in mehrere Arme theilt. *F. v. Hochstetter*<sup>2)</sup> belegt die Ablagerungen von Sedimenten in Landsee'n und an den Meeresmündungen der Flüsse mit dem Namen „Delta“. Nach *Herm. Credner*<sup>3)</sup> ist die Entstehung von Deltas durch den Absatz des von den Flüssen mitgeführten Gesteinsmaterials bedingt. „Bei breiten Mündungen“, so finden wir in *A. v. Kloeden's Handbuch der Erdkunde*<sup>4)</sup>, „setzt sich der Schlamm in der Mündung selbst ab und bildet Inseln, so dass sich der Strom in Arme spaltet. Die so entstandene Insel oder die Gesamtheit dieser niedrigen Inseln heisst wegen ihrer dreieckigen Gestalt ein Delta“. *James D. Dana*<sup>5)</sup> nennt Deltas flache Niederungen, welche sich um die Mündung eines Stromes bilden, falls diese Schwemmlandmassen einige Ausdehnung besitzen und von einem Netzwerk von Wasseradern durchschnitten sind. *Oscar Peschel*<sup>6)</sup> stellt den Deltas die Mündungstrichter als „hohle Deltas“ gegenüber. Die ersteren entstehen da, wo Flüsse in ihrem Mündungsgebiet angelangt ihre Gewässer in verschiedene Arme theilen und ihre Anschwemmungen in das Meer hinausbauen. *E. Reclus*<sup>7)</sup> nennt ein Delta eine zwischen den Flussarmen eingeschlossene „Anschwellungsebene“, welche gegen das Meer hin weit über die normale Küstenlinie vorgeschoben ein allmählich von Schlamm- und Schwemmstoffen aller Art ausgefülltes Ästuarium ist. Nach *C. Sonklar*<sup>8)</sup> besteht das Delta „aus einer oder mehreren, zuweilen auch sehr vielen Inseln, die meist niedrig und sandig, sich als das Produkt der von dem Strome mitgeführten und hier abgelagerten erdigen Stoffe darstellen“. *H. Schmick*<sup>9)</sup> endlich unterscheidet „Deltas“ und „deltaartige Bildungen“. Erstere „bestehen aus mehr oder weniger in die See vorspringenden Anhäufungen von dünnem Schwemmland, über welche die höher oben ungetheilten Flüsse in meist zahlreichen Verzweigungen hinfließen. Letztere sind Ausfüllungen von alten Mündungsbuchten des Meeres durch den dünnen Deltaschichten gleichgearteten Schwemmboden“.

Während von allen diesen Autoren als eine wesentliche Eigenschaft der Deltas hervorgehoben wird, dass die von den Mündungsarmen umschlossenen Landstücke durch den Absatz der von den Flüssen mitgeführten Schlamm- und Sandmassen

aufgebaut sind, scheint *K. E. v. Baer* auf diese Entstehungsweise der Deltas kein Gewicht zu legen. „Die meisten Flüsse“, so spricht er sich in seinem Aufsatz „Über Flüsse und deren Wirkungen“<sup>1)</sup> aus, „gehen nicht mit ungetheilter Strömung in ihr Wasserbecken über, vielmehr theilen sie sich in zwei Äste. Da diese mit dem Ufer des stehenden Wasserbeckens ein Dreieck bilden, so hat man sich gewöhnt, den umschlossenen Raum ein Delta zu nennen“.

*Alexander v. Humboldt* unterscheidet ausdrücklich solche Deltas, deren Bildung dem Flusse zuzuschreiben sei und solche, die nur einer Gabelung des Stromes in seinem Mündungsgebiet ihre Entstehung verdanken, wo das von den Flussarmen umschlossene Landstück bereits älteren Ursprunges ist<sup>2)</sup>. Zu dieser letzteren Gruppe, wo also nur der Figur, nicht dem inneren Wesen nach ein Delta vorhanden ist, gehören auch alle die Flussgabelungen, welche zuerst *Al. v. Humboldt* von den Mündungen einer Reihe von Nebenflüssen der Süd-Amerikanischen Ströme kennen gelehrt<sup>3)</sup> und welche man als „Deltas der Zuflüsse“ zusammengefasst hat<sup>4)</sup>.

Bei unseren Untersuchungen über die Deltas werden nur solche Vorkommnisse in Berücksichtigung gezogen werden, welche die Bedingung erfüllen, die sie über rein zufällige Erscheinungen erhebt, die nemlich, dass sie durch die Thätigkeit der Flüsse, deren Mündungen sie vorgelagert sind, auf Kosten des zurückgedrängten Meeres oder Binnensees entstanden sind. Ausgeschlossen von unseren Betrachtungen bleiben deshalb alle jene von *Humboldt* in den Deltabegriff eingeschlossenen Delta-Gestalten an den Mündungen der Nebenflüsse grösserer Ströme, so z. B. die Gabelungsgebiete an dem Ausfluss zahlreicher Ströme Süd-Amerika's in die sie aufnehmenden Hauptstrombetten, wie am Guarico, Apure, Branco, Rio Negro, Japura, Purús und Madeira, oder wie in Nord-Amerika an der Mündung des Arkansas und White River, so wie am He-schui-ho (Min River) in China. Dasselbe gilt auch von dem sogenannten Delta des Cooper Creek im Innern Australiens<sup>5)</sup>.

Ganz unberechtigt ist ferner die von *E. Reclus* angewandte Bezeichnung der Katabothren des Cephisus als dessen „unterirdisches Delta“<sup>6)</sup>.

Endlich sei noch erwähnt, dass *H. Schmick*<sup>7)</sup> zahlreiche Inseln und Inselgruppen, welche gewisse Flüsse im Unter-

1) Lehrbuch der Geographie. 3. Aufl. 1874. S. 55.

2) Allgemeine Erdkunde 1875. S. 185.

3) Elemente der Geologie 3. Aufl. 1876. S. 224.

4) I. Theil, 1873. S. 566.

5) Manual of Geology. New York 1875. p. 651.

6) Neue Probleme der vergl. Erdkunde. II. Aufl. S. 122.

7) Reclus-Ule: die Erde &c. I, S. 301.

8) Allgemeine Orographie 1873. S. 162.

9) Die Aralo-Kaspi-Niederung &c. Leipzig 1874.

1) Studien aus dem Gebiete der Naturwissenschaften II, S. 141.

2) A. v. Hoff l. c. I, S. 229 nach *Humboldt et Bonpland: Voyage aux régions équinox. &c. Relat. hist. II, p. 650 f.*

3) *Al. v. Humboldt* *ibid.* Bd. VII. Cap. XXIII, S. 439 und VIII, S. 106.

4) Vergl.: v. Kloeden: *Handb. der Erdkunde I, S. 576.* *Daniel: Handb. der Geographie I, S. 577.* *Reclus-Ule: Die Erde &c. I, S. 303.*

5) Vergl. *Petermann's Mitth. 1867, S. 437.*

6) *E. Reclus: Nouv. Géogr. univ. I, p. 75.*

7) *Die Aralo-Kaspische Niederung 1874. S. 11.*

lauf und selbst bis zu grossen Entfernungen aufwärts umschliessen, als Reste alter Mündungs-Deltas erklären zu können glaubt, die beim Rückzuge des Meeres aus den Flussthalern, „als Fussstapfen der säcularen Meeresumsetzung“ zurückge-

lassen und in Fluss-Inseln umgewandelt worden sind, und die „heute mit dem Namen Binnen-Deltas richtig bezeichnet werden“. Ein solches Binnen-Delta ist nach H. Schmick unter anderen die Insel Schütt zwischen Pressburg und Komorn!

## I. Gestaltung, Bau, Wachstum und Verbreitung der Deltas.

### 1. Begrenzung und Gestalt der Deltas.

Nicht immer ist es möglich, auf Grund topographischer Karten die Begrenzung der Deltas zu bestimmen. Besonders verursacht die Beantwortung der Frage, an welchem Punkte eines Thalgebietes der Anfang des ihm angehörigen Deltas zu legen ist, Schwierigkeiten.

Bei solchen Deltas, mit deren Bildung eine Gabelung des Flusses in zwei oder mehr Arme verbunden ist, wird man geneigt sein, die Spitze des Delta's dort zu suchen, wo sich die erste Zweitheilung des Stromes vollzieht. Zu welchen Irrthümern aber eine derartige Ansicht führen könnte, das zeigt sich z. B. am unteren Laufe der *Wolga*. Das Delta, d. h. also das fluviale Anschwemmungsgebiet dieses Flusses, beginnt nur wenige Meilen oberhalb Astrachan, also erst etwa 10 Deutsche Meilen vor der Mündung des genannten Flusses in das Kaspische Meer. Die Gabelung desselben hingegen in die Achtuba und Wolga liegt 50 Meilen höher stromaufwärts und bedingt zwar die Bildung eines durch seine Gestalt und netzförmige Wasserdurchaderung delta-ähnlichen Landstriches, der jedoch ausser dieser gewissermaassen zufälligen morphologischen Ähnlichkeit keine Übereinstimmung mit echten Deltabildungen hat. Hier im Unterlaufe der Wolga zerfällt also das sogenannte, 60 Meilen lange Delta in eine obere durch Erosion losgetrennte und durch Flusseinschnitte mehrfach gegliederte Insel und eine kleinere untere, sich fächerförmig an die Basis dieser letzteren ansetzende echte Deltabildung<sup>1)</sup>.

Während dieses Beispiel zeigt, dass die Stromgabelung viel höher flussaufwärts liegen kann, als die Spitze des eigentlichen Delta's, kann umgekehrt auch der Fall eintreten, dass echte Deltabildungen weit oberhalb des Punktes ihren Anfang nehmen, an welchem sich die Stromtheilung vollzieht. So beginnt, um eins der auffälligsten Beispiele hier anzuführen, die eigentliche Gabelung des *Mississippi* gegenwärtig erst an der Stelle, wo sich die „Pässe“ strahlenförmig nach drei verschiedenen Richtungen verzweigen, an dem „head of the passes“, und doch beschränkt sich das Delta des *Mississippi* nicht auf die dort beginnenden, verhältnissmässig unbedeutenden und erst in der jüngsten Vergangenheit entstandenen Anschwemmungen, wie es z. B.

auf den Karten der United States Coast Survey angenommen ist<sup>1)</sup>, umfasst vielmehr die gesammte rings um New Orleans sich ausdehnende und auf beiden Seiten des *Mississippi*-Stromes weit in das Meer vorgeschobene Alluvialebene<sup>2)</sup>.

Diese wie viele andere Beispiele zeigen, dass Gabelung des Unterlaufes und oberes Ende der Deltabildung eines Stromes nicht identificirt werden dürfen, weil sonst einerseits fluviale Bildungen, welche mit dem vom Flusse umschlossenen „Delta“ genetisch völlig gleichwerthig, jedoch zu beiden Seiten und oberhalb der Flussgabelung gelegen sind, unberechtigter Weise von dem Delta ausgeschlossen, andere Flussinseln, an deren Basis sich echte Deltas angebaut haben, fälschlich den letzteren zugerechnet werden würden.

Entscheidend für die Frage, in wie weit wir es mit einem echten Delta zu thun haben, sind zwei Thatfachen: erstens der fluviale Ursprung des betreffenden Areales, zweitens dessen Unterlagerung durch recente Gebilde stehender Gewässer. In diesen beiden Erscheinungen ist die Genesis der Deltas, die doch maassgebend für die Anwendbarkeit des Deltabegriffes ist, verkörpert. Die marinen oder lacustren Sedimente, welche die Basis der fluvialen Ablagerungen bilden, beweisen eben, dass hier durch Flussabsätze in jüngster Zeit eine Vergrösserung des Festlandes auf Kosten des angrenzenden Wasserbeckens, also ein Vorrücken der Küste statt gefunden hat.

Das stromaufwärts gerichtete Ende eines Delta's wird sich demnach, weil ja die Absätze des Flusses auch an dessen ursprünglicher Mündungsstelle die unterlagernden Gebilde verhüllen, nicht scharf markiren, sondern vielmehr schweifartig mit den im damaligen Flussthale, also noch im Gebiete des derzeitigen Festlandes, zur Ablagerung gelangten Alluvionen verschwimmen. Wollte man die thatsächliche obere Begrenzung eines Delta's feststellen, so könnte diess nur durch ausgedehnte Bohrungen behufs Untersuchung der

<sup>1)</sup> S. Report von 1855, Bl. 36 u. 38. Vergl. auch Zeitschr. für allg. Erdk. Berlin, Sept. 1862, S. 167.

<sup>2)</sup> Bailey setzt den Anfang der Anschwemmungsebene oder des Delta's des *Mississippi* etwa 7 Meilen oberhalb der Ohio-Mündung bei dem „The chains“ bezeichneten Punkte, wo beide Ufer noch aus anstehendem Gestein bestehen (Geol. of Tennessee, S. 119). Humphreys u. Abbot und vor ihnen schon Lyell lassen das Delta an der Abzweigung des Bayou Atchafalaya beginnen. Vergl. Fr. Ratzel: Die Verein. Staaten von N.-Amerika 1878. Bd. I, S. 180, Anmerk. 1.

<sup>1)</sup> Vergl. K. E. v. Baer: Kaspische Studien.

Natur des Untergrundes geschehen. Da aber derartige in die Tiefe gerichtete Untersuchungen fast überall noch fehlen, kann in bei Weitem den meisten Fällen auf die das Delta landeinwärts umgrenzenden Contouren nur im Allgemeinen aus dem Verlaufe der beiderseits anliegenden Küstenlinie, so wie aus dem Relief des Mündungsgebietes geschlossen werden. Mit ziemlicher Sicherheit wird diess dort möglich sein, wo ein deltabildender Fluss bis an seine ursprüngliche Mündung von Gebirgen oder Höhenzügen begleitet ist, zwischen welchen der Thalboden nur eine geringe Breite besitzt, während sich das Deltaland vor dieser Thalrinne in Form einer weiten Ebene ausbreitet und als solche mehr oder weniger beträchtlich in die See vorspringt, wie solches z. B. an der Mündung des *Ebro*, des *Kysyl-Irmak*, des *Jeschyl-Irmak* und *Mahanaddy* der Fall ist. Ähnliches gilt auch von solchen Deltas, welche an Stelle einer früheren trichterartigen Erweiterung der Flussmündung oder an Stelle einer keilförmig gegen eine solche eindringenden Meeresbucht entstanden sind. So bezeichnen in Unter-Ägypten die Abstürze der Libyschen und Arabischen Wüstenplatte die Begrenzung des *Nil-Delta's* und der Abfall des Memeler Plateau's und desjenigen von Nadrauen die Grenzen des *Memel-Delta's*. Auch das *Donau-Delta* ist die Ausfüllung einer spitzwinkeligen Einbuchtung des Schwarzen Meeres, auf beiden Seiten begrenzt durch das in steilen Rändern abstürzende Diluvium, unter dessen Lössablagerungen am rechtsseitigen Deltarande ausserdem noch jene älteren Formationen zu Tage treten, die das Gebirgsland der Dobrudscha bilden. Die Spitze des *Donau-Delta's* aber wird man dort suchen müssen, wo die beiderseitigen Flügel der Pontischen Lössplatte zwischen Tułtscha und Isaktschi sich in spitzem Winkel einander nähern.

Kaum ausführbar aber ist eine Begrenzung der Deltagebiete überall dort, wo solche einer flachen Alluvialniederung unmittelbar angelagert sind, wie das *Po-Delta* dem Lombardischen Tiefland, das *Ganges-Delta* der Bengalischen Ebene, oder das *Iravaddy-Delta* der Birmanischen Niederung. Das Alluvialland steigt hier von der Deltaküste unmerklich und ohne jede Terrainstufe gegen das Innere an, so dass die Alluvionen solcher Deltas mit denen des binnenländischen Flussgebietes allmählich verschimmen.

Was nun die allgemeine Gestaltung der Deltas betrifft, so ist diese je nach dem Verlauf des dem Meere zugewandten Aussenrandes derselben eine zweifache. Bei den einen (den „vorgeschobenen Deltas“) tritt der letztere bogen-, keil- oder zackenförmig über die beiderseitige Küstenlinie hervor, bei den anderen hat eine theilweise oder vollständige Ausfüllung einer in das Land eindringenden Bucht Statt gefunden, so dass die einst landeinwärts gerichtete Unterbrechung im continüirlichen Küstenverlauf mehr oder weniger

Credner, Die Deltas.

ausgeglichen ist. Schon *A. v. Humboldt* machte auf diesen Unterschied der Deltaformen aufmerksam und glaubte in ihm eine wesentliche Differenz in der Natur und Entstehungsweise der Deltas erkennen zu müssen. Nur bei den Deltas, welche ein Hervortreten der Küsten im Gefolge hätten, so meinte er, sei die Bildung des neuen Landes den Flüssen selbst zuzuschreiben, — wo ein solches Übertreten nicht Statt finde, sei nur der Figur nach ein Delta vorhanden, das von den Flussarmen umschlossene Land verdanke aber nicht den fluviatilen Anschwemmungen seine Entstehung, sei vielmehr eine ältere Ablagerung, innerhalb deren sich der Fluss nur des geringen Gefälles wegen in mehrere Arme getheilt habe<sup>1)</sup>.

Diese Anschauung hat sich indessen später als irrthümlich herausgestellt. Je nach den Mündungsverhältnissen der Flüsse, also je nachdem die letzteren in der Tiefe einer Bucht oder an offener Küste der See zuströmten, wurden eben deren Sedimente entweder in dem Mündungstrichter zu Deltas abgesetzt, welche durch die Regelmässigkeit ihrer Gestalt am Meisten dem ursprünglichen Sinne ihrer Bezeichnung entsprechen und gar nicht oder nur wenig über die Küstenlinie hervortreten (wie beim Nil, der Donau, dem Orinoco, Zambesi, Niger, Mackenzie u. a.), oder aber sie wurden an der offenen Küste zu weit vorspringenden Protuberanzen ausgebreitet. So geschah es am Mississippi, am Ebro, an der Lena, beim Mahanaddy, Godavery und Kistna, auf die für sich betrachtet, der Name „Delta“ auf Grund ihrer Gestaltung kaum zur Anwendung gelangt sein würde, — geht doch diesen „vorgeschobenen Deltas“ die Regelmässigkeit der Form, wie sie den „Ausfüllungs-Deltas“ eigen ist, vollkommen ab. Vergleicht man z. B. unter einander (s. Tafel 1) das *Nil-Delta*, das als ein regelmässig geformtes Dreieck, die Basis der See zugekehrt, den einstigen Unter-Ägyptischen Meereseiff erfüllt — das *Mississippi-Delta*, aus dessen breit ausgedehntem Rumpfe sich der schmale „Hals der Pässe“ meilenweit in den Meerbusen von Mexico vorstreckt, um sich plötzlich, nachdem der Strom auf mehr als 200 Engl. Meilen Entfernung keinen bedeutenderen Arm abgesandt hat, in 3 weit von einander divergirende „Pässe“ zu zerspalten —, ferner das *Delta der Lena*, das sich als ein wohlgerundeter in das Meer vorgeschobener Halbkreis der Mündung des Flusses vorlagert, — und endlich das gemeinsame Deltaland des *Yang-tze-kiang* und *Hwang-ho*, das in Form eines langgestreckten, halbmondförmigen Bandes die Gebirgsmasse von Schan-tung umzieht<sup>2)</sup> —, vergleicht man also nur diese vier Deltas mit einander, so bewährt sich schon an ihnen

<sup>1)</sup> Nach Humboldt et Bonpland. Relat. hist. T. 2, p. 650 ff., bei A. v. Hoff: Geschichte der natürl. Veränd. der Erdoberfläche. I, S. 229.

<sup>2)</sup> Vergl. R. Pumpelly: On the Delta-plain &c. of the Yellow River. The Americ. Journ. &c. 1868, XLV, p. 219 ff.

die oben betonte Thatsache, dass das Hauptgewicht bei Beurtheilung der Zugehörigkeit eines Landstriches zu den Deltabildungen nicht in seiner Gestalt, sondern in seiner Genesis zu suchen ist.

Die beiden oben skizzirten Deltagruppen, also die „vorgeschobenen“ — und die „Ausfüllungs-Deltas“ stehen sich *indessen keineswegs unvermittelt gegenüber*; kann doch ein Delta, das sich im Hintergrunde einer Trichteröffnung zu bilden begonnen hat, durch fortschreitendes Wachstum nicht nur die Einbuchtung der Küste ganz erfüllen, sondern auch über dieselbe hinausrücken und so in ein „vorgeschobenes Delta“ übergehen, welches dann eine Combination beider Typen darstellt. So ist das *Po-Delta*, nachdem es die Ausfüllung eines Ober-Italienischen Meeressgolfes bewirkt hat, seit der Römerzeit über die allgemeine Küstenlinie, an welcher Hadria einen Seehafen bildete, um etwa 5 geogr. Meilen weit in das Adriatische Meer hinausgerückt und hat sich in dieses in Form einer breitlappigen Zunge vorgeschoben. Auch das *Donau-Delta* hat ursprünglich nur eine spitzwinkelig nach Westen einschneidende Meereshälfte ausgefüllt, ist aber jetzt, namentlich an der Kilia-Mündung bereits weit in das Schwarze Meer vorgeschritten und wie das *Po-Delta* diesem Wachstumsprocess auch jetzt noch unterworfen.

Abgesehen von den genannten beiden wesentlichen Gestaltungstypen der Deltas werden zahlreiche Modificationen von geringerer Bedeutung *durch den Verlauf des sie durchströmenden Flusses bedingt*.

Während der deltabildende Fluss, wo er *ungetheilt* an der Aussenseite des Delta's ausmündet, das letztere in zwei oft, wie am Ombrone, symmetrische Hälften trennt, verursacht er eine complicirtere Gliederung seines Anschwemmungsgebietes, sobald er innerhalb desselben eine *Verästelung* und *Gabelung* erleidet. Diess kann auf folgende Weise geschehen (s. Tafel 1):

1) *Der Fluss bildet einen Hauptstrom, welcher mehr oder minder zahlreiche, unbeträchtlichere Zweige absendet*, und zwar *entweder gleichmässig nach beiden Seiten* (Niger, Irravaddy, Indus, Mahanaddy)

*oder nur nach einer Seite* (Atrato, Ganges, Cavery, Memel, Orinoco).

2) *Der Fluss spaltet sich in mehrere annähernd gleichwerthige Arme, welche*

*entweder ungetheilt die See erreichen* (Donau, Rhône, Jeschyl-Irmak, Mek-hong, Lena, Zambesi),

*oder sich selbst wieder vielfach verästeln* (Nil, Weichsel, Wolga).

3) *Der Fluss bildet ein wirres, netzförmiges Geäder durch Umfließen eines Inseleschwarmes*, in welchen sich das Delta auflöst (Petschora, Mackenzie).

## 2. Gestaltung und Beschaffenheit der Delta-Oberfläche.

Die grösseren Deltas stellen fast völlig horizontale, nur selten von Terrainwellen unterbrochene Ebenen dar, welche nur wenig über den Seespiegel hervorragten. Die äusseren Ränder dieser niedrigen Deltalandschaften gehen häufig durch eine sumpfige Litoralzone unmerklich in das Meer über. Im Gegensatz hierzu wird bei einer anderen Gruppe von Deltas deren marine Küste durch einen das Meer und die Deltaebene überragenden, dünenartigen Schutzwall umzogen, welcher aus vorwiegend sandigem Materiale besteht und die dahinterliegenden Niederungen der Deltas gegen das zerstörende Andringen des Meeres schirmt.

Die Bildung derartiger Strandwälle ist bedingt durch ganz bestimmte Wachstumsverhältnisse der Deltas. Sie werden überall dort vermisst, wo der Deltafluss seine Sinkstoffe der See durch zahlreiche Mündungskanäle zuführt und auf diese Weise den ganzen äusseren Rand des Delta's durch gleichmässige Vertheilung des Zuwachs-Materiales in constantem Vorrücken erhält, wie solches am *Memel-Delta*, an den sekundären Deltas der Nogat und der Elbinger Weichsel, des Kilia-Armes der Donau, am Ganges- und Irravaddy-Delta der Fall ist.

Dort aber, wo innerhalb einer breiten Deltabasis der Fluss nur in einem Bette oder nur in wenigen Armen ausmündet, wo also naturgemäss kein zonales, d. h. das ganze Deltaufer betreffendes, sondern nur ein locales, auf die unmittelbare Nachbarschaft der Strommündungen beschränktes Wachstum Statt findet, oder wo endlich aus anderen Gründen die Deltabildung nicht weiter seewärts fortschreitet, ist dadurch, dass die längere Zeit in ruhigem Stillstand verharrenden Theile der Deltaküste der anhäufenden Thätigkeit der bewegten See ausgesetzt sind, die Möglichkeit gegeben, dass sich ein nur durch die Mündungslücken unterbrochener Dünengürtel aufbaut. Deshalb weist das *Rhein-Delta* in seinem ganzen Umfang einen scharf hervortretenden Dünenkranz auf. Ähnlich ist bei dem *Delta der Rhône* der Fall, welche in nur 2 Hauptarmen an der langgestreckten Küste ihres Delta's in das Mittelmeer ausmündet und wo die Dünenbildung an den Küstenstrichen zwischen beiden Mündungen von Statten geht. Ganz analoge Verhältnisse weist der Aussenrand des breiten Delta-gebietes des *Seihun* und *Dschihan* in Cilicien auf. Auch hier erhebt sich ein ununterbrochener Dünensaum an der ganzen Küstenlinie des Delta's, und nur an den Mündungen der beiden Flussläufe sind diesem Uferwall die jüngsten ganz flachen Anschwemmungsebenen vorgelagert<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Vergl. C. Favre et B. Mandrot. Voyage en Cilicie 1874. Bullet. de la soc. de Géogr. 1878. Januarheft, mit Karte.

Erscheinen auch die Deltas im Allgemeinen fast vollkommen eben und flach, so stellen sich doch zuweilen Terrainerhebungen ein. Von wie geringer absoluter Bedeutung dieselben auch an und für sich sein mögen, so markiren sie sich doch bei dem flachen, söhlichen Charakter der Deltalandschaft in gewisser Schärfe und bezeichnend genug nennen die Bewohner des Memel-Delta's die kaum 3—6 Meter über den schwarzen Moorboden der Niederung hervorragenden sandigen Höhenzüge „Gebirge“<sup>1)</sup>.

Solche hügelige Striche stellen sich zunächst an den Ufern der Flussarme ein, und begleiten dieselben besonders in den oberen Theilen des Deltalandes. G. Berendt erwähnt sie aus dem Memel-Delta<sup>2)</sup>, auch im Donau-Delta erheben sich an beiden Ufern des Sulina-Armes und zwar bis etwa 4 $\frac{1}{2}$  Meilen oberhalb der Mündung solche wallartige Gebilde 1 bis 2 Meter über den Flusspiegel<sup>3)</sup>, und eben so begrenzen sie im oberen Theile des Mississippi-Delta's den Hauptfluss und alle Bayous. Endlich finden sie sich in charakteristischer Weise in dem unteren Theile der Deltas der Wolga<sup>4)</sup>, so wie des Nils. Nicht nur die gegenwärtig zum Abfluss benutzten Mündungskanäle, auch die ganz oder zeitweise verstopften und trocken gelegten Arme sind von solchen dammartigen Erhöhungen eingefasst.

Mehr als diese flachen Uferbänke und Strandwälle fallen Terrainerhebungen ins Auge, welche zwar nicht durch die Thätigkeit der Flüsse selbst gebildet worden, vielmehr ältern Ursprungs sind, von den Alluvionen aber allseitig umschlossen und dadurch in den Bereich der Deltas gezogen wurden. Es sind früher von der See umspülte Inseln, welche vor der Mündung der deltabildenden Flüsse gelegen, durch das Vorwachsen des Schwemmlandes mit dem Festlande vereint worden sind und wie einst aus dem Meere, so jetzt aus dem ebenen Alluviallande inselförmig hervorragen<sup>5)</sup>.

Bei der geringen Erhebung der Deltas über den Spiegel des Meeres finden periodisch wiederkehrende Überfluthungen ausgedehnter Striche der Niederungen durch Hochwasser der Flüsse oder durch Aufstauung der Gewässer in Folge von anhaltenden Seewinden Statt. Durch diese wiederholte Unterwassersetzung gewisser Deltatheile einerseits, so wie durch die Entstehungsweise und den Wachstumsprocess der Deltas andererseits ist es bedingt, dass deren Boden, besonders an der äusseren Peripherie der Deltas, wo die Kultur ihren umgestaltenden Einfluss noch nicht ausüben

<sup>1)</sup> G. Berendt: Geol. des Kur. Haffes 1869, S. 69.

<sup>2)</sup> *ibid.* S. 5, 30, 31.

<sup>3)</sup> E. v. Sydow: Ein Blick auf das Russisch-Türk. Grenzgeb. an der unteren Donau. Peterm. Mitth. 1856, S. 145.

<sup>4)</sup> K. E. v. Baer: Studien aus dem Geb. der Naturw. 1873, II, S. 147 ff. mit Abbildung.

<sup>5)</sup> s. unten unter 8. e.

konnte, eine morastige, sumpfige Beschaffenheit besitzt und meist jeder grösseren Festigkeit und Haltbarkeit entbehrt.

Hat man auch beispielsweise die Lootsen-Station Balize im Delta des Mississippi auf solchem Boden erbaut, so musste man doch Pfahlroste in denselben einsenken, um einen selbst für diese leichten Holzhütten kaum genügenden Halt zu gewinnen, welche man bei eintretendem Sturme wie Schiffe vor Anker legen muss, um ihr Wegtreiben zu verhindern<sup>1)</sup>. Noch weiter hinaus verlieren diese Schlamm-massen immer mehr an Consistenz und verfließen schliesslich mit dem lockeren, widerstandslosen Schlamm des Meeres<sup>2)</sup>.

### 3. Grösse der Deltas.

Die Grösse des Areales, um welches durch die Thätigkeit der deltabildenden Flüsse die Festlande im Laufe der jüngsten geologischen Vergangenheit vergrössert, die See- und Meeresbecken entsprechend verkleinert sind, ist eine nicht unbedeutliche. Angaben über die Grösse der von den Deltas eingenommenen Flächen stehen leider nur für eine geringe Zahl von Deltas zu Gebote und auch sie ermöglichen nur eine annähernde Schätzung, weil eine genaue Begrenzung der Deltagebiete nur selten thunlich und weil letztere in Folge des fortgesetzten Wachstums mancher und der theilweisen Wiederzerstörung anderer Deltas häufigen Schwankungen unterworfen sind.

In der nachfolgenden Tabelle sind die vorhandenen Angaben übersichtlich zusammengestellt.

Tabellarische Übersicht über die Grössenverhältnisse einiger Deltas.

Name des Deltaflusses.	Flächeninhalt in Hectaren.	Länge. Breite.		Quellenangabe.
		in Kilometern.		
Ganges u. Bramaputra .	8,259,435 <sup>1)</sup>	354 <sup>2)</sup>	321,8 <sup>2)</sup>	<sup>1)</sup> Daniel: Handb. d. Geogr. I, 302. <sup>2)</sup> Rennell: Philos. Trans. 1718.
Mississippi .	3,185,933 <sup>3)</sup>	320 <sup>4)</sup>	300 <sup>4)</sup>	<sup>3)</sup> Lyell: Princ. XII. Aufl. I, p. 454, nach Humphreys u. Abbot. <sup>4)</sup> Herm. Credner: Elem. der Geol. III. Aufl. S. 226.
Nil . . . .	2,219,400 <sup>5)</sup>	170,6 <sup>6)</sup>	207,7 <sup>6)</sup>	<sup>5)</sup> <i>ibid.</i> S. 225 u. Vogt: Lehrb. d. Geol. II, S. 114.
Donau . . .	258,795 <sup>7)</sup>	74,2 <sup>8)</sup>	74,2 <sup>8)</sup>	<sup>6)</sup> Peterm. Mittheil. 1867, S. 437. <sup>7)</sup> E. von Sydow: Peterm. Mitth. 1856, S. 150.
Rhône . . .	75,000 <sup>9)</sup>	—	—	<sup>8)</sup> Peterm. Mittheil. 1867, S. 437. <sup>9)</sup> Reclus: Nouv. Géogr. univ. II, p. 237 ff.
Aude . . .	20,000 <sup>10)</sup>	—	—	
Niger . . .	—	148,4 <sup>11)</sup>	326,5 <sup>11)</sup>	
Memel . . .	—	51,9 <sup>12)</sup>	46,3 <sup>12)</sup>	

<sup>1)</sup> Lyell: Zweite Reise n. d. Verein. Staaten von Nord-Amerika. II, S. 143.

<sup>2)</sup> E. Reclus-Ule: Die Erde &c. I, S. 304.

Tabellarische Übersicht über die Grössenverhältnisse einiger Deltas.

Name des Deltaflusses.	Flächeninhalt in Hectaren.	Länge in Kilometern.	Breite	Quellenangabe.
Wolga (von Zarizyn an)	—	448 <sup>13)</sup>	—	<sup>10)</sup> ibidem, S. 250 ff. <sup>11)</sup> Peterm. Mitth. 1867, S. 437.
Ural . . .	—	—	53,3 <sup>14)</sup>	<sup>12)</sup> Berendt: Geol. d. Kur. Haffs Taf. II. <sup>13)</sup> v. Baer: Stud. a. d. Geb. der Natw. II, S. 144. <sup>14)</sup> Borszow: Würzb. Naturw. Zeitschrift I, S. 119.

## 4. Mächtigkeit der Deltas.

Die Mächtigkeit der alluvialen Ablagerungen, welche ein Delta bilden, ist abhängig von der Tiefe des von dem neu entstandenen Lande eingenommenen Theiles des See- oder Meeresbeckens. Der Neigung des Seebodens entsprechend wächst die Mächtigkeit mit der Entfernung von der ursprünglichen Flussmündung; Unebenheiten des Bodens bedingen entsprechende Schwankungen in der Stärke der Alluvionen.

Die Schlamm Massen des Nil-Delta's lagern in einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 10 Meter<sup>1)</sup>, die sich bis 14—15 Meter steigert<sup>2)</sup>, auf dem lockeren Meeressand, welcher den Boden der vom Nil-Schlamm erfüllten Meeresbucht bildet. Durch Brunnenanlagen sind im Rhein-Delta mit Torfbildungen abwechselnde Flussanschwellungen bis über 60 Meter<sup>3)</sup>, im Rhône-Delta bei Aigues-Mortes in der Kleinen Camargue bis zu einer Tiefe von über 100 Meter durchteuft, ohne dass das Liegende derselben erreicht wurde<sup>4)</sup>. Noch bedeutender ist die Mächtigkeit der Sedi-mentablagerungen im Delta des Po. Durch im Jahre 1847 ausgeführte Bohrversuche wurden die Schichten der fluviatilen Anschwellungen bis zu einer Tiefe von 122 Meter durchsunken<sup>5)</sup>. Von 20 später von den Französischen Ingenieuren Degousée und Laurent in der Gegend von Venedig ausgeführten Bohrungen ist die tiefste bei der Casa de Dio bis auf 172,5 Meter niedergebracht, eine zweite bei St. Maria Formosa bis zu 137,8 Meter, ohne dass durch eine derselben das Liegende des Deltamateriales erreicht worden wäre<sup>6)</sup>.

Auch für die Mächtigkeit der Schlamm Massen des Mississippi-Delta's glaubte man ähnliche beträchtliche Dimensionen annehmen zu müssen. Sir Charles Lyell schätzte

<sup>1)</sup> O. Fraas: Aus dem Orient. S. 209.

<sup>2)</sup> Herm. Credner: Elem. der Geologie. III. Aufl. S. 225.

<sup>3)</sup> ebendas. S. 226.

<sup>4)</sup> E. Reclus: Nouv. Géogr. univ. II, p. 237 ff.

<sup>5)</sup> Lyell: Princ. of Geol. XII ed. I, p. 422.

<sup>6)</sup> A. Tylor: On the Form. of Deltas &c. Geol. Mag. 1872, p. 485 u. Pl. XI. (Vergl. die Profile auf Tafel 1.)

die Dicke dieser Alluvionen auf mehr als 161 Meter, wobei er seine Berechnung hauptsächlich auf die Tiefe des Mexikanischen Golfes zwischen der Südspitze von Florida und Balize, welche im Durchschnitt 100 Faden beträgt, zum Theil auch auf bis 183 Meter tiefe Bohrversuche beim See Pontchartrain nördlich von New Orleans stützte, bei welchen das Liegende der Alluvialmasse nicht erreicht sein sollte<sup>1)</sup>.

Schon 1853 hatte indessen Alfred Tylor auf die Wahrscheinlichkeit hingewiesen, dass die als Schwemmland des Mississippi aufgefassten Bildungen zum Theil marinen Ursprunges seien<sup>2)</sup>. Durch die Untersuchungen des ganzen Unterlaufes des Mississippi unter Humphreys' und Abbot's Leitung fand diese Vermuthung ihre volle Bestätigung.

Der Boden des Mississippi-Bettes besteht demzufolge von der Mündung des Ohio bis hinab an den Golf von Mexiko aus Schichten eines, auch seitwärts des Flussthalles weit verbreiteten, harten und zähen, bläulichen Thones, der von allen Ablagerungen, welche der Fluss jetzt bildet, durchaus verschieden ist. Die nämlichen Thonschichten hat man auch auf dem Boden aller See'n des Delta's angetroffen und durch Brunnenanlagen bei New Orleans in sehr geringer Entfernung von der Oberfläche erteuft, von wo sie mit Sandschichten wechsellagernd bis zu einer Tiefe von 183 Meter hinabreichen<sup>3)</sup>. Humphreys und Abbot glaubten jene Thone wegen ihrer Lagerungsverhältnisse an anderen Stellen, namentlich an den Vicksburg Bluffs dem älteren Tertiär oder der Kreideformation zurechnen zu müssen<sup>4)</sup>.

Dagegen haben E. W. Hilgard's Untersuchungen der organischen Einschlüsse dieser Thonlager in der Nähe von New Orleans dargethan, dass diesen letzteren ein weit jüngeres Alter beigelegt werden muss. Molluskenreste, welche untersucht wurden, erwiesen sich fast durchweg als identisch mit noch jetzt im Golf von Mexiko und in den Lagunen des Delta's lebenden marinen und Brackwasserformen. Hilgard glaubt deshalb die oberen Horizonte dieser Ablagerungen als zu seinem „Coast-Pliocene“<sup>5)</sup>, zur „Port-Hudson-Gruppe“ gehörig betrachten zu müssen, einer Schichtenreihe, welche nach Ch. Lyell „post-pliocänen“ Alters ist<sup>6)</sup>, nach Dana der älteren Alluvialzeit entstammt<sup>7)</sup>. Diese theils marinen, theils aus Cypressen-Sümpfen hervorgegangenen Bildungen umsäumen an der Küste des Staates Mississippi

<sup>1)</sup> Zweite Reise nach den Verein. Staaten von Nord-Amerika II, S. 240. Vergl. Princ. of Geol. XII ed. I, p. 454.

<sup>2)</sup> Phil. Mag. 1853, p. 272 u. Geol. Mag. 1872, p. 491. Anmerk. 2.

<sup>3)</sup> I. G. Kohl: Neuere Forschungen über den Miss. nach Humphreys' und Abbot's Report in Grebenau: Theorie der Beweg. d. Wassers &c. S. 5.

<sup>4)</sup> Fr. Ratzel: Die Verein. Staaten v. N.-Am. 1878, I, S. 183.

<sup>5)</sup> Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII ed. I, p. 456.

<sup>6)</sup> ibid. p. 456.

<sup>7)</sup> Dana: Manual of Geol. 2. ed. 1875, p. 651.



die eigentlichen Flussanschwellungen<sup>1)</sup> und senken sich seewärts unter diese letzteren, um sie, wie oben erwähnt, im ganzen Delta zu unterteufen. Die Mächtigkeit des eigentlichen Mississippi-Schwemmlandes im Hangenden dieser Thonlager beträgt in der Gegend von New Orleans kaum mehr als die des Nil-Delta's, nemlich 9,5 bis 16 Meter und erst am Beginne der Stromspaltungen („head of the passes“) steigert sie sich bis auf 30 Meter, um dann entsprechend der steileren Neigung des Seebodens in schnellerem Maasse zuzunehmen; denn schon 20 Kilometer seewärts vom Südpass werden 95 Faden, 30 Kilometer in derselben Richtung 144 und bei 50 Kilometer Entfernung von jener Mündung 452 Faden Tiefe gemessen<sup>2)</sup>.

Ganz ähnlich scheinen die Verhältnisse im Delta des Ganges und Bramaputra zu liegen. Nach den Ergebnissen einer in den Jahren 1835 bis 1840 bei Fort William nahe bei Calcutta bis zu einer Tiefe von 176,7 Meter niedergebrachten Brunnenbohrung sollte bis dahin das Liegende der Deltaalluvionen nicht erreicht worden sein<sup>3)</sup>. In Tiefen von 16,7 bis 19,8 Meter unter Tage stiess jedoch der Bohrer auf Schichten eines thonigen, Kunkar oder Kunkar genannten Kalksteines, welche in gelblichen Thonen eingebettet sind. Nach Sir Charles Lyell finden sich diese Kalkschichten in dem ganzen Thale des unteren Ganges wieder und dehnen sich über ein Gebiet von mehreren Tausend Quadratmeilen bis gegen Tausend Engl. Meilen nördlich von Calcutta aus, wobei sie überall denselben petrographischen Charakter aufweisen<sup>4)</sup>.

Es liegt nahe, einen Vergleich zu ziehen zwischen diesen Kalksteinschichten und dem Substrat der Flussalluvionen des Mississippi, jenen blauen Thonen, die dort eine ähnlich ausgedehnte Verbreitung besitzen, wie hier die Kunkar-Lagen. In der That ist auch von dem jüngeren W. Theobald dieser „Kunkar-clay“ als die untere Grenze der neuen Anschwellungen des Ganges angesehen worden. Die Kunkar-Gruppe ist nach seiner Ansicht ästuarinen Ursprunges und gehört, wie nach Dana auch jene Thonlager im Mississippi-Gebiet dem älteren Alluvium an.

Nur die vielfach wechselnde bis etwa 20 Meter mächtige Schichtenreihe von Sanden und Thonen, wie sie sich erst im Hangenden dieser Kunkar-Bildungen einstellen, darf als Deltaanschwellung aufgefasst werden<sup>5)</sup>.

<sup>1)</sup> Ch. Lyell. l. c. Fig. 38.

<sup>2)</sup> Fr. Ratzel. l. c. S. 184. Vergl. zu d. Vorst. E. W. Hilgard: On the Geol. of the Delta &c. of the Miss. in The Americ. Journal of sciences and arts. 1871, Jan. — Juli, p. 238. ff.

<sup>3)</sup> Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII ed. I, p. 476. R. Baird Smith: Proc. of the Geol. Soc. 1846, p. 4. Vergl. Geol. Magaz. 1872, S. 494.

<sup>4)</sup> Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII ed. I, p. 476.

<sup>5)</sup> Records of the Geol. Survey of India: On the Alluvial Depos. of the Irawadi more particularly as contrasted with those of the Ganges by W. Theobald jun. Geol. Magaz. 1870, S. 379.

Aus folgender vergleichender Übersicht ergibt sich die Ähnlichkeit beider Deltabildungen:

	Mississippi-Delta bei New Orleans.	Ganges-Delta bei Calcutta.
<i>Jüngeres Alluvium. Deltaablagerung.</i>	Durchschn. 12 Meter: Schlamm- und Thonmassen, feine Sande.	Durchschn. 18 Meter: Schlamm-, Sand- und Thonschichten.
<i>Ältere Bildungen nicht fluvialen Ursprunges.</i>	Thonschichten, wechsellagernd mit Sanden, bis zu 183 Meter Tiefe erbohrt. „PortHudson-Gruppe“ Hilgard's z. Th. marinen Ursprunges, z. Th. aus Cypressen Swamps hervorgegangen.	Zuoberst Kunkar-clay, darunter mannigfach wechsellagernde Schichten von Thonen, Sanden, Kiesen- und konglomeratischen Sandsteinen, bis 176,7 Meter erbohrt. „Ästuarine-Bildungen“ Theobald's.

Es ergibt sich daraus, dass gerade die umfangreichen Deltas des Nil, Mississippi und Ganges eine unerwartet geringe Mächtigkeit besitzen. Im Gegensatz hierzu reichen andere im Vergleich zu den genannten verschwindend kleine Deltaabsätze bis zu einer ausserordentlichen Tiefe. Das Delta der Dranse, welches am Südufer des lemanischen See's und zwar an dessen tiefster Stelle aufgebaut ist, dürfte nach rings um den Rand seines Schuttkegels vorgenommenen Lothungen zu schliessen, eine Höhe von mehr als 300 Meter besitzen<sup>1)</sup>. Eben so ist die Mächtigkeit des Rhône-Deltas am oberen Ende desselben See's eine sehr beträchtliche und dürfte nach Ch. Lyell etwa 200 bis 250 Meter betragen<sup>2)</sup>.

##### 5. Das Material der Deltas.

Das Material, aus welchem die Deltas aufgebaut sind, besteht aus Substanzen sowohl anorganischen, wie organischen Ursprunges. Von *ersteren*, welche an der Deltabildung den grössten Antheil nehmen, sind es wiederum die von den Flüssen *mechanisch* fortgeführten und an der Mündung abgesetzten Schlamm- und Sandtheilchen so wie gröbere Gerölle, aus welchen sich die Deltaalluvionen in ihrer Hauptmasse aufschichten. Neben ihnen enthalten jedoch die Flüsse mehr oder weniger beträchtliche Mengen von mineralischen Bestandtheilen in gelöstem Zustande und auch diese betheiligen sich nach ihrer Ausscheidung, wenn auch nur lokal und in unbedeutenderem Maasse an dem Aufbau der Deltas. Unter dem *organischen* Material gewinnen nur die *pflanzlichen* Stoffe einige Wichtigkeit für die Deltabildung. Sie werden zum Theil von den Flüssen aus dem Innern des Festlandes zur Mündung transportirt, zum Theil aber entstammen sie

<sup>1)</sup> E. Reclus: Nouv. Géogr. univ. II, p. 346.

<sup>2)</sup> Princ. of Geol. XII ed. I, p. 414.

auch der Vegetation der Deltas selbst. Die *thierischen* Reste, also Molluskenschalen, Foraminiferengehäuse, Skelettheile von Wirbelthieren spielen quantitativ nur eine untergeordnete Rolle im Deltamaterial.

#### a. Mechanisch abgesetzte anorganische Bestandtheile.

Der petrographische Habitus des anorganischen Deltamaterials ist abhängig 1) von dessen mineralischer Zusammensetzung, 2) von dessen Struktur und 3) von dem Grade seiner Verfestigung.

Wenn auch thatsächliche Beobachtungen über die Petrographie der Deltas nur spärlich vorhanden sind, so setzen uns doch die im Allgemeinen über die mechanische Thätigkeit der Flüsse gewonnenen Kenntnisse, ferner der Vergleich mit anderen, den Deltasedimenten ganz analogen fluviatilen Bildungen in den Stand, eine Anschauung von der petrographischen Beschaffenheit der Deltas zu gewinnen.

Das mineralische Material der letzteren stammt naturgemäß aus dem Entwässerungsgebiete des Deltaflusses, und zwar wesentlich aus dem Oberlauf desselben oder seiner Nebenflüsse, wo die gesteinszerstörende Thätigkeit der Gewässer am bedeutendsten ist. Haben nun auch alle in den betreffenden Erosionsgebieten anstehenden Gesteinsarten ihren Antheil zu dem von den Flüssen nach ihren Mündungen geführten Materiale beigetragen, so ist doch die Hauptmasse der forttransportirten mineralischen Fragmente durch die chemische Einwirkung des Wassers in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit verändert, theilweise sogar in aufgelösten Zustand versetzt worden. Am widerstandsfähigsten gegen die Einflüsse mechanischer wie chemischer Natur ist der als Gesteinsgemengtheil so ausserordentlich verbreitete Quarz. Die Folge davon ist, dass er, freilich oft in fein zerriebenem Zustande neben den thonigen Zersetzungsresiduen anderer Mineralien den Hauptbestandtheil der Deltaalluvionen bildet, zu dem sich kleinste Fragmente und Blättchen von unzersetztem Feldspath, Hornblende, Glimmer &c. gesellen. Neben ihnen treten aber namentlich in den Deltas der als Läuterungsbecken der Flüsse dienenden Binnensee'n im Oberlaufe der letzteren, gröbere Geschiebe der verschiedensten Gesteinsarten in oft beträchtlicher Menge auf, und fehlen auch nicht in manchen Meeres-Deltas von Flüssen, welche eine geringe Stromlänge, aber ein beträchtliches Gefälle besitzen. Sonst aber wird im Allgemeinen der petrographische Charakter dieser letzteren Gruppe von Deltas durchschnittlich als ein feinsandig-lehmiger oder als ein lössartiger zu bezeichnen sein.

Von einigen Deltaalluvionen liegen genauere mechanische oder chemische Analysen vor. So bildeten die Absätze des Rheines auf seinem Delta im Bodensee nach einer 1851

von G. Bischof ausgeführten Untersuchung<sup>1)</sup>, nach dem Trocknen ein feines, graues, sandartiges Pulver, ohne allen Zusammenhang. Theils mit blossem Auge, theils unter der Lupe erkannte Bischof Quarzkörnchen, sehr kleine silberweisse Glimmerblättchen und schwarze Körnchen wahrscheinlich von Granat aus den Glimmerschiefern der Alpen<sup>2)</sup>. Mit Säuren brauste der Absatz sehr stark und liess Spuren von Schwefelwasserstoff deutlich wahrnehmen. Die chemische Analyse ergab folgendes Resultat:

Kieselsäure . . . . .	50,14
Thonerde . . . . .	4,77
Eisenoxyd . . . . .	2,69
Manganoxyd . . . . .	0,35
Kalkerde . . . . .	0,77
Magnesia . . . . .	0,34
Kali . . . . .	0,55
Natron . . . . .	0,54
Kohlens. Kalk . . . . .	30,76
Kohlens. Magnesia . . . . .	1,24
Kohlens. Eisenoxydul . . . . .	5,20
Wasser . . . . .	0,99
Verlust . . . . .	1,66
	100,00

Der frische Nilschlamm besitzt nach Oscar Fraas' Untersuchung<sup>3)</sup>, unter einer mässigen Vergrösserung betrachtet, ein vollkommen gleichartiges Korn von  $\frac{1}{13}$ — $\frac{1}{100}$ , höchst selten von  $\frac{1}{10}$  Millim. Grösse und lässt sich in seiner Zusammensetzung neben keine Europäische Bodenart stellen, „scheint überhaupt ganz einzig auf der Erde dazustehen“.

Nach Regnault's Analysen enthält:

	Frischer Nilschlamm	Alter Nilschlamm.	
an kohlen. Kalk . . . . .	18 %	10 %	} Lösliche Bestandtheile.
„ kohlen. Bittererde . . . . .	4 „	1 „	
„ schwefels. Kalk . . . . .	0 „	3 „	
„ Eisenoxyd . . . . .	6 „	3 „	
Unlösliches und Wasser . . . . .	63 „	76 „	
Organische Theile . . . . .	9 „	7 „	

Das Unlösliche besteht aus Sand und Thon, ersterer wird von Körnchen von farblosem, durchsichtigem Quarz, trübem milchigem Quarz, rothem und braunem homogenem Kiesel, gelbem Kiesel, Feldspath, Hornblende und Epidot gebildet.

Eine auch diese unlöslichen Rückstände in Betracht ziehende Analyse von Nilschlamm aus der Gegend von Cairo ist von Matthew W. Johnson ausgeführt. Nach dieser ist die Zusammensetzung desselben folgende:

Kieselsäure . . . . .	56,86
Thonerde . . . . .	12,12
Eisenoxyd . . . . .	13,19
Kalkerde . . . . .	3,15
Magnesia . . . . .	2,73
Kali . . . . .	1,26
Natron . . . . .	0,70
Kohlens. Kalk . . . . .	3,12
Schwefels. Kalk . . . . .	1,29
Chlornatrium . . . . .	0,36
Organische Substanzen . . . . .	5,53
	100,31

<sup>1)</sup> Lehrb. der chem. und. phys. Geologie 1854, II, S. 1576 ff.

<sup>2)</sup> Ibid. S. 1582.

<sup>3)</sup> Aus dem Orient. 1867, S. 209 ff.

Mehrere sehr genaue Analysen von Nil-Schlamm sind speziell von agricultur-chemischem Standpunkte aus von Prof. W. Knop angestellt<sup>1)</sup>, deren Resultate zugleich mit denen einer entsprechenden Analyse von Horner nachstehend aufgeführt sind<sup>2)</sup>:

	I. Nilschlamm von Minich (Knop.)	II. Achmin. (Knop.)	III. Theben. (Knop.)	IV. (Horner.)
Hygroskop. Wasser:	3,100	3,700	5,70	—
Gebundenes Wasser:	5,880	4,835	7,63	—
Humus . . . . .	0,230	0,235	1,17	—
Glühverlust	9,210	8,77	14,50	5,70
Feinboden	90,790	91,23	85,50	94,30

In 100 Gewichtstheilen Feinboden sind enthalten:

Sulphate . . . . .	0, Spur	0, Spur	1,30	0,3	
Carbonate von	Baryt 0,021	0,017	0, Spur	—	
	Kalkerde 3,30	3,94	4,00	3,9	
	Talkerde 0,76	0,75	0,28	—	
Summe der Carbonate	4,081	4,707	4,28	3,9	
Kieselsäure und Basen d. Silicate.	Kieselsäure . 57,50	57,45	57,00	57,8	
	Thonerde . 16,40	16,50	31,80	12,7	
	Eisenoxyd . 15,10	15,30		35,20	21,4
	Kalkerde . 3,24	2,86	6,043	2,0	
	Talkerde . 2,72	2,82		2,22	0,8
	Kali u. Natron 0,959	0,363			3,9
			Ka O = 0,5		
			Na O = 0,6		
Summe der Kiesel- säure und Silicat- basen . . . . .	95,919	95,293	94,42		
Kieselsäure-Thon .	83,400	83,200	81,00		
Aufgeschl. Silicatbasen	12,519	12,093	13,42		
Absorption . . . . .	130	132	135		

Vier Eigenschaften sind es nach diesen Analysen, durch welche sich der Nilschlamm vor anderen Bodenarten auszeichnet: 1) Das Vorhandensein von kohlenurem Baryt als Beimischung der Ackererde auf weiten Strecken der Nillandschaften, 2) der hohe Gehalt an Eisenoxyd, 3) das ausserordentlich beträchtliche Absorptionsvermögen und 4) die Armuth an organischen Beimengungen<sup>3)</sup>.

Auch aus dem Niger-Delta sind Schlammabsätze von O. Fraas untersucht; sie enthalten 2,7 % kohlenurem Kalk, keine Bittererde und gleichen in ihrem mechanischen Verhalten dem Europäischen Lehm und Löss<sup>4)</sup>.

Auch von den Sedimenten der Donau im Sulina-Arm sind auf Veranlassung der „Internationalen Commission zur Regulirung der Sulina-Mündung“ mehrere Analysen durch Bamber in London ausgeführt und zwar I. vom Schlammrückstand nach der Überschwemmung, II. vom Niederschlag bei niedrigem Wasserstande und III. vom Niederschlag direkt an der Mündung:

	I.	II.	III.
Kieselsäure . . . . .	54,736	47,885	71,234
Thonerde . . . . .	16,010	12,620	6,810
Eisenoxyd . . . . .	10,160	10,514	2,982
Kalk . . . . .	6,365	7,057	8,883
Magnesia . . . . .	3,425	4,480	2,371
Kohlensäure . . . . .	3,854	4,018	6,445
Organisches . . . . .	5,404	13,180	1,350
	99,954	99,754	100,075

Der Probe I. wurden 4,65 %, II. 3,30 %, III. 0,17 % Wasser durch Trocknen entzogen<sup>1)</sup>.

Hinsichtlich der Grösse des Kornes der am Aufbau der Deltas beteiligten Sedimente machen sich beträchtliche Verschiedenheiten geltend. Alle Zwischenstufen zwischen den feinsten, flockigen Schlamm- und Schlicktheilchen bis zu gröberem Sanden, Kiesen und Geröllen sind vertreten. Wie fein die Mineral-Theile sind, welche von den Flüssen ihren Mündungen zum Aufbau der Deltas zugeführt werden, zeigen beispielsweise die von G. Bischof untersuchten schwebenden Bestandtheile des Rheinwassers, deren Abfiltriren unthunlich war und die mehr als 4 Monate stehen mussten, ehe sie vollständig zu Boden gesunken waren<sup>2)</sup>. Eben so bestehen die Sedimente, welche der Mississippi schwebend mit sich führt, aus so winzigen Theilchen, dass sein Wasser Wochen lang stehen kann, ohne dass sich alle in ihm suspendirten Stoffe zu Boden senken<sup>3)</sup>.

Deltas an Mündungen von Gebirgsflüssen dagegen, welche sich nach kurzem Laufe in das Meer oder in Binnenseen ergiessen, setzen sich naturgemäss aus gröberem Geröllen zusammen. Aber selbst im mittelmeeerischen Rhône-Delta findet man in dessen westlichen Theilen bis in die Gegend südlich von Montpellier Geröllmassen, welche zweifelsohne den Hochalpen entstammen und durch die Durance und andere alpine Zuflüsse der Rhône zugeführt worden sind<sup>4)</sup>.

Schlamm und Thon, Sande und Kiese, gröberer Schutt und Gerölle in den verschiedensten Grössen-Abstufungen sind es also, aus deren Absatz sich die Deltas aufbauen.

Der Grad der Verfestigung dieser Ablagerungen hängt zunächst von dem Vorhandensein eines cementirenden Bindemittels ab, wie es namentlich durch die Ausscheidung von mineralischen Bestandtheilen geliefert wird, welche in aufgelöstem Zustande von den Flusswassern mitgeführt werden. Aber auch ohne ein solches geht eine Verfestigung und Verdichtung der Schwemmlandmassen der Deltas vor sich und zwar in Folge des Druckes der einzelnen Theilchen

<sup>1)</sup> Die Regulirung der Sulina-Mündung u. d. Veränd. im Donau-Delta v. K. Muszynski, Mitth. d. k. k. Geogr. Ges. in Wien 1876, S. 329 ff.

<sup>2)</sup> G. Bischof l. c. II, S. 1577, Anmerk. II.

<sup>3)</sup> Ch. Lyell: Zweite Reise nach den Verein. Staaten von N.-Amerika. II, S. 242. Vergl. auch Pfaff: Geol. als exacte Wissenschaft. S. 306.

<sup>4)</sup> Ch. Martins: Topogr. géol. d'Aigues-Mortes. Bullet. de la soc. de Géogr. 1875, Febr., p. 113 ff. Danach E. Reclus: Nouv. Géogr. univ. II, p. 237 ff.

<sup>1)</sup> „Analysen vom Nilabsatz“ in „Landwirthsch. Versuchs-Stat.“ ed. Prof. Dr. F. Nobbe. Bd. XVII, 1874, S. 65 ff.

<sup>2)</sup> Acht andere Analysen sind von L. Horner ausgeführt, s. Philos. Transact. vol. 145. London 1855, p. 128.

<sup>3)</sup> Vergl. O. Peschel: Völkerkunde. S. 528.

<sup>4)</sup> Oscar Fraas l. c. S. 209. Anmerkung.

auf- und gegeneinander. Je grösser der Druck der überlastenden Masse ist, desto inniger wird die Aneinanderlagerung der ursprünglich lose und locker aufgehäuften Sinkstoffe werden; in den tieferen Niveaus wird demnach die Verfestigung der Alluvionen am weitesten fortgeschritten sein.

#### b. Chemisch ausgeschiedene anorganische Bestandtheile.

So gering im Vergleich mit den schwebenden Bestandtheilen der Flüsse die Wichtigkeit der in chemisch aufgelöstem Zustande zur Mündung gelangenden mineralischen Substanzen für die Deltabildung ist, ganz ausgeschlossen bleibt, wie unter Anderen Oscar Peschel meint<sup>1)</sup>, ihre Beteiligung an dem Aufbau der Mündungsalluvionen doch nicht. In dieser Beziehung spielt der kohlensaure Kalk die bedeutsamste Rolle.

Die Ausscheidung des kohlensauren Kalkes in den Deltasedimenten geschieht wesentlich auf die Weise, dass letztere in Folge periodischer Überfluthungen von Wassertümpeln bedeckt werden, welche wie alle Flusswasser doppelt kohlensauren Kalk, wenn auch nur in ausserordentlich geringen Mengen gelöst enthalten. Dadurch nun, dass sich die halbgebundene Kohlensäure verflüchtigt, scheidet sich bei der allmählichen Verdunstung der stehenden Gewässer der kohlensaure Kalk aus und imprägnirt entweder in feinsten Theilchen die unterliegenden Schlammschichten oder füllt die Lücken zwischen den Kies- und Geröllablagerungen aus. Auf diese Weise entstehen lokal kalkige Thone, also Mergel, so wie Sandsteine und Conglomerate mit kalkigem Bindemittel. Auch Ablagerungen von travertinartigem, reinem Kalkstein können auf ähnlichem Wege zur Bildung gelangen.

Infiltrationen von Seiten kalkhaltiger Flusswasser können jedoch auch und zwar namentlich in leicht durchlässigem, sandigem und kiesigem Deltamaterial bis zu grösseren Tiefen Statt finden, wodurch ebenfalls eine Verfestigung derselben durch Ausscheidung des kohlensauren Kalkes bewirkt wird. Endlich nimmt Lyell<sup>2)</sup> mit anderen Geologen<sup>3)</sup> an, dass die doppelt-kohlensauren kalk-haltigen Flusswasser, die sich in Folge ihres geringeren spezifischen Gewichtes auf dem Meereswasser der Deltabuchten ausbreiten, ihren Gehalt an dem genannten Salze durch Einwirkung der Sonnenbestrahlung und der aufwühlenden Winde direkt ausscheiden könnten.

Für derartige Vorgänge liefert u. a. das Rhône-Delta ein Beispiel. In 100.000 Theilen im Monat Februar bei Lyon geschöpften Rhône-Wassers fand Dupasquier 15 Theile kohlensauren Kalkes<sup>4)</sup>. Weiter abwärts nimmt dieser Kalk-

gehalt des Flusses noch beträchtlich zu, weil sich dort mit der Rhône noch zahlreiche Nebenflüsse vereinen, welche in den kalkreichen Westalpen entspringen und deshalb beträchtliche Quantitäten von aufgelöstem doppelt-kohlensaurem Kalk mit sich und der Rhône zuführen. In Folge dessen besteht das Delta der Rhône grossen Theils aus Sandsteinen, in welchen die Sandkörner durch ein kalkiges Cement verfestigt sind<sup>1)</sup>. Auch die recenten Ablagerungen auf dem Boden des Adriatischen Meeres vor der Mündung des Po sind nach Donati's Untersuchungen lokal aus einem festen kalkigen Gestein gebildet<sup>2)</sup>. In noch ausgedehnterem Maassstabe geht die Abscheidung von Kalkcarbonat an der Südküste von Kleinasien vor sich, wo sich sowohl Travertine wie kalkige Sandsteine und Conglomerate an den Mündungen der Flüsse bilden. Die dortigen Fluss-Barren erhalten dadurch eine solche Festigkeit, dass die Deltaströme aus ihrem bisherigen Laufe verdrängt werden und sich neue Mündungskanäle seitwärts dieser von ihnen selbst gebildeten Riegel suchen müssen<sup>3)</sup>. Auf gleiche Weise ist der Kalkgehalt zu erklären, der sich in dem Nilschlamm<sup>4)</sup> und in den beiden Deltas des Rheines und zwar sowohl in demjenigen am Bodensee<sup>5)</sup>, wie in dem an der Nordsee findet, wo bei Amsterdam aus Tiefen von über 70 Meter gewonnene Bohrproben bis 12,55 % kohlensauren Kalk aufwiesen<sup>6)</sup>.

#### c. Vegetabilisches Material.

Alle Flüsse führen noch jetzt — und führten in weit höherem Grade in früheren Zeiten, wo die Landstriche, die sie durchströmten, noch gar nicht von der Kultur berührt waren — neben frischen Pflanzenfragmenten, feinsten Theilchen vermoderter vegetabilischer Substanz ihrer Mündung zu. Die Bestimmungen, welche über die Menge dieser letzteren in Flusssinkstoffen und in den Deltaalluvionen vorliegen, leiden meist an der Ungenauigkeit, dass der Betrag an organischer Materie nur aus dem Glühverlust, also einschliesslich in Gemeinschaft und mit Einschluss des Wassergehaltes festgestellt ist.

In den Sinkstoffen des Weichsel-Wassers fand G. Bischof 23,2 % Glühverlust<sup>1)</sup>, von denen ein beträchtlicher Theil auf Rechnung beigemengter organischer Substanzen zu setzen ist, da der schwere Lehmboden der Werder des Weichsel-Delta's mit vegetabilischen Theilen reichlich untermengt ist, deshalb eine tief schwarze Farbe besitzt und aus letzterem

<sup>1)</sup> Neue Probleme der vergl. Erdk. II. Auflage, S. 130.

<sup>2)</sup> Princ. of Geology. 9. ed., p. 260.

<sup>3)</sup> Herm. Credner: Elem. d. Geol. III. Aufl., S. 290.

<sup>4)</sup> G. Bischof: Lehrb. der chem. und phys. Geol. 1854. II, S. 1513.

<sup>1)</sup> Ch. Lyell: Princ. of Geol. 9. ed., p. 259.

<sup>2)</sup> Ibid. S. 257 nach Brocchi: Conch. Foss. Subap. vol. I, p. 39.

<sup>3)</sup> Ibid. S. 260 nach F. Beaufort: Karamania or a brief. descript. of the Coast of Asia Minor &c., London 1817.

<sup>4)</sup> s. oben S. 14.

<sup>5)</sup> s. oben S. 14.

<sup>6)</sup> G. Bischof l. c. S. 1626 nach P. Harting; De Bodem onder Amsterdam.

<sup>7)</sup> L. c. II, S. 1591 u. 1809.

Grunde von den Bewohnern „Pech“ genannt wird<sup>1)</sup>. In frisch abgesetztem Schlamm des Rhein-Delta's im Bodensee wies G. Bischof einen Glühverlust von 9,64% nach. Der Nilschlamm bei Cairo enthält nach Matthew W. Johnson 5,53% organische Substanzen<sup>2)</sup>, nach Analysen Regnault's sogar 7,9%<sup>3)</sup>. Schon oben ist jedoch hervorgehoben, dass im Gegensatz zu diesen Resultaten W. Knop durch sorgfältigste Untersuchungen dargethan hat, dass der Nilschlamm ausserordentlich arm an organischen Theilen ist, von denen er nur bis zu 1,17% führen soll<sup>4)</sup>. Viel augenfälliger als diese feinvertheilten Bestandtheile es sind, ist die Quantität vegetabilischen Materiales, welche durch Treibholzmassen den Deltaablagerungen zugeführt wird, wie diess besonders beim Mississippi mit Hülfe seiner Nebenflüsse geschieht, auf welchen sehr beträchtliche, zuweilen zu natürlichen, von einer neuen Vegetation bedeckten Flössen vereinte Treibholzmassen der Flussmündung zugeführt werden<sup>5)</sup>. Der Deltaboden um New Orleans ist demzufolge angefüllt von oft dicht neben einander gelagerten Treibholz-Stämmen. Neben und zwischen solchen trifft man oft eben so zahlreiche aufrechtstehende, ihre Wurzeln nach allen Seiten hin verzweigende Strünke, die demnach augenscheinlich an Ort und Stelle gewachsen, durch eine Senkung des Bodens in ihre jetzige Lage unter dem Wasserspiegel gelangt sind<sup>6)</sup>.

In ähnlicher Weise, wenn auch in geringerer Anzahl wie am unteren Mississippi, finden sich solche aufrechtstehende, im Alluvialboden begrabene Wurzelstöcke und Strünke im Delta der Memel und neben ihnen gleichfalls angeschwemmte Baumstämme<sup>7)</sup>. Beträchtliche Massen von verkohlendem Treibholz enthält auch das Delta des Mackenzie-Flusses am nördlichen Eismeer<sup>8)</sup>.

Überhaupt sind ausgedehnte und zum Theil mächtige Lagen von oft in Lignit verwandelten Zweigen und Blättern, eben so wie Schichten von Torf durch Bohrungen und Brunnenanlagen innerhalb zahlreicher Deltas nachgewiesen; so im Delta des Ganges in Tiefen zwischen 9 und 15 Meter, untermischt mit in Verkohlungs begriffenen Stämmen dort heimischer Baumarten, wie namentlich von *Heritiera litoralis*, einer im unteren Theile von Bengalen häufigen Baumform<sup>9)</sup>.

<sup>1)</sup> G. Jaquet: Bilder aus dem unteren Weichselgebiet. Aus allen Welttheilen 1871, S. 70.

<sup>2)</sup> Quarterly Journ. of the chem. Soc. Vol. VI, p. 143, danach bei Bischof II. c. I, S. 1592.

<sup>3)</sup> Oscar Fraas: Aus dem Orient, S. 209.

<sup>4)</sup> Landw. Versuchs-Stationen. B. XVII, 1874, S. 65 ff.

<sup>5)</sup> Ch. Lyell: Princ. of Geol. 9. ed., p. 268 und Zweite Reise nach den Ver. Staaten II, S. 166, 146 u. 171. F. Ratzel: Die Verein. Staaten von N.-Amerika, 1878, I, 191.

<sup>6)</sup> Ch. Lyell: Princ. of Geol. 9. ed., p. 268 u. Zweite Reise &c. II, S. 132 ff.

<sup>7)</sup> G. Berendt: Geol. d. Kur. Haffes, S. 65.

<sup>8)</sup> G. Bischof I. c. II, S. 1810.

<sup>9)</sup> A. Tylor: On the Formation of Deltas &c. Geol. Mag. 1872, Credner, Die Deltas.

Auch im Delta des Po sind solche vegetabilische Massen, z. B. durch einen 1877 angestellten Bohrversuch in 4 verschiedenen Niveaus und zwar bis zu 100 Meter Tiefe angetroffen worden. Das Material dieser Torflagen ist dasselbe wie dasjenige in den sich noch gegenwärtig an den Gestaden der Adria bildenden Marschländern<sup>1)</sup>. Noch genauer sind die Schichten der Deltabildung am nordwestlichen Ufer des Adriatischen Meeres durch 20 in der Nähe von Venedig ausgeführte Bohrungen bekannt geworden. Sie haben ergeben, dass die durchbohrten Schichten bis zu einer Tiefe von 60 Meter zu einem Drittel aus Lignit- und Torflagern bestehen<sup>2)</sup>. Eben so wechseln im Rhein-Delta die Schlammabsätze bis zu einer Tiefe von 60 Meter mit eingeschalteten Torflagern<sup>3)</sup>. Endlich wurde in dem durch Trockenlegung des Lungernsee's der Beobachtung klar erschlossenen Delta des Dündelbaches ein 6 Zoll mächtiges Lager von plattgedrücktem, bituminösem Holz und Blättern als Zwischenlage zwischen den Geröllschichten entblösst<sup>4)</sup>.

#### d. Animalisches Material.

Unter den für die Deltabildung im Allgemeinen wenig belangreichen thierischen Resten sind wegen ihrer vergleichsweise Häufigkeit die Schalen und Gehäuse von Mollusken hervorzuheben. Sie gehören sowohl marinen, wie brackischen und Süßwasser-Formen, wie Landschnecken an. Die erwähnten Bohrungen im Po-Delta haben das Vorhandensein mehrfacher muschelführender Schichten erwiesen. Marine Muscheln, unter ihnen namentlich *Cardien*, erfüllen die oberen Niveaus der dortigen Deltaablagerung, erst in tieferen Schichten gesellen sich zu ihnen Süßwasser-Arten<sup>5)</sup>. In dem artesischen Brunnen auf der Insel San Servolo und bei der *Madonna del Orto* fanden sich in lignitführenden Thonen auch Reste von Landschnecken, namentlich von *Succinea*, *Pupa*, *Helix*<sup>6)</sup>.

Die Schlammabsätze des Rhône-Delta's sind ebenfalls reich an Schalen<sup>7)</sup> sowohl von marinen, wie Süßwasser-Mollusken. Charles Lyell erklärt deren Zusammenkommen aus dem Umstande, dass Lagunen und Seebecken am Rande des Delta's je nach der herrschenden Windrichtung bald von Fluss-, bald von Meerwasser angefüllt seien und demgemäss bald Flussmuscheln, bald Meeres-

S. 494 nach Lieut. R. Baird Smith. Proc. of the R. Geol. Soc. 1846, p. 4. Vergl. auch Ch. Lyell: Princ. of Geol. 9. ed., p. 280 ff.

<sup>1)</sup> Ch. Lyell: Princ. of Geol. 9. ed., p. 257.

<sup>2)</sup> A. Tylor: Geol. Magaz. 1872, S. 485.

<sup>3)</sup> Herm. Credner: Elem. der Geol. 3. Aufl., S. 226.

<sup>4)</sup> Studer: Lehrb. der phys. Geogr. und Geol. I, S. 262. Danach bei Pfaff: Geol. als exacte Wissensch., S. 48.

<sup>5)</sup> A. Tylor: On the Format. of Deltas I. c., p. 485.

<sup>6)</sup> Briefl. Mitth. von Ch. Laurent vom 31. Okt. 1868 an A. Tylor. Geol. Mag. 1872, S. 486.

<sup>7)</sup> Ch. Lyell: Princ. of Geol. 9. ed., p. 260.

muscheln zum Aufenthalt dienen könnten. Ganze Lager von marinen Molluskenresten, die den Süßwasserablagerungen desselben Delta's zwischengeschaltet sind, mögen Lyell's Ansicht zufolge durch Stürme an der Küste aufgehäuft und durch später darüber aufgeschichtete Flussalluvionen bedeckt worden sein<sup>1)</sup>.

Endlich umschliesst nach Ehrenberg's Untersuchungen der Schlamm einer Anzahl von Flüssen überraschende Mengen von Infusorien, wie sich diess aus folgender Zusammenstellung ergibt:

In einer Sec. führen mit sich an festen Theilen:	Darin sind enthalten an Infusorien:
Der Mississippi (bei Memphis) . . . 147 Cub.-Fuss.	2— 3 Cub.-F. = 1,4— 2 %
Der Nil . . . 130,9 „ „	6— 13 „ „ = 4,6—10 %
Der Ganges . . . 557 „ „	69—139 „ „ = 12,4—25 %

An dieser mikroskopischen Fauna nehmen Theil: im Schlamm des Mississippi 44 Polygastrica, 37 Phytholitharien und 2 Süßwasser-Polythalamien, in dem des Nil 160 Phytholitharien<sup>2)</sup>.

Sehr spärlich sind Arthropoden-Reste in den Deltasedimenten angetroffen worden, so von Ch. Laurent solche einer Buprestis Art<sup>3)</sup> in den lignitführenden Thonen des Po-Delta's.

Skeletttheile von Schildkröten, Krokodilen, und warmblütigen Wirbelthieren sind dem Alluvium anderer Deltas, so dem des Ganges eingestreut<sup>4)</sup>. Eine reiche derartige Ausbeute machte Dr. J. Kirk im Zambesi-Delta, dem er Knochen von recenten Antilopen, Büffeln, Löwen, Flusspferden, Krokodilen und Wasserschildkröten in Menge entnahm<sup>5)</sup>.

#### e. Gasbildung in Folge der Zersetzung organischer Bestandtheile der Deltaablagerungen.

Die in den Deltaablagerungen aufgehäuften, von Schlamm- und Sandmassen bedeckten organischen Substanzen verfallen im Laufe der Zeit einem Zersetzungsprozess, mit welchem die Entwicklung von Gasen Hand in Hand geht, wie sie innerhalb mancher Deltas beobachtet ist.

Durch die mehrfach erwähnten Bohrungen im Po-Delta wurde bei 44 bis 55 Meter Tiefe eine Sandschicht durchteuft, aus welcher Kohlenwasserstoffgase mit solcher Intensität hervordrangen, dass sie das im Bohrloche befindliche erdige Material bis zu 12 Meter in die Höhe schleuderten. Bei Annäherung einer Flamme an den Mund des Bohrloches

erfolgte eine Explosion des Gases, dann brannte dasselbe mit ruhiger Flamme weiter. Ähnliche jedoch weniger beträchtliche Gasentwickelungen wurden auch in noch tieferen Niveaus constatirt<sup>1)</sup>. Im Delta des Mississippi werden gleichfalls gasförmige Zersetzungsprodukte erzeugt. Es ist hier die unterste Schicht der eigentlichen Deltaanschwemmungen, 11—19 Meter unter Tage, im Hangenden der älteren marinen Alluvial-Bildungen, welche diese Gase in grossen Mengen absorbirt enthält. J. B. Knight hat durch zahlreiche Bohrversuche an verschiedenen Punkten von New Orleans das Vorhandensein solcher Gase festgestellt und als an deren Zusammensetzung betheiligt ermittelt:

Sumpfgas . . . . .	91,81
Kohlensäure . . . . .	2,97
Stickstoff . . . . .	5,82
Kohlenwasserstoff . . . . .	Spur
	100,10

Dieses Gasgemisch brennt mit eben so heller Flamme wie künstlich hergestelltes Leuchtgas, so dass man anfänglich glaubte, dasselbe, da es in so reicher Menge aus den Versuchsbohrlöchern hervordrang, für Beleuchtungszwecke benutzen zu können. Mit dem Gase, das Schlamm- und Sandmassen bald langsam emportrieb, bald eruptionsartig bis zu 5 Meter über die Öffnung in die Höhe schleuderte, quollen salzige Wasser hervor<sup>2)</sup>.

Am auffälligsten bethätigt sich die fort und fort Statt findende Entwicklung solcher Gase an den Mündungen der Pässe des Mississippi-Delta's, in den „Mud-lumps“<sup>3)</sup>. Diese für das Mississippi-Delta charakteristischen „Mud-lumps“ (s. Taf. I, Fig. 8) bilden Inseln in der Nähe der Barren des Flusses und ragen mit ihrer abgestumpft-kegelförmigen Spitze 2,5 bis 3, ja bis zu 6 Meter über die Wasserfläche empor. Sie heben sich mit sehr verschiedener Geschwindigkeit bald ganz allmählich, bald in raschem Wachstum um mehr als 0,5 Meter in 24 Stunden über den Meeresspiegel empor. Auf der Spitze öffnet sich dann eine kraterartige Vertiefung, deren Wände von einem stark verhärteten Schlamme gebildet werden. Aus diesen „Kratern“ dringt in Intervallen hervor:

- 1) brennbares Gas, am East Crater, Marindin's Lump, Pass à l'Outre von folgender Zusammensetzung:

Kohlensäure . . . . .	9,41
Sumpfgas . . . . .	86,20
Stickstoff . . . . .	4,89
	100,00

- 2) Schlammmassen, gemischt mit Fluss- und Seethierresten, namentlich Foraminiferen, so wie mit in feine Fasern macerirten Holztheilchen. Grössere Krater ergiessen oft 12—15 Liter dieses Schlammes in der Minute, kleinere kaum mehr als 1/2 bis 1 Liter.

<sup>1)</sup> A. Tylor: On the Form. of Deltas &c. nach Degoussé's und Laurent's Bericht. Geol. Magaz. 1872, S. 488 u. 500.

<sup>2)</sup> Eug. W. Hilgard: On the Geology of the Delta &c. of the Mississippi in The Americ. Journ. &c. 1871, I, S. 238—246.

<sup>3)</sup> Vergl. Fr. Ratzel: Die Ver. Staaten von N.-Amerika, 1878, S. 195 ff. Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII, ed. I, 443 ff.

<sup>1)</sup> Ch. Lyell: l. c. p. 259.

<sup>2)</sup> Ber. der Berl. Acad. 1851, S. 324. Danach G. Bischof: l. c. II, S. 1593, und A. v. Kloeden: Handb. der phys. Geogr. I, S. 548.

<sup>3)</sup> Geol. Magaz. 1872, S. 486.

<sup>4)</sup> Lyell: Princ. of Geol. 9. ed., p. 281 und A. Tylor: Geol. Magaz. 1872, S. 494.

<sup>5)</sup> Dr. J. Kirk: On fossil bones from the alluvial strata of the Zambesi Delta.

Durch Trocknen des an den Seiten der Hügel herabfließenden Schlammes erhalten die letzteren eine deutlich geschichtete, schalige Struktur.

- 3) Salziges Wasser, das oft die Wände der Lumps mit einer Schicht reinen weissen Salzes überzieht<sup>1)</sup>.

Mit der Bildung der kraterartigen Öffnung und dem Ausbruche der angeführten Substanzen gelangt die Hebung der Inseln meist zum Stillstand, die Ergüsse von Schlamm, Gas und Wasser aber setzen sich noch einige Jahre fort. Die Entstehung dieser „Mud-lumps“, welche vollständige Analoga mancher Schlammvulkane darstellen, erklärt sich durch die Zersetzung der grossen Massen von Pflanzenstoffen, Baumstämmen, Zweigen, Blättern und Früchten, welche sich vom Flusse herabgeführt auf den Barren ansammeln und hier von Schlamm bedeckt werden. Der Mississippischlamm aber verwandelt sich bei der Berührung mit dem Meerwasser in eine feste, zähe Masse und verhindert so das allmähliche Austreten der sich durch den Fäulnisprozess der Pflanzenreste entwickelnden Gase, so dass sich diese unter der Schlammdecke zurückgehalten, in grossen Mengen ansammeln, bis sie endlich unter dem Drucke der sie belastenden Schlammschichten die Decke blasenartig zu jenen Kegeln auftreiben, dieselben sprengen und durch die entstehenden Krater Schlamm- und Wassermassen empordrängen und mit ihnen stossweise entweichen<sup>2)</sup>.

Auch Schwefelwasserstoff entwickelt sich in manchen Deltaablagerungen in grösseren oder geringeren Quantitäten, so namentlich an dem äusseren Rande des Niger-Delta's<sup>3)</sup> und nach G. Bischof's Untersuchungen in allerdings unbedeutlicheren Mengen aus den Absätzen des Rheines an dessen Bodensee-Delta<sup>4)</sup>. Diese Miasmen verdanken ihre Entstehung einerseits der Berührung des Meereswassers mit faulenden organischen Substanzen, andererseits der Einwirkung der letzteren auf schwefelsaure Salze, die von dem Flusse in aufgelöstem Zustande mitgeführt werden.

### 6. Architektonik der Deltas.

Über die Art und Weise, in welcher sich die in Vorstehendem beschriebenen Materialien an dem Aufbau der Deltas betheiligen, über die Gruppierung und Lagerungsform der durch den Absatz derselben gebildeten Schichten — kurz über die Architektonik der Anschwemmungskegel an

<sup>1)</sup> Eine ausführliche Beschreibung der „Mud-lumps“, so wie eine Zusammenstellung der diese Schlammvulkane betreffenden Literatur giebt E. W. Hilgard: On the Geology of the Delta and the Mud-lumps of the Passes of the Miss. in The Americ. Journal of science and arts 1871, I, S. 238—246, 356—364, 425—435. Die Abbildungen auf Taf. I sind dieser Arbeit entnommen.

<sup>2)</sup> Sidell's und Meade's Bericht: Appendix A des Reports von Humphreys und Abbot. Danach A. Tylor: Geol. Mag. 1872, S. 492. J. G. Kohl: Zeitschr. für allg. Erdk. 1862, S. 191 und Reclus-Ule: die Erde &c. I, S. 219 ff.

<sup>3)</sup> Daniel: Handb. der Geogr. I, S. 493.

<sup>4)</sup> G. Bischof: Lehrb. der chem. u. phys. Geol. II, S. 1576.

den Flussmündungen stehen uns nur wenige thatsächliche Beobachtungen zu Gebote.

Die vereinzelt Tiefbohrungen, wie sie in einer Anzahl von Deltas ausgeführt worden sind, können wohl einen Einblick in die Schichtenfolge der Alluvionen an jenen Punkten, nicht aber in die Ausdehnung und Lagerungsweise der einzelnen Schichten verschaffen. Nur wo solche Bohrlöcher in beträchtlicher Anzahl und auf einem grösseren Theil eines Deltagebietes ins Werk gesetzt sind, ist es möglich, sich aus ihren Ergebnissen ein Bild von dem inneren Bau des betreffenden Delta's zu machen. Derartige umfassende Aufschlüsse sind nur an der Nord-Adriatischen Küste, und zwar in dem von dem Po, der Etsch und der Brenta gemeinsam gebildeten Deltalande der Gegend von Venedig geboten, wo auf einem Gebiet von 6 Englischen Meilen in der Länge, 20 Brunnenbohrungen bis in eine Tiefe von durchschnittlich 100 Meter in die recenten Anschwemmungsgebilde niedergebracht worden sind. Aber selbst auf diesem im Verhältniss zu der Ausdehnung des ganzen Delta's so kleinen Areal, stellt sich der innere Bau nicht als ein einheitlicher heraus, vielmehr weist im Gegentheile jedes einzelne Bohrloch eine von den benachbarten abweichende, selbstständige Schichtenfolge auf. Wohl kehren in jedem derselben Lagen der nämlichen Sande und Thone, Schichten reich an organischen Resten thierischer und pflanzlicher Art wieder, sie besitzen aber in jedem Aufschlusse eine eigenthümliche Aueinanderfolge und eine verschiedene Mächtigkeit. Nur zwei durch ihre Wasserführung ausgezeichnete Sandschichten finden sich in allen jenen Profilen in annähernd gleichem Niveau und in ziemlich constanter Mächtigkeit wieder und scheinen sich als zusammenhängende Zonen durch die ganze Ablagerung hindurchzuziehen, alle anderen Schichten aber breiten sich nur über einen geringen Raum aus, bilden unregelmässig lentikuläre Massen, welche sich rasch nach den Seiten hin auskeilen. (Taf. I, Fig. 9.)

Als Beispiel einer dortigen Schichtenfolge führen wir das Profil an, welches durch das 172,5 Meter tiefe Bohrloch bei der Casa di Dio gewonnen ist:

3,0 Meter	Aufgefülltes Erdreich.
3,0 „	Gelblicher Sand.
2,5 „	Brauner Thon.
1,6 „	Gröberer gelblicher Sand.
3,3 „	Feiner gelblicher Sand.
27,0 „	Brauner Thon mit sandig-thonigen Zwischenmitteln.
1,0 „	Gelblicher Sand.
5,0 „	Brauner Thon.
1,6 „	Lignitführende Sande mit Gas und Wasser erfüllt.
1,5 „	Gelblicher Sand.
8,0 „	Brauner Thon.
9,5 „	Wasserführende Sandschicht, welche die artesischen Brunnen speist.
15,5 „	Brauner Thon.
1,6 „	Graue, lignitführende Sande.
12,5 „	Gelbliche Sande.
96,6 Meter	zum Übertrag.

96,6	Meter	Übertrag.
3,4	„	Brauner Thon.
43,0	„	Gelbliche, glimmerreiche Sande.
1,0	„	Schwächere, wasserreiche Sandschicht.
28,5	„	Gelbliche, glimmerreiche Sande.
172,5		Meter.

Die Lagerung aller dieser in buntem Wechsel aufeinander folgenden Schichten ist im Allgemeinen eine horizontale, und nur lokal stellen sich unerhebliche Abweichungen von dieser Richtung, in Form schwacher Undulationen ein <sup>1)</sup>. Darin stimmen diese älteren Schwemmlandabsätze mit den gegenwärtig auf dem Boden des Adriatischen Meeres zwischen den Pomündungen und der gegenüberliegenden Küste von Istrien vor sich gehenden Sedimentbildungen überein, denn auch diese lagern sich nach *Olivi's* Untersuchungen in ziemlich horizontalen Lagen in der dortigen Flachsee ab <sup>2)</sup>.

Einen durchaus abweichenden, gegenüber dem abwechslungsreichen Schichtenbau des Po-Delta's höchst monotonen Charakter hat der Boden des *Nillandes* aufzuweisen. Bei niedrigem Wasserstande sieht man an Steilufern, die dann 8—10 Meter hoch den Flusspiegel überragen, den verhärteten Nilschlamm in einer Reihe von horizontalen Schichten eines gleichartigen Lehmes, von verschiedener Mächtigkeit, einige zöllig, andere mehrere Fuss mächtig, anstehen. An solchen Stellen aber machen diese Massen durchaus nicht „den Eindruck einer Alluvion, als vielmehr mit ihren regelmässigen Klüften und Abhängen den einer alten geologischen Schichtenbildung“. Nur weiter unten im Delta, wo der Nilschlamm „mittels Dämmen und Kanälen an beliebigen Orten in beliebiger Stärke von den Bauern niedergeschlagen wurde“, da finden sich an der Oberfläche die in der Dicke eines Kartenblattes geschichteten Lagen von Schlamm, mit denen sich die Felder bei den periodischen Überschwemmungen bedecken <sup>3)</sup>.

Von Binnensee-Deltas hat namentlich die Struktur derjenigen des *Dundelbaches* in der Südwestecke des *Lungernsee's* in der Schweiz in Folge der theilweisen Trockenlegung des See's eingehender untersucht werden können. Dasselbe besteht aus Bänken feineren und gröberen Kieses, die mit etwa 35 Grad abfallen; grössere flache Geschiebe folgen mit ihrer breiten Fläche der geneigten Schichtung, so wie auch ein etwa 6 Zoll mächtiges Lager von platt gedrücktem bituminösem Holz und Blättern. Die Mächtigkeit der zum Theil nur wenig Zoll dicken Geschiebelager ist, ungeachtet der starken Schichten-Neigung in der Tiefe nicht grösser als an der oberen Biegung, während Schlamm lager, die an den unteren Theil des Deltakegels sich anlehnen, schnell an

Mächtigkeit zunehmen, sich dann horizontal umbiegen und den Seeboden bilden <sup>1)</sup>.

Diese Verhältnisse entsprechen sehr genau dem idealen Bilde, welches Charles Lyell über die Gruppierung und die Lagerungsweise der Schichten eines Binnensee-Delta's entwirft. In einem Seebecken, so bemerkt er <sup>2)</sup>, welches auf 2 Seiten von ansehnlichen Höhen umschlossen ist, zerfallen die zum Absatz gelangenden Alluvialmassen in zwei Hauptgruppen: in eine ältere, bestehend aus gröberem, den nächsten Bergen entstammendem Material, wechsellagernd mit feinkörnigeren Massen, und in eine neuere, gebildet aus feineren Schlammtheilchen, und weiter von der Flussmündung nach der Mitte des See's hin abgelagert. Die älteren Schichten fallen unter ziemlich steilem Winkel gegen den See hin ein, die jüngeren dagegen liegen fast horizontal oder sind nur ganz flach geneigt.

Im Delta des *Dundelbaches* ist dieser Unterschied in der Gruppierung des Materiales und in der Lagerungsweise der aus demselben gebildeten Schichten auf das deutlichste ausgesprochen. Die jüngsten Schlammabsätze lagern sich mit sanfter Neigung den steiler einfallenden grobklastischen Schichten an, erfüllen in besonderer Mächtigkeit den Winkel zwischen jenen ältern Schuttanhäufungen und dem Seeboden und verflachen auf diese Weise den äusseren Abfall des Anschwemmungskegels.

In ganz entsprechender Weise sind in den See'n des *Salzkammergutes* die älteren, gröberen Geröllmassen in stark geneigten Schichten abgelagert, während der feinere Sand am Fusse der sich dadurch immer mehr verflachenden Schuttkegel ein weniger steiles Einfallen zeigt <sup>3)</sup>.

Die allmähliche Verminderung des Böschungswinkels der Aussenseite offenbart sich auch am Delta der *Aar* bei deren Eintritt in den *Brienzer See*. Dasselbe erstreckt sich etwa 1100 bis 1200 Meter weit unter Wasser in den See hinein und hat nahe dem Ufer, ähnlich wie die älteren Schichten im Delta des *Dundelbaches*, einen Fall von 30 Grad, weiter hinaus, bei etwa 300 Meter Entfernung, beträgt der Böschungswinkel nur noch 20 Grad und am äusseren Ende der Ablagerung liegen die Schichten horizontal auf dem fast ebenen Boden des See's <sup>4)</sup>.

Auch am Delta der *Rhône* im *Genfer See* erfolgen gegenwärtig die Absätze der Sedimente in fast horizontalen Schichten. Ein Durchschnitt durch die in den letzten acht Jahrhunderten neu gebildeten Theile dieses Delta's würde

<sup>1)</sup> A. Tylor: On the Format. of Deltas. Geol. Magaz. 1872, S. 485 ff. Die beigefügte Abbildung stellt einen Theil der Profile der 20 Bohrlöcher dar, wie sie nach Degoussé und Laurent von A. Tylor l. c. Pl. XI, Fig. I, wiedergegeben sind.

<sup>2)</sup> Lyell: Princ. of Geol. 9. ed., p. 257.

<sup>3)</sup> O. Fraas: Aus dem Orient. S. 210 ff.

<sup>1)</sup> Studer: Lehrb. der phys. Geogr. und Geol. I, S. 262; bei Pfaff: Geol. als exacte Wissensch. S. 48.

<sup>2)</sup> Princ. of Geol. 9. ed., p. 286.

<sup>3)</sup> Simony: Die See'n des Salzkammergutes S. 14. — G. Bischof: Lehrb. der chem. &c. Geol. II, S. 1598, Anmerk. I.

<sup>4)</sup> C. Vogt: Lehrbuch der Geolog. II, S. 49. — H. Credner: Elemente der Geolog. III. Aufl., S. 224.



eine Schichtenreihe von etwa 180 bis 275 Meter Mächtigkeit und nahezu 2 Englische Meilen Länge zeigen. Die einzelnen Bänke und Lagen dieser recenten Sedimente würden nur eine sehr schwache Neigung gegen den See hin erkennen lassen <sup>1)</sup>, da der Abfall der Aussenseite des Delta's in dem Verhältnisse von 1:18 erfolgt.

Weit geringer noch — nämlich 1:160 — ist die Neigung der neuabgesetzten Sedimentschichten an dem Delta der Rhône im *Mittelmeere*. Nach den Untersuchungen des Capt. Smyth vertieft sich die See auf eine Entfernung von 6 bis 7 Englischen Meilen von der Mündung des Flusses von 4 auf nur 40 Faden, so dass die dort zur Ablagerung gelangenden Alluvionen ein auf kleinere Strecken kaum bemerkbares Einfallen besitzen müssen <sup>2)</sup>.

So unzulänglich die bisherigen Beobachtungen über den inneren Bau der Deltas sind, so geht doch schon aus diesen hervor, dass die Lagerungsverhältnisse in ein und demselben Delta nicht überall die nämlichen sind. Speziell bei den Binnensee-Deltas scheint die Tendenz vorzuliegen, den ursprünglich steileren Abfall allmählich zu verflachen und nach und nach der horizontalen Ebene zu nähern. Die vorstehend beschriebenen Deltas, zuerst das des Dandelbaches und die in den See'n des Salzkammergutes, demnächst das der Aar und endlich das der Rhône im Genfer See würden danach einzelne Stadien eines solchen Entwicklungsprozesses darstellen.

#### 7. Maass des Wachstums der Deltas.

Wie eben gezeigt worden ist, repräsentirt die gegenwärtige Erscheinungsweise vieler Deltas nur ein augenblickliches Stadium in dem Wachstumsprozess, welchen die Schwemmlandbildungen an den Flussmündungen durchzumachen haben. Nicht alle Deltas aber sind zur Zeit in einem fortschreitenden Anwachsen begriffen, es giebt im Gegentheil eine Anzahl von Deltas, welche nicht nur aufgehört haben ihr Alluvialland weiter in die See hinaus vorzubauen, sondern im Gegentheil mehr und mehr an Ausdehnung verlieren, indem das Meer das ihm zuvor durch die Anschwemmung der Flusssedimente entrissene Gebiet Schritt für Schritt zurückerobert. Eine solche Wiedervernichtung des jüngst gebildeten Landes vollzieht sich u. a. in besonders erfolgreicher Weise an der Küste *Dalmatiens*, wo die Fluthen des Meeres die ehemals fruchtbaren Ebenen des Delta's der *Narenta* in einen ungesunden Sumpf verwandeln und unaufhaltsam weiter im Flussbette aufwärts dringen <sup>3)</sup>.

Aber auch bei denjenigen Deltas, deren Umfang sich noch gegenwärtig durch fortdauernde Anschwemmung von Sinkstoffen vergrössert, ist die Schnelligkeit des Vorrückens

in den einzelnen Fällen eine äusserst verschiedene. Vergleiche der augenblicklichen Lage und Gestaltung des Aussenrandes der Deltas mit derjenigen in früheren Zeiten, wie dieselbe in manchen Fällen aus Karten ersichtlich ist, bieten ein Mittel, um das Maass des Wachstums in einem bestimmten Zeitraume, und daraus das mittlere jährliche Vorrücken zu ermitteln. Die wenig widerstandsfähige Beschaffenheit der Schwemmlandmassen der Deltas aber, ihre dem Anprall der Brandung und der Wogen ausgesetzte Lage, der Umstand ferner, dass je nach der Zahl und Richtung der häufig wechselnden Mündungsarme die Verlängerung des Deltalandes bald hier bald dort erfolgt, dass mithin ein regelmässiges, ununterbrochenes Wachstum nicht Platz greifen kann — das alles hat zur Folge, dass derartige Berechnungen nur *annähernd* den thatsächlichen Vorgang zum Ausdruck bringen.

Zu wiederholten Malen hat man auf dem angeführten Wege versucht, das jährliche mittlere Vorrücken des Delta's des *Mississippi* festzustellen <sup>1)</sup>. Die einzelnen Beobachter aber sind zu so abweichenden Resultaten gelangt, dass schon daraus deutlich erhellt, wie wenig Zutrauen solchen Berechnungen zu schenken ist. Am schärfsten stehen sich die Angaben Elie de Beaumont's und Sir Charles Lyell's gegenüber. Während ersterer die Verlängerung des Mississippi-Delta's auf 350 Meter im Laufe eines Jahres veranschlagte <sup>2)</sup>, gelangte dem gegenüber Lyell bei seinem Besuche des Mündungsgebietes jenes Flusses zu dem Resultat, dass die Veränderungen des Delta's von Jahr zu Jahr zwar gross, aber von so wechselvoller Natur seien, dass man daraus ein Maass des Wachstums für eine längere Zeit nicht entnehmen könne. Er stützt sich dabei namentlich auf die Aussagen der mit den Ortsverhältnissen genau bekannten Lootsen von *Balize*, vornehmlich aber auf die Beobachtungen Amerikanischer Ingenieure, welche ihn überzeugten, dass die Veränderungen an den „Pässen“ im Laufe von 40, ja von 100 Jahren ausserordentlich gering, dass die Hauptzüge durchaus die nämlichen geblieben seien <sup>3)</sup>.

In ähnlicher Weise fand Capt. *Graham* durch Vergleiche der damaligen Lage des nordöstlichen Passes mit derjenigen auf den Karten, welche 100 Jahre früher aufgenommen waren, dass das Land in der Zwischenzeit nicht weiter als eine Viertelmeile, also durchschnittlich 4 Meter in einem Jahre vorgerückt sei, und dass während derselben Zeit in dem Pass à l'Outre die Hauptveränderungen in der Ausfüllung einiger „Bayous“ bestanden haben <sup>4)</sup>. Auch *J. G. Kohl* tritt der Ansicht von einem noch gegenwärtig Statt findenden raschen Wachstum der „Pässe“ entgegen.

<sup>1)</sup> Vergl. auch Fr. Ratzel: Die Verein. Staaten von Nord-Amerika I, S. 188.

<sup>2)</sup> Reclus-Ule: Die Erde &c. I, S. 311.

<sup>3)</sup> Ch. Lyell: Zweite Reise n. d. Verein. Staat. v. Amerika II, 146 ff.

<sup>4)</sup> *ibid.* S. 148.

<sup>1)</sup> Princ. of Geol. 9. ed., p. 252.

<sup>2)</sup> Lyell: Princ. of Geol. 9. ed., p. 259.

<sup>3)</sup> Peterm. Mittheilungen 1871, S. 174.

Er hebt namentlich hervor, „dass manche Pässe (z. B. der Südwestpass) seit der Französischen Zeit (seit 100 Jahren) nicht nur nicht gewachsen zu sein, sondern vielmehr abgenommen zu haben scheinen“<sup>1)</sup>, während andere statt sich weiter zu bilden, der Volksmeinung zufolge sogar gänzlich zerstört sein sollen.

Dahingegen glaubte *Thomassy* ebenfalls aus Vergleichen alter Französischer Karten mit den Aufnahmen der Amerikanischen Marine ein Wachsthum des Delta's von 101 Meter im Jahre annehmen zu müssen, während *Ellet*, der die alljährlich durch das Meer bewirkten Zerstörungen mit in Rechnung brachte, das jährliche Vorrücken auf nur 20 Meter schätzt<sup>2)</sup>. *Capt. Talcot* wiederum ermittelte 1838 ein Wachsthum des Südwestpasses um 104 Meter, des Südpasses um 85 Meter, des Nordost- und Südostpasses um 40 Meter, des Passes à l'Outre um 92 Meter, wonach alle Pässe zusammengenommen im Durchschnitt etwa 80 Meter im Laufe eines Jahres wachsen würden<sup>3)</sup>, ein Resultat, welches später auch von *Humphreys* und *Abbot* als das richtige anerkannt wurde<sup>4)</sup>, und welches seitdem auch in den meisten Lehrbüchern Aufnahme gefunden hat. Mit Recht macht dagegen aber *J. G. Kohl* geltend, dass jene Berechnung *Talcot's* wohl für das Jahr 1838 ganz richtig gewesen sein möge, dass sie aber als constant für Jahrhunderte kaum angesehen werden könne<sup>5)</sup>, da oft in dem einen Jahre zerstört und vernichtet wird, was in dem anderen aufgebaut worden ist.

In höherem Grade verdienen solche Angaben über das Deltawachsthum Vertrauen, welche sich auf Messungen der Entfernung von Ortschaften und Bauwerken von dem früheren und von dem derzeitigen Aussenrand von Deltas stützen. So war die Stadt *Hadria* noch unter den ersten Römischen Kaisern ein Hafenplatz, jetzt liegt sie 35 Kilometer vom Meere entfernt; auch an den Mauern *Ravenna's* brachen sich dereinst die Wellen der *Adria*, gegenwärtig trennt ein 6,5 Kilometer breiter Streifen festen Landes die alte Lagunenstadt vom Meere. Aus derartigen Veränderungen hat *Prony* das Vorrücken der Alluvionen des Po-Delta's in der Zeit von 1200—1600 auf 25 Meter im Jahre berechnet. Ungleich rascher aber, nämlich um 70 Meter jährlich, hat sich das Delta von 1600—1804 verlängert<sup>6)</sup>.

Eben so weiss man, dass sich das alte *Portus Valesiae*

<sup>1)</sup> „Die Mündungen des Mississippi.“ Zeitschr. für allgem. Erdk. Sept. 1862, XIII, Neue Folge, S. 207.

<sup>2)</sup> Reclus-Ule: Die Erde &c. I, S. 311.

<sup>3)</sup> J. G. Kohl: Die Mündungen d. Miss. l. c. S. 206.

<sup>4)</sup> Grebenau: Theorie der Bewegung des Wassers &c. 1867, Anh. A, S. XX.

<sup>5)</sup> l. c. S. 207.

<sup>6)</sup> Lyell: Princ. of Geol. 9. ed., p. 256. Nach Cuvier: Discours Prélim. Vergl. A. Tylor: On the Format. of Deltas in Geol. Magaz. 1872, S. 487. — Reclus-Ule: l. c. 310. — Reclus: Nouv. Géogr. univ. I, 345, ff. u. a. a. O.

der Römer einst hart am Ufer des Genfer See's erhob. Heute liegt dieser Ort, das jetzige *Port Vallais*, über 2,5 Kilometer landeinwärts. Um diese Strecke also ist der See im Laufe von etwa 8 Jahrhunderten durch Zuschüttung verkleinert worden<sup>1)</sup>, das Delta der Rhône ist, mit anderen Worten, durchschnittlich um 3 Meter im Jahre seawärts in den See vorgerückt.

Ungleich schneller als im Genfer See scheint die Rhône ihr Haupt-Delta in das Mittelmeer hinausgebaut zu haben. Aus den Beschreibungen der Rhône-mündungen von *Strabo*, *Polybius*, *Ptolemäus* und *Plinius* geht hervor, dass in jenen Zeiten das Delta der Rhône kaum halb so weit in das Meer hinausreichte als gegenwärtig, und dass weite Gebiete des heute trockenen Alluvialbodens noch unpassirbare Sümpfe und Lagunen bildeten<sup>2)</sup>. Die Gabelungsstelle des Flusses beim jetzigen Arles soll sich gegen 400 vor Chr. Geb. 24 Kilometer von der Mündung des Hauptarmes befunden haben, während sich gegenwärtig dieser Abstand auf 50 Kilometer beläuft, so dass im Laufe von etwa 2200 Jahren ein Vorrücken der Deltaküste um 26 Kilometer, im Mittel um 12 Meter im Jahre Statt gefunden hat<sup>3)</sup>. Doch ist das Wachsthum in dieser ganzen Zeit keineswegs ein gleichmässiges gewesen, es hat vielmehr in den letzten Jahrhunderten einen bedeutend höheren Betrag erreicht. Es lässt sich diess aus der Lage von Signalthürmen erkennen, welche schon im Alterthum von den Massalieten zur Markirung der Einfahrtsstelle in den Gradus Massalitorum, den östlichen Hauptkanal, errichtet wurden<sup>4)</sup>, in späteren Zeiten aber mehrmals an der jeweiligen Mündung erneuert werden mussten, da die bisherigen Mündungsstellen durch das Vorrücken der Alluvionen landeinwärts geschoben worden waren. Der letzte derartige Thurm, nach Ludwig dem Heiligen benannt, wurde 1737 an der Einfahrt der „grand Rhône“ erbaut, ist jetzt aber nahezu 8 Kilometer von der Flussmündung entfernt<sup>5)</sup>. Seit 1737 würde demnach das Vorrücken des Delta's durchschnittlich 58 Meter im Jahre betragen haben.

Dieses Wachsthum erstreckt sich indessen nicht auf den ganzen Aussenrand des Delta's, es beschränkt sich vielmehr auf die Nachbarschaft der östlichen Hauptmündung. Schon wenig westlich von dieser, an der *Pointe de Beauduc* wächst die Deltaküste nicht nur nicht weiter seawärts, sie weicht im Gegentheil unter dem zerstörenden Andrang von Südstürmen mehr und mehr zurück, so dass der Leuchthurm von *Faraman*,

<sup>1)</sup> Lyell: Princ. of Geol. 9. ed., p. 252.

<sup>2)</sup> *ibid.* p. 258.

<sup>3)</sup> Ch. Martins: Topogr. géol. des environs d'Aigues-Mortes. Bull. de la soc. de Géogr. 1875, Febr., p. 114.

<sup>4)</sup> *Strabo*: Geogr. Lib. IV, Cap. I.

<sup>5)</sup> Germain, A: Rapport sur l'état de l'embouchure du Rhône en 1872. Bullet. de la soc. de Géogr. 1873, II, p. 451.

welcher an jener Stelle im Jahre 1836 700 Meter vom Meeresufer erbaut ist, jetzt nur noch 50 Meter von diesem entfernt liegt und der Gefahr ausgesetzt ist, demnächst von dem vordringenden Meere erreicht und zerstört zu werden<sup>1)</sup>.

Derselbe Wechsel zwischen Wachstum und Vernichtung wiederholt sich an dem westlichen Theile des Delta's, welcher namentlich durch die Anschwemmungen der „petit Rhône“ gebildet ist. Eine vierfache Reihe hinter einander liegender einstiger Strandwälle lässt hier deutlich das allmähliche Vorrücken der Küste erkennen<sup>2)</sup>.

Gegenwärtig erfolgt der Ansatz neuen Landes vornehmlich in der deshalb „Terre neuve“ benannten Gegend, also in der Nähe des Leuchthturmes von Espignette. *Lenthéric* und *Martins* haben das Vorrücken dieses Küstenstriches genau untersucht und vermuthen, dass das Südostufer des Golfes von Aigues-Mortes bei weiterem gleichmässigem Wachstum in etwa 2000 Jahren mit dem im Westen gegenüberliegenden Gestade von *Palavas* in Verbindung treten würde und den offenen Golf in einen neuen Lagunensee (étang) umbilden würde<sup>3)</sup>. Dagegen findet namentlich bei *St. Mariès* und am *Grau d'Orgon* in Folge von häufigen Stürmen ein nicht unbeträchtlicher Landverlust Statt<sup>4)</sup>.

Unter Berücksichtigung solcher theilweisen Wieder-Zerstörung des neugebildeten Landes ist der Zuwachs des ganzen Rhône-Delta's seit der Römerzeit auf etwa 200—300 Quadrat-Kilometer zu veranschlagen<sup>5)</sup>.

Zwar geringfügig gegenüber dem Wachstum des Rhône-Delta's, aber doch ansehnlich im Verhältniss zu der Grösse der sie nährenden Flüsse ist der Betrag des Vorrückens einiger Deltas an anderen Küsten des westlichen Mittelmeerbeckens. So verlängert der *Hérault* im Westen des *Golfe du Lion* sein Anschwemmungsland um 2 Meter jährlich<sup>6)</sup>, etwas rascher der *Arno* an der Küste *Toscana's*. *Pisa*, das nach *Strabo*<sup>7)</sup> 20 Stadien, also etwa 3700 Meter von der Mündung des *Arno* entfernt lag, ist jetzt um das dreifache landeinwärts gerückt. Das Kloster *San Rosero*, welches jetzt durch einen 5 Kilometer breiten Landstrich von der See getrennt ist, wurde gegen Ende des 11. Jahrhunderts am Meere selbst erbaut; es hat mithin der *Arno* seine Mündungsstelle durchschnittlich um mehr als 6 Meter im Jahre in die See hinaus vorgeschoben<sup>8)</sup>.

Auch am *Tiber-Delta* lässt sich das allmähliche Wachstum

der Alluvionen verfolgen. Das alte *Ostia* des *Ancus Martius* liegt gegenwärtig 6,5 Kilometer landeinwärts, ein neuer, unter der Republik 2 Kilometer weiter nach der Küste zu angelegter Hafen ward ebenfalls bald untauglich, so dass durch *Trajan* und *Claudius* wiederum zwei Häfen an dem nördlichen, künstlichen Mündungsarm, dem *Fiumicino* eröffnet wurden, doch auch diese liegen jetzt bereits gegen 2 Kilometer von der Küste entfernt. Das mittlere jährliche Wachstum der Alluvionen ist auf 1 Meter am *Fiumicino*, auf nahezu 3 Meter an dem alten Arm von *Ostia* geschätzt worden<sup>1)</sup>.

Dem Vorrücken des Tiber-Delta's am *Fiumicino* entspricht etwa das des *Traun-Delta's* am *Hallstädter See* im Salzkammergut. Dasselbe hat sich seit 70 Jahren um 75 Meter verlängert, obgleich der See schon 375 Meter vor der Mündung des Flusses eine Tiefe von 87,5 Meter hat<sup>2)</sup>.

Verschwindend klein aber erscheint das *Maass* des Wachstums aller bisher genannten Deltas gegenüber demjenigen des *Terek-Delta's* im Kaspischen Meere, dessen Zunahme in beispiellos raschem Fortschritte begriffen ist. Im Laufe von 30 Jahren ist hier das Meer um 2 Deutsche Meilen von den früher an seinen Ufern gelegenen Ansiedelungen zurückgedrängt, und gleichzeitig ein benachbarter Golf fast gänzlich trocken gelegt worden<sup>3)</sup>. Demnach beläuft sich das *Maass* des jährlichen Vorrückens jenes Delta-gebietes auf fast 500 Meter, ein Betrag, wie ihn die Deltas selbst der sedimentreichsten Flüsse, z. B. des *Hwang-ho* und des *Pei-ho* nicht einmal annähernd erreichen. In schroffem Gegensatz zu dem Kaspischen Delta ist das Wachstum desjenigen der *Donau* trotz der auch hier vor den Mündungen befindlichen Flachsee nur ein auffallend langsames. Nach der Lage des alten Russischen Leuchthturmes lässt sich die Verlängerung des Delta's an der *Sulina-Mündung* für die Zeit von 1842—1857, wo durch Eindeichung und Dammbauten noch keinerlei Eingriff in die natürliche Entwicklung Statt fand, auf höchstens 4 Meter jährlich berechnen. Rascher scheint die Deltabildung an dem *Kilia-Arm* fortzuschreiten. Hier hat sich in neuerer Zeit ein selbstständiges, „secundäres Delta“ entwickelt, in welchem sich der *Kilia-Arm* noch kurz vor seiner Mündung in den *Pontus* in 7 Abflusskanäle verzweigt. Wie langsam aber an den Küstenstrecken zwischen den einzelnen Mündungen das Deltawachstum vor sich gegangen ist, das bezeugt die Ausdehnung urwaldähnlicher Bestände von Espen, Pappeln und Eichen, welche den Wald von *Letti* nördlich, und den Kara-

<sup>1)</sup> E. Reclus: *Nouv. Géogr. univ.* II, p. 237 ff.

<sup>2)</sup> s. d. Karte zu Ch. Martins': *Topogr. géolog. &c.* (im *Bullet. de la soc. de Géogr.*, 1875, Februarheft), so wie das Kärtchen in E. Reclus: *Nouv. Géogr. univ.* II, p. 248.

<sup>3)</sup> Ch. Martins. I. c. S. 126 und Reclus I. c. S. 237 ff.

<sup>4)</sup> E. Reclus: *ibid.*

<sup>5)</sup> E. Reclus: *Nouv. Géogr. univ.* *ibid.*

<sup>6)</sup> E. Reclus: I. c. p. 255.

<sup>7)</sup> *Geogr. Lib.* V, Cap. 2.

<sup>8)</sup> E. Reclus: *Nouv. Géogr. univ.* I, p. 407 ff.

<sup>1)</sup> E. Reclus: *Nouv. Géogr. univ.* I, S. 457 mit Karte.

<sup>2)</sup> *Simony*: Die See'n des Salzkammergutes. — G. Bischof: *Lehrb. der chem. u. phys. Geol.* II, S. 1599, Anmerkung.

<sup>3)</sup> O. Peschel: *Neue Probl. II. Aufl.*, S. 125, nach K. E. v. Baer: *Kasp. Studien.* Petersburg 1859.

Orman südwestlich von Sulina bilden. Beide, besonders der letztgenannte, liegen dem Deltarande so nahe, dass man unter Berücksichtigung des hohen Alters der Waldungen nur ein äusserst geringes Vorrücken der Deltaküste an diesen Stellen annehmen kann<sup>1)</sup>. In neuester Zeit hat sich indessen diess Verhältniss in Folge der Regulierungsarbeiten an den Mündungsarmen wesentlich, und zwar zu Gunsten eines rascheren Wachstums des Delta's verändert. Jedoch sind auch hier, ähnlich wie am Rhône-Delta, nur einzelne Strecken der Küste im Vorrücken begriffen, während andere Veränderungen von Bedeutung nicht unterworfen sind, noch andere hingegen sogar einen Landverlust erleiden. Man hat gefunden, dass die Küstenstriche mit Tendenz zur Landbildung 4,7 Mal so lang sind als die mit Landverlust, und 3 Mal so lang als die unveränderlichen Gebiete, dass aber im Allgemeinen das mittlere Vorrücken des ganzen Delta's auf jährlich 12 Meter veranschlagt werden kann<sup>2)</sup>.

Zu widersprechenden Resultaten ist man betreffs der Frage nach dem Wachstum des *Nil-Delta's* gelangt. Nach *E. Lombardini's* Untersuchungen sollen sich die flachen Landzungen an den Mündungen von Rosette und Damiette durch Anschwemmung von Nilschlamm die eine um 14, die andere um 16 Hectaren jährlich vergrössern<sup>3)</sup>. Dem gegenüber bemerkt aber *Oscar Fraas*, gestützt auf eigene Beobachtungen und auf die Berichte von Ingenieuren, dass „von einer jüngeren Bildung, oder wie man vielfach lesen kann, von einer noch heute fortgesetzten Landbildung am Ufer Ägyptens entfernt keine Rede ist“, und dass „von einer neuen Landbildung dort überhaupt längst keine Spur mehr zu sehen ist“<sup>4)</sup>. Die Ansicht von dem noch in neuerer Zeit Statt findenden Wachstum des marinen Deltarandes gründet sich namentlich auf die Lage der Mündungsstadt Damiette<sup>5)</sup>. Noch zur Zeit der Kreuzzüge am Meere selbst gelegen, wird sie jetzt von den Landzungen zu beiden Seiten der Mündung um nahezu 10 Kilometer überragt. Es scheint indessen, dass dieses Landeinwärtsrücken des einstigen Seehafens nicht sowohl eine Folge der Verlängerung des Schwemmlandbodens, wie bei Adria, Spina und Ravenna, als vielmehr einer gänzlichen Verlegung der Stadt durch Menschenhand sei. Arabische Geschichtschreiber berichten nämlich, dass, nachdem Ludwig der Heilige den

Hafen verlassen habe, die Stadt von den Ägyptischen Emirs zerstört und, um einer neuen Invasion vorzubeugen, weiter nach dem Innern, an ihre gegenwärtige Stelle verlegt worden sei<sup>1)</sup>.

Sehr grosse Veränderungen scheint hingegen unter den übrigen Afrikanischen Deltas dasjenige des *Ogowe* durch An- und Abschwemmungen zu erleiden. Sie vollziehen sich hier so rasch, dass *du Chaillu*, als er nach vier Jahren die Gegend des Fernando Vaz zum zweiten Male besuchte, die alten Örtlichkeiten kaum wiedererkannte<sup>2)</sup>.

Unter den Deltas Asiatischer Flüsse ist es das des *Euphrat* und *Tigris*, welches seinen Anschwemmungskegel am raschesten in das Meer hinaus verlängert. In der Zeit von 1793—1853, also im Laufe von 60 Jahren, ist dasselbe nach *Rawlinson's* Untersuchungen um 3,2, innerhalb eines Zeitraumes von 2500 Jahren aber um etwa 64,4 Kilometer in den Persischen Meerbusen vorgerückt<sup>3)</sup>. Weit geringer ist das Wachstum der Alluvionen an der Mündung der Pontischen Flüsse an der Nordseite Klein-Asiens. Die Stadt *Bafra* im *Delta* des *Halys* soll nach einer alten Sage vor Zeiten nahe am Meere gelegen haben; noch vor 200 Jahren nennt *Eolia-Effendi* *Bafra* einen Hafenort<sup>4)</sup>; gegenwärtig liegt der Platz mehr als 3 Deutsche Meilen<sup>5)</sup> landeinwärts von der Mündung des Kysyl-Irmak, so dass man gezwungen war, an der Küste *Kumschugaz* als Exportrhede für *Bafra* anzulegen<sup>6)</sup>.

An der Südküste Klein-Asiens rückt das breite *Delta* des *Seihun* und *Dschihan* beständig weiter in den Golf von *Iskenderun* vor. Im Laufe von 12 Jahren hat sich die Entfernung des einstigen Hafenortes *Tarsus* von der Küste um 18—27 Kilometer vergrössert<sup>7)</sup>. An dem *Delta* des *Ganges* und *Bramaputra* haben sich nach *Fergusson's* Beobachtungen<sup>8)</sup> während der letzten hundert Jahre zwischen *Hoogly* und *Horingotta*, also auf der westlichen Hälfte der Küstenlinie des Delta's, keine oder nur sehr unbedeutende Veränderungen vollzogen. Die Osthälfte dagegen, die — wohl in Folge des bisherigen Absatzes der Sedimente des *Bramaputra* in den *Sylhet Jheels* — im Wachstum zurückgeblieben war, befindet sich gegenwärtig in so raschem Vorrücken, dass 100 bis 200 Jahre genügen werden, um die Einbuchtung der Ostseite der Deltaküste auszufüllen, in Folge dessen

<sup>1)</sup> K. F. Peters: Die Donau und ihr Gebiet. Leipz. 1876, S. 371.

<sup>2)</sup> C. Muszynski: Die Regulirung der Sulina-Mündung und die Veränd. im Donau-Delta. Mit Karten. Mitth. der K. K. geogr. Ges. in Wien, 1876, S. 329 ff. Taf. VI.

Nach *Tibout de Marigny* sollte das Meer *Herodot's* Distanzangaben zufolge im Alterthum noch bis *Tultscha* gereicht haben. Das würde ein jährliches Vorrücken des Deltarandes um mehr als 20 Meter erfordern. (Peters l. c. S. 370.)

<sup>3)</sup> E. Reclus-Ule: Die Erde &c. I, S. 308. v. Kloeden: Handb. der Erdkunde 1873, I, S. 570.

<sup>4)</sup> O. Fraas: Aus dem Orient. 1867, S. 177.

<sup>5)</sup> U. a. s. O. Peschel: Neue Probleme &c. II. Aufl., S. 135.

<sup>1)</sup> Renaud: Extraits des Historiens Arabes relatifs aux guerres des Croisades. Vergl. H. de la Beche: A geol. Manual S. 70.

<sup>2)</sup> O. Peschel: Neue Probl. &c. S. 137, nach *Ashango* Land. p. 9.

<sup>3)</sup> Lyell: Princ. of Geol. 9. ed., p. 284.

<sup>4)</sup> C. Ritter: Erdkunde. Klein-Asien I, S. 437.

<sup>5)</sup> Nach Blatt 60 in *Stieler's* Handatlas.

<sup>6)</sup> O. Blau: Aphorismen alter und neuer Ortskunde Klein-Asiens. Peterm. Mitth. 1865, S. 250.

<sup>7)</sup> Annalen der Hydrographie &c. 1875, S. 184, nach *Wenjukoff* in der Russ. Revue.

<sup>8)</sup> Quart. Journ. of the Geol. Soc. XIX, p. 321 ff. Danach Zeitschr. für allgem. Erdk. Berlin 1864, XVI, S. 357.

dann die Sunderbunds durch eine gerade, ostwestlich verlaufende Küstenlinie abgegrenzt sein werden.

Wie kaum irgend wo anders wird die Feststellung des Wachstum-Betrages während ausserordentlich grosser Zeiträume im nördlichen *China* durch das hohe Alter der dortigen Ansiedelungen und durch weit in das Alterthum hinaufreichende schriftliche Aufzeichnungen ermöglicht. So konnte *R. Pumpelly* aus der Lage der Stadt Phuthai das mittlere jährliche Wachstum der Alluvionen des *Hwang-ho* auf 30 Meter, dasjenige des *Delta's des Pei-ho* aus der jetzigen Entfernung der Stadt Hienshui-kau von der Flussmündung auf 24,7 Meter berechnen <sup>1)</sup>.

In folgender Tabelle sind die Resultate der Berechnungen, welche über den Betrag des mittleren jährlichen Wachstums zu Gebote stehen, übersichtlich zusammengestellt.

Delta des	Zeitraum.	Jährliches mittleres Wachstum.	Autor.
Terek . . . . .	in 30 Jahren	495 Meter	v. Baer.
Mississippi . . . . .	—	350 „	de Beaumont.
Mississippi . . . . .	—	101 „	Thomassy.
Mississippi . . . . .	—	80 „	Talcot.
Po . . . . .	1600—1804	70 „	Prony.
Rhône (Mittelmeer)	seit 1737	58 „	Reclus.
Euphrat und Tigris	1793—1853	54 „	Rawlinson.
Hwang-ho . . . . .	B. C. 220—A. D. 1730	30 „	Pumpelly.
Po . . . . .	1200—1600	25 „	Prony.
Pei-ho . . . . .	seit 500 n. Chr.	24 „	Pumpelly.
Mississippi . . . . .	—	20 „	Ellet.
Donau . . . . .	1857—1871	12 „	Muszynski.
Arno . . . . .	seit 800 Jahren	6 „	Reclus.
Donau-Sulina . . . . .	1842—1857	4 „	Peters.
Nil . . . . .	—	4 „	Vogt.
Rhône (Genfer See)	seit 800 Jahren	3 „	Lyell.
Tiber (Ostia-Arm)	—	3 „	Reclus.
Herauld . . . . .	—	2 „	Jordan.
Seihun . . . . .	in 12 Jahren	2 „	Wenjukoff.
Traun { Hallstädter	in 70 Jahren	1 „	Simony.
See			
Tiber (Fiumicino).	—	1 „	Reclus.

### 8. Folgen des Wachstums der Deltas.

Die Betrachtungen über die Gestalt, Grösse und Oberflächenbeschaffenheit der Deltas haben uns zu der Erkenntniss geführt, dass der Einfluss, welchen die Entstehung und Entwicklung dieser von den Flüssen geschaffenen Neubildungen auf die Contourirung der Festlandsmassen unseres Planeten ausüben, ein sehr bedeutender ist. Der Nachweis eines fortschreitenden Wachstums der Deltas liess schliessen, welchen Wandelungen die Configuration der festen Erdoberfläche auch von dieser Seite fort und fort unterworfen ist. Unsere nächste Aufgabe ist es nun, eine Reihe von Vorgängen zu betrachten, welche mit der Deltabildung in ursächlichem Zusammenhange stehen und zwar weniger augenfällig hervortreten, aber nichts desto weniger für die Erscheinungsweise der Deltaküsten von nicht geringer Bedeutung sind.

<sup>1)</sup> On the Delta-plain and the hist. Changes of the Yellow-River. The Americ. Journal of science and arts 1868, XLV, p. 219 ff. Credner, Die Deltas.

### A. Erhöhung des Bettes im Unterlaufe der Flüsse.

In demselben Grade wie ein Delta in die See hinauswächst, der Fluss also seinen Unterlauf verlängert, verringert sich das Stromgefälle und damit zugleich die Transportfähigkeit des Flusses in der Nähe der Mündung. Die Folge davon ist, dass ein Theil der zuvor bis in das Delta-gebiet mitgeführten Sedimente und zwar die gröberen und schwereren bereits oberhalb der Mündung zu Boden sinken. Die Tiefe des Flussbettés vermindert sich dadurch mehr und mehr und da die durchfliessende Wassermenge dieselbe bleibt, so würden fortdauernde Überfluthungen der umliegenden Niederungen erfolgen müssen, wenn die Flüsse in dieser Lage nicht selbst gleichzeitig ihre Ufer erhöhten und sich so durch natürliche Dammsysteme ein festumgrenztes Bett bildeten.

So oft ein Fluss, dessen Rinnsal sich durch Anhäufung von Sinkstoffen verflacht, über seine Ufer austritt, lassen die überfluthenden Gewässer einen Theil ihrer Sinkstoffe an den Uferstrichen selbst zu Boden sinken. Hier vermindert sich die Geschwindigkeit der Strömung, hier muss mithin zunächst ein Absatz der schwebend mitgeführten Mineraltheilchen erfolgen. Gesträuche und Röhricht, durch welche die Gewässer hindurch fließen, hemmen überdiess noch die Strömung und ein grosser Theil der erdigen Substanzen wird auf diese Weise abfiltrirt, ehe sich die Flusswasser über die seitlichen Ebenen ausbreiten. So erhöht sich allmählich das Ufer, es bilden sich nach aussen flach abfallende Schlammbänke.

In grossartigstem Maassstabe sind diese natürlichen Dämme, von den Amerikanern als „banks“ bezeichnet, am *Mississippi* entwickelt <sup>1)</sup>, dessen Lauf sie von der Ohio-Mündung bis zum Meere, auf einer Strecke von fast 1000 Engl. Meilen, begleiten. Sie sind hart an den Uferändern am höchsten, da diese vom Strome am häufigsten überfluthet und von seinen Sinkstoffen am reichlichsten bedeckt werden. Zwei bis drei Engl. Meilen breit, senken sie sich ganz allmählich mit einer Neigung von durchschnittlich 7 Fuss, zuweilen auch wohl 10 bis 12 Fuss, auf die erste und mit einer noch sanfteren Abdachung auf die zweite und dritte Meile gegen das Hinterland, welches von bis zu 50 Engl. Meilen breiten meist unter dem Spiegel des Hochwassers gelegenen Morästen und Sümpfen — den „swamps“ des *Mississippi*-Thales gebildet wird. Nicht nur den Hauptstrom selbst umsäumen diese breiten natürlichen Ufererhöhungen, sondern auch den Unterlauf aller seiner Bayous und Nebenflüsse. Jedoch sind sie nicht überall in gleicher Höhe und Breite entwickelt, denn häufige Veränderungen

<sup>1)</sup> J. G. Kohl: Neuere Forsch. über d. Miss. in Grebenau: Theorie der Beweg. des Wassers &c. 1867, S. 1 ff.

des Flussbettes, Durchbrüche durch die Uferwälle haben zur Folge, dass stellenweise Lücken in dem Dammsystem entstehen, und dass hie und da noch unfertige, noch nicht genügend erhöhte Strecken vorhanden sind. An einem anderen Flusse Nord-Amerika's, an dem *Colorado des Westens* sind solche Unterbrechungen nicht zu finden, er hat seine „banks“ so regelmässig und gleichartig erhöht, dass er „zwischen ihnen eingekastet“ ruhig dahin fliesst, ohne sie noch überfluthen zu können. Der selbstschaffenden Thätigkeit des Mississippi ist seit der Besiedelung und Urbarmachung der weiten Thalebene der Mensch zu Hülfe gekommen, indem er an Stellen, wo die natürlichen Dämme nicht genügend hoch waren, um das Überfluthen des Stromes zu verhindern, künstliche Deiche (*levées*) auf dem Kamme der Bänke hart am Flussufer aufführte und so die breiten Landstriche der letzteren zwischen dem Fluss und den „swamps“ kulturfähig machte, welche nun als die fruchtbarsten Gelände des ganzen Thales die ertragreichsten Zucker- und Baumwollplantagen des unteren Mississippi tragen.

Wie in dem breiten meridionalen Thalbecken des Nord-Amerikanischen Continentes, so finden sich Erhöhungen des Unterlaufes von Flüssen und damit im Zusammenhange jene natürlichen, oft durch künstliche Eindeichung verstärkten Uferbänke auch in anderen Niederungen, namentlich in den hinsichtlich ihrer Entstehungsgeschichte und Lage zu den Haupterhebungen zweier Festländer einander entsprechenden Alluvialebenen der *Lombardei* und *Bengalens*. Auch in der Nord-Chinesischen Niederung hat der *Hwang-ho* sein Bett erhöht und fliesst von Hwai-king bis zum Meere, von Dämmen umschlossen, in einem die umliegenden Landschaften überragenden Niveau <sup>1)</sup>.

Indessen darf der Betrag der Erhöhung der Rinnsale im Unterlaufe der Flüsse, wie eine solche in Folge des Vorrückens der Deltas eintritt, nicht überschätzt werden. *Humphreys* und *Abbot* haben durch Berechnung gefunden <sup>2)</sup>, dass die Mündungen des Mississippi um 40 Kilometer weiter in das Meer hinauswachsen müssten, wenn sich das Strombett unterhalb des Forts St. Philippe, also 50 Kilometer oberhalb des Südwestpasses, in ein nur 30 Centimeter höheres Niveau erheben sollte.

Besonders beträchtlich glaubte man lange Zeit die Erhöhung des Flussbettes am *Po* vor sich gehen zu sehen, bis der Italienische Ingenieur *Elia Lombardini* den Nachweis führte <sup>3)</sup>, dass der mittlere Wasserstand für den ganzen

Lauf des *Po*, wenige Stellen ausgenommen, niedriger ist als der Boden der Uferlandschaften, und dass es ein Irrthum war, wenn *Cuvier*, gestützt auf die Angaben *de Prony's*, die Ansicht zur Geltung brachte, dass der Wasserstand des Flusses die Dächer der Häuser von Ferrara überrage <sup>1)</sup>.

Verdanken die natürlichen Uferbänke am Unterlaufe der Flüsse ihre Entstehung der Verlängerung des Strombettes durch das Vorrücken des Deltarandes, so wirken umgekehrt diese Dämme, sobald sie eine hinlängliche Höhe erreichen, wie künstliche Deiche wiederum günstig auf das Wachstum des Alluviallandes an der Flussmündung ein. Die Gewässer, durch jene Dämme in dem Flussbett zusammengehalten, werden vor Vergeudung ihrer transportirenden Kraft bewahrt, wie sie bei Überschwemmung der Niederungen Statt finden würde, werden vielmehr in geschlossener Masse der Mündung zugeführt. Durch eine solche Concentrirung des Wasservolumens aber wird bis zu einem gewissen Grade die durch das Vorrücken des Delta's verminderte Stromgeschwindigkeit und Transportfähigkeit ersetzt. Diess bestätigen die Erfahrungen, welche man an den Mündungen aller der Flüsse gemacht hat, deren Unterlauf durch künstliche Deiche eingezwängt worden ist. Die *Rhône*, deren Bett 1852 regulirt wurde, rückt seitdem ihr Delta in merklich rascherem Schritte in das Mittelmeer vor <sup>2)</sup>, eben so die *Donau*, deren Delta sich, wie oben gezeigt <sup>3)</sup>, seit der in neuester Zeit ausgeführten Deichanlage in ungleich schnellerem Fortschritte verlängert.

Dort wo die Flüsse in ihrem Unterlauf ihr Rinnsal über das Niveau der umliegenden Niederungen erhöht haben, da bedarf es oft nur eines geringfügigen äusseren Anlasses, um eine vollständige *Verlegung des Flussbettes* herbeizuführen. Ein Dambruch öffnet den Gewässern den Weg in die seitlichen tiefer gelegenen Ebenen, durch welche sie sich ein neues Bett zum Meere hin aufbauen.

Nirgends haben sich derartige Verlegungen in grossartigerem Maasse und häufiger geltend gemacht, als am Unterlauf des *Hwang-ho*, an keinem Punkt der Erde steht aber auch ein Fluss seit so langer Zeit unter der beobachtenden Controle eines Culturvolkes, wie es beim Gelben Fluss seit mehr als 2000 Jahren vor Beginn unserer Zeitrechnung der Fall ist.

Die älteste uns durch historische Überlieferung, aus dem Yü-kung, bekannte Mündung des *Hwang-ho* <sup>4)</sup>, lag weit im Norden China's am Westgestade des Golfes von Pe-tschili,

<sup>1)</sup> Nach Biot bei R. Pumpelly in *The Americ. Journ. of science and arts* 1868, XLV, p. 219 ff.  
F. W. Kingsmill: *Notes on the Geol. of China. Quart. Journ. of the Geol. soc.* 1869, p. 119.

<sup>2)</sup> Vergl. Reclus-Ule: *Die Erde &c.* I, S. 313.

<sup>3)</sup> Dei *Cangiamenti cui Soggiacque l'idraulica Condizione del Po nel Territorio di Ferrara.* Mailand 1852.

<sup>1)</sup> *Discours Prélimin.* p. 146. Vergl. Reclus-Ule: *Die Erde &c.* I, S. 313. Lyell: *Princip.* 9. ed., p. 255. Herm. Credner: *Elemente der Geolog.* III. Aufl., S. 223.

<sup>2)</sup> A. Germain: *Rapport sur l'état de l'embouchure du Rhône en 1872.* *Bullet. de la soc. de Géogr.* 1873, II, p. 449 ff.

<sup>3)</sup> s. Seite 24.

<sup>4)</sup> F. v. Richthofen: *China Bd. I, Kap. 8, S. 323 u. Tafel 4.*

90 Meilen nördlich von derjenigen entfernt, durch welche der Fluss in der Zeit vom 13. Jahrhundert bis zum Jahre 1856 seine Gewässer dem Meere zuführte. Bis zum 13. Jahrhundert aber erfolgte eine ganze Reihe von Veränderungen des Unterlaufes, der sich unstät zwischen den genannten äussersten Mündungsstellen hin und her bewegte. 1856 verliess der Fluss plötzlich seinen bis dahin verfolgten südlichsten Mündungskanal und stürzte sich verheerend in nordöstlicher Richtung von Neuem dem Golf von Pe-tschili zu, um endlich in unserem Jahrzehnt, scheinbar ohne jede äussere Veranlassung, in sein südliches Bett zurückzukehren<sup>1)</sup>.

Ein ähnliches pendelartiges Hin- und Herschweifen des Unterlaufes hat ausser dem Hwang-ho — „Chinas sorrow“ — noch 2 andere Flüsse Asiens betroffen, den *Seihun* und *Dschihan*, welche ihr breites umfangreiches Delta in den Golf von Iskenderun hinausgebaut haben. Zu Xenophon's Zeiten in weit von einander entfernten Betten fliessend, haben sie sich seitdem — also im Laufe von 2300 Jahren — dreimal einander genähert, um vereint ins Meer zu fliessen und dreimal haben sie sich wieder in selbstständige Mündungen getrennt<sup>2)</sup>.

## B. Veränderungen der Mündungsarme innerhalb des Deltagebietes.

Ungleich häufiger sind die Veränderungen, welche nicht den ganzen Unterlauf des Flusses, sondern nur einzelne *Mündungsarme im Bereiche der Deltas selbst* betreffen. Es ist ein steter Wechsel, welchem die Wasseradern eines Delta's unterworfen sind. Die Zahl der Mündungen, ihre Tiefe, Lage und Richtung schwankt unablässig. Oft lässt ein Hochwasser in dem weichen Alluvialboden neue Rinnsale entstehen, während andere bei niedrigem Wasserstande wieder versanden oder an der Stelle ihrer Abzweigung verstopft werden und von sumpfigem Wasser erfüllt, als „todte Arme“ noch einige Zeit fortbestehen. Die Veranlassungen zu diesen Umgestaltungen des Flusssystemes innerhalb der Deltas sind äusserst mannigfaltig; besonderen Einfluss wird aber auch hier das Vorrücken des Deltarandes und die dadurch bedingte Verringerung des Stromgefälles ausüben, indem die Verlangsamung des Laufes die Verstopfung und Versandung von Seitenarmen durch die zu Boden sinkenden Sedimente befördert.

Die Oberflächengestaltung der Deltas selbst liefert oft den sprechendsten Beweis dafür, dass sich derartige Veränderungen in dem Mündungssystem vollzogen haben. Zahl-

<sup>1)</sup> F. v. Richthofen in d. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1874, S. 958. — R. Pumpelly: On the Delta-plain and the hist. Changes in the course of the Yellow-River. The Americ. Journ. 1868, p. 219 ff. — R. Pumpelly: Geolog. Recherches in China. Smiths. Contrib. 1866.

<sup>2)</sup> Reclus-Ule: Die Erde &c. I, S. 315.

reiche Uferbänke durchziehen die Niederungen an Stellen, wo jetzt kein Abflusskanal mehr existirt, ausgetrocknete Betten deuten die Lage und Richtung einstiger Flussarme an. So fand *K. E. v. Baer* in den Deltas an den Küsten des Kaspischen Meeres, namentlich in denen des *Terek* und der *Wolga* eine Reihe solcher wasserloser, nicht mehr benutzter Flussläufe<sup>1)</sup>, im *Ural-Delta* beweisen zahlreiche sich vielfach verzweigende Rinnen, dass das Delta einst von einem ungleich complicirterem Netzwerk von Wasseradern durchzogen war, als gegenwärtig<sup>2)</sup>. Von 19 Armen, aus denen sich der Ural früher in das Kaspische Meer ergoss, sind gegenwärtig nur noch 5 in Gebrauch erhalten<sup>3)</sup>. Aus dem *Memel-Delta* führt *G. Berendt*<sup>4)</sup> eine ganze Reihe von Nebenarmen an, welche jetzt zum Theil völlig verwachsen und verlandet, zum Theil durch todte Arme angedeutet sind. Ähnlich sind die Verhältnisse im *Delta des Mississippi*, wo zahlreiche frühere Bayous an der Stelle ihrer einstigen Abzweigung vom Hauptstrom durch Schlamm und Treibholzmassen verstopft sind und nur zeitweise bei Hochwasser von Neuem als Abflüsse benutzt werden, wie solches namentlich bei dem aus einem einst selbstständigen Fluss in einen Seitenarm des Mississippi umgewandelten *Atchafalaya* der Fall ist. Nach *Darby's* Untersuchungen besteht das Material der steilen Bänke dieses Bayou's aus abwechselnden Lagen von blauem Thon, wie ihn der Mississippi, und rother ockeriger Erde, wie sie der Red River absetzt, ein Beweis, dass beide Flüsse abwechselnd das Bett des *Atchafalaya* als Abfluss in den Mexikanischen Golf benutzt haben<sup>5)</sup>.

Abgesehen von solchen von den Flüssen selbst hinterlassenen Spuren bieten Vergleiche der gegenwärtigen Verhältnisse mit *historisch überlieferten Beschreibungen*, wie sie über einige Deltas vorhanden sind, genügende Anhaltspunkte, um die Veränderlichkeit der Mündungssysteme von Deltaflüssen zu constatiren. So benutzt der *Nil* von den sieben Mündungen, welche *Strabo* anführt<sup>6)</sup>, heute nur noch zwei, die von *Rosette* und *Damiette*. Von dem *Kur* erwähnt derselbe Geograph 12 Mündungen<sup>7)</sup>, jetzt, nachdem der Fluss auch den ehemals selbstständig in das Kaspische Meer einmündenden Armenischen *Araxes* aufgenommen hat<sup>8)</sup>, er-

<sup>1)</sup> Über Flüsse und deren Wirkungen: Studien aus dem Gebiete der Naturw. II, 1873, S. 146.

<sup>2)</sup> Borszcow: Über die Natur des Aralo-Kaspischen Flachlandes. Würzburger Naturw. Zeitsch. 1860, I, S. 119.

<sup>3)</sup> Schmick: Die Aralo-Kaspi-Niederung. 1874, S. 52; nach „Globus“ 1871, S. 192.

<sup>4)</sup> G. Berendt: Geolog. des Kurischen Hafes. S. 64.

<sup>5)</sup> De la Beche: A Geol. Manual. 1833, p. 71; nach *Darby's*: Louisiana p. 103.

<sup>6)</sup> Lib. XVII. Cap. I.

<sup>7)</sup> Lib. XI. Cap. IV.

<sup>8)</sup> K. E. v. Baer: Der alte Lauf des armenischen Araxes. — Bull. de la classe des sc. hist. phil. et polit. de l'Acad. imp. des sciences de St.-Petersb. XIV, p. 308.

giesst er sich aus nur einer, grossen Mündung, während zahlreiche kleinere Abflüsse gewöhnlich wasserlos sind und nur bei besonders hohem Wasserstande zeitweise wieder gefüllt werden <sup>1)</sup>).

Die Mündungen der *Rhône* scheinen schon im Alterthum mehrfache Veränderungen erlitten zu haben, wenigstens finden sich bei allen über dieselben berichtenden Schriftstellern verschiedene Angaben über deren Zahl: Timaeus schrieb dem Rhodanus 5 Mündungen zu, Polybius beschränkte sie auf 2, Artemidorus erwähnt deren 3 <sup>2)</sup>. Aus 3 Armen ergoss sich der Strom zur Zeit des älteren Plinius; der wasserreichste war, wie gegenwärtig, im Osten gelegen; der westlichste Arm, das Ostium Hispaniense ist in den Spuren seiner Uferbänke noch gegenwärtig bis an den Étang de Mauguio zu verfolgen <sup>3)</sup>. Sogar Karten aus dem Mittelalter, namentlich aber eine solche aus dem Jahre 1591 von Jean Bompar, lassen wesentliche Abweichungen von der gegenwärtigen Gestaltung, Lage und Zahl der Mündungen erkennen <sup>4)</sup>. Die genannte Karte stellt die *Rhône* mit sechs Mündungen dar, von denen 2 dem östlichen Hauptarm angehören, während die westliche „kleine *Rhône*“ sich in 4 Arme theilt <sup>5)</sup>, deren Verlauf noch jetzt aus sumpfigen Bodenvertiefungen zu erkennen ist <sup>6)</sup>. Im Jahre 1711 erfolgte die letzte der bedeutenderen Stromveränderungen: der östliche Hauptarm öffnete sich einen geraden Weg durch das früher von ihm selbst aufgebaute Alluvial-Land und schlug die Richtung ein, welche er im Wesentlichen bis heute beibehalten hat <sup>7)</sup>.

Von den Flüssen China's hat ausser dem Hwang-ho auch der *Yang-tze-kiang* mehrfach seine Mündungen verlegt. Ehe derselbe seinen jetzigen breiten Abflusskanal entstehen liess, waren 3 Arme vorhanden, von denen der südliche in die Bai von Hang-tschou mündete und die Hauptmasse des Wassers des Blauen Stromes aufnahm <sup>8)</sup>. (Taf. I, Fig. 10.)

Bei Flüssen, welche sich in ihrem Anschwemmungsgebiete in mehrere Arme theilen, kann durch die abtragende Wirkung der Strömung eine Verrückung der Gabelungsstelle

herbeigeführt werden. Nagend und abspülend zerstört der Fluss die Alluvionen an der Spitze des von den Flussarmen umfassten Deltastückes und verursacht so eine flussabwärts-Verschiebung der Stromspaltung.

Die Gabelungsstelle des *Nil*, von den Eingeborenen „Bamel bahr, Bauch des Flusses“, genannt — befand sich zu Herodot's Zeiten bei Memphis. Gegenwärtig ist sie bis unterhalb Cairo, also um etwa 30 Kilometer, stromabwärts gerückt und nur durch künstliche Sicherungsbauten ist einer weiteren Verschiebung derselben vorgebeugt <sup>1)</sup>. Es ist naturgemäss, dass nur bei solchen Flüssen, deren Verästelung, wie beim Nil, unter einem spitzen Winkel erfolgt, eine derartige stromabwärts gerichtete Verrückung der Gabelungsstelle Platz greift, im *Rhône-Delta* hingegen, wo die Abzweigung des westlichen Armes unter einem rechten Winkel vor sich geht, hat die Stromspaltung seit der Römerzeit unverändert die nemliche Lage beibehalten.

### C. Verschmelzung mehrerer Deltas.

#### Tributärwerden einst selbstständiger Flüsse.

In seiner Abhandlung über „Die Donau und ihr Gebiet“ entwirft *K. F. Peters* ein Bild von dem Zustande, welcher in Folge der Landvergrösserung an den Mündungen seiner Zuflüsse im nordwestlichen Theile des *Schwarzen Meeres* in der Zukunft Platz greifen wird. „Das Schwarze Meer“, so bemerkt er, „wird durch die Flusssinkstoffe beständig weiter ausgefüllt, und absehbar ist die Zeit, in der sich Dnjepr, Dnjestr und Donau zu einem Delta werden vereinigt haben. Ja selbst die Zukunft ist nicht undenkbar, in der die Ausfüllung des ganzen Pontusbeckens eine vollständige sein wird und die Flüsse sich durch weitläufige Terrassenlandschaften neuer Bildung in eine schmale nach dem Bosphorus hin ausmündende Mulde ergiessen werden“ <sup>2)</sup>.

Die Verwandlung von selbstständigen Pontischen Strömen in Tributärflüsse der *Donau*, wie sie dem Dnjepr und Dnjestr bei dem langsamen Wachstum des Donau-Delta's erst in ferner Zukunft bevorsteht, hat sich schon bei einer Anzahl kleinerer Zuflüsse vollzogen; die Bessarabischen Steppenflüsse vom Jalpuch ostwärts mündeten einst selbstständig durch ihre Limans in das Schwarze Meer, jetzt sind sie durch Ausfüllung der Einbuchtung des letzteren zwischen Bessarabien und der Dobrudscha zu Nebenflüssen der Donau herabgesunken.

Wo mehrere deltabildende Flüsse an verschiedenen Stellen eines Meerbusens ausmünden, oder wo sich die Deltas mehrerer nahe bei einander an einer offenen Meeresküste mündenden

<sup>1)</sup> K. E. v. Baer: Über Flüsse u. deren Wirk. I. c. S. 146.

<sup>2)</sup> Strabo: Geogr. Lib. IV, Cap. I.

<sup>3)</sup> E. Reclus: Nouv. Géogr. univ. II, p. 237 ff.

<sup>4)</sup> Desjardins: Aperçu hist. des emboucheures du Rhône. 1866, p. XIII, f. 1—3.

<sup>5)</sup> Ch. Martins: Topogr. géol. des envir. d'Aigues-Mortes. Bullet. de la soc. de Géogr. 1875, p. 116. Karte im Febr.-Heft.

<sup>6)</sup> E. Reclus: I. c. II, p. 237 ff.

<sup>7)</sup> A. Germain: Rapport sur l'état de l'emb. du Rhône en 1872. Bullet. de la soc. de Géogr. 1873, II, p. 449 ff. — Über ähnliche Verlegungen der Mündungsarme des Po s. Lyell: Princ. of Geol. XII, ed. I, p. 419, sowie A. v. Hoff: Nat. Veränd. der Erdoberfl. I, S. 273.

<sup>8)</sup> F. v. Richthofen: Zeitschr. d. deutschen geol. Ges. 1874, S. 958.

J. Edkins: On the ancient mouths of the Yangtsekiang. Journ. of the North-China Branch of the R. Asiat. Soc. II, 1860. Vergl. Peterm. Mitth. 1861, S. 165.

<sup>1)</sup> v. Hoff: Gesch. der nat. Veränd. der Erdoberfl. I, S. 247.

Reclus-Ule: Die Erde &c. I, S. 312. v. Kloeden: Handb. der phys. Geogr. I, S. 569.

<sup>2)</sup> Internat. wissensch. Bibliothek XIX, S. 346.



Flüsse in die Breite mehr als in die Länge ausdehnen, da kann durch das Vorrücken der einzelnen Anschwemmungsebenen ein Verwachsen, eine Verschmelzung derselben herbeigeführt werden, und es vereinen sich dann die bis dahin selbstständig mündenden Flüsse zu einem Stromsystem, sei es durch völliges Aufgehen der kleineren Wasserläufe in einem grösseren Nachbarstrom, sei es durch Verknüpfung der Hauptflussbetten durch ein Netzwerk von Seitenarmen.

An dem kleinen *Memel-Delta* hat sich dieser Vorgang in anschaulicher Weise bethätigt. In den einst tief eingeschnittenen Meerbusen Ostpreussens, welcher jetzt von dem Kurischen Haff und von der Niederung des Delta's eingenommen wird, mündeten an der Küste von Nadrauen und des Memeler Plateau's zu beiden Seiten der im Hintergrunde der Bucht einströmenden Memel zahlreiche unbedeutende Flösschen. Durch das Vorwachsen der von denselben gebildeten Deltas aber sind sie zum Theil, wie die Leithe, die Seustis, die Minge, Nebenflüsse der verlängerten Memel geworden, zum Theil, wie die Laukne, die Timber durch Seitenarme mit dieser in Verbindung getreten, alle aber durchfliessen, in ein weitverzweigtes Wassernetz vereint, die gemeinsame Deltaebene, die aus der Verschmelzung der Einzel-Deltas hervorgegangen ist<sup>1)</sup>.

In ganz entsprechender Weise wie in einer Meeresbucht kann sich dieser Vorgang auch im oberen Ende schmaler Binnensee'n vollziehen. In dem von dem *Rhein-Delta* ausgefüllten, oberen Theile des *Bodensee's* sind die einst selbstständig mündenden Zuflüsse desselben, die Ill, die Aach, der Truzbach in Nebenflüsse des Rheines umgewandelt, die Dornbirner und die Bregenzer Ache aber haben ihre Anschwemmungsebenen mit dem Delta des Rheines verschmolzen und arbeiten mit letzterem gemeinsam, aber von getrennten Mündungen aus an der weiteren Zuschüttung des Seebeckens<sup>2)</sup>.

An der nördlichen Küste der *Adria* bilden die Alluvionen aller Flüsse *vom Isonzo bis zum Po hin* ein ununterbrochenes gemeinsames Deltagebiet, und näher als im Pontus liegt hier die Zeit, wo die Flachsee des nördlichen Adriatischen Meeres von den Sedimenten ausgefüllt ist, und alle jene Flüsse mit dem Po vereint sein werden. Auf 1000 Jahre hat man aus dem Maasse des gegenwärtigen Vorrückens des *Po-Delta's* den Zeitraum geschätzt, nach welchem dasselbe in Gestalt einer breiten Landzunge die Küste der Lombardei mit der von Istrien verbunden haben wird<sup>3)</sup>. Und wie der Eridanus der Alten, „der König der Flüsse“,

<sup>1)</sup> s. G. Berendt: Geol. des Kur. Haffs. Taf. II. Ähnliche Vorgänge haben sich an der Mündung des Sperchius in Ost-Griechenland vollzogen. (E. Reclus Nouv. Géogr. univ. I, p. 75, mit Kärtchen.)

<sup>2)</sup> Vergl. Carte géol. de la Suisse de Studer et Escher v. d. Linth. 2. ed. par Is. Bachmann.

<sup>3)</sup> E. Reclus: Nouv. Géogr. univ. I, p. 345 ff.

in der Vorzeit bereits viele der Ströme, die sich mit ihm an der Zuschüttung des einstigen Ober-Italienischen Meeresgolfes zwischen Apennin und Alpen theilnahmen, in sich aufgenommen hat, so wird er sich auch in der Zukunft, nach Ausfüllung der durch sein fortgesetztes Wachstum abgeschnürten Lagune die jetzt noch selbstständigen Nord-Adriatischen Ströme tributär machen.

Im Nordende des *Bengalischen Meerbusens* bauten von Nordwest und Nordost einmündend der *Ganges* und der *Bramaputra* ihre Schwemmlandmassen auf, füllten die enge Bucht mehr und mehr aus, bis sie sich zur Bildung eines gemeinsamen Delta's vereinten, in welchem sich die Seitenarme beider Ströme in einem verwickelten Netz von Wasseradern verschlingen.

Auch in den durch Flussanschwemmungen entstandenen Ebenen von *Pegu* kommunizieren die drei dort mündenden Flüsse: der *Iravaddy*, der *Sittang* und *Sabuen* vielfach mit einander<sup>1)</sup>, so dass eine ununterbrochene Wasserverbindung von Maulmein bis nach Bassein durch das von ihnen gemeinsam abgelagerte Alluvialland vorhanden ist. Im Nordosten *China's* sind die fast 10 Breitengrade durchziehenden Alluvialebenen der Provinzen Pe-tschili, Schan-tung, Kiang-su und Tschekiang durch die Verschmelzung der Anschwemmungsgebiete aller der einst an offener Meeresküste mündenden Flüsse zwischen *Lan-ho* und *Yang-tze-kiang*, namentlich aber des letzteren und des *Hwang-ho* entstanden (Taf. I, Fig. 6).

Getrennt flossen dereinst auch der *Euphrat* und *Tigris* in den *Persischen Meerbusen*. Jetzt vereinen sie sich im Schat-el-Arab, aber ihre Verschmelzung scheint, dem raschen Wachstum ihres gemeinsamen Delta's nach zu urtheilen, erst verhältnissmässig neueren Datums zu sein, eben so die Vereinigung des *Mississippi* mit den ursprünglich durch die Bayous Atchafalaya und Teche ausmündenden *Washita* und *Red River*<sup>2)</sup>. Wie hier, so haben drei Flüsse auch das die *Niederlande* bildende Deltagebiet aufgebaut: der *Rhein*, die *Schelde* und die *Maas*. Einst selbstständig in ein durch einen Uferwall geschütztes Haff mündend, sind ihre Anschwemmungen zu einem gemeinsamen Delta verwachsen und ihre Flussabzweigungen zu einem weitläufigen Wassernetz verbunden.

#### D. Seeausfüllung, Seebildung und Seetheilung durch das Deltawachstum.

Die Ströme verfolgen auf ihrem Laufe die Tendenz, sich bis zu ihrer Mündung *ein gleichmässiges Gefälle* zu schaffen.

<sup>1)</sup> A. Bastian: Über die Flüsse Birma's in Peterm. Mitth. 1863, S. 268.

<sup>2)</sup> Lyell: Princ. of Geol. 9. ed., p. 284. — E. Reclus-Ule: Die Erde &c. I, S. 315.

Nagend und einschneidend arbeiten sie in Ausübung dieser Nivellirungsthätigkeit an der Beseitigung von Hindernissen, welche ihrem Wege entgegenstehen, ausfüllend und zuschüttend suchen sie lokale Vertiefungen ihres Bettes auszugleichen. Wenn deshalb Flüsse ein Seebecken zu durchströmen haben, durch dessen Tiefe und Ausdehnung sie in ihrem Lauf gehemmt werden, so richtet sich ihre Thätigkeit zunächst darauf, diesen See durch die mitgeführten Sinkstoffe auszufüllen und durch gleichzeitige Vertiefung des Abflussbettes allmählich abzuzapfen. Die Zuschüttung eines Seebeckens geschieht dann gleichzeitig von zwei Seiten her: durch Verminderung der Tiefe, also durch Anhäufung von Sedimenten auf dem Seeboden und durch Verringerung des Umfanges, also namentlich durch Verschieben von Deltaanschwemmungen von den Mündungsstellen der Zuflüsse aus.

Dieser Prozess lässt sich in allen seinen Stadien verfolgen. Für jedes derselben liegen Beispiele vor. So giebt es „keinen der grossen *Schweizersee'n*, welcher nicht nach und nach seinen Umfang hätte schwinden sehen“<sup>1)</sup>. Auf dem Nordrand der Alpen, wie auf der Italienischen Seite reichten dieselben mit ihren oberen Enden einst weiter in das Gebirge hinein: der *Genfer See* bis in die Gegend von St.-Maurice, der *Vierwaldstätter See* bis gegen Ertsfelden, der *Brienzer See* bis Meyringen, der *Bodensee* bis in die Nähe von Sarganz. In diesen See'n haben jedoch die Flüsse erst einen kleinen Theil der ihnen obliegenden Arbeit, die in der Zuschüttung der ganzen Becken besteht, erledigt. Repräsentiren sie die ersten Stadien des Ausfüllungsprozesses, so hat sich letzterer bei anderen bereits vollkommen vollzogen, so dass an deren Stelle weite Alluvialebenen und Moore getreten sind. So hatte früher, um aus der grossen Fülle<sup>2)</sup> nur ein Beispiel herauszugreifen, das Thal der *Dranse* eine Reihe von terrassenförmig über einander liegenden Seebecken aufzuweisen. Sie alle nach einander hat der an Sinkstoffen reiche Fluss ausgefüllt; ausgedehnte, fast horizontale Thalboden deuten jetzt die Lage und den Umfang der einstigen See'n an<sup>3)</sup>.

Während unter gewissen Bedingungen die *Zahl der Binnensee'n* unter Mitwirkung der Deltabildungen *vermindert* wird, können letztere auch die gegentheilige Folge haben und zur *Vermehrung* der Zahl der bis dahin existirenden See'n Veranlassung geben. Es kann diess auf doppeltem Wege geschehen: einmal durch *Abschnürung von Meerestheilen* in Folge von Anschwemmungen seitens der Flüsse und zweitens durch *Theilung von schon vorhandenen Binnensee'n* durch Verlängerung der Deltas bis zum gegenüberliegenden Seegestade.

<sup>1)</sup> E. Desor: Der Gebirgsbau der Alpen. 1865, S. 145.

<sup>2)</sup> Rüttimeyer: Über Thal- und Seebildungen.

<sup>3)</sup> Lyell: Princ. of Geol. 9. ed., p. 253.

Oscar Peschel hat in seiner geistvollen Abhandlung über die „Entwicklungsgeschichte der stehenden Wasser auf der Erde“ am Mündungsgebiet der *Donau* gezeigt, wie durch das Vorrücken von Deltas Meeresbuchten von ihrer Verbindung mit der offenen See abgeschnitten und in Binnensee'n umgewandelt werden können<sup>1)</sup>. Limanartige Einschnitte an der nördlichen Küste des Golfes, welcher sich dereinst vom Schwarzen Meere aus zwischen Bessarabien und der Dobrudscha landeinwärts zog, sind in Folge der allmählichen Ausfüllung jener westlichen Pontus-Bucht durch die Sinkstoffe der Donau abgesperrt und in Binnensee'n umgestaltet worden. Eine ganz ähnliche Metamorphose lässt sich an der *Wolga-Mündung* verfolgen. Hier sind es die langgestreckten, parallel nebeneinander gereihten und durch sandige Bugors von einander getrennten Ilmens, welche einer nach dem anderen durch das Vorrücken der Wolga-Alluvionen von dem Kaspischen Meere abgeschnitten und im Laufe der Zeit in ergiebige Salzsee'n umgewandelt werden<sup>2)</sup>. Auf ähnlichem Wege ist auch die Abschnürung von Meerestheilen an der *Süd-Französischen Küste* vor sich gegangen, so namentlich in dem Mündungsgebiet der *Aude*, wo die Étangs von Vendres, von Bayes und von Capestang entstanden, mit deren allmählicher Abtrennung vom Meere sich gleichzeitig, namentlich bei dem letztgenannten, ein Aussüßungsprozess vollzogen hat. Alte Karten zeigen, dass an seinen Ufern noch zur Zeit Ludwig's des Heiligen Salinen betrieben wurden. Jetzt ist der See durch eine Niederung von 14 Kilometer Breite vom Meeré getrennt und von Süßwasser erfüllt<sup>3)</sup>.

Sind in allen diesen Fällen nur *seitliche Nebenbuchten* eines allmählich durch die Deltaalluvionen ausgefüllten Golfes in Binnensee'n umgestaltet worden, so kann die Bildung von Binnensee'n auch durch vollständige Abschnürung eines *ganzen Meerese golfes* in Folge des Wachstums eines quer in denselben sich vorschiebenden Delta's von Statten gehen.

So mündete der *Mäander* an der Nordseite des einstigen Latmischen Meerbusens und baute von hier aus sein Delta quer durch denselben hindurch bis zum jenseitigen Gestade, so dass dadurch der landeinwärts liegende, innere Theil des Meeresarmes vom Ägäischen Meere abgetrennt und in den Binnensee Akiz umgewandelt wurde, welcher gegenwärtig durch ein etwa 170 Quadrat-Kilometer umfassendes Alluvialland von dem Meere geschieden ist<sup>4)</sup>. In ganz analoger Weise hat sich an der Etrurischen Westküste Italiens die

<sup>1)</sup> Neue Probleme &c. II. Aufl., S. 166.

<sup>2)</sup> s. Nasaroff's Karte des Wolga-Delta's in Peterm. Mitth. 1858, Taf. 5, und Bergsträsser: Die Salzsee'n des Gouvernements Astrachan. Ebendas. S. 101 ff. Danach Fr. Czerny: Die Wirk. der Winde &c. Peterm. Mitth. Ergh. 48, 1876, S. 23.

<sup>3)</sup> Reclus: Nouv. Géogr. univ. II, p. 251.

<sup>4)</sup> Reclus-Ule: Die Erde &c. I, S. 490.

Umformung einer Meeresbucht in einen Strandsee durch die Anschwemmungen der *Magra* vollzogen<sup>1)</sup>. Was an diesen Punkten vollendet vorliegt, das sieht man an anderen Orten im Entstehen begriffen. Nur wenig nördlich vom Latmischen Golfe an der Küste Klein-Asiens droht einem anderen Meerbusen die Gefahr, in einen Binnensee umgewandelt zu werden, und zwar durch die rasch anwachsenden Alluvionen des *Gedis-Tschai* (Taf. I, Fig. 11), welcher an der Nordseite des *Golfes von Smyrna* mündend sein Delta quer durch diesen vorbaut und mit seinen schmalen, die Flussmündungen umgebenden Landzungen schon weit über die Hälfte der Breite des Golfes durchdämmt<sup>2)</sup>. Schon jetzt ist das Fahrwasser südlich des *Hermos-Delta's* kaum 700 Meter breit und von geringer Tiefe, so dass man, um die Zukunft *Smyrna's* als Hafenplatz zu sichern, durch regelmässige Ausbaggerung die Einfahrt offen halten muss<sup>3)</sup>. Eine ähnliche Abschnürung droht dem innersten Theile der *Galveston-Bay* an der Küste von Texas (Taf. I, Fig. 12). Es mündet an deren nordwestlichem Gestade der *Trinity-River*, welcher sein Delta schon bis auf eine kurze Entfernung der gegenüberliegenden östlichen Küste genähert hat und jenen inneren Theil des Golfes, die *Turtle-Bay*, in einen *Turtle-Lake* umzuwandeln im Begriff ist<sup>4)</sup>.

In derselben Weise wie durch die Verbindung der Küsten eines Meeressgolfes in Folge des beständigen Vorrückens der Alluvionen eines seitlich einmündenden Flusses ein Binnensee entstehen kann, so können auch *Binnensee'n* durch seitlich ansetzende, den See durchquerende Deltas in zwei getrennte Becken zertheilt werden. Der Natur der Sache nach vollzieht sich ein solcher Vorgang nur an langgestreckten, schmalen Seebecken, also namentlich an den fjordartig gestalteten Gebirgssee'n der Alpen, wo diese belangreiche Zuflüsse an ihrer Breitseite aufnehmen. Die beträchtliche Tiefe dieser See'n hemmt zwar das Wachsthum der Deltas, doch erfordert die unerhebliche Breite solcher Becken ein verhältnissmässig nur geringes Vorrücken der Alluvionen, um beide Ufer zu verbinden. Ausserdem treten jene seitlichen Zuflüsse direkt aus Gebirgstälern heraus und sind vermöge ihres starken Gefälles im Stande, grosse Massen von erdigem Material und gröberem Geröll in den See hineinzuwälzen.

In den *Schweizer Alpen* stellen sich zunächst der *Thuner* und der *Brienzer See* als ein dereinst zusammenhängendes, langgestrecktes Becken im Aar-Thale dar. Durch die Alluvionen der *Lütschine*, die von den Gletscherwassern des Berner Oberlandes gespeist, reich beladen mit Sedimenten

den See etwa in der Mitte des Südufers erreichte, ist die Theilung desselben in zwei, durch das jung-alluviale „*Bödeli*“ getrennte Becken erfolgt<sup>1)</sup>. Auch die Scheidung des *Walensstädter* und des *Züricher See's* durch die „*March*“ darf wohl auf das Vorwachsen des Schuttkegels der *Linth* zurückgeführt werden, wengleich nicht zu übersehen ist, dass ersterer in einem 16 Meter höheren Niveau liegt als der *Züricher See*, und dass das Thal zwischen beiden bei *Nieder-Urnen* durch ein Nagelfluh-Riff durchsetzt wird<sup>2)</sup>. Auf der Südseite der Alpen lassen sich in den *Ober-Italienischen See'n* zwei ganz analoge Vorgänge erkennen. Am oberen Ende des *Comer-See's* ist durch das sumpfige, wegen seiner verderblichen Fieber-Miasmen „*Pianura infama*“ benannte Delta der *Adda* der *Lago di Mezzola* (Taf. I, Fig. 13) zu einem selbstständigen See im Thale von *Chiavenna* umgestaltet<sup>3)</sup>, und weiter im Westen hat der *Toce-Fluss* durch seine Anschwemmungen eine westliche Bucht des *Lago Maggiore* in den See von *Mergozzo* verwandelt.

Im *Engadin* begegnet man entsprechenden Erscheinungen. „*Der Inn*“, so beschreibt *A. G. Supan*<sup>4)</sup> den Vorgang, „beschränkte den *Silser-See* in seinem oberen Theile, der *Fedozbach* schuf den grossen Schwemmkegel von *Isola*, über welchen er sich in einem weitverzweigten Delta seinen Weg zum See bahnt, und ist mit Erfolg bestrebt, diesen eben so in zwei Hälften zu scheiden, wie der *Fexbach* durch das Aufschüttungsgebiet von *Sils* den *Silvaplanner-* vom *Silser-See* trennte. Der *Silvaplanner-* und der *Campfer-See* hängen kaum mehr zusammen, und letzterer selbst sieht einer baldigen Zweitheilung entgegen“.

In den See'n des *Salzkammergutes* ist zwar an keiner Stelle das Deltawachsthum bis zu einer völligen Durchdämmung der Seebecken vorgeschritten, indessen verengen von den Zuflüssen gebildete Landzungen und unter dem Wasser fortlaufende Schuttkegel mehrere See'n von den Seiten her in auffälliger Weise. So wird der durchschnittlich 2275 Meter breite *Atter-See* am *Kienbach* auf 1222 Meter, also um nahezu die Hälfte verengt; seine grösste Tiefe beträgt hier nur 125 Meter, während sie oberhalb dieser Verschmälerung 170,5 Meter, unterhalb derselben 166 Meter erreicht. Den *Wolfgang-See* hat das grosse Schutt-Delta des *Zinkenbaches* von 1896 Meter bis auf 303 Meter verengt, die Anwohner erkannten aber die Gefahr, die dadurch dem einheitlichen Fortbestehen des See's

<sup>1)</sup> Rütimeyer: Über Thal- und Seebildung. S. 72.

<sup>2)</sup> s. Carte géol. de la Suisse de Studer et Escher v. d. *Linth*. 2. Aufl. par *Isid. Bachmann*.

<sup>3)</sup> *Friedr. Rolle*: Übersicht der geol. Verh. der Landschaft *Chiavenna*. Wiesbaden 1878.

<sup>4)</sup> Studien über die Thalbildung des östlichen Graubündens &c. *Mitth. der k. k. geogr. Ges. in Wien* 1877. Separatabdr. S. 9. Vergl. auch: Das Ober-Engadin nach *Joh. Caviezol* von *O. Delitzsch*: *Aus allen Weltth.* 1870, S. 299.

<sup>1)</sup> *Reclus*: *Nouv. Géogr. univ.* I, p. 389.

<sup>2)</sup> s. d. *Carton*: *Smyrna und Umgebung* auf Bl. 60 in *Stieler's Handatlas*.

<sup>3)</sup> *Annalen der Hydrogr. &c.* 1875, S. 93 u. S. 184.

<sup>4)</sup> *Report of the Superintendent of the Coast Survey during 1855*. Washington. Pl. 41: *Preliminary Chart of the Galveston Bay*.

erwuchs, leiteten den Bach in den breiteren und tieferen Theil des See's ab und verhüteten so dessen Zertheilung. In jener Verengung ist der See nur 20,8 Meter, ausserhalb derselben dagegen 70 und 113,8 Meter tief<sup>1)</sup>.

Wie die See'n des Salzkammergutes, so könnte auch der ähnlich den Alpen-See'n schmal und langgestreckte *Baikal-See* durch das Delta der *Selenga* in zwei Hälften zertheilt werden, wenn hier nicht die grosse Tiefe des Beckens dem raschen Vorrücken der Alluvionen ein Hemmniss in den Weg legte.

#### E. Landfestwerden von Inseln durch das Vorrücken von Deltas.

Die Vergrösserung des Festlandes durch Deltabildungen erfolgt nicht ausschliesslich durch Anhäufung der von den Flüssen mitgeführten Sinkstoffe, sondern nicht selten auch dadurch, dass Inseln, welche vor den Mündungen liegen, von den vorrückenden Alluvionen erreicht, umschlossen und landfest gemacht werden.

So ist das aus den Perserkriegen bekannte *Lade-Gebirge* an der Küste Klein-Asiens, noch zu Herodot's Zeiten eine Insel, durch die Anschwemmungen des *Mäander* mit dem Festlande vereint worden und ragt, wie einst aus dem Ägäischen Meere, noch jetzt als Cap Santa Maria bezeichnet, als eine Felseninsel aus der horizontalen Alluvialebene des Flusses hervor. Wenig nördlich davon ist auf die nämliche Weise die Insel *Syrie* durch das Schwemmland des *Caystros*, des jetzigen *Kytschyk-Menderes* zu dem Festlande hinzugefügt worden<sup>2)</sup>. In weit grossartigerem Maassstabe hat sich dieser Vorgang an der Mündung des *Achelous* bethätigt. (Taf. I, Fig. 14.) Eine Reihe von Inseln aus der Gruppe der *Echinaden* ist durch das vorrückende Delta des genannten Flusses umklammert worden<sup>3)</sup>. Als steil aufsteigende, felsige Bergkuppen heben sich diese einstigen Inseln aus dem sumpfigen Alluviallande hervor und unterbrechen als einzige Terrainabstufungen den einförmigen Charakter, welchen die Deltalandschaft hier wie überall in Folge der Horizontalität der Oberfläche besitzt. Schon im Alterthum war man über die Entstehungsweise dieser inselartigen Erhebungen in der Achelous-Ebene nicht im Unklaren: Herodot, Strabo, Plinius und Pausanias deuten dieselben ganz richtig als eine Folge des Wachstums der Flussanschwemmungen<sup>4)</sup>, und wenn Thucydides auch den noch übrigen Echinaden ein gleiches Schicksal voraussagte<sup>5)</sup>,

<sup>1)</sup> Simony: Die See'n des Salzkammergutes, danach in G. Bischof: Lehrb. der chem. und phys. Geol. II, S. 1599, Anmerkung.

<sup>2)</sup> v. Hoff.: Gesch. der nat. Veränd. der Erdoberfl. I, S. 260. Über andere landfest gewordene Inseln an dieser Küste s. v. Hoff: ibid. S. 257 ff.

<sup>3)</sup> Reclus: Nouv. Géogr. univ. I, 71, mit Karte, S. 72.

<sup>4)</sup> v. Hoff: l. c. I, S. 266.

<sup>5)</sup> Thucyd. II, 102.

so hat sich diese Prophezeiung in der That schon zum Theil erfüllt.

Weniger durch ihre Höhe und ihren Umfang als durch ihre grosse Zahl fallen die niederen Kuppen und langgestreckten Höhenzüge auf, welche die jungalluvialen Flussanschwemmungen des *Memel-Delta's* durchragen. Auch sie müssen eine Zeit hindurch als Inseln des ehemals ausgedehnteren Kurischen Haffes bestanden haben, denn sie setzen sich aus „Haidesand“ zusammen, einer Bildung aus der Zeit des älteren Alluviums, welche in einer zusammenhängenden Schicht das ganze Delta unterteuft<sup>1)</sup>. In ähnlicher Weise werden von dem Delta des *Kuban* im Schwarzen Meere eine Reihe einstmaliger kleiner Inseln umschlossen. Ihre allmähliche Verknüpfung mit dem Festlande veranschaulichen mehrere von *Dubois de Montpereux* entworfene Karten, auf welchen die Gestaltung der Krim und deren Umlande in ihren verschiedenen Entwicklungsperioden zur Darstellung gebracht ist<sup>2)</sup>.

Umfangreichere Inselkörper, als in allen diesen Fällen, sind an der Küste Süd-Frankreichs und an der des nördlichen China durch das Anwachsen von Deltas zum Festlande hinzugezogen. Der *Montagne de la Clape* an jener Küste des Mittelmeeres war einst eine Insel, umflossen von zwei breiten, golfartig erweiterten Armen der *Aude*. Beide sind durch die Anschwemmungen des Flusses mehr oder weniger vollständig trocken gelegt und die einstige Insel ist mit dem Festlande vereinigt<sup>3)</sup>, ähnlich wie diess in Ost-Asien mit der gebirgigen Halbinsel *Schan-tung* erst durch die Alluvialgebilde des *Hwang-ho* geschah<sup>4)</sup>. (Taf. I, Fig. 6.)

Nicht nur am offenen Meere, auch in Binnensee'n begegnet man Beispielen für den beschriebenen Vorgang. So ragt aus der Alluvialebene der *Sarca* am oberen Ende des *Garda-See's*, östlich von Riva, eine steile Bergkuppe auf, welche augenscheinlich einst als eine Insel der Mündung des Flusses vorgelagert war, durch die Zuschüttung des nördlichen Theiles des See's aber landfest geworden ist. Unterhalb der Schlucht von *Chiarnaduras* im oberen *Inn-Thal*, abwärts vom St. Moritz-See, erhebt sich aus dem vollkommen horizontalen, moorigen Alluvialboden inselartig der Hügel *St. Gian*, einst eine Insel in dem damals dort befindlichen See und durch mächtige Schutt- und Geröllmassen, mit denen die Zuflüsse das einstige Wasserbecken ausfüllten, dem Ufer des See's angeschlossen<sup>5)</sup>.

<sup>1)</sup> G. Berendt: Geol. d. Kur. Haffs. 1869, S. 38 u. Taf. II.

<sup>2)</sup> Murchison, Verneuil u. Keyerling: Geol. des europ. Russland. Deutsch v. G. Leonhard, 1848, S. 569, Anmerkung.

<sup>3)</sup> E. Reclus: Nouv. Géogr. univ. II, p. 250 ff. mit Karte.

<sup>4)</sup> Americ. Journ. of science and arts 1868, I, p. 220.

<sup>5)</sup> A. G. Supan: Studien über die Thalbildungen &c. I. c. S. 10.

## F. Einfluss des Druckes der angehäuften Alluvionen auf den Untergrund der Deltas.

Die Anhäufung so beträchtlicher Massen von Sinkstoffen, wie sie sich am Aufbau ausgedehnter Deltas betheiligen, kann nach der Ansicht einiger Forscher nicht ohne Einfluss auf den Untergrund bleiben, auf welchem sie sich aufthürmen. „In demselben Grade“, so spricht sich in diesem Sinne der Französische Geolog *Delesse* aus <sup>1)</sup>, „wie die Sedimente sich auf dem Meeresboden absetzen, wirken sie darauf hin, denselben zusammenzudrücken und folglich an der betreffenden Stelle eine Senkung hervorzubringen. Dieser Effekt wird umso mehr hervortreten, je mehr der Boden aus weicherem und nachgiebigerem Gesteinsmaterial zusammengesetzt ist; namentlich also dann, wenn thonige Gesteine in horizontaler Lagerung unter dem Meere auf-treten“.

Von Englischen Geologen ist es namentlich *Charles Ricketts* <sup>2)</sup>, welcher diese Ansicht unabhängig von jenem Französischen Forscher vertritt. Da sich an den Mündungen grosser Flüsse, wo beträchtliche Massen von Sedimenten abgesetzt werden, häufig Anzeichen von Senkungen finden, so glaubt er annehmen zu können, dass diese Niveauveränderungen eine Folge des Druckes der Deltamasse auf ihren nachgiebigen Untergrund seien.

Aus unten zu erwähnenden Gründen erscheint es aber höchst zweifelhaft, dass sich die Wirkung einer derartigen Pressung in der Volumenverminderung oder in der seitlichen Ausquetschung des Deltauntergrundes, und in Folge davon in einer Senkung des Deltagebietes geltend machen soll.

Es sind freilich Fälle bekannt, wo durch das Gewicht aufgehäufter Erd- oder Gesteinsmassen die unterliegenden Schichten verdrückt und seitwärts gepresst werden. Einen solchen Effekt üben nicht selten Eisenbahndämme oder Deiche aus, welche auf nachgiebigem, moorigem Boden aufgeführt sind <sup>3)</sup>. Auch Sanddünen, falls sie eine beträchtliche Höhe erreichen, können eine derartige Einwirkung ausüben, wie denn z. B. auf der *Kurischen Nehrung* an der Libis Bucht südlich von Schwarzort durch den Druck der etwa 50 Meter hohen Düne der weiche Hafsboden zur Seite und in die Höhe gepresst worden ist <sup>4)</sup>. Allein in solchen Fällen concentrirt sich der Druck auf einen schmalen Strich Landes, so dass ein Ausweichen der Grundlage und ein seitliches Aufquellen möglich ist. Ganz anders

bei den Deltas, wo sich die angehäuften Sinkstoffe über ausserordentlich umfangreiche Areale ausbreiten, und wo sich der Druck über ausgedehnte Flächen vertheilt. Die Wirkung der Belastung des Meeresbodens müsste sich hier ausschliesslich durch eine Zusammenpressung der denselben bildenden Gesteinsschichten geltend machen. Ob aber eine solche, wie *Delesse* und *Ricketts* es annehmen, in der That erfolgt, dafür fehlt jede thatsächliche Beobachtung <sup>1)</sup>.

Wir werden vielmehr an einer späteren Stelle Gelegenheit haben zu zeigen, dass die Senkungsphänomene, wie sie sich an manchen Deltas bethätigen, nicht lokale, auf die von den Flusssinkstoffen bedeckten Gebiete beschränkte Erscheinungen sind, dass sie sich vielmehr auf ganzen Küstenstrichen bis auf weite Entfernungen von den Deltamündungen wahrnehmbar machen. So ist es an der Küste *Aegyptens* und *Dalmatiens*, so ist es auch an derjenigen der *Niederlande* der Fall, deren Senkung *Delesse* der Einwirkung des Druckes von Seiten der von Rhein, Maas und Schelde abgelagerten Sedimentmassen auf die sie unterteufenden Thonlager von Ypres und von Boom, so wie auf die thonigen Mergel der Tertiärformation zuzuschreiben geneigt ist <sup>2)</sup>. Diese Senkung trifft aber nicht nur die Küste der Niederlande, sie bethätigt sich in derselben Weise an den Küsten Deutschlands bis nach Holstein und Schleswig hin und auf der anderen Seite weithin an den Küsten Frankreichs.

## 9. Das Alter der Deltas.

Die Art der Sedimentanhäufung, welche wir als Delta-bildung bezeichnen, ist nicht ausschliesslich auf die gegenwärtige Erdperiode beschränkt. So lange sich die nagende und zerstörende Thätigkeit der atmosphärischen Gewässer auf Festlandsmassen unseres Planeten bethätigen konnte, und so lange Flüsse die losgelösten und zerkleinerten Gesteinstheilchen dem Meere zugeführt haben, müssen sich Deltas an Mündungen von Strömen und Flüssen gebildet haben; jedoch ist der Nachweis solcher Deltas früherer geologischer Perioden inmitten der übrigen in den nämlichen Zeiträumen entstandenen Schichtencomplexe sehr schwierig. Die Mehrzahl der Englischen Geologen ist darüber einig, dass in einem Theile der *Wealden-Schichten* im Südosten Englands ein alteretaceisches Delta zu erkennen sei <sup>3)</sup>, entstanden durch die Anschwemmungen mehrerer <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Vergl. Geol. Magaz. 1873, S. 90.

<sup>2)</sup> Les oscill. des Côtes de France. I. c. S. 14.

Dieselbe Ansicht vertritt auch *Staring* (siehe *Reclus-Ule*: Die Erde &c. I, S. 494).

<sup>3)</sup> A. Tylor: On the Form. of Deltas: Quart. Journ. of the geol. Soc. of London 1869, p. 10. *Jenkins*: Geol. Magaz. 1872, S. 282.

<sup>4)</sup> Prof. *John Morris*: On the Wealden as a Fluvio-lacustrine Formation. Geol. Magaz. 1872, S. 282. C. J. A. Meyer: On the Wealden etc. Quarterly Journ. of the geol. Soc. 1872, p. 243.

<sup>1)</sup> Les oscillations des Côtes de France. — Bullet. de la soc. de géogr. Paris 1872, I, p. 14. Referat in den Verh. der K. K. geol. Reichsanstalt zu Wien 1872, S. 150.

<sup>2)</sup> On subsidence and accumulation. Geol. Magaz. 1872, S. 121. Valleys, Deltas, Bays and Estuaries, ibidem 1873, p. 88.

<sup>3)</sup> Vergl. *Guthe*: Die Lande Braunschweig und Hannover. S. 20.

<sup>4)</sup> G. Berendt: Geol. des Kur. Haffs. Taf. V.

oder eines einzigen <sup>1)</sup> Flusses, welcher von Westen kommend <sup>2)</sup> seine Sinkstoffe in einer seichten Lagune absetzte. Als Deltas der nämlichen Periode werden ausserdem von *Rupert Jones* Ablagerungen in *Nord-Amerika* angesprochen, welche sich nur durch den abweichenden Charakter der von ihnen umschlossenen organischen Reste von den verwandten Bildungen diesseit des Atlantischen Oceans unterscheiden <sup>3)</sup>. Ausser diesen Deltas von mesozoischem Alter sind solche, einer Bemerkung *A. Tylor's* zufolge <sup>4)</sup>, auch aus der *Tertiär-Zeit* im *Eocän* und *Miocän* der Britischen Inseln nachgewiesen.

Die Deltas, welche sich gegenwärtig an den Mündungen vieler Flüsse finden, reichen in ihrer Entwicklung nicht über den Beginn der geologischen Jetztzeit hinaus. In diesem geologischen Sinne, in so fern sie also sämtlich in ein und derselben und zwar der gegenwärtigen Periode entstanden, sind zwar alle jetzigen Deltas gleichalterig, aber der Beginn ihrer Entstehung fällt doch keineswegs zusammen. Diess lehrt schon die Erwägung, dass die Gestaltung der Erdoberfläche seit Beginn der jetzigen Periode nicht stationär geblieben ist, dass sich vielmehr noch während derselben mannigfaltige und tiefgreifende Veränderungen in dem Verhältniss zwischen Festland und Meer vollzogen haben, durch welche die Flussläufe erst allmählich, die einen früher, die anderen später ihre gegenwärtige Entwicklung und Gestaltung erhalten mussten.

Versuche, das Alter von Deltas zu ermitteln, sind namentlich an dem des *Mississippi* mehrfach angestellt worden. Meist ist man bei solchen Berechnungen davon ausgegangen, das gegenwärtige Vorrücken des Delta's zu messen und daraus zu berechnen, wie viel Jahre der betreffende Fluss gebraucht haben müsse, um seinen Schwemmlandkegel von seiner ersten Mündungsstelle bis zu seiner jetzigen Lage aufzubauen. Diese Methode haben hauptsächlich die Amerikanischen Ingenieure *Humphreys* und *Abbot* zur Berechnung des Alters des *Mississippi-Delta's* in Anwendung gebracht. Sie gehen dabei von den Annahmen aus, dass das Delta jährlich um 80 Meter in den Golf von Mexiko vorwache, und dass sich dieses Vorrücken der Alluvionen seit Beginn der Deltabildung stets gleichmässig vollzogen habe. Auf dieser Grundlage gelangen sie zu dem Resultat, „dass 4400 Jahre von dem Zeitpunkte an verflossen sind, wo der Fluss sein Delta zu bilden begonnen hat“ <sup>5)</sup>.

<sup>1)</sup> Ch Lyell: *Princ. of Geol.* 11 ed., I, p. 258.

<sup>2)</sup> J. Rupert Jones: *On the Primaeval Rivers of Britain.* Geol. Magaz. 1870, p. 371.

<sup>3)</sup> ibidem.

<sup>4)</sup> *Quarterly Journal of the Geol. Soc.* 1869, p. 10.

<sup>5)</sup> Nach *Humphreys' und Abbot's Report in Grebenau: Theorie der Bewegung des Wassers &c.* 1867, Anh. A, p. XX.

Warum der *Mississippi* nicht schon früher an dem Aufbau seines Delta's thätig gewesen ist, dafür suchen die genannten Amerikanischen Ingenieure den Grund in dem Vorhandensein eines ausgedehnten Binnensee's, welcher sich jenseit des Ozark-Gebirges und der mit diesem zusammenhängenden Höhenzügen bis zur *Prairie du Chien* und über grosse Strecken der *Prairien* von *Illinois* und *Indiana* ausgedehnt habe. Erst nachdem dieser See durch allmähliche Vertiefung des Flussbettes in die genannten Gebirge in Folge des Rückwärtsschreitens dort befindlicher Wasserfälle entleert worden war, konnte der bis dahin durch jenen See geläuterte Strom in den jetzigen Zustand eines sedimentreichen, deltabildenden Flusses übergehen <sup>1)</sup>.

Vorausgesetzt selbst, dass ein solcher Binnensee, für dessen Existenz geologische Beweise noch nicht beigebracht sind, in der That bestanden habe, so ist dadurch für das *Mississippi-System* die Fähigkeit zur Deltabildung noch gar nicht ausgeschlossen. Begegnet man doch auf demselben Continent in dem *Mackenzie-River* einem deltabauenden Strom, trotzdem er den *Sklaven-See* durchfliesst und hier die Sedimente seines Oberlaufes durch Aufschüttung eines ausgedehnten Binnensee-Delta's <sup>2)</sup> verliert; sind doch auch die *Rhône* und der *Rhein* in dem *Genfer See* und in dem *Bodensee* einem Läuterungsprozess unterworfen, ohne dadurch unfähig zu werden, an ihrer Mündung in das Meer ein zweites Delta von beträchtlichem Umfange aufzubauen. Sie alle nehmen unterhalb jener See'n Nebenflüsse auf, welche ihnen einen Ersatz für die verlorenen Sinkstoffe zuführen. Ganz das nämliche Verhältniss aber würde auch am *Mississippi* vorgelegen haben: der *White-River*, *Arkansas*, *Washita*, *Red-River* und *Yazoo-River* mündeten unterhalb jenes hypothetischen Binnensee's und besitzen eine ungleich grössere Bedeutung als die Nebenflüsse, welche z. B. dem *Mackenzie* unterhalb seines Läuterungsbeckens von dem *Oregon-Gebirge* zufließen und ihm das Material für sein Delta im Eismeere zuführen.

Ausserdem aber basirt die Berechnung *Humphreys'* auf Voraussetzungen, welche keineswegs allgemein anerkannt werden. Wir haben an einer früheren Stelle gezeigt, wie weit die Ansichten der einzelnen Beobachter über das Maass des Wachstums des *Mississippi-Delta's* auseinandergehen, und wie unregelmässig sich das Vorrücken der Pässe vollzieht <sup>3)</sup>. Wenn aber auch selbst das von den Amerikanischen Ingenieuren angenommene Maass von 80 Meter im Jahre für die Gegenwart der Wirklichkeit entsprechen sollte, so sind die Gründe nicht abzusehen, weshalb das

<sup>1)</sup> l. c. S. XX. u. XXI.

<sup>2)</sup> E. Petitot: *Géogr. de l'Athabaskaw-Mackenzie.* *Bullet. de la Soc. de Géogr.* 1875. Juli-Augusthefte, mit Karte.

<sup>3)</sup> s. oben unter Abschnitt 7.

Fortschreiten der Schwemmlandbildung seit Beginn der Deltabildung stets ein gleichmässiges gewesen sein sollte. Das Wachstum eines Delta's ist, wenn alle anderen Bedingungen gleich bleiben, abhängig von den Tiefenverhältnissen vor den Flussmündungen. So lange das Mississippi-Delta nicht bis über die gegenwärtige Stromgabelung hinausgerückt war, bedurfte es zu seiner Erweiterung nur der Zuschüttung einer 10 bis 30 Meter tiefen Flachsee; jetzt, wo es um etwa 20 Englische Meilen weiter vorgerückt ist, sind Tiefen von mehreren hundert Metern aufzufüllen, ehe an Stelle des Meeres festes Land erscheint.

So fand es denn auch *Sir Charles Lyell*, als er auf seiner zweiten Reise in den Vereinigten Staaten das Mississippi-Delta mit besonderer Berücksichtigung dessen Wachstums untersucht hatte, „unmöglich, das Alter des Delta's aus der beobachteten Schnelligkeit des Vorrückens des Landes in den Mexikanischen Meerbusen zu berechnen“. Er suchte deshalb aus einem Vergleiche der jährlichen Masse der Sinkstoffe des Flusswassers mit dem cubischen Inhalt der Deltaablagerungen das Minimum von Zeit zu finden, welche nöthig ist, die Sedimentmassen aus dem Innern des Continentes herabzubringen, welche jetzt innerhalb des Delta's aufgeschichtet sind, und gelangte so zu dem Resultat, dass 67,000 Jahre seit dem Beginn der Bildung des Mississippi-Delta's verflossen sein müssten<sup>1)</sup>. Die hohe Ziffer, welche sich aus Lyell's Berechnung ergibt, erklärt sich zum Theil dadurch, dass dieser letzteren eine Mächtigkeit der Mississippi-Anschwemmungen von 600 feet zu Grunde gelegt wurde, während Humphreys und Abbot mit Hilgard nur die oberste, bei New Orleans etwa 40 feet mächtige Schlammschicht als eigentliche Flussabsätze auffassen.

Fügen wir noch hinzu, dass man aus dem Vorkommen mehrfach übereinandergelagerter und von Flussschlamm überdeckter Cypressenbestände die Gesamtdauer des delta-bildenden Processes auf wenigstens 126,000 Jahre berechnet hat<sup>2)</sup>, dass andere Angaben das Alter auf 100,000<sup>3)</sup>, wieder andere auf 33,000 Jahre<sup>4)</sup> veranschlagen, dass sich also folgende fünf Resultate gegenüber stehen:

4,400 Jahre . . . . .	Humphreys,
33,000 „ . . . . .	cf. v. Klöden, Lyell,
67,000 „ . . . . .	Lyell,
100,000 „ . . . . .	cf. Vogt,
126,000 „ . . . . .	cf. Vogt,

so erkennt man, wie unzuverlässig in Folge der Unsicherheit der zu Grunde gelegten Daten derartige Altersbestimmungen sind.

<sup>1)</sup> Zweite Reise n. d. Verein. Staaten. II, S. 239. *Princ. of Geol.* 9. ed., S. 272.

<sup>2)</sup> C. Vogt: *Lehrb. der Geologie.* 1871, S. 124.

<sup>3)</sup> *ibidem.*

<sup>4)</sup> v. Klöden: *Handb. der Erdkunde.* 1873, I, S. 571. — Vergl. auch Lyell's spätere Berechnung in: *Princ. &c.* XII. ed., I, p. 455.

In noch weit höherem Grade entbehren die Schlüsse welche man aus dem Wachstum und der Erhöhung der, Schlammschichten des *Nil-Delta's* auf dessen Alter und auf dasjenige der Ägyptischen Kultur gezogen hat, einer sicheren Grundlage.

Beim Graben eines Brunnens in *Heliopolis* fand man im Jahre 1854 Scherben von Töpfen, bedeckt von einer 20 Meter mächtigen Masse von Nilschlamm, der hier in kartentblattgedicken Lagen aufgeschichtet ist. Da jede dieser letzteren den Flussabsatz eines Jahres darstellt, so glaubte man aus ihrer Zahl und Stärke die Zeit herausrechnen zu können, seit welcher man in Ägypten schon die Kunst der Töpferei ausgeübt habe.

Die einen Beobachter nahmen die Dicke des jährlichen Niederschlages zu einer halben Linie an und berechneten danach aus der Mächtigkeit der ganzen Schlammablagerung jene Zeitdauer auf 12,000 Jahre; andere veranschlagten die Stärke des Absatzes in einem Jahrhundert auf nur 2½ Zoll und fanden so 30,000 Jahre. Alle derartigen Berechnungen aber verlieren ihren Werth<sup>1)</sup>, wenn man berücksichtigt, dass die Höhe des jährlichen Absatzes von frischem Nilschlamm vollständig von der Willkür der Bewohner abhängig ist, von welchen zu landwirthschaftlichen Zwecken das Anschwemmen des Schlammes durch Dammbauten nach Bedürfniss kontrollirt wird. „Es kann der Fella, der einen Damm um das Unterende seines Feldes zieht, in einem einzigen Jahre ein paar Jahrtausende mehr in die scharfsinnigste Berechnung eines Europäischen Gelehrten hineinschwemmen“<sup>2)</sup>.

Eine andere Altersschätzung des Nil-Delta's gründet sich auf das Maass seines Wachstums, wie solches von *E. Lombardini* für die Mündungsarme von Damiette und Rosette constatirt wurde. Vorausgesetzt, dass das Vorrücken der Alluvionen in früheren Zeiten dasselbe gewesen ist wie jetzt, so würde die Ausfüllung der gegenwärtig von dem Delta-gebiet eingenommenen Meeresbucht 74,253 Jahre in Anspruch genommen haben<sup>3)</sup>.

Bei dem Mangel zuverlässiger Unterlagen für eine derartige genaue Berechnung, muss man sich mit *ganz allgemeinen Altersbestimmungen* begnügen. Zu solchen bieten die *organischen Reste* und die *Lagerungsverhältnisse* ein Mittel. In dem Rhône-Delta finden sich Schalen von *Panopaea aldovrandi* in so beträchtlicher Menge, dass dieser Zweischaler noch während der Aufschichtung der Alluvionen jenes Delta's in grosser Häufigkeit an den Küsten des Golfes du Lion gelebt haben muss. Seitdem hat sich diese Mol-

<sup>1)</sup> Oscar Fraas: *Aus d. Orient.* S. 212.

<sup>2)</sup> M. Eyth: *das Agrikultur-Maschinenwesen in Egypten.* 1867, S. 6. Danach bei O. Fraas: c. S. 213.

<sup>3)</sup> v. Klöden: *Handb. der Erdk.* I, S. 570.

luskenspezies aus den nördlichen Theilen des Mittelmeer-Beckens ganz zurückgezogen und kommt gegenwärtig nur noch an den Gestaden Siciliens häufiger vor. Eben so begegnet man einer anderen Bivalve, dem *Pecten maximus* jetzt nur noch selten an den Küsten von Languedoc, während sich deren Schalen in ausserordentlicher Menge in dem Schwemmland des Rhône-Delta's eingebettet finden <sup>1)</sup>. Die Bildung des letzteren muss demnach bereits vor langen Zeiträumen vielleicht im Beginn der Jetztzeit ihren Anfang genommen haben.

Auf der anderen Seite beweist der Umstand, dass manche Deltas auf Ablagerungen aufgebaut sind, die aus der älteren Alluvialzeit stammen, welches jugendliche Alter ihnen zugeschrieben werden muss.

So lagern die Anschwemmungen des *Mississippi* auf jener von Hilgard dem älteren Alluvium zugerechneten Schichtenreihe von blaugrauen Thonen und Sanden der Port Hudson-Gruppe, diejenigen des *Ganges* auf Kunkar-Lagen führenden ästuarinen Bildungen, welche ebenfalls der älteren Alluvialzeit entstammen, und in ganz analoger Weise werden die Schlamm Massen des *Memel-Delta's* von altalluvialen Sand-schichten, dem „Haidesand“ der Nord-Deutschen Küstengebiete unterteuft.

#### 10. Zahl und geographische Verbreitung der Deltas.

Die Sedimentbildung, wie sie in den Deltas grösserer Flüsse vor sich geht, vollzieht sich im Kleinen, aber auf ganz entsprechendem Wege an den Mündungen unbedeutenderer Flüsse und Bäche, ja selbst ganz unscheinbare, durch Regengüsse erzeugte Wasserläufe bauen nicht selten an ihrem Abfluss in Weiher und Teiche kleine Schwemmkegel auf. Der Natur ihrer Entstehung nach müssen alle diese Alluvialbildungen der als „Deltas“ bezeichneten Classe von Erscheinungen zugerechnet werden, ohne Rücksicht auf Grösse und Ausdehnung, Verhältnisse, in welchen eine lange, ununterbrochene Reihe von Zwischengliedern die weiten Ebenen eines Ganges-Delta's mit dem auf wenige Quadratmeter beschränkten Areal des von einem kleinen Bache am Ufer eines Weihers aufgeschütteten Schwemmlandes verbindet.

Die Zahl aller dieser von grossen und kleinen Flüssen und Bächen in die sie aufnehmenden Wasserbecken hinausgebauten Anschwemmungsgebilde ist unüberschbar gross, zugleich aber auch unablässigen Schwankungen unterworfen, indem bald neue Deltas sich zu bilden beginnen, bald bestehende unter dem Andrang der Wogen vernichtet werden, oder sich mit denen benachbarter Gewässer zu einem zusammenhängenden Ganzen vereinen. Selbst für die aus-

<sup>1)</sup> E. Reclus: *Nouv. Géogr. univ.* II, p. 237 ff. nach Em. Dumas: *Statistique géol. du Gard.* *Revue des sciences nat.* IV, Sept. 1875.

gedehnteren Deltagebiete lässt sich eine auch nur annähernd der Wirklichkeit entsprechende Zahl nicht aufstellen, schon deshalb nicht, weil eine ganze Reihe von Mündungen selbst grösserer Flüsse noch der Untersuchung harren und sich mit den Fortschritten der geographischen Forschungen die Zahl der bekannten Deltabildungen fort und fort vermehrt. So konnte Carl Ritter im Jahre 1822 Deltas nur von 14 Hauptwassersystemen anführen <sup>1)</sup>, während man gegenwärtig, wenn man wie jener bis auf Flüsse von der Bedeutung des Rheines herabgeht, 29 deltabildende Ströme, also mehr als doppelt so viel, kennt.

In der nachstehenden Übersicht sind die grösseren Flüsse zusammengestellt, welche durch die Bildung von Deltas landaufbauend an ihren Mündungen thätig sind.

Tabellarische Übersicht der deltabildenden grösseren Flüsse.

Europa.	Asien.	Afrika.	Amerika.	Australien u. Polynisien.
Aare	Aksu	Alt-Cala-	Alabama	Burdekin
Adda	Amu-Darja	bar	Appalachicola	Katau
Arno	Atrek	Balimba	Atrato	Mai-Neu-
Arta	Bramaputra	Barkah	Fraser River	Kaass-Gul-
Aspropotamos	Colerun	Congo	Macken- (a Skla- vensee. zie. b Eis-	Rewa (Viti- Levu)
Aude	Coti (Borneo)	Djamur		
Bistritz	Djambi (Su-	Lufidji		
Brenta	matra)	Niger	Magdalenen-	
Dnjepr	Dschihau	Nil	strom	
Dnjestr	Dshagatu	Ogowe	Mississippi	
Don	Emba	Rowuma	Mobile R.	
Donau	Ganges	Schhari	Orinoco	
Dranse	Gedis-Tschai	Zambesi	Parana	
Dwina	Godavery		Pascagoula R.	
Ebro	Gök Su		Rio San Juan	
Ergent	Han-kiang		St. Clair River	
Etsch	Hoihow		Trinity River	
Hellada	Hwang-ho		Usumasinto-	
Herault	Jana		Tabasco	
Isonzo	Jeschil Irmak		Yukon River	
Karasu	Ili			
Kjelma	Indigirka			
Kuban	Indragiri (Su-			
Kuma	matra)			
Linth	Indus			
Livenza	Iravaddy			
Lowat	Kali (Java)			
Lütschine	Kapuas (Bor-			
Maas	neo)			
Maggia	Karatal			
Magra	Kia-kiang			
Memel	Kistna			
Narenta	Kolyma			
Newa	Köprü Su			
Ombrone	Menderes			
Petschora	Kütschyk			
Phidaris	Kur			
Piave	Kysyl Irmak			
Po	Lan-ho			
Reuss	Lena			
Rhein	a Boden-	Lepsa		
	see.	Mahanaddy		
Rhône	b Nord-	Mek-hong		
	see.	Me-nam		
Schelde	a Genfer	Menderes		
	See.	Pei-ho		
	b Mittel-	Rion		
	Meer.			

<sup>1)</sup> Erdkunde 2. Ausg. 1. Th. 1. Buch. S. 85.



Europa.	Asien.	Afrika.	Amerika.	Australien u. Polynesian.
Sile	Saluen			
Tagliamento	Schat-el-			
Terek	Arab			
Tiber	Sefid Rud			
Ticino	Seihun			
Toce	Selenga			
Wardar	Siga (Borneo)			
Weichsel	Si-kiang			
Wolga	Sittang			
	Song-ka			
	Syr-Darja			
	Tong-kiang			
	Ural			
	Yang-tze-kiang			

Die in dieser Tabelle angeführten 143 deltabildenden grösseren Flüsse vertheilen sich demnach in folgender Weise auf die *einzelnen Erdtheile*; es entfallen

auf Europa . . . . .	54
„ Asien . . . . .	56
„ Amerika . . . . .	17
„ Afrika . . . . .	12
„ Australien und Polynesian . . . . .	4

Diese sehr ungleichmässige Vertheilung der Deltaflüsse auf die verschiedenen Erdtheile zeigt deutlich, wie wenig erschöpfend die vorstehende Zusammenstellung sein wird; — sie entspricht eben nur dem augenblicklichen Standpunkte unserer Kenntnisse von den betreffenden Erdräumen. In Europa und Asien, den am genauesten erforschten Continental-Gebieten, zählt man am meisten Flüsse mit Deltas, weitaus die wenigsten in Australien, über welches auch die spärlichsten einschlägigen Berichte zu Gebote stehen.

Von grösserer Wichtigkeit ist das *numerische Verhältniss der Deltaflüsse gegenüber den nicht deltabildenden Gewässern*. Einer darauf zielenden Vergleichung legen wir die tabellarische Übersicht der Ströme zu Grunde, welche *A. v. Kloeden* in seinem „Handbuch der Erdkunde“ <sup>1)</sup> giebt. Von 171 in derselben aufgeführten, selbstständigen Flüssen, muss es bei 26 wegen Mangels einschlägiger Beschreibungen in der zu Gebote stehenden Literatur zweifelhaft gelassen werden, ob dieselben ihre Sedimente an der Mündung zu Deltas aufschichten oder nicht. Von den übrigen von Kloeden aufgezählten 145 *Wassersystemen* aber besitzen 70 ein *Mündungs-Delta*, 75 dagegen münden ohne Deltas zu bilden in die zugehörigen See- oder Meeresbecken aus. Die Zahl der beiden Flussgattungen nähert sich demnach einander sehr, die deltabauenden Gewässer stehen nur wenig hinter denen zurück, welche diese landschaffende Thätigkeit nicht ausüben.

So gestaltet sich das Verhältniss, wenn, wie bei dieser Vergleichung geschehen, die *Gesamtheit* der in jener Tabelle aufgezählten unter einander sehr ungleichwerthigen Flüsse bis herab auf kleinere Gewässer von der Bedeutung etwa der Pommer'schen und Preussischen Küstenflüsse berück-

<sup>1)</sup> 3. Aufl. 1873, I, S. 538 ff.

sichtigt wird. Classificirt man aber diese Ströme *ihrer Grösse nach* in einzelne Unterabtheilungen, so zeigt sich innerhalb und beim gegenseitigen Vergleiche derselben ein höchst auffälliger Unterschied in dem Verhältniss zwischen deltabildenden und deltafreien Flüssen. Es besitzen nämlich von den Flüssen mit einer Stromlänge von

	über 200 geogr. Meil.	200—100 geogr. M.	100—50 geogr. M.	unter 50 geogr. M.
Delta-mündungen . . . . .	26	22	8	14
Offene Mündungen . . . . .	13	13	21	28
	über 100 geogr. M.		unter 100 geogr. M.	
Delta-Mündungen . . . . .	48		22	
Offene Mündungen . . . . .	26		49	

Während sich also unter den Strömen von über 100 geogr. Meilen Länge des Laufes nahezu doppelt so viel deltabildende befinden als solche mit offener Flussmündung, kehrt sich diess Verhältniss bei den Gewässern mit einer Stromlänge von unter 100 geogr. Meilen gerade um, hier übertreffen die deltafreien Flüsse die deltabauenden um das Doppelte.

Die in der oben gegebenen tabellarischen Übersicht aufgeführten Deltaflüsse *gruppiren sich, je nachdem sie in Meeresbecken oder in Binnensee'n ausmünden*, in folgender Weise: es bauen ihre Deltas auf

	in Meere.	in Binnensee'n.
In Europa . . . . .	38	16
„ Asien . . . . .	42	14
„ Afrika . . . . .	11	1
„ Amerika . . . . .	15	2
„ Australien und Polynesian . . . . .	4	—
Überhaupt . . . . .	110	33

Von den dem *Meere* zufließenden 110 Deltaströmen münden

	an Küsten des offenen Meeres.	an Küsten von Binnenseen.
In Europa . . . . .	5	33
„ Asien . . . . .	22	20
„ Afrika . . . . .	9	2
„ Amerika . . . . .	5	10
„ Australien und Polynesian . . . . .	4	—
Überhaupt . . . . .	45	65

Von obigen 33 *Binnensee'n-Deltas* entfallen

	auf See'n mit Abfluss.	auf See'n ohne Abfluss.
In Europa . . . . .	13	3
„ Asien . . . . .	2	12
„ Afrika . . . . .	—	1
„ Amerika . . . . .	2	—
„ Australien und Polynesian . . . . .	—	—
Überhaupt . . . . .	17	16

In der *geographischen Verbreitung* der Deltas (vergl. Taf. II) glaubte *Carl Ritter* <sup>1)</sup> eine gewisse Gesetzmässig-

<sup>1)</sup> Erdkunde I. Theil, 1. Buch, S. 85.

keit in dem Sinne zu erkennen, dass solche Flussschwemmungen den nördlichen Theilen der Festländer fehlen sollten; an ihrer Statt seien meist noch nicht gefüllte, weite Mündungen, „negative Deltas“ vorhanden, so am Ob und Jenissei, am Columbia-Fluss und St. Lorenz-Strom, am Amur und Nelson. War aber schon *Al. v. Hoff* überzeugt<sup>1)</sup>, „dass Norden und Süden an diesem Phänomen ganz unschuldig sind“, so hat in der Folge die Erweiterung der geographischen Kenntnisse von den Gestaden der arktischen Meere dargethan, dass diese Deltabildungen eben so wenig vermissen lassen wie andere Küsten: Lena, Jana, Indigirka, Petschora, Mackenzie- und Yukon-River besitzen ausgedehnte Mündungs-Deltas. Dahingegen macht sich das Fehlen von Schwemmlandbildungen, wie es Carl Ritter im Norden der Erde vermuthete, gerade entgegengesetzt bei allen Flüssen der am weitesten nach Süden vorgestreckten Theile der Festlande geltend. Der Murray und Schwanenfluss in Australien, der Limpopo, Oranjefluss und Cunene Süd-Afrika's, der Rio Colorado, Rio Negro, Rio Chupat und Desire an der Patagonischen Ostküste — alle erreichen sie das Meer, ohne die dem Innern des Landes entführten Sedimente zum Aufbau eines Mündungs-Delta's zu verwenden.

Bedeutungsvoller aber offenbart sich eine gewisse *Gesetzmässigkeit* in der Verbreitung der an den Meeresküsten gelegenen Deltas darin, dass dieselben fast durchweg auf ganz bestimmte Küstenstriche concentrirt sind. An diesen sind die Mündungen aller oder doch der meisten grösseren Flüsse durch vorgelagerte Deltas ausgezeichnet, während man solche an anderen weiten Küstenstrecken vergebens sucht; hier stellen sich vielmehr die Flussmündungen als weit geöffnete trichter- oder schlauchförmige Einkerbungen der Küste dar.

Durch die beigefügte Karte (Taf. II), auf welcher die Verbreitung der Deltas zur Darstellung gebracht ist, gelangt das strichweise Auftreten dieser Gebilde zum unverkennbarsten Ausdruck. Es ist besonders scharf ausgeprägt auf dem Festlande von *Afrika*, dessen Küsten man nach der Gestaltung der Mündungen der Hauptflüsse in 5 Abschnitte zergliedern kann:

- 1) *Küsten von Algier und Marokko* mit wenig erweiterten Flussmündungen, ohne vorgelagerte Deltas.
- 2) *Küsten von Senegambien und der Sierra Leone*; die zum Theil vielfach verästelten Mündungen sind tief eingeschnitten und trichterförmig erweitert.
- 3) *Westliche Deltaküste* mit den Deltas des Niger, Djamur, Balimba, Ogowe und Congo.
- 4) *Küste von Süd-Afrika* mit engen deltafreien Flussmündungen (Quanza, Cunene, Oranje, Limpopo).
- 5) *Östliche Deltaküste* von der Mündung des Zambesi bis

<sup>1)</sup> *Gesch. der nat. Veränd. der Erdb. I, S. 230.*

zu der des Nil mit den Deltas des Zambesi, Rovuma, Lufidschi, Barkah, Nil. Von den bedeutenderen Flüssen dieser Küste macht nur der Djuba eine Ausnahme, indem er ohne ein Delta zu bilden in den Indischen Ocean einfließt.

Nicht minder scharf tritt das Gebundensein der Deltabildungen an bestimmte Küstenzonen bei den *Asiatischen* Flüssen hervor. Während sich im Osten der isolirten Deltas des Schat-el-Arab und des Indus der Mhye, Nerbadda und Taphy durch tief eingeschnittene Mündungstrichter in den Busen von Cambay ergiessen, beginnt jenseit des Kap Comorin eine ausgeprägte „*Deltaküste*“, an welcher sich in sonst kaum wiederkehrender Regelmässigkeit eine Anzahl der grössten Deltas dicht zusammendrängen. In ununterbrochener Folge reihen sich hier an einander die Deltas des Colerun, Kistna, Godavery, Mahanaddy, Ganges, Bramaputra, Iravaddy, Sittang, Saluen, des Me-nam, Mek-hong, Song-ka, Si-kiang, Tong-kiang und Han-kiang an der Südküste China's. Jetzt aber ändert sich der Charakter der Küste, von hier an fehlen die deren Auszackungen ausgleichenden Schwemmland-Anlagerungen, das Gebirge fällt unmittelbar ins Meer ab, tiefe Buchten schneiden in das Land ein, und in ihrem Hintergrunde münden die Flüsse, ohne den Meeresspiegel überragende Alluvionen abzusetzen<sup>1)</sup>. So gestaltet zieht sich die Küste bis zum Busen von Hangtscheu, um sich hier wiederum an eine bis zum Nordgestade des Golfes von Pe-tschi-li reichende Deltaküste anzuschliessen, welche den Anschwemmungen namentlich des Yang-tze-kiang, Hwang-ho, Pei-ho und Lan-ho ihre Entstehung verdankt. Mit der Halbinsel Corea beginnt dann von Neuem eine deltalose Küstenzone, welche das ganze Nordost-Asiatische Litoral umfasst und erst an den Zuflüssen des Eismeeress ihren Abschluss findet. Das Anschwemmungsgebiet der Kolyma eröffnet hier wieder eine Reihe von Deltas, welcher ausserdem diejenigen der Indigirka, Jana und Lena angehören, an die sich dann das West-Sibirische Küstengebiet anschliesst, in welchem Chatanga, Jenissei<sup>2)</sup> und Ob mit deltafreien, weitgeöffneten, schlauchförmigen Mündungen dem arktischen Meere zufließen.

Eine eben so geregelte Verbreitung der Deltas ist auch an anderen Küstengebieten nicht zu verkennen. So in *Amerika*, wo sowohl die östlichen Küsten Nord-Amerika's als auch die Atlantischen Gestade Süd-Amerika's mit Ausnahme des kleinen Anschwemmungsgebildes des Parana im Hintergrund des La Plata-Beckens, vollständig deltafrei sind, während das beiderseitig in diese Flügel auslaufende tief

<sup>1)</sup> F. v. Richthofen: *Zeitschr. d. deutschen geol. Ges.* 1874, S. 957.

<sup>2)</sup> H. Seebohm (*Proc. of the R. geogr. Soc.* 1878, März) bezeichnet die Inselbildungen im Hintergrunde der Mündungsbucht des Jenissei als das Delta des letzteren.

eingebuchtete Mittelstück des östlichen Litorals, also die Küsten des Busens von Mexiko und des Caraibischen Meeres mit einer ganzen Reihe von Deltas besetzt ist, welche im Norden mit dem Delta des Appalachicola beginnt und im Süden bis zu demjenigen des Orinoco reicht.

In *Europa* ist an den weitausgedehnten Küstengebieten Skandinaviens, des nordwestlichen Deutschlands, der Britischen Inseln, bis zur Strasse von Gibraltar der Rhein der einzige Fluss, dessen Mündung durch ein Delta ausgezeichnet ist, und auch dieses verdankt seinen Fortbestand nur dem Schutze künstlich aufgeführter Deichanlagen. Anders im *Süden Europa's*. Von der Gesamtsumme der Deltas, welche den Meeresküsten Europa's zukommen, gehören 79 Prozent, also 30 Deltas dem Litoral des *Mittel-Meeres* vom Ebro bis zum Pontischen Kuban an, und wenn an den Nordgestaden von Europa Deltas zu den Ausnahmen gehören, so gilt diess hier von offenen, trichterförmigen Mündungen, wie sie nur zwei Flüsse, die Kerka in Dalmatien und der Bug am Schwarzen Meere besitzen.

Eben so wie in der Vertheilung der Deltas an den Meeresküsten, so lässt sich eine gewisse Gesetzmässigkeit auch in dem Auftreten der *Binnensee-Deltas* nicht verkennen, eine Gesetzmässigkeit, welche darin besteht, dass *bei zahlreichen See'n alle, bei anderen aber gar keine Zuflüsse Deltas bilden.*

Für die Umkränzung eines Binnensee's durch Deltas bietet das *Kaspische Meer* das augenfälligste Beispiel. Ausnahmslos bauen seine sämtlichen Zuflüsse: Wolga, Terek, Kur, Sefid-Rud, Atrek, Emba, Ural mehr oder minder umfangreiche Deltas in das Seebecken hinaus und auch an der Stelle, wo dereinst der Oxus seine Gewässer dem Kaspischen Meere zuführte, haben dieselben in einem ausgedehnten Delta die Spuren ihrer einstigen Thätigkeit zurückgelassen. Dem *Balchasch-See* fliessen vier grössere Flüsse zu: Ili, Lepsa, Karatal und Aksu, und alle vier rücken umfangreiche Deltas in den dadurch halbmondförmig verschmälerten und mehr und mehr beengten See vor, eben so wie sich auch den Mündungen beider den *Aralsee* speisenden Zuflüsse, des Syr-Darja und Amu-Darja weite Deltaniederungen anlagern.

Auch in mehreren *Schweizer See'n*, namentlich dem *Genfer* und *Bodensee* sind es nicht allein die sie durchfliessenden Hauptströme, welche Deltas vorbauen, auch die kleineren Gebirgszuflüsse sichten Schutt-Deltas an ihren Mündungen auf.

Solchen See'n gegenüber lassen andere Binnengewässer, wie vor allen die *vier grossen Nord-Amerikanischen Seebecken* östlich von L. Superior, solche Anschwemmungsgebilde der zahlreichen, wenn auch unbedeutenden Flüsse vermissen, und nur in dem kleinen, zwischen Huron- und Erie-See

gelegenen *St. Clair-See* begegnet man an der Ausmündung des gleichnamigen Flusses einem deutlich entwickelten Delta. Im *Oberen See* dagegen fehlen Anzeichen von Landbildung seitens der Flüsse nicht ganz. So breiten sich an der Mündung des *St. Louis River*, des wichtigsten Zuflusses von Westen, im Innern einer Lagune, die durch eine Nehrung vom See getrennt ist, sumpfige Niederungen aus, welche „nach Lage und Beschaffenheit als Produkte der ausfüllenden Thätigkeit des Flusses erscheinen<sup>1)</sup>. Solche flache Alluvialniederungen, von den Amerikanern „flats“ genannt, finden sich auch an mehreren anderen Flussmündungen und werden von *E. Desor*, eben so wie die „marshes“, welche manche Küstenstrecken des Lake Superior umsäumen, auf Flussanschwemmungen zurückgeführt<sup>2)</sup>.

Ganz deltafrei scheinen, so weit die bisherigen Aufnahmen einen Schluss gestatten, die *Quellsee'n des Nil*, der Mwutan- und Ukerewa-See im Innern Afrika's zu sein.

## 11. Classification der Deltas.

Das natürlichste Kriterium einer *Classification* der Deltas bietet sich in deren Lage entweder an der Küste des Meeres oder an dem Ufer eines Binnensee's.

Danach lassen sich die Deltas, wie folgt, classificiren:

- I. Deltas an den Mündungen von Zuflüssen des Meeres.
- II. Deltas an den Mündungen der Zuflüsse von Binnensee'n und zwar:

- a) von See'n, welche einen Abfluss besitzen,
- b) von See'n ohne Abfluss.

Diese Classification stimmt mit der von früheren Autoren namentlich von *A. v. Humboldt* und *Sir Charles Lyell* acceptirten fast vollkommen überein. Wenn ersterer drei Arten von Deltas<sup>3)</sup>, nämlich: 1) *oceanische Deltas*, 2) *Binnen-Deltas*, 3) *Deltas der Zuflüsse* unterscheidet, so sind oben<sup>4)</sup> die Gründe dargelegt worden, weshalb die letztgenannte Gruppe, diejenige der Deltas der Zuflüsse, als der jetzt gebräuchlichen Deltadefinition nicht entsprechend in dieser Arbeit ausser Berücksichtigung geblieben ist. Den beiden übrig bleibenden Gruppen *A. v. Humboldt's* schliessen sich die oben aufgeführten zwei Hauptabtheilungen an.

*Lyell* classificirt die Deltas unter Zugrundelegung des Unterschiedes ihrer organischen Einschlüsse zunächst ebenfalls in zwei Hauptgruppen: 1) *Deltas in Binnensee'n* und 2) *Deltas an den Meeresküsten*, und trennt letztere wiederum

<sup>1)</sup> Fr. Ratzel: Die Verein. Staaten von Nord-Amerika 1878. I, S. 243.

<sup>2)</sup> Rep. of the Geol. of the L. Superior Land District by F. W. Foster and J. D. Whitney 1851, P. II, S. 257 und 258.

<sup>3)</sup> Vergl. v. Kloeden: Handb. der Erdk. I, S. 576.

<sup>4)</sup> s. oben S. 7.

a) in *Deltas an Küsten von Binnenmeeren*, wo die Gezeiten nur unerheblichen Einfluss ausüben, und b) in solche an *Oceanischen Küsten*.

Ob die Einwirkung von Ebbe und Fluth ein derartiges

Eintheilungs-Kriterium abgeben kann, werden die weiter unten folgenden Untersuchungen über den Einfluss jenes Phänomens auf die Deltabildung zeigen.

## II. Entstehungsweise der Deltas. Ursachen und Bedingungen ihrer Bildung.

Alle fließenden Gewässer in Bächen, Flüssen und Strömen führen auf ihrem Lauf nach den sie aufnehmenden See- oder Meeresbecken erdige Bestandtheile mit sich. Feinere Sinkstoffe, Schlamm- und Schlicktheilchen werden schwebend als Flusstrübe stromabwärts getragen, während die gröberen und schwereren Sande, Kiese und Gerölle längs des Bodens fortgerollt und auf der geneigten Sohle des Flussbettes fortgeschoben werden. Die *Menge* des Materiales, welches auf diese Weise von den fließenden Gewässern mitgeführt wird, richtet sich nach der Grösse und Oberflächenbeschaffenheit des Entwässerungs- und Erosionsgebietes, so wie nach dessen geologischer Zusammensetzung; von der Stromgeschwindigkeit der Flüsse, also von dem Gefälle und der Wassermasse derselben hängt es ab, wie viel von dem aus dem Innern der Festlande entführten Gesteinsmaterial bis zur Mündung hinabgelangt.

Man hat versucht die *Transportkraft* des Wassers zu bestimmen und hat gefunden, dass Sedimenttheilchen und Gerölle erst bei folgenden Geschwindigkeiten unbeweglich auf dem Boden des Flussbettes liegen bleiben<sup>1)</sup>:

Feiner Schlamm . . . . .	bei 3 Zoll	Geschwindigkeit pr. Secunde.
Feiner Sand . . . . .	6 "	" "
Grober und eckiger Sand . . . . .	8 "	" "
Abgerundete Kiesel von		
1 Zoll Durchmesser . . . . .	2 Fuss	" "
Eckige, eigrosse Kiesel . . . . .	3 "	" "

Da somit eine bestimmte Stromgeschwindigkeit erforderlich ist, um Sedimente von gewisser Grösse und Schwere forttransportiren zu können, so muss jede *Verminderung* der ersteren zur Folge haben, dass die schwersten und grössten der bis dahin mitgeführten Sinkstoffe zu Boden fallen und hier zur Ablagerung gelangen. Eine solche Verringerung der Stromgeschwindigkeit vollzieht sich an der *Mündung* eines jeden Flusses; hier treten die Flussufer auseinander und die bisher von ihnen eingeengte Wassermasse breitet sich über ein grösseres Areal aus, hier treffen die fließenden Gewässer auf die gegen die Flussmündung andrängende Wassermasse des See- oder Meeresbeckens, es vollzieht sich die Vermischung der beiden in verschiedenem Bewegungszustande befindlichen Gewässer.

<sup>1)</sup> C. Vogt: Lehrb. der Geologie. II, 1871, S. 105.

Während kleinere Flüsse und Bäche nach kurzem Lauf über ihre Mündung hinaus in dem sie aufnehmenden Gewässer aufgehen, behalten grosse Ströme noch auf weite Strecken jenseit ihrer Mündung ihre Selbstständigkeit bis zu einem gewissen Grade bei und fließen, wie vorher zwischen den Ufern des festen Landes, so jetzt beiderseits von Meereswasser begrenzt, oft meilenweit in die offene See hinaus. So ist die Strömung des *Amazonas* noch 50 Deutsche Meilen von der Küste zu beobachten<sup>1)</sup>. Vor der Mündung des *Congo* ist das Wasser noch auf 14 Englische Meilen Entfernung vollkommen süß und von lehmbräuner Farbe, noch 40 Meilen seewärts trifft man auf brakisches und durch schmutzige Farbe vom Meere abstechendes Wasser und noch 300 Meilen von der Küste soll die Strömung des Flusses bemerkbar sein<sup>2)</sup>.

Dass die Flussgewässer auf so bedeutende Entfernungen in die offene See hinaus gelangen können, ohne sich vollständig mit dem Meerwasser zu vermischen, hat seinen Grund zunächst in der Stosskraft des Flusses, sodann aber auch in der verschiedenen chemischen Zusammensetzung beider Flüssigkeiten und in dem darauf beruhenden Unterschied des spezifischen Gewichtes.

Wenn ein Fluss in einen Süßwassersee einmündet, so steht einer schnellen Vermischung beider Gewässer, der des Flusses und derjenigen des See's, nichts als die Stromgeschwindigkeit des ersteren entgegen, welche die Flusswasser noch eine Strecke weit als geschlossene, selbstständige Masse in den See hineinstösst. Anders da, wo sich ein Fluss in einen salzigen Binnensee oder in das Meer ergiesst. Das spezifische Gewicht des Oceans beträgt im Mittel etwa 1,028<sup>3)</sup>, ist jedoch je nach besonderen physikalischen Bedingungen gewissen Schwankungen unterworfen. Seine Höhe differirt deshalb sowohl in den einzelnen Theilen des Weltmeeres, wie in dessen verschiedenen Tiefen. Im Allgemeinen beträgt es beispielsweise in der Süd-See 1,02919,

<sup>1)</sup> D'Escargue de Lauture: Bullet. de la soc. de Géogr. 1862, p. 283. G. Bischof: Lehrb. d. chem. u. phys. Geol. II, S. 1605.

<sup>2)</sup> Der untere Congo: Peterm. Mitth. 1877, S. 302.

<sup>3)</sup> Reclus-Ule: Die Erde &c. II, S. 19.

im nördlichen Ocean 1,02757, am Äquator 1,02777, im Mittelmeere 1,0293 und im Schwarzen Meere 1,01418<sup>1)</sup>.

Die Folge des Unterschiedes in der Dichtigkeit des süßen Flusswassers und des salzigen Meerwassers ist, dass sich das erstere bei seinem Ausfluss in die See in einer nach unten mehr oder weniger scharf abgegrenzten Schicht über dem Salzwasser ausbreitet.

An den Mündungen von Flüssen in salzige Binnen-see'n oder in Meere, welche durch die Gezeitenbewegung nur in geringem Grade berührt werden, ist die Abgrenzung der Süßwasserschicht gegen das unterlagernde Salzwasser eine sehr scharfe. Diess ist u. a. bei den *Dalmatinischen* und *Nord-Adriatischen* Küstenflüssen der Fall<sup>2)</sup>. Das leichtere Flusswasser bedeckt hier rings um die Mündungen das Meerwasser. Die Mächtigkeit dieser Süßwasserschicht nimmt ganz allmählich nach der offenen See zu ab, so dass der vertikale Längsschnitt derselben die Gestalt eines langgestreckten, sich nach aussen allmählich zuschärfenden Keiles besitzt, dessen Länge mehr als 700 Mal grösser ist als seine Mächtigkeit an der Mündungsstelle. Das unter dieser Schicht ruhende Meerwasser schiebt sich in umgekehrter Richtung keilförmig unter jene landeinwärts ein. Die vertikalen, wie die horizontalen Dimensionen der Süßwasserdecke sind abhängig von dem Volumen des von dem Flusse zugeführten Süßwassers, von der Tiefe des Flussbettes und namentlich von der Stromgeschwindigkeit des austretenden Flusswassers.

An anderen Flüssen sind ähnliche Erscheinungen beobachtet worden. So breitet sich in dem *La Plata-Becken* das schlammige Flusswasser in einer dünnen Schicht über dem Meere aus, dessen blaugrüne Gewässer im Kielwasser der Schiffe als ein sich scharf von der beiderseitigen trüben Flüssigkeit abhebender Streifen hervortritt<sup>3)</sup>. In ähnlicher Weise überfluthen an den *Rhône*-Mündungen die mit Schlammtheilchen belasteten Flusswasser bis zum Kap Couronne in einer zuletzt nur wenige Decimeter dicken Schicht die klaren Gewässer des Mittelmeeres<sup>4)</sup>. Am schärfsten aber macht sich die Scheidung von Fluss- und Meerwasser an den Mündungen des *Mississippi* geltend. In einer nach dem offenen Meere zu immer dünner werdenden Schicht fliesst das schlammige, gelbfarbige Flusswasser, „wie Öl obenauf schwimmend“, über das Meerwasser hinweg, bis sich endlich diese hautartige Oberflächenschicht in lauter kleinere Partien auflöst, die „gleichsam als Süß-

wasserinseln“, umringt von Seewasser und von diesem durch die Färbung scharf unterschieden, bei Hochwasser bis auf 18 nautische Meilen Entfernung von der Mündung hinausgeführt werden, um dann allmählich von dem sich an ihrer Peripherie wie an einer Sandbank brechenden Meerwasser verschlungen zu werden<sup>1)</sup>.

Schneller als in diesen Fällen geht die Vermischung von Fluss- und Seewasser an den Mündungen in seichte Meeresbecken vor sich, welche unter dem Einfluss einer bis auf den Grund der See wirksamen, heftigen Gezeitenströmung stehen, wie diess in der Nordsee vor der Mündung der Elbe der Fall ist<sup>2)</sup>. Hier zeigt sich nicht, wie bei den Adriatischen Flüssen jene scharfe Scheidung in eine obere Schicht von Süßwasser und eine untere von Meerwasser, sondern es mengen sich beide zu einem von der Oberfläche bis auf den Seeboden reichenden brackischen Wasser, dessen Salzgehalt und spezifisches Gewicht gegen die hohe See allmählich zunimmt. Jedoch erfolgt auch in einem solchen Falle die Zunahme der Dichtigkeit, also des Salzgehaltes in den oberflächlichen Niveaus langsamer als in grösserer Tiefe, es macht sich mit anderen Worten auch hier gewissermaassen das Schwimmen des wenn auch bereits gemischten Flusswassers auf der Oberfläche des Meerwassers geltend. Erst unweit Helgoland erreicht man das reine Nordsee-Wasser mit einem spezifischen Gewicht von 1,023 bis 1,024.

Bei noch grösseren Strömen gelangt, trotz starker Ebbe und Fluth an ihrer Mündung, das durch Aussüssung des Meeres von Seiten der Flüsse erzeugte Brackwasser noch viel weiter in die offene See hinaus. So am *Amazonas*, dessen freilich bereits stark mit Salzwasser gemengte Gewässer nach Sabine noch in einer Entfernung von 50 Englischen Meilen von der Küste ein spezifisches Gewicht von nur 1,024 erreichten, während das Meerwasser seitwärts davon ein solches von 1,026 besass.

So weit aber auch in diesen Fällen die Gewässer des Flusses und mit ihnen die feinsten Schlamm- und Thontheilchen über die Mündungen hinaus in das offene Meer geführt werden, immer muss an der Mündung selbst in Folge der dort eintretenden Verminderung der Stromgeschwindigkeit ein Theil der von den Flüssen dem Innern der Festlande entführten und stromabwärts bewegten Sedimentmassen zu Boden sinken. Dieser Prozess ist um so erheblicher, je bedeutender und plötzlicher die Verlangsamung der Stromgeschwindigkeit an der Mündung ist.

<sup>1)</sup> Dana: A. Manual of Geol. 2. ed., p. 457.

<sup>2)</sup> Jos. R. Lorenz: Brackwasser-Studien. Sitzb. der math.-naturw. Classe der K. Academie der Wissensch. zu Wien. XLVIII, II, 1863, S. 602 u. 1866 LIV, II, S. 6.

<sup>3)</sup> Ch. Darwin: Naturw. Reisen I, S. 43.

<sup>4)</sup> Rapport sur l'état de l'embouchure du Rhône en 1872 par A. Germain. Bullet. de la soc. de Géogr. Nov. 1873, p. 470.

Credner, Die Deltas.

<sup>1)</sup> J. G. Kohl: Die Münd. des Miss. Zeitschr. für allg. Erdkunde. Berlin 1862, XIII, S. 161.

Reclus-Ule: Die Erde &c. I, S. 305.

<sup>2)</sup> Lorenz: Brackwasser-Studien I. c. S. 602.

Die *Korngrösse* des Materiales, welches in dieser Weise an den Flussmündungen aufgeschichtet wird, ob es also aus Schlamm und Thon, oder Sand, Kies und Geröllen besteht, hängt von der Länge des Flusslaufes und von dem Grade seiner Stromgeschwindigkeit ab. Zugleich aber vollzieht sich bei der Ablagerung des Materiales an jeder Mündung in Folge der ganz allmählichen Verminderung der Stromgeschwindigkeit eine *Sonderung der mitgeführten Sedimente nach ihrer Schwere und Korngrösse*. Die gröberen Bestandtheile setzen sich der Mündung zunächst ab, weiter hinaus sinken die feineren Sand- und Schlammtheilchen zu Boden. Diese Regelmässigkeit in der Vertheilung der Sinkstoffe über den Seeboden vor den Flussmündungen wird in vielen Fällen dadurch gestört, dass die Transportfähigkeit ein und desselben Flusses periodischen Schwankungen unterworfen ist. Jede Veränderung seines Wasserstandes bewirkt gleichzeitig eine solche der Stromgeschwindigkeit und mit dieser ein Schwanken der Bewegungskraft des Flusses. So werden bei jedem Hochwasser die Schutt- und Schlammmassen in dem Flussbette weiter stromabwärts transportirt als bei niedrigem Wasserstande. Es gelangen deshalb Schlammtheilchen, die sich bei letzterem an der Mündung selbst absetzten, jetzt mit Eintritt des Hochwassers weit über diese in das offene Meer hinaus, während gröberes Material, welches bei niedrigem Wasser bereits oberhalb der Mündung zu Boden sank, jetzt bis zu derselben hinabgeschafft wird und sich über den vorher niedergeschlagenen feinkörnigeren Massen ablagert. So entsteht durch vielfache Wiederholung dieses Vorganges eine mannigfaltige Schichtenreihe von abwechselnden Lagen feineren und gröberen Materiales. Am schärfsten gelangt diese Verschiedenheit der über einander gelagerten Straten an den Mündungen von Gebirgsflüssen zum Ausdruck, weil bei ihnen der Wechsel zwischen Hoch- und Niedrigwasser am beträchtlichsten und am häufigsten ist und weil die gröberen Geschiebe bei der Kürze des Flusslaufes nur wenig zerkleinert zur Mündung gelangen.

Bei Flüssen dagegen, die einen langen Unterlauf und dabei ein geringes Gefälle besitzen, vermögen selbst bedeutende Anschwellungen nicht denselben die Fähigkeit zu verleihen, gröbere Bestandtheile bis zur Mündung zu transportiren. So führt der *Nil* in Unter-Ägypten selbst bei Hochwasser nur die feinsten Schlamm- und Sandtheilchen mit sich, der *Mississippi* lässt eben so nur diese zur Mündung gelangen, der *Ganges* vermag Kiese und Gerölle nur bis 400 Englische Meilen oberhalb des Golfes von Bengalen fortzuschaffen<sup>1)</sup>, dann erlischt seine Kraft sie weiter zu transportiren, und von dort aus sind auch seine Gewässer

nur noch mit feinen Schlick- und Schlammtheilchen belastet. Im *Rhein* findet man noch bei Cöln<sup>1)</sup>, im *Po* an der Mündung der Trebbia, westlich von Piacenza<sup>2)</sup> vereinzelte faustgrosse Gerölle, weiter abwärts aber führen beide Flüsse nur noch feinen Schlamm und Sand mit sich. Ist aber auch der Unterschied in der Korngrösse derartigen an den Fluss-Mündungen abgelagerten Materiales nur ein geringer, so macht sich doch auch in ihnen durch die Wechsellagerung von Sand- und Schlammmassen eine *Schichtung* der Flussabsätze mehr oder minder deutlich geltend. Sie wird noch schärfer hervorgehoben durch Einschaltung an vegetabilischem Materiale oder an Muschelresten reicher Lagen und durch verschiedene Färbung der einzelnen Schichten. Diese letztere stellt sich namentlich dort ein, wo die Anschwellung des Hauptstromes in etwas andere Zeiten fällt wie die einzelner seiner Nebenflüsse. Solches ist beim *Niger* und *Binue* der Fall<sup>3)</sup>, eben so beim *Nil*, welcher in der ersten Zeit seiner Hochwasserperiode grün gefärbt erscheint, in Folge von zahllosen Pflanzentheilchen, welche das Wasser des Bahr-el-Abiad mit sich führt, während er 20 bis 30 Tage später durch die nun erst aus den Abyssinischen Zuflüssen im Unterlauf ankommenden Gewässer eine rothe Färbung erhält<sup>4)</sup>. Auch Schwankungen im Gehalte des Flusswassers an chemisch aufgelösten Mineralsubstanzen haben einen nicht zu verkennenden Einfluss auf die Ausbildung eines lagenweise mit substantieller Verschiedenheit verknüpften Schichtenwechsels der fluviatilen Absätze, da die Menge der im Flusswasser aufgelösten Bestandtheile nahezu im umgekehrten Verhältnisse zu derjenigen der schwebenden Theile steht<sup>5)</sup>, also mit der Abnahme der Wassermasse des Flusses wächst und bei Hochwasser am geringsten ist.

Die periodische Wiederholung aller derartiger Vorgänge würde zur Folge haben, dass in den von den Flüssen an ihren Mündungen bewirkten Ablagerungen eine grosse *Regelmässigkeit der Schichtungsverhältnisse* zum Ausdruck gelangte, wenn nicht durch Strömungen des Meeres, durch Sturmfluthen und durch die Gezeitenbewegung fortdauernd *Störungen* hervorgerufen und die Stromrinnen und deren *Mündungsstellen* wiederholt verlegt würden, wodurch der Absatz der Sedimente bald von dem, bald von jenem Punkte aus erfolgt. So ist zwar Wechsellagerung und Schichtung in allen jenen Flussabsätzen zur Ausbildung gelangt, aber die einzelnen Lagen sind unregelmässig gestaltet, ihre Erstreckung ist meist nur eine geringe, ihre Aufein-

<sup>1)</sup> C. Vogt: Lehrb. der Geologie &c. 1871, II, S. 106.

<sup>2)</sup> Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII, ed., I, p. 422.

<sup>3)</sup> H. Barth: Zeitschr. f. allgem. Erdk. 1863, S. 101—129.

<sup>4)</sup> v. Kloeden: Handb. der phys. Erdk. I, S. 548.

<sup>5)</sup> Bischof: Lehrb. der chem. u. phys. Geol. II, S. 1509 u. 1574. Herm. Credner: Elem. d. Geol. III. Aufl., S. 208.

<sup>1)</sup> De la Beche: A. Geol. Man. p. 75.

anderfolge weicht an den verschiedenen Punkten der Ablagerung vielfach von einander ab.

Unablässig setzt sich dieser Sedimentations-Prozess fort, keine Flussmündung ist davon ausgenommen, an jeder zeigen sich solche Aufschüttungen. Während dieselben nun aber bei einer Gruppe von Flussmündungen mehr und mehr in die Höhe wachsen, bis sie als Inseln über dem Seespiegel emportauchen und mit dem gleichzeitig von den Uferpartien vorrückenden Festlande vereinigt werden, um als neugebildeter Alluvialboden, als „Delta“, den Umfang des Festlandes auf Kosten des Meeres oder Binnensee's zu erweitern, tritt an einer anderen Gruppe von Flussmündungen ein Stillstand in dem Höhenwachstum der Anschwemmungen ein. Letztere erweitern sich zwar nach Breite und Länge, aber sie erheben sich nicht bis über den Wasserspiegel, sie bleiben unterseeisch, bilden Sandbänke, Untiefen und Barren. Wie die Deltas, nur ohne über der See sichtbar zu werden, erfüllen sie die trichterförmigen Mündungsbuchten zahlreicher Flüsse, oder lagern sich anderen an offener Meeresküste ausfliessenden Strömen vor, und sind ganz wie jene von einem, bei ihnen freilich unterseeischem Netzwerk von Wasserrinnen durchzogen. Sie gleichen den Deltas in ihren Umrissen, in ihrer Lage, Zusammensetzung und Entstehungsweise, aber ihre Entwicklung erfolgt wesentlich in einer anderen Richtung — ihr Höhenwachstum ist gehemmt, sie bleiben „submarine Deltas“<sup>1)</sup>.

Wo sich hingegen die Flussanschwemmungen als echte Deltas über den Seespiegel erheben, da vollzieht sich ihre Weiterentwicklung in dreifacher Weise: 1) durch seewärts gerichtetes Vorrücken des Aussenrandes des Alluviallandes, 2) durch Zuschüttung flacher Seebecken, welche durch ein ungleichmässiges Wachstum der Anschwemmungen im Innern des Deltagebietes zurückgeblieben sind und endlich 3) durch Erhöhung des neugebildeten Bodens.

Das Vorrücken des Aussenrandes erfolgt in den meisten Fällen durch Bildung von Inseln in der Verlängerung der Uferbänke der Mündungsarme und durch deren allmähliche Vergrößerung und Verknüpfung mit dem vorher entstandenen Alluviallande. Auf diesem Vorgange beruht namentlich das Wachstum der „Pässe“ des Mississippi, wie es auf dem beigefügten Kärtchen des Süd-West-Passes deutlich zu erkennen ist (Taf. I, Fig. 15). Zu beiden Seiten der Mündung bildet sich zuerst eine Anzahl kleiner Inseln, diese verschmelzen allmählich mit einander zu grösseren Inselkörpern, welche von dem äusseren Rand des Delta's durch einen zunächst breiten, im Laufe der Zeit sich mehr

und mehr verschmälernden Bayou getrennt sind, bis auch dieser ganz durch Anschwemmung ausgefüllt wird, wodurch sich die einstigen Inseln dem Festlande anschliessen<sup>1)</sup>. Bei dem Wachstum des Mississippi-Delta's scheinen die „Mudlumps“ eine wichtige Rolle zu spielen<sup>2)</sup>. Ihr Emportauchen, das immer 1 1/2 bis 5 Kilometer seitwärts von der Axe des Stromes vor den Mündungen der Pässe erfolgt<sup>3)</sup>, hat die Anhäufung von Flusssinkstoffen und dadurch die Bildung jener Inseln zur Folge, durch deren Anwachsen das Vorrücken der Pässe bewirkt wird.

In ganz ähnlicher Weise gewinnt an der Rhône-Mündung das Land immer mehr Herrschaft über das Meer, indem sich auch hier rechts und links vor derselben Schlamminseln, „theys“, bilden, die eine nach der anderen mit dem Festlande verwachsen<sup>4)</sup>. Auch am Ganges und Bramaputra, an der Wolga, am Kilia-Arm der Donau, am Dschihan in Cilicien und vielen anderen Flüssen vollzieht sich die Vergrößerung der Deltas durch das Emportauchen und Landfestwerden solcher insularer Gebilde. Gleichzeitig erfolgt aber das Deltawachstum durch direkte Schlammabsätze an dem Aussenrande selbst, zunächst nur zu beiden Seiten der einzelnen Mündungsarme, deren Ufer fransenartig verlängert werden (Delta des Atrato und des Hermos, einzelne Bayous des Mississippi u. a.), oder aber wenn durch Küstenströmungen eine Vertheilung der Sedimente auf grössere Strecken des Litorals bewirkt wird, an ausgedehnteren Theilen des Aussenrandes auch abseits der jeweiligen Mündungsstellen (Donau-Delta, Nord-Adriatisches Deltagebiet u. a.).

Ausser durch derartiges Vorrücken des Aussenrandes der Anschwemmungsgebiete vollzieht sich das Wachstum der Deltalandschaften durch Ausfüllung von See'n und Sümpfen, welche bei der Ablagerung der Schwemmlandmassen im Innern des neugebildeten Alluviallandes zurückgeblieben sind. Da der Absatz der Sedimente hauptsächlich in der Verlängerung der Flussufer erfolgt, so entstehen durch das lappen- oder fransenartige Vorwachsen derselben zwischen den einzelnen Mündungsarmen Einbuchtungen oder flache Becken, welche später durch einen Streifen von Schwemmland vom Meere geschieden worden sind. In sie ergiessen sich, wenn auch nur zur Hochwasserzeit, Seitenarme der Mündungskanäle und füllen sie allmählich durch Absetzung ihrer Sinkstoffe aus.

Diesen Zuschüttungsprozess beobachtet man sehr deut-

<sup>1)</sup> Als solche bezeichnet G. A. Lebour die Anschwemmungen an der Mündung z. B. der Themse, Seine und des Tay. (On the Deposits now forming in British Seas. Geolog. Magaz. 1875, S. 476.)

<sup>1)</sup> Vergl. E. W. Hilgard's Beschreibung der Uferbänke der Pässe: On the Geol. of the Delta &c. of the Miss. The Americ. Journ. 1871, I, p. 356.

<sup>2)</sup> ibidem p. 425 ff.

<sup>3)</sup> Fr. Ratzel: Die Verein. Staaten von Nord-Amerika I, S. 196.

<sup>4)</sup> E. Reclus: Nouv. Géogr. univ. II, p. 237 ff.

lich in dem Delta des Mississippi<sup>1)</sup>. Der Washa- und Grand-Lake, südwestlich und westlich von New Orleans, sind derartige durch das ungleichmässige Vorrücken des Deltarandes entstandene See'n. In sie, wie in die Barantaria Bai zwischen dem Hauptarm des Stromes und dem Bayou Lafourche münden kleinere, nur bei Hochwasser in Thätigkeit gesetzte Seitenarme des Mississippi ein, schieben umfangreiche Landzungen in dieselben vor, und verkleinern so deren Bereich zu Gunsten der landfest gewordenen Deltaoberfläche.

Ganz Ähnliches ist in den Deltagebieten der Aude in Süd-Frankreich und der Nord-Adriatischen Flüsse der Fall. Auch hier breiten sich seitwärts der die Flussufer wallartig umsäumenden Alluvialstreifen weite, flache Étangs und Lagunen aus, an deren Zuschüttung einzelne Arme hier der Aude, dort des Po, der Etsch und der Brenta beständig arbeiten. Nur durch umfangreiche Regulierungsarbeiten an den Zuflüssen sind die Lagunen von Venedig bisher vor einer gänzlichen Versandung behütet, und die Stadt vor einem ähnlichen Schicksal, wie es Ravenna betroffen, bewahrt geblieben; und eben so haben die Anwohner des See's von Comacchio nur durch Ablenkung sämtlicher Ströme, welche ihre Gewässer in denselben ergossen, die Ausfüllung ihres fischreichen Binnensee's verhindern können<sup>2)</sup>.

Gleichzeitig mit solchen Gebietserweiterungen der Deltas durch Vorrücken des Aussenrandes, so wie durch Ausfüllung und Zuschüttung von Seebecken und Lagunen erfolgt eine *Erhöhung des Deltabodens* durch Ablagerung von Sinkstoffen, welche durch Überfluthung der Niederungen über die Oberfläche der Deltas ausgebreitet werden. Grosse Areale fast aller Deltas sind in Folge ihrer geringen Erhebung über den Wasserspiegel solchen Überschwemmungen durch die Hochwasser der Flüsse ausgesetzt. Im unteren Mississippi veranlasst das Zusammentreffen einer raschen Schneeschmelze mit reichlichen Frühlingsregen durchschnittlich alle zwei Jahre erhebliche Anschwellungen des Flusses, durch welche die Wassermasse nahezu verdoppelt wird und weite Strecken des Delta's unter Wasser gesetzt werden<sup>3)</sup>. Das Nil-Delta wird alljährlich fast in seiner ganzen Ausdehnung von den schlammigen Fluthen des angeschwollenen Flusses bedeckt<sup>4)</sup>; im Delta der Donau ragen während der Frühjahrsüberschwemmungen nur einzelne Theile des Alluviallandes inselartig über die weite Wasserfläche hervor<sup>5)</sup>.

<sup>1)</sup> Vergl. die Karte des Miss. u. seiner Alluvial-Region im Atlas zu Grebenau: Theorie der Bewegung des Wassers. Taf. I.

<sup>2)</sup> C. Vogt: Lehrb. der Geologie II, S. 58.

<sup>3)</sup> Fr. Ratzel: Die Verein. Staaten von N.-Am. 1878, I, S. 194.

<sup>4)</sup> C. Vogt: Lehrb. der Geologie 1871, II, Taf. II.

<sup>5)</sup> Peterm. Mitth. 1856, S. 155.

Eben so werden die Deltas der Wolga<sup>1)</sup>, des Iravaddy<sup>2)</sup>, des Me-nam<sup>3)</sup>, des Ogowe<sup>4)</sup>, des Lufidschi<sup>5)</sup>, der Memel<sup>6)</sup> und vieler anderer Flüsse Jahr für Jahr auf mehr oder weniger weite Strecken überfluthet.

Die Wirkungen solcher Überschwemmungen äussern sich in verschiedener Form: an der einen Stelle wird von den Hochwassern der Boden der Deltaniederungen aufgerissen, und das lockere, schlammige Erdreich weggeführt, um an einer anderen Stelle wieder abgelagert zu werden. Auf diese Weise erleiden die Umrisse der Deltainseln gewisse Veränderungen, wie auch deren Oberfläche durch das Entstehen von neuen Flussläufen, von Lachen und Sümpfen eine andere Gestaltung erhält. Da sich aber die übertretenden Gewässer über weite Flächen ausbreiten, so erfolgt eine Verminderung der Stromgeschwindigkeit und es wird in Folge dessen ein Theil der von dem angeschwollenen Flüsse in erhöhter Menge mitgeführten Sedimente zum Absatz gelangen. Diess wird namentlich dann der Fall sein, wenn die Niederung wie im Donau-Delta oder in den Sandarbans des Ganges-Delta's von Schilfdickichten bedeckt ist, bei deren Durchströmen das Wasser einem Filtrationsprozess unterworfen ist, durch welchen die Hauptmasse der Sinkstoffe niedergeschlagen wird. Ganz ähnlich wirken auch Mangrove-Wälder, wie sie u. a. die Deltas des Niger und des Ogowe bedecken. Durch ihre vielfach verzweigten und verästelten Wurzelbildungen wird der Lauf des Wassers gehemmt und die Ablagerung von Schlamm- und Sandmassen gefördert<sup>7)</sup>. Mit den Sinkstoffen der Gewässer vermischen sich vegetabilische Bestandtheile und tragen mit dazu bei, den Boden der Deltaniederungen zu erhöhen. Indessen ist das Maass des durch derartige Vorgänge bewirkten Höhenwachsthumes der Deltaoberfläche nur ein ausserordentlich geringfügiges. Diess zeigt sich z. B. recht deutlich am Donau-Delta, welches trotz der seit einer Reihe von Jahrhunderten alljährlich wiederholten Überschwemmungen und der mit diesen verbundenen Schlammabsätze, und trotzdem sehr viele Generationen der Schilf-Vegetation abgestorben und zu Boden gesunken sind, noch heute wie vordem aus ganz niedrigem, sumpfigem und morastigem Terrain besteht.

Im Vorhergehenden ist gezeigt worden, in welcher Weise sich unter normalen Verhältnissen der Absatz der von den Flüssen mitgeführten Sinkstoffe beim Austritt in das Meer

<sup>1)</sup> K. E. v. Baer: Studien aus d. Geb. der Naturw. II, S. 148.

<sup>2)</sup> A. Bastian: Peterm. Mitth. 1866, S. 451.

<sup>3)</sup> Peterm. Mitth. 1856, S. 159.

<sup>4)</sup> Peterm. Mitth. 1863, S. 449.

<sup>5)</sup> Annalen der Hydrogr. 1877, S. 66.

<sup>6)</sup> G. Berendt: Geol. d. Kur. Haffs 1869, S. 8.

<sup>7)</sup> Vergl. Ratzel l. c. S. 139. Anmerk. 3; nach M. Tuomey: Americ. Journ. 1851, I, p. 392.



oder in Binnensee'n vollzieht, ferner, dass Ablagerungen von Schwemmprodukten an allen Flussmündungen Statt finden, dass aber als Resultat dieses Sedimentations-Prozesses zwei durch ihr Verhältniss zum Wasserspiegel wesentlich verschiedene Bildungen hervorgehen. Auf diese Thatsache gründet sich die im Eingange des ersten Theiles <sup>1)</sup> ausgeführte Scheidung der fließenden Gewässer in zwei Gruppen, deren Gegensätzlichkeit darin besteht, dass bei den Flüssen der einen die Mündungsanschwellungen als Deltas über den Wasserspiegel hervortreten und den Umfang des Festlandes erweitern, dass dagegen bei denjenigen der zweiten Gruppe die Anhäufungen der Flusssinkstoffe an den Mündungen als Sand- und Schlammabänke unterseeisch bleiben und Nichts zur Vergrößerung des Festlandes beitragen.

Unsere Aufgabe ist es nun, durch Erörterung aller der Vorgänge und Verhältnisse, welche auf die Ablagerung der Sedimente an den Flussmündungen einwirken, die *Ursachen ausfindig zu machen, welche dieser Verschiedenheit in der wiederabsetzenden Thätigkeit der Flüsse zu Grunde liegen*, mit anderen Worten die Frage zu beantworten: *welches sind die Bedingungen, unter welchen Deltabildungen erfolgen?* Die Antwort soll den Schlüssel für das Verständniss der *geographischen Verbreitung* der Deltas liefern.

Unsere Betrachtungen werden sich demnach folgenden Erscheinungen zuwenden:

- 1) Dem Einflusse der Sedimentführung der Flüsse auf die Deltabildung.
- 2) Dem Einflusse der Tiefenverhältnisse der See vor den Flussmündungen auf die Deltabildung.
- 3) Dem Einflusse der mechanischen Thätigkeit des Meeres auf die Deltabildung.
- 4) Dem Einflusse von Niveauveränderungen des Festlandes oder des Wasserspiegels auf die Deltabildung.

### 1. Einfluss der Sedimentführung der Flüsse auf die Deltabildung.

Da die Deltas durch Anhäufung der von den Flüssen mitgeführten festen Bestandtheile entstehen, so liegt die Vermuthung nahe, dass die Möglichkeit der Deltabildung sich an einen *besonderen Sedimentreichthum* der fließenden Gewässer knüpfe, dass dagegen eine weniger erhebliche Sedimentführung anderer Flüsse die Ursache der Offenhaltung ihrer Mündungen sei.

Der hohe Betrag von mechanisch fortgeführten Materiale, wie er gerade bei den bedeutenderen Deltaflüssen beobachtet worden ist, scheint diese Annahme zu unterstützen. Von den zahlreichen Untersuchungen über die Menge der festen Bestandtheile des *Mississippi* verdienen die von Prof. Forshey

während 52 Wochen vom Februar 1851 bis dahin 1852 bei Carrolton oberhalb New Orleans ausgeführten das meiste Zutrauen. Danach führt der Mississippi allein in schwebendem Zustande alljährlich 812,500,000,000 Pfund erdiger Bestandtheile in den Golf von Mexiko hinab, eine Masse, welche eine Fläche von einer Englischen Quadratmeile 73,4 Meter hoch bedecken würde. Dazu gesellt sich noch das Material, welches der Strom auf seinem Boden fortschafft, nämlich Kies, Schlamm und zusammengeballte Thonkugeln, deren Masse von Forshey auf 750 Millionen Kubikfuss geschätzt ist, welche eine Quadratmeile etwa 8,2 Meter hoch bedecken würde, so dass die Gesammtmenge der vom Mississippi alljährlich bei Carrolton vorbeigeführten festen Gesteinstheilchen einem Prisma von einer Quadratmeile Grundfläche und 81,47 Meter Höhe gleich sein würde <sup>1)</sup>.

Das erdige Material, welches der *Ganges* bei Ghazepur 500 Engl. Meilen oberhalb der Mündung flussabwärts schafft, beträgt nach Everest's Messungen:

6,082,041,600	Cub. feet	in 122	Regen-Tagen
247,881,600	,,	,,	den 5 Winter-Monaten
38,154,240	,,	,,	den 3 trockenen Monaten
6,368,077,440			
Cub. feet jährlich.			

Diese Sedimentmasse würde eine Fläche von 228  $\frac{1}{2}$  Quadr.-Meilen um 0,304 Meter erhöhen <sup>2)</sup>. Nach Tremenheere's Messungen kommen bei Hochwasser auf 10,000 Gewichtstheile des Indus-Wassers 43,6 Theile fester Bestandtheile, bei niedrigstem Wasserstande 17 Theile von letzteren, so dass im Laufe des Jahres 5866 Millionen Kubikfuss fester Stoffe in das Meer geführt werden, eine Quantität, welche hinreichen würde, ein Gebiet von 70 Engl. Quadratmeilen mit einer fast meterdicken Schicht zu bedecken <sup>3)</sup>.

Auch an der *Donau* sind genaue Untersuchungen über den Betrag der Sedimentführung angestellt worden. Der Fluss führte diesen zu Folge oberhalb seiner Stromspaltung in den Jahren 1862—1869:

	Kub.-Meter	Kub.-Meter
bei niedrig. Wasserst. in tägl.	171,700,000	Wasser 5,500
,, gewöhnl. „ „ „	794,750,000	Sinkstoffe 205,000
,, aussergew. „ „ „	2,453,000,000	,, 1,250,000
als Mittel v. 10 Jahren „ „	507,760,000	,, 90,000

In den Jahren 1870 und 1871 erhöhte sich dieser Betrag dahin, dass in täglich 864,000,000 Kub.-Met. Wasser 208,500 Kub.-Met. Sinkstoffe enthalten waren <sup>4)</sup>.

Auf weniger genauen Messungen basiren die Angaben über die Sedimentführung einer Anzahl anderer Deltaflüsse.

<sup>1)</sup> Nach Humphreys und Abbot bei Grebenau: Theorie der Bewegung des Wassers. Anh. A, S. XVII u. XIX.

<sup>2)</sup> Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII. ed., p. 478.

<sup>3)</sup> Nach dem Journal of the R. Geogr. Soc. of London, Vol. XXXVII 1867, pp. 68—91; in Peterm. Mitth. 1868, S. 388.

<sup>4)</sup> C. Muszynski: Die Regulirung der Sulina-Mündung. Mitth. der K. K. geogr. Ges. in Wien 1876, S. 329 ff.

<sup>1)</sup> s. oben S. 7 ff.

Die alljährlich vom Nil aus dem Innern Afrika's flussabwärts transportirte Schlammmasse hat man auf 206,144,122 Kubikfuss berechnet <sup>1)</sup>, die Sinkstoffe der Rhône auf 21 Millionen Kubik-Meter <sup>2)</sup>; beim Po schätzt man die Masse des mitgeführten festen Materiales auf 46 Millionen Kubik-Meter <sup>3)</sup>, beim Iravaddy auf 102,500,000 tons <sup>4)</sup>. Die Gletscherwasser der Aar tragen täglich 284,370 Kilogramm Sand und Schlamm dem Brienzee See zu <sup>5)</sup>; der Rhein führt bei Bonn im Laufe von 24 Stunden 94,332 Kubikfuss an festen Bestandtheilen vorbei <sup>6)</sup>, eine Masse, welche genügt, um eine Schicht von 1956 Meter im Quadrat und 0,3 Meter Dicke abzulagern <sup>7)</sup>. Im Wolga-Delta schätzt Mrotchowsky die allein in einem der zahlreichen Mündungsarme binnen 24 Stunden fortbewegte Sedimentmasse auf 20,000 Kubik-Meter, also auf etwa 1,000,000 Kubik-Meter während des 50 Tage andauernden Hochwassers <sup>8)</sup>. Ausnahmsweise gross ist endlich das Schlammquantum, welches die Nord-Chinesischen Flüsse, namentlich der Hwang-ho und Pei-ho mit sich führen. Das Wasser des letzteren verdient bei Tientsin kaum noch diesen Namen, ist vielmehr eine dicke Schlammmasse, welche sich mit bedeutender Schnelligkeit zwischen den Ufern dahin wälzt <sup>9)</sup>.

Zeichnen sich die oben aufgezählten Deltaflüsse durch die grosse Quantität der von ihnen mitgeführten Sinkstoffe aus, so erweisen sich auf der anderen Seite gewisse deltafreie Ströme als ausserordentlich arm an mechanisch fortbewegten erdigen Bestandtheilen. Diess ist, wie die nachstehende vergleichende Übersicht über die Sedimentführung einer Anzahl Flüsse zeigt, besonders bei der Themse der Fall.

Name des Flusses.	In 100,000 Theilen Wasser sind enthalten feste Theile:	Autor:
1) Hwang-ho	500 <sup>10)</sup> . . . . .	G. Stanton, Barow.
2) Tiber	456,6 . . . . .	
3) Gironde	417 . . . . .	v. Kloeden.
4) Ganges	194,3 i. max., 21,71 i. min. 86,86 i. Mittel	Delesse.
5) Nil	159,7 . . . . .	Everest.
6) Mississippi	146,8 i. max., 15,6 i. min., 55,3 i. Mittel	v. Kloeden.
7) Rhône	59—40 . . . . .	Forshey <sup>11)</sup> .
8) Rhein b. Bonn	51,45 im max., 1,73 im min. . . .	Surell. Horner und Bischof <sup>12)</sup> .

<sup>1)</sup> v. Kloeden: Lehrb. der phys. Erdkunde I, S. 548.  
<sup>2)</sup> Ch. Martins: Topogr. geol. des env. d'Aignes-Mortes. Bullet. de la soc. de Géogr. Febr. 1875, p. 114.  
<sup>3)</sup> Reclus: Nouv. Géogr. univ. 1875, I, p. 345 ff.  
<sup>4)</sup> v. Kloeden l. c. S. 564.  
<sup>5)</sup> C. Vogt: Lehrb. der Geol. II, S. 109.  
<sup>6)</sup> C. Vogt l. c. S. 126 nach Horner.  
<sup>7)</sup> Herm. Credner: Elem. der Geol. III. Aufl., S. 223.  
<sup>8)</sup> Note sur l'embouchure du Wolga: Bullet. de la soc. de Géogr. 1872, I, p. 437.  
<sup>9)</sup> Annalen der Hydrogr. &c. 1876, S. 500.  
<sup>10)</sup> Nach Recherches philos. sur les Améric. 6 part. lettre 3, Tom. 2, p. 338 nur 1,9.  
<sup>11)</sup> Nach Ridell 80,32, nach anderen 58,82.  
<sup>12)</sup> Seifensand fand am 29. Febr. 1844 nach plötzlichem Answellen des Rheines bei Uerdingen 78 schwebende Theile.

Name des Flusses.	In 100,000 Theilen Wasser sind enthalten feste Theile:	Autor:
9) Maas b. Lüttich Decbr. 1849	47,4 im max., 1,4 im min., 10 i. Mittel	Chandellon.
10) Aar am Gletscherende	14,2 . . . . .	Dollfuss.
11) Elbe	11 . . . . .	F. Wibel <sup>1)</sup> .
12) Weichsel bei Culm	5,82 (März 1853), 2,53 (i. April d. J.)	G. Bischof.
13) Themse bei Battersea	2,74 (als max. von 6 Untersuchungen)	Graham, Miller u. Hofmann.

Aus dieser Zusammenstellung geht zwar hervor, dass die Themse, die sich ohne ein Delta aufzuschichten in eine weit geöffnete Mündungsbucht ergiesst, sämmtlichen übrigen oben aufgezählten Flüssen beträchtlich nachsteht, jedoch zeigt jene Übersicht zugleich, dass Flüsse, auch wenn sie arm an Sinkstoffen sind, darum doch keineswegs unfähig sind, Mündungs-Deltas zu bilden. So führte die Weichsel nach Gustav Bischof's Untersuchungen im Jahre 1853, selbst bei Culm, also noch mehr als 15 Deutsche Meilen oberhalb der Mündung bei Hochwasser und während des Eisganges im März nur 5,82, im April bei 3 Meter niedrigerem Wasserstand nur 2,53 schwebende Bestandtheile in 100,000 Theilen Wasser <sup>2)</sup>, dess ungeachtet aber vergrössert sie noch fortwährend ihr ohnehin schon ausgedehntes Deltagebiet. Auf der anderen Seite ist das Wasser der Gironde ausserordentlich reich an Sinkstoffen und übertrifft in dieser Beziehung bei Weitem den Ganges, den Mississippi, den Nil und die Donau, Flüsse also, welche alle umfangreiche Deltas an ihren Mündungen aufgebaut haben; trotzdem aber hat sie ein solches nicht hervorgebracht, sie ergiesst sich vielmehr aus einem langgestreckten, offenen Mündungstrichter. Ähnliches gilt von der Elbe. In ihr wies Dr. F. Wibel bei Hochwasser am 3. Dezember 1875 durch Abfiltriren des Elbwassers der Hamburger Wasserleitung in 100,000 Theilen 11 Theile Flusstrübe nach, welche namentlich aus Thonerde, Eisenoxyd und organischen Substanzen bestand <sup>3)</sup>. Ausserdem bewegt die Elbe auf ihrem Grunde grosse Quantitäten von sandigem Materiale ihrer Mündung zu. Wie beträchtlich aber die Anhäufung dieser Massen in der Nähe der Mündung ist, das beweist die continuirliche Versandung und Verschlammung des Flussbettes unterhalb Hamburgs, welche unablässige Baggerarbeiten und wiederholte Stromregulirungen nothwendig machen, um das Fahrwasser schiffbar zu erhalten. So wurden allein im Jahre 1852 durch Dampf-baggerung 6,060,600 Kubikfuss Schlamm und Sand von dem Flussgrunde zu Tage gefördert, im Jahre

<sup>1)</sup> Im Juni 1852 fand G. Bischof nur 0,891 feste Bestandtheile in 100,000 Theilen Wasser, s. Lehrb. der chem. und phys. Geologie II, S. 1587.  
<sup>2)</sup> G. Bischof: Lehrb. der chem. u. phys. Geologie II, S. 1590 und 1517 und 18.  
<sup>3)</sup> Hamburg in naturh. u. medic. Beziehung. Festschr. zur 49. Versammlung Deutscher Naturf. u. Ärzte 1876, S. 238.

1860 bereits 9,868,750 Kubikfuss und im Jahre 1869 sogar 16,953,300 Kubikfuss, und doch genügten derartige alljährliche Leistungen nicht, um die gewonnenen Flusstiefen auf die Dauer zu erhalten<sup>1)</sup>. Trotzdem aber besitzt der Elbstrom doch kein Mündungs-Delta!

Ähnlich verhalten sich andere, noch sedimentreichere Flüsse. Es wird diess auch aus der nachstehenden Tabelle hervorgehen, welche das Maass der Denudation zeigt, die eine Anzahl von Flussgebieten durch die zerstörende und fortführende Thätigkeit der fliessenden Gewässer erleiden. Da fast das gesammte abgetragene Material den betreffenden Hauptstrom passirt hat, so giebt diese Zusammenstellung zugleich ein anschauliches Bild von dem Betrage der Sedimentführung jener Gewässer. Es wird nach Archibald Geikie's Untersuchungen<sup>2)</sup> alljährlich erniedrigt das Flussgebiet:

1) des Po . . . . .	um	$\frac{1}{720}$ <sup>3)</sup> Fuss
2) des Hwang-ho . . . . .	„	$\frac{1}{1161}$ „
3) der Rhône . . . . .	„	$\frac{1}{1525}$ „
4) des Tay . . . . .	„	$\frac{1}{1842}$ „
5) des Ganges . . . . .	„	$\frac{1}{2358}$ „
6) des Forth . . . . .	„	$\frac{1}{3111}$ „
7) des Mississippi . . . . .	„	$\frac{1}{8000}$ „
8) des Boyne . . . . .	„	$\frac{1}{5700}$ „
9) der Donau . . . . .	„	$\frac{1}{6310}$ „
10) der Themse . . . . .	„	$\frac{1}{11740}$ „
11) des Sybster . . . . .	„	$\frac{1}{12000}$ „

Tay und Forth führen diesen Berechnungen zu Folge ihren Mündungen im Verhältniss zur Grösse ihres Stromgebietes weit mehr Material zu als der Mississippi und der Ganges, ferner der Boyne mehr als die Donau, aber trotz dieses verhältnissmässig grösseren Sedimentreichthumes treten ihre Anschwemmungen doch nicht wie bei jenen Strömen als Deltas über den Wasserspiegel hervor.

Aus alle dem ergibt sich, dass sehr beträchtliche Mengen von Sinkstoffen in einem Flusse für die Produktion eines Delta's weder nothwendig sind, noch dieselbe unbedingt im Gefolge haben.

Die durch mehrere Untersuchungen erwiesene Armuth des Themse-Wassers an schwebenden Bestandtheilen und damit das Fehlen eines Delta's an der Mündung des Flusses glaubt Oscar Peschel nach G. Bischof's Vorgang daraus erklären zu können<sup>4)</sup>, dass das Stromgebiet der Themse grossentheils im Bereiche kalkiger Formationen liege, und

dass deshalb die vorzugsweise aus kohlenurem Kalk bestehenden schwebenden Theile zumeist vom Flusswasser aufgelöst würden. Den vorhandenen Analysen zu Folge<sup>1)</sup> ist in der That die Menge der in dem Themse-Wasser gelösten kohlenurem Kalkerde stets viel grösser als die der schwebenden Bestandtheile, sie erhöht sich bis zu dem Grade, dass die letzteren dagegen fast ganz verschwinden<sup>2)</sup>. Wäre aber die erwähnte petrographische Beschaffenheit des Erosionsgebietes der Themse wirklich die einzige Ursache des Fehlens eines Mündungs-Delta's derselben, so müssten naturgemäss auch andere Flüsse, deren Entwässerungsbereich aus kalkigen Gesteinsarten besteht, Deltabil- dungen vermissen lassen. Solches müsste beispielsweise bei der Piave, dem Tagliamento und Isonzo an der Nord-Adriatischen Küste, der Narenta in Dalmatien, dem Arno, Ombrone und der Magra in Toscana der Fall sein. Trotzdem sind sie sämmtlich Deltaflüsse, die (mit Ausnahme der Narenta) ihre Anschwemmungsgebiete beständig weiter in das Meer hinaus vorrücken.

Endlich wurde zur Erklärung des Fehlens von Deltas an den Mündungen mancher Flüsse die Ansicht geltend gemacht, dass diese letzteren ihre Thäler in dem Grade ausgefurcht und ihre Betten so weit erniedrigt hätten, dass dadurch ihr Gefälle und mit ihm die Stromgeschwindigkeit zu sehr verringert worden sei, um den Flüssen noch die Kraft zu verleihen, Geschiebe, Sand und Schlamm bis zur Mündung zu transportiren. In diesem Zustande sollten sich namentlich die Themse, die Weser und die Elbe befinden, sie seien „ermüdet, gealtert“ und näherten sich einem Zeitpunkt, in welchem die Erosionsthätigkeit völlig zur Ruhe gelangt<sup>3)</sup>.

Eine Prüfung der einschlägigen Verhältnisse wird jedoch zeigen, dass dieser Faktor nicht die vermeintliche Tragweite besitzt.

Die Elbe besitzt beim Verlassen des Dresdener Thalkessels, also bei ihrem Austritt aus dem Oberlauf in das Nord-Deutsche Flachland, auf der Strecke von Meissen bis Strehla ein Gefälle von 0,327 Meter pro Kilometer, von Strehla bis Wittenberg vermindert sich dasselbe auf 0,131 Meter<sup>4)</sup> und im Unterlaufe von Magdeburg bis zur Mündung auf 0,0716 Meter pro Kilometer<sup>5)</sup>. Der Spiegel der Weser liegt beim Austritt derselben aus der Porta Westphalica noch 30 Meter über der Nordsee, die Stromlänge beträgt von da bis zur Mündung 222,6 Kilometer<sup>6)</sup>, das

<sup>1)</sup> Mitth. des Hamburger Senates an die Bürgerschaft No. 30, 23. Febr. 1872.

<sup>2)</sup> On the Denudation now in Progress. Geolog. Magazin 1868, p. 249 ff.

<sup>3)</sup> Vergl. Trans. of the Geol. Soc. of Glasgow 1868, vol. III, p. 164.

<sup>4)</sup> Neue Probleme &c. II. Aufl., S. 138.

<sup>1)</sup> G. Bischof: l. c. II, S. 1607.

<sup>2)</sup> G. Bischof, ibidem.

<sup>3)</sup> O. Peschel: Neue Probleme, II. Aufl., S. 138.

<sup>4)</sup> Vergl. Daniel: Handb. der Geogr. III, S. 410.

<sup>5)</sup> Vergl. Daniel: l. c. S. 466 u. H. Berghaus: Physik. Handatlas Abth. II, Taf. 10.

<sup>6)</sup> Nach Daniel: l. c. S. 448.

Gefälle auf dieser Strecke also 0,135 Meter pro Kilometer. Zum Zwecke einer vergleichenden Beurtheilung ist in der nachstehenden Tabelle das Gefälle der Elbe und der Weser mit demjenigen einer Anzahl anderer und zwar meist deltabildender Ströme zusammengestellt, wobei letztere cursiv gedruckt worden sind:

Name des Flusses.	Gefälle pr. Kilometer.		Berechnet nach den Angaben von
	Auf der Strecke:	in Meter	
<i>Rhône</i>	von der Quelle zur Mündung	2,3	M. Block.
<i>Newa</i>	vom Ladoga-See z. M.	0,2	Petermann und v. Kloeden.
<i>Rhein</i>	bei Emmerich	0,177	v. Kloeden.
<i>Weser</i>	von Minden z. M.	0,135	Daniel.
<i>Elbe</i>	„ Dresden z. M.	0,13	H. Berghaus.
<i>Nil</i>	„ Assuan z. M.	0,12	J. P. Uhle.
<i>Rhône</i>	„ Arles z. M.	0,12	Ch. Martins.
<i>Indus</i>	„ Mittun z. M.	0,082	v. Kloeden.
<i>Elbe</i>	„ Magdeburg z. M.	0,0716	Daniel u. Berghaus
<i>St. Clair River</i>	„ dem Huronen-See z. M.	0,06	Ratzel.
<i>Mississippi</i>	„ St. Louis z. M.	0,05	Humphreys und Abbot.
<i>Wolga</i>	„ der Quelle z. M.	0,04	Berghaus.
<i>Nil</i>	„ Cairo z. M.	0,04	Fraas.
<i>Donau</i>	„ Pressburg z. M.	0,035	Sonklar.
<i>Mississippi</i>	„ Natchez z. M.	0,029	Humphreys und Abbot.
<i>Mississippi</i>	im Delta	0,025	Lt. Meade.
<i>Wolga</i>	von Zarizyn z. M.	0,02	Berghaus.
<i>Amazonas</i>	„ Obidos z. M.	0,009	C. Ritter.
<i>Senegal</i>	„ Podor z. M.	0,003	C. Ritter.

Das Gefälle des Unterlaufes der Weser und der Elbe ist also nach der vorstehenden Zusammenstellung keineswegs ein unbeträchtliches zu nennen, im Gegentheil übertrifft es nicht unerheblich dasjenige einer ganzen Anzahl von Deltaflüssen, so namentlich des Mississippi, des Nil, der Wolga und der Donau. Daraus geht hervor, dass die Geringfügigkeit des Gefälles das Fehlen von Deltas an den Mündungen jener obengenannten Nord-Deutschen und anderer Flüsse an und für sich nicht bedingen kann.

Ausser durch das Gefälle ist jedoch die Stromgeschwindigkeit und mit ihr die Transportfähigkeit der Flüsse nicht minder durch deren *Wassermassen* bedingt. So fliesst der Mississippi trotz eines Gefälles von nur 0,025 Meter pr. Kilometer im Bereiche seines Delta's<sup>1)</sup>, aber bei einer mittleren Abflussmenge von 17,440 Kubik-Meter in der Sekunde<sup>2)</sup>, pfeilschnell in seinem Bette dahin, weil jene gewaltigen Wassermassen mit Wucht der Mündung zudrängen<sup>3)</sup>. Der Amazonas, dessen Mündung nach Avé Lallemand's Schätzung in jeder Sekunde 80,000 Kubik-Meter Wasser entströmen<sup>4)</sup>, stösst seine Gewässer mit noch weit in den Ocean hinaus bemerklicher Stromgeschwindigkeit vorwärts, obgleich sein

Gefälle auf der etwa 200 Seemeilen langen Strecke von Obidos zur Mündung nach Condamine nur 0,009 Meter pro Kilometer beträgt<sup>1)</sup>. Im Gegensatz zu diesen gewaltigen Wasseradern besitzt selbst die Donau, welche dem Pontus in jeder Sekunde 9180 Kubik-Meter Wasser zuführt<sup>2)</sup>, und deren Gefälle von Pressburg abwärts nur 0,035 Meter pr. Kilometer erreicht<sup>3)</sup>, bereits bei Semlin eine so geringe Geschwindigkeit, dass nach C. Sonklar's Beobachtung „die Bewegung des Wassers nur durch einen schwimmenden Gegenstand zu erkennen ist“<sup>4)</sup>. Auch der Nil, dessen mittlere Abflussmenge nach Lombardini's Messungen 3682, nach denen Talabot's nur 2908 Kubik-Meter in der Sekunde beträgt<sup>5)</sup>, schleicht bei einem Gefälle von 11 Centimeter pr. Kilometer von Assuan bis Cairo und von nur 4 Centimeter von hier bis zur Mündung „müde und träge zum Meere, so dass man am Flusse selbst die Stromrichtung nicht zu beurtheilen im Stande ist“<sup>6)</sup>.

Diese Beispiele zeigen, dass auch die grössere oder geringere Stromgeschwindigkeit, wie sie durch die in den Flussbetten dahinströmende Wassermasse bedingt wird, für sich allein die Existenz oder das Fehlen eines Mündungs-Delta's nicht erklärt. Der pfeilschnell dahin schiessende Mississippi, der träge schleichende Nil, beide bauen Deltas auf.

## 2. Einfluss der Seetiefe vor den Flussmündungen auf die Deltabildung.

Von mehreren Forschern wird die Ansicht vertreten<sup>7)</sup>, dass die Deltabildung „einen flachen, wenig geneigten Meeresgrund“ vor den Flussmündungen voraussetze. In der That ist eine grosse Anzahl von Deltas unter diesen Verhältnissen entstanden. So vor Allem das *Nil-Delta*, dessen Alluvionen auf dem fast horizontalen Boden einer flachen Meeresbucht aufgeschüttet sind, und vor dessen Aussenrande das Loth noch eine beträchtliche Strecke weit seawärts schon bei 12 Faden den Grund des Mittelmeeres erreicht, das sich von da allmählich auf 50 Faden und dann erst in plötzlichem Absturz bis auf nahezu 400 Faden vertieft<sup>8)</sup>. Eben so haben die *Weichsel* und die *Memel* ihre Deltas in die flachen Becken der Preussischen Haffs vorgebaut, haben die *Wolga*, die *Emba*, der *Ural* und der *Terek* ihr Schwemmland auf dem seichten Grunde des

<sup>1)</sup> C. Ritter: Erdkunde, I. Th. 1. B., S. 85.

<sup>2)</sup> Reclus-Ule: l. c.

<sup>3)</sup> C. Sonklar: Allgem. Orogr., S. 159.

<sup>4)</sup> C. Sonklar: l. c. S. 159.

<sup>5)</sup> Reclus-Ule: Die Erde &c. I. c.

<sup>6)</sup> O. Fraas: Aus dem Orient, S. 211.

<sup>7)</sup> Herm. Credner: Elem. d. Geolog., III. Aufl., S. 224.

Ch. Vogt: Lehrb. der Geol. &c., III. Aufl. II, S. 128.

A. v. Kloeden: Handb. der Erdk. I, S. 575.

<sup>8)</sup> Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII. ed., I, p. 427.

<sup>1)</sup> J. G. Kohl: Zeitschr. f. allg. Erdk. Sept. 1862, S. 198 nach Humphreys' und Abbot's Report. Append. p. XIX.

<sup>2)</sup> Nach Humphreys u. Abbot bei Reclus-Ule: Die Erde I, S. 330.

<sup>3)</sup> J. G. Kohl: l. c. p. 198.

<sup>4)</sup> Reclus-Ule: Die Erde &c. I, S. 330.

nördlichen Theiles des Kaspischen Meeres ausgebreitet, welches erst weit im Süden zwischen Alexandrowsk und Petrowsk eine Tiefe von 20 Meter erreicht <sup>1)</sup>. Im Schwarzen Meere sind die Deltas des *Dnjepr* und des *Dnjestr* im Hintergrunde flacher Limane, dasjenige des *Don* im innersten Winkel des seichten Azow'schen Meeres entstanden. In einem flachen Meeresgolf hat auch der *Atrato* sein Delta aufgebaut, denn der Golf von Uraba erreicht seine grösste Tiefe schon bei 22 Meter und erst weit im Norden, am Ausgange in das Caraibische Meer senkt sich sein Boden allmählich auf 50 Meter <sup>2)</sup>. Eben so geringe Tiefen haben die *Nord-Italienischen Zuflüsse der Adria* mit ihren Sedimenten aufzufüllen, um ihre Deltas in die See vorrücken zu lassen. Die bedeutendste Tiefe des Adriatischen Meeres beträgt zwischen Dalmatien und der Po-Mündung nicht mehr als 22 Faden, zwischen Istrien und Venedig aber kaum 12 Faden <sup>3)</sup>.

Auch das Delta des *Mississippi* ist mit Ausnahme seiner weitest vorgeschobenen, jüngst entstandenen Partien auf einem flachen, sanft geneigten submarinen Plateau aufgebaut. Dasselbe umsäumt den Golf von Mexiko von Yucatan bis nach Florida hin, so dass die 100-Faden-Linie erst in einer Entfernung von 50 bis 100 nautischen Meilen von der Küste verläuft, wo dann die Ränder dieses Plateau's steil nach der Mitte des Golfes abstürzen und die Wandungen eines centralen Kessels von über 1000 Faden Tiefe bilden <sup>4)</sup>. Berücksichtigt man, dass noch in der Nähe von New Orleans, also etwa 30 Kilometer von der alten Golfküste, das Liegende der Schlammabsätze des Flusses, also die Oberfläche jenes submarinen Randplateau's bei etwa 12, am Beginn der Stromspaltungen aber noch bei 30 Meter Tiefe angetroffen wird, so ergibt sich daraus, wie flach jener Meerestheil war, welchen der *Mississippi* mit seinen Schlammmassen zuzuschütten hatte. Erst von dem „head of the passes“ an nehmen die Tiefen rascher zu, so dass das Loth bereits 45 Kilometer südlich von jener Stelle vor dem Südost- und Südwest-Pass über 270 Meter misst. Diese rasche Tiefenzunahme vor den gegenwärtigen Mündungen des Flusses hindert aber nicht, dass das Delta desselben noch jetzt beständig weiter in den Golf hinaus wächst und mit seiner Spitze immer näher an den jäh abfallenden Rand jenes über 1000 Faden tiefen Central-Kessels hinanrückt.

<sup>1)</sup> A. Petermann: Das Kasp. Meer nach den Aufnahmen von N. Iwaschinoff. Petermann's Mitth. 1863, Taf. 3.

<sup>2)</sup> Carte générale du Darien mérid. par L. N. B. Wyse. Bullet. de la soc. de Géogr. Dez. 1877.

<sup>3)</sup> Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII. ed., I, p. 422. Vergl. Peterm. Mitth. 1859, Taf. 13.

<sup>4)</sup> Vergl.: Report of the Superintendent of the U. S. coast Survey for 1855. Wash. 1856, Bl. 36 und 38.

A. Petermann: Tiefenkarte des Gr. Oceans. Peterm. Mitth. 1877, Credner, Die Deltas.

Wie die oberen Theile des Mississippi-Delta's, so ist auch das Schwemmland an den Mündungen des *Ganges* an Stelle eines flachen Meerestheiles entstanden, denn die Kunkar-Schichten, welche nach W. Theobald <sup>1)</sup> das Liegende der eigentlichen Flussabsätze, also den früheren Meeresboden bilden, finden sich selbst in den äusseren Partien des Delta's, so bei Calcutta, in einer Tiefe von etwa 18 Meter <sup>2)</sup>. Auch vor dem jetzigen Aussenrande des Delta's nehmen die Tiefen nur so allmählich zu, dass an der Ostseite vor den Mündungen des Bramaputra selbst bis zu einer Entfernung von 200 Kilometer von der Deltaküste nirgends grössere Tiefen als solche von 200 Meter gemessen werden. Nur gerade vor der Mitte des Delta's öffnet sich ein in meridionaler Richtung verlaufender, etwa 15 Englische Meilen breiter und nahezu 4000 Meter tiefer Schlund, der „swatch of no ground“, dessen Wandungen namentlich an seinem Nordende fast senkrecht zu den umgebenden flachen Schlamm-Plateaux aufsteigen <sup>3)</sup>. Das Vorhandensein dieses Abgrundes in unmittelbarer Nähe des Aussenrandes des Ganges-Delta's muss für die zukünftige Entwicklung und Gestaltung des letzteren von wesentlichem Einflusse sein. Denn während die geringen Tiefen des Golfes von Bengalen zu beiden Seiten des „swatch“ ein rascheres Vorrücken der Alluvionen gestatten, erfordert die Zuschüttung jenes Schlundes ungleich längere Zeiträume, so dass in der Mitte des Aussenrandes des Delta's selbst dann noch eine schmale Einbuchtung bestehen bleiben wird, wenn zu beiden Seiten neugebildetes Land schon weit gegen Süden vorgebaut ist.

Ist bei allen den bisher angeführten Beispielen die Deltabildung an Flussmündungen auf verhältnissmässig seichtem Meeresgrunde vor sich gegangen, so zeigte doch schon das Mississippi-Delta, wie trotz des Vorhandenseins beträchtlicher Meerestiefen vor der Mündung des Flusses, das Deltawachsthum unbehindert seinen Fortgang nimmt. Dass aber überhaupt die Deltabildung keineswegs von dem Vorhandensein eines seichten, flach geneigten Meeresgrundes abhängig ist, das beweist die Entstehung von Deltas auf dem abschüssigen Boden mancher Binnensee'n, so namentlich diejenige des *Dranse-Delta's* im Genfer See <sup>4)</sup>. An einer der tiefsten Stellen des ganzen Beckens hat die Dranse ihr Schwemmland vorgebaut, der Boden des See's fällt unmittelbar vor der Mündung in steilem Absturz bis zu Tiefen von 300 Meter ab und trotzdem rückt das Delta weiter und weiter in den See vor. Auch der Aufbau der Schutt-

Taf. 7. — J. G. Kohl: Zeitschr. für allg. Erdkunde. Berl. Sept. 1862, S. 172. — Grebenau: Theorie der Bew. des Wassers. Atlas Taf. I.

<sup>1)</sup> s. oben S. 13.

<sup>2)</sup> s. oben S. 13.

<sup>3)</sup> E. Reclus-Ule: Die Erde &c., II, S. 15. Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII. ed., p. 468. Beide mit Karten.

<sup>4)</sup> E. Reclus: Nouv. géogr. univ. II, p. 346 mit Karte.

Deltas der *mediterranen Küstenflüsse* zwischen Toulon und Genua geht unter ähnlichen Verhältnissen von Statten. Der Seeboden senkt sich dort am Fusse der West-Alpen steil unter den Meeresspiegel, schon wenige 100 Meter von dem Strande werden z. B. bei Nizza Tiefen von über 600 Meter gemessen. Die an dieser Steilküste mündenden Flüsse sind überdiess noch nahezu 8 Monate im Jahre trocken oder doch sehr wasserarm. Nur zur Zeit der Schneeschmelze im Gebirge schwellen sie mächtig an und führen dann so beträchtliche Massen von Gerölle und von Schlamm den Mündungen zu, dass sie trotz des jähen Absturzes des Meeresgrundes vor den letzteren Schutt-Deltas aufschichten und sie alljährlich, wenn auch langsam, weiter in das Mittelmeer hinausbauen <sup>1)</sup>.

Verhindert somit auf der einen Seite das Vorhandensein bedeutender Meerestiefen vor den Flussmündungen nicht die Entstehung von Deltas, so lässt sich auf der anderen Seite an einer Reihe von Flüssen, welche, wie die Elbe, Weser, Ems und die Themse, oder wie die Atlantischen Flüsse Nord-Amerika's in flache, sich ganz allmählich vertiefende Meerestheile ausmünden, trotzdem aber kein Delta aufzuweisen haben, erkennen, dass *die Tiefenverhältnisse an und für sich nicht entscheidend für die Bildung von Deltas sind*: unter sonst gleichen Verhältnissen können an flachen und seichten, wie an steil abfallenden Küsten Deltas fehlen oder existiren.

### 3. Einfluss der mechanischen Thätigkeit des Meeres auf die Deltabildung.

#### a) Über die Abhängigkeit der Deltabildung von Uferwällen.

Das häufige Vorkommen von Deltas in Binnensee'n legte die Vermuthung nahe, dass die Aufschichtung der Fluss-sinkstoffe zu Deltas überhaupt nur dort möglich sei, wo wie in jenen stehenden Gewässern den Sedimenten ein ruhiger Absatz gesichert ist. Man glaubte demzufolge, dass die Ablagerung der Sedimente an den Mündungen von Flüssen in das von Gezeiten, Strömungen und Stürmen in Bewegung gehaltene Meer nur in solchen Fällen zur Bildung von Deltas führen könne, wo Mündungen durch vorgebaute Uferwälle gewissermaassen in Binnensee'n umgewandelt und gegen die Einwirkung der den ruhigen Niederschlag der Sinkstoffe hindernden mechanischen Thätigkeit des Meeres gesichert seien <sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII. ed., I, p. 488.

<sup>2)</sup> Vergl. Herm. Credner: Elem. d. Geol. III. Aufl., S. 224.

A. v. Kloeden: Handb. der Erdk. 1873. I, S. 574.

C. Vogt: Lehrb. der Geol. 3. Aufl. II, S. 128.

F. Czerny: Die Wirkung der Winde &c. Petermann's Mittheil. Ergänzungsheft 48, S. 47.

Der Thatbestand bestätigt indessen diese Ansicht in ihrer Allgemeinheit nicht. Allerdings giebt es eine Anzahl von Deltas, die durch Ausfüllung von Lagunen entstanden sind, welche letztere durch einen Uferwall vom Meere geschieden und vor dem Eindringen der Strömungen desselben geschützt sind. Dahin gehört vor Allem das Delta des *Nil-Stromes*, welches durch einen bogenförmig gekrümmten, aus Dünen sand und kalkigem Muschelsandstein gebildeten Uferwall auf der Seeseite umsäumt ist, ferner das Delta des *Rheines*, dessen Uferwall, durch Aufschichtung von Geest sand entstanden <sup>1)</sup>, sich in der Inselreihe längs der Friesischen Küste bis zur Weser-Mündung fortsetzt; endlich die Deltas der *Weichsel* und der *Memel*, welche unter dem Schutze der Frischen und der Kurischen Nehrung in den flachen Haffsee'n der Preussischen Küste aufgebaut sind. Auch am *Ganges-Delta* vermuthet James Fergusson <sup>2)</sup> das Vorhandensein einer präexistirenden Barre an der neutralen Grenze zwischen der Wirkung der Meeres- und der Flusskräfte. Hinter einem Uferwall vollzieht sich ferner noch heute der Aufbau der Deltas des *Dnjestr*, des *Dnjepr* und des *Don* am Schwarzen Meere, des *Trinity-River*, des *Mobile-River* und des *Apalachicola* im Golf von Mexiko.

Unterzieht man indessen die Vertheilung der eben angeführten Deltas einer etwas genaueren Betrachtung, so lehrt diese, dass dieselben sämmtlich und nur mit Ausnahme des Delta's des Rheines und desjenigen des Ganges an solchen Meerestheilen liegen, welche von den Bewegungen des Meeres nur in unbedeutlichem Grade heimgesucht und besonders von den Gezeiten, wie das Mittelmeer und der Mexikanisch-Caraibische Doppelgolf nur in geringem Maasse, oder wie der Pontus und die Ostsee kaum merkbar betroffen werden. Zudem liegt auch ein grosser Theil der angeführten Deltas (so die des Dnjestr, Dnjepr, Don, Trinity und Mobile-River) im Hintergrunde tiefer Buchten, wo sich mithin die Einwirkung der Strömungen des Meeres auch beim Fehlen des Uferwalles so wie so nicht geltend machen würde.

Im Gegensatze hierzu fehlen gerade bei den Deltas an den Küsten des offenen Meeres, an denen sich doch überall solche Uferwälle vorfinden müssten, wenn durch deren Vorhandensein die Bildung der Deltas überhaupt bedingt wäre, mit wenigen Ausnahmen Uferwälle gänzlich. Nur am *Ogowe-Delta* scheint, ausser an dem des Rheines und vielleicht des Ganges und Bramaputra, ein Uferwall vorhanden zu sein. Wenigstens deutet darauf die Beobachtung Du Chaillu's hin, dass der westliche Aussenrand des genannten

<sup>1)</sup> C. Vogt: Lehrb. d. Geol. 3. Aufl. II, S. 125.

<sup>2)</sup> Neuere Veränderungen in dem Delta des Ganges. Zeitschr. für allg. Erdk. 1864, April, S. 368.

Delta's aus einem gelben eisenschüssigen Lehme besteht<sup>1)</sup>, während der dahinterliegende sumpfige Boden des eigentlichen Delta's aus Flussschlamm aufgebaut ist. Während also einerseits die Mehrzahl der an den Oceanischen Küsten gelegenen Deltas Uferwälle nicht aufzuweisen hat, obwohl sie nach den Anschauungen mancher Forscher gerade hier unbedingt vorausgesetzt werden müssten, werden andererseits gewisse Flussmündungen von Uferwällen dammartig abgesperrt, ohne dass dadurch die Bildung von Deltas überhaupt eingeleitet worden wäre.

So zieht sich vor den Mündungen der *Atlantischen Flüsse der Union* von Long-Island bis nach Florida ein fast ununterbrochener Uferwall hin, so münden die *Küstenflüsse der südlichen Provinzen Brasiliens* in flache, durch Nehrungen vom Ocean geschiedene Lagunen, aber trotzdem finden sich hier keine Deltabildungen, die Mündungen sind weit geöffnet und trichterförmig eingeschnitten. Endlich kennt man eine Anzahl Deltas, welche zwar ursprünglich im Schutze von Uferwällen entstanden, später aber, nach Ausfüllung der Lagunen, *über den Strandwall hinausgewachsen sind* und sich nun ausserhalb desselben in raschem Wachstum weiter ausdehnen, also in gar keiner genetischen Beziehung zu der Existenz jener Uferwälle gestanden haben können. Ein solcher Vorgang ist am deutlichsten am *Po-Delta* wahrzunehmen. Der alte Uferwall verläuft in der Fortsetzung der Lidi von Venedig<sup>2)</sup> in nordsüdlicher Richtung mitten durch das Schwemmland des Po, ist also durch letzteres längst überschritten; trotzdem aber rückt dasselbe auch jetzt noch, wo jeder Schutz gegen die Strömungen des Meeres fehlt, jährlich um etwa 70 Meter weiter in die Adria hinaus<sup>3)</sup>. Auch am *Nil-Delta* hat sich das Wachstum der Alluvionen, wenn auch in beschränkterem Maasse als am Po-Delta, noch ausserhalb des Uferwalles an den Mündungen der Arme von Damiette und Rosette fortgesetzt, und auch im *Mississippi-Delta* ist der dasselbe einstmals umgrenzende Uferwall „längst verwischt und überschritten“<sup>4)</sup>. Das Gleiche gilt für das Delta der *Rhône*<sup>5)</sup> und dasjenige des *Seihun* und *Dschihan*<sup>6)</sup>.

Wenn aber, wie diese Beispiele zeigen, ein Delta, welches ursprünglich hinter einem Uferwall entstanden ist, denselben überschreiten kann, ohne dadurch einen Still-

stand seines Wachsthums zu erleiden, wenn es vielmehr auch dann noch, obwohl jenes Schutzes beraubt, ungeschwächt weiter vorrückt, so liegt offenbar überhaupt kein Grund vor, das Vorhandensein eines solchen Uferwalles als Grundbedingung für die Bildung von Deltas an den Meeresküsten heranzuziehen. Dieser Schluss überhebt uns jedoch keineswegs der Nothwendigkeit den Einfluss, welchen das durch Gezeiten, Strömungen und Winde bewegte Meer auf den Prozess der Deltabildung überhaupt auszuüben vermag, einer genaueren Prüfung zu unterwerfen.

#### b) Einfluss der Gezeiten auf die Deltabildung.

Über den Einfluss, welchen Ebbe und Fluth auf die Schwemmlandbildung an den Flussmündungen ausüben, gehen die Ansichten weit auseinander. Am schärfsten gelangt dieser Gegensatz in dem Standpunkte zum Ausdruck, welchen *Gustav Bischof* und *Oscar Peschel* zu dieser Frage einnehmen. Nach der Ansicht des erstgenannten Forschers sind die „periodischen Strömungen und Deltaabsätze unvereinbar; wo solche oder auch normale Strömungen Statt finden, kann kein Delta entstehen“<sup>1)</sup>. Dem gegenüber vertritt *Oscar Peschel* den Satz, „dass Deltabildungen ganz unabhängig sind von den Flutherscheinungen, dass die Reinigung der Flussmündungen durch Ebbe und Fluth nur eine beschränkte Wirkung habe und dass durch dieselbe die Deltabildung keineswegs verhindert werde“<sup>2)</sup>.

Die Modalität der Gezeiten-Einwirkung auf die Flussmündungen ist etwa folgende: Bei ihrem Einströmen in die Flussmündung führt jede Fluthwelle eine je nach ihrer Stärke und Bewegungskraft mehr oder weniger grosse Masse von Schlamm und Sand in die Flussmündung hinein und lagert sie theilweise in derselben ab, sobald sich ihre Stromgeschwindigkeit vermindert. Gleiches geschieht mit einem Theil der Sinkstoffe, welche von den Flüssen stromabwärts geführt werden, da sich die Flussgewässer an dem wie ein beweglicher Damm landeinwärts strömenden Fluthwasser stauen, in eine rückläufige Bewegung versetzt und an den Stellen, wo sich die Strömung des Flusses und der Fluth das Gleichgewicht halten, zeitweise zu fast vollkommenem Stillstand gebracht werden. Droht so die Fluth, die Flussmündung mehr und mehr zu versanden, so wirkt die Ebbebestromung in gerade entgegengesetztem Sinne; ihre Thätigkeit ist darauf gerichtet, die frisch abgesetzten Schlamm- und Sandmassen wieder zu entfernen und der offenen See zuzuführen. Es wird ihr diess dadurch wesentlich erleichtert, dass ihre Stromgeschwindigkeit im Allgemeinen eine bedeutendere ist, als diejenige der Fluth, und zwar aus einem dreifachen Grunde. Zunächst ist die wäh-

<sup>1)</sup> s. Peterm. Mitth. 1872, S. 8 u. S. 57.

<sup>2)</sup> Vergl. die Kärtchen in Reclus-Ule: Die Erde &c. I, S. 309, u. bei v. Kloeden: Handb. d. Erdk. I, S. 567.

<sup>3)</sup> s. oben S. 22.

<sup>4)</sup> Herm. Credner: Elem. d. Geologie 3. Aufl., S. 226.

<sup>5)</sup> s. Reclus: Nouv. Géogr. univ., Karte des Rhône-Delta's in Bd. II, Nr. 69, nach den Aufnahmen des Generalstabes und denen von Desjardins u. Lenthalie.

Ch. Martins: Le Littoral Méditerranée près d'Aigues-Mortes. Bulletin de la soc. de Géogr. 1875, Februar-Heft.

<sup>6)</sup> Favre et Mandrot: Voyage en Cilicie. 1874. Dies. Zeitschr. 1878, Januar-Heft.

<sup>1)</sup> Lehrb. der chem. u. phys. Geologie. II, S. 1600.

<sup>2)</sup> Neue Probleme der vergl. Erdk. II. Aufl., S. 127, 128 u. 139.

rend der Ebbe ausfliessende Wassermasse eine wesentlich grössere als die der einströmenden Fluthwelle, da sie sich um die inzwischen von dem Flusse zugeführte und während der Fluth aufgestaute Wassermenge vermehrt hat. Sodann ist das Gefälle der Ebbeströmung vergrössert, da das Niveau des Meeres sich während der letzteren allmählich erniedrigt, und endlich bewegt sich die gesammte Wassermasse der Ebbeströmung ohne auf einen Widerstand zu stossen der offenen See zu, während der Fluthströmung in der entgegengrängenden Bewegung des Flusses ein starkes Hemmniss erwuchs. Nichts desto weniger erweist sich aber doch die Fähigkeit der Ebbe, die Flussmündungen von der Ablagerung der Sedimente frei zu halten, also gewissermassen rein zu fegen, als unzulänglich. Die Tiefenverhältnisse und die Bodenbeschaffenheit der Flussmündungen, und zwar selbst solcher, in denen sich die Gezeiten sehr intensiv bethätigen, liefern dafür den deutlichsten Beweis. Vor ihnen allen finden sich Untiefen, Anhäufungen von Schlamm und Sand in mehr oder weniger beträchtlicher Ausdehnung. G. A. Lebour hat diese Ablagerungen von angeschwemmtem Material, welche in ihrer Lage, Gestalt und Entstehungsweise den ächten Deltas durchaus gleichen, nur nicht wie diese über den Wasserspiegel emporragen, treffend als „submarine Deltas“ bezeichnet<sup>1)</sup>. Ein solches „submarines Delta“ ist z. B. sehr vollkommen in der Mündung der *Themse* zur Ausbildung gelangt, ungeachtet hier die Fluth bis zu einer Höhe von 5,8 Meter steigt. Es besteht aus den zahlreichen „sands“, welche den Mündungstrichter erfüllen und sich von da, nur schmale Rinnen zwischen sich freilassend, in die Nordsee vorstrecken. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich an der Mündung des *Tay*, an derjenigen der *Weser* und der *Elbe*. An letzterer beträgt die Fluthhöhe 3 bis 3,9 Meter, aber trotzdem ist das Flussbett starken Versandungen ausgesetzt, welche ununterbrochene Baggerarbeiten nöthig machen, um das Fahrwasser frei zu halten<sup>2)</sup>. Nicht anders ist es an der *Seine*, in deren Mündungsbucht sich trotz heftiger Gezeitenströmungen (Fluthhöhe 4 Meter) beständig Schlamm und Sand absetzt, deren Masse man allein für einen Zeitraum von 19 Jahren auf 1.500.000 Kubikmeter geschätzt hat<sup>3)</sup>.

Die Ursache für die Bildung solcher Schwemmstoff-Anhäufungen in den Mündungsbaiern der Flüsse beruht auf der Verminderung der Stromgeschwindigkeit, welche die mit der Ebbe abfliessenden Gewässer in Folge der Divergenz der Flussufer erleiden. Bedingt die Verengerung des trichterförmigen Mündungskanales bei der Fluth eine Zunahme

der Strömungsgeschwindigkeit und rollt die Fluthwelle mit um so rapiderer Schnelligkeit landeinwärts, je weiter die Mündungsöffnung ist, und je rascher sich das Flussbett verengt, so gelangen bei der Ebbe die Gewässer umgekehrt aus dem engen Flusse in die weitere Mündungsbucht und breiten sich hier über einen ausgedehnten Raum aus, in Folge dessen die Stromgeschwindigkeit in entsprechendem Verhältnisse abnehmen muss. Das Resultat ist, dass die während der Fluth im Flussbette abgesetzten Materialien von der Ebbe zwar zunächst wieder in Bewegung gesetzt und seewärts fortgeschoben werden, dass sie aber bei der allmählichen Abnahme der Stromgeschwindigkeit der ausfliessenden Gewässer in der Mündungsbai von neuem zur Ablagerung gelangen und zu jenen Schlamm- und Sandbänken angehäuft werden, wie sie z. B. dem Ausflusse der *Themse* vorgelagert sind. Dazu kommt noch, dass die Geschwindigkeit der Ebbeströmung, wie sie sich an der Oberfläche bemerklich macht, nicht bis auf den Boden des Flussbettes die gleiche, vielmehr schon in unbedeutlicher Tiefe eine wesentlich geringere ist<sup>1)</sup>. In Folge dessen können sich auf dem Boden des Mündungskanales Ablagerungen von Schwemmstoffen bilden, ohne von der Ebbeströmung wieder zerstört zu werden, selbst wenn diese an der Oberfläche mit einer Schnelligkeit fliesst, welche genügend stark sein würde, um selbst grössere Gerölle fortzubewegen. De la Beche beobachtete an der Küste von Portland Kiesbänke, welche in ihrer Lage und Höhe keinerlei Veränderungen erlitten, obgleich über sie die Gezeitenströmung mit einer Geschwindigkeit von 3 nautischen Meilen an der Oberfläche dahinfloss — eine Geschwindigkeit, welche, falls sie sich bis hinab zum Boden jener Untiefe bethätigt hätte, genügt haben würde, um die Kiesmassen in Bewegung zu setzen und fortzurollen. In ganz ähnlicher Weise bewegen sich in manchen Flussmündungen die Gezeitenströmungen mit einer Oberflächen-Schnelligkeit von 1½ bis 2 Engl. Meilen über Schlamm- und Sandbänke, ohne dass diese zerstört und weggeschwemmt würden<sup>2)</sup>.

Ebbe und Fluth hindern aber nicht nur nicht die Sedimentbildung an den Flussmündungen — sie können dieselbe unter gewissen Bedingungen sogar *begünstigen*. Diess ist z. B. an der *Seine* der Fall, in deren Mündungsbucht während einer Fluthzeit mehrere Strömungen nach einander eindringen. Die Folge davon ist, dass die Fluth etwa drei Stunden mit nur geringen Schwankungen des Wasserstandes auf ihrem Höhepunkt verharrt. Während dieses Stillstandes sinken die theils aus dem Binnenlande theils vom Meere eingeschwemmten festen Bestandtheile zu Boden. Die Ebbeströmung vermag diese Ablagerungen nicht völlig wieder

<sup>1)</sup> On the Deposits now forming in British Seas. Geolog. Magaz. 1875, p. 476.

<sup>2)</sup> Mittheil. des Hamburger Senats an die Bürgerschaft. N. 30, 23. Febr. 1872. Vergl. oben S. 46.

<sup>3)</sup> E. Reclus: Nouv. Géogr. univ. II, p. 692 ff.

<sup>1)</sup> H. de la Beche: A geol. Manual 1833, p. 111.

<sup>2)</sup> H. de la Beche: l. c.



in die See hinauszuführen, so dass sich der Boden der Mündungsbai mehr und mehr erhöht. Im Laufe von 19 Jahren, und zwar von 1834 bis 1853, betrug die Masse des in dieser Weise abgelagerten Materiales mehr als 1.500.000 Kubikmeter, ein Quantum, welches, gleichmässig vertheilt, den Boden der Bucht um etwa 70 Centimeter erhöhen würde<sup>1)</sup>. Auf den Schlammhängen bei Honfleur setzt sich bei jeder Fluth eine neue Schicht von nahezu 27 Millimeter ab<sup>2)</sup>. Das Fahrwasser des dortigen Hafens ist in Folge dessen fast ganz verstopft, andere Häfen der Nachbarschaft, namentlich diejenigen von Harfleur und Petite-Eure am nördlichen Ufer der Seine sind schon vollkommen verschlammte und für die Schifffahrt untauglich geworden<sup>3)</sup>.

Geht aus allen diesen Thatsachen hervor, dass die durch die Gezeiten hervorgerufenen Bewegungen der Gewässer nicht im Stande sind, die Anhäufung von Sedimenten auf dem Boden der Flussmündungen zu verhüten, wie diess manche Geographen annehmen, so wird durch die Existenz von ächten Deltas an Mündungen, in welche die Gezeiten mit grosser Heftigkeit ein- und ausströmen bewiesen, dass die Einwirkung der letzteren eben so wenig ein Hinderniss bietet, dass sich derartige submarine Ablagerungen von Sinkstoffen allmählich bis über den Meeresspiegel erhöhen, und als Deltas über diesen hervortreten<sup>4)</sup>.

Die meisten unter dem Einflusse starker Gezeitenströmungen entstandenen Deltas haben die Küsten Asiens aufzuweisen. Von allen Flüssen dieses Erdtheiles rückt der Schat-el-Arab seine Alluvionen am raschesten — nämlich um durchschnittlich 54 Meter im Jahre — in das Meer vor, und doch ist der Persische Meerbusen, in den er sich ergiesst, den heftigsten Fluthbewegungen ausgesetzt. Die Fluth steigt in demselben bis zu einer Höhe von 12,78 Meter<sup>5)</sup>, dringt weit in die Flussarme hinauf und hebt noch bei Basra, also etwa 15 Deutsche Meilen oberhalb der Mündung das Wasser nahezu um 3 Meter<sup>6)</sup>. An der Küste des Indus-Delta's beträgt bei dem Hafenplatze Kurrahee die Fluthhöhe bei Springzeit durchschnittlich 2,9 Meter, bei Nippzeit etwa 1 Meter; die Strömung, besonders der Ebbe, ist in dem Flusse bis Keti hinauf sehr stark<sup>7)</sup> und noch bis Tatta, in gerader Linie etwa 12 Deutsche Meilen von der Küste fühlbar<sup>8)</sup>. Auch die Gestade des

Golfes von Bengalen und diejenigen Hinter-Indiens, an denen sich so zahlreiche und ausgedehnte Deltas aneinanderreihen, liegen im Bereiche einer starken Gezeitenbewegung. An der Küste von Orissa, am Aussenrande des Mahanaddy-Delta's erhebt sich die Fluth bis zu 2,1 Meter Höhe<sup>1)</sup>. Im Ganges-Delta dringt dieselbe in der Podda 160 Englische Meilen, im Hugli 150 Englische Meilen landeinwärts<sup>2)</sup>. Ihre Höhe beträgt in den Sunderbunds gewöhnlich gegen 2,5 Meter, steigert sich aber bedeutend in der „Bore“, deren Erhebung Dr. Hooker im Winter 1851 an der Ostseite der Deltaküste auf 18 bis 24 Meter schätzte. Mit ungestümer Schnelligkeit wälzt sich dann die Fluthwelle stromaufwärts, um bei der Ebbe mit noch erhöhter Geschwindigkeit zurückzufließen und die See weithin mit Süsswasser zu überfluthen<sup>3)</sup>. Im Golfe von Martaban hebt die Fluthwelle die Gewässer noch im Hafen von Ragun um 4,3 bis über 7 Meter<sup>4)</sup>, an der Mündung des Saluen bei Amherst, steigt sie bei Springzeit um 6,7, bei Nippzeit um 3,7 Meter, im Monat August, wo der Fluss durch Regen bedeutend angeschwollen ist, sogar um 7,9 und 8,5 Meter<sup>5)</sup>, und doch verhindert die ausserordentliche Heftigkeit der Strömungen nicht, dass der Iravaddy, der Sittang und der Saluen den Umfang des Golfes durch Vorrücken ihrer Alluvionen mehr und mehr verkleinern. An der Küste von Cochinchina und Siam, an welchen der Mek-hong und der Me-nam ihre ausgedehnten Deltas aufgebaut haben, erreicht die Fluth fast überall eine Höhe von nahezu 3 Meter<sup>6)</sup>; sie dringt im Mek-hong bis zum Bien-ho-See, also etwa 50 geogr. Meilen in gerader Linie von der Küste stromaufwärts<sup>7)</sup>; am Delta der Song-ka in Tong-king, an der Cua-cam-Mündung, steigt sie bis zu einer Höhe von 3,96 Meter<sup>8)</sup>. Unter dem Einflusse der Oceanischen Fluth sind endlich an dem süd-östlichen Litoral Asiens noch die Deltas des Si-kiang, Tong-kiang, des Han-kiang, Hwang-ho und des Hoihow auf Hainan entstanden. An letzterem beträgt die Fluthhöhe 2,13 Meter<sup>9)</sup>, und im Tong-kiang reicht die Einwirkung von Ebbe und Fluth etwa 50 Engl. Meilen von der Mündung des Flusses aufwärts<sup>10)</sup>. Auch von den Deltas an den Küsten Afrika's ist die Mehrzahl im Bereiche heftiger Gezeitenströmungen gelegen. Im Niger-Delta dringt die an der Mündung fast 3 Meter hohe<sup>11)</sup> Fluthwelle bis zur

<sup>1)</sup> Nach Renaud in Delesse's: Lithol. du fond des mers p. 217. s. Reclus: Nouv. géogr. univ. II, p. 692 ff.

<sup>2)</sup> Minard: De l'avenir nautique du Havre 1856; bei Reclus l. c.

<sup>3)</sup> E. Reclus: l. c.

<sup>4)</sup> Vergl. O. Peschel: Neue Probl. 2. Aufl., S. 127 ff.

<sup>5)</sup> Dana: Man. of Geol. 1875, p. 660.

<sup>6)</sup> Daniel: Handbuch der Geogr. I, S. 253.

<sup>7)</sup> Annal. der Hydrogr. 1875, S. 301, und 1877, S. 546.

<sup>8)</sup> Peschel: Neue Probl. 2. Aufl., S. 128.

<sup>1)</sup> Annal. der Hydrogr. 1877, S. 124.

<sup>2)</sup> O. Peschel: l. c. S. 128.

<sup>3)</sup> Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII. ed., I, p. 474 und 564.

<sup>4)</sup> Annal. der Hydrogr. 1877, S. 165.

<sup>5)</sup> ibid. 1877, S. 543.

<sup>6)</sup> v. Kloeden: Handb. d. Erdk. I, 1873, S. 652.

<sup>7)</sup> Bouillevaux: Voyage dans l'Indo-Chine. 1848—56. Paris 1858.

<sup>8)</sup> Annal. der Hydrogr. 1876, S. 513.

<sup>9)</sup> ibid. 1876, S. 508.

<sup>10)</sup> Vergl. Peterm. Mitth. 1873, S. 261.

<sup>11)</sup> Troschel: Bemerk. über das Niger-Delta: Monatsber. der Berl. ges. Ges. 1848—49, S. 101.

Stirling-Insel<sup>1)</sup>, also in gerader Linie 15 Deutsche Meilen weit landeinwärts; am Congo macht sich der Einfluss der Gezeiten trotz der ausserordentlich starken Strömung des Flusses bis Sondie hinauf geltend, wo noch ein Steigen des Wassers um 16 Zoll Statt findet. Tukey bestimmte bei niedrigstem Wasserstande die Fluthöhe noch in der Nähe von Bomma auf 13 Zoll; bis Punta da Lenha, also etwa 40 bis 45 Engl. Meilen von der Mündung dringt brackisches Wasser in den Fluss ein<sup>2)</sup>. An der Ostküste des äquatorialen Afrika sind die Deltas des Zambesi, der Rovuma und des Lufidschi trotz heftiger Gezeiten entstanden; die Fluth steigt an diesen Küsten bis zu einer Höhe von 4,6 Meter<sup>3)</sup>, am Delta der Rovuma bis zu einer solchen von 3,7 Meter<sup>4)</sup>. Im Quelimane, dem nördlichsten Arme des Zambesi, beträgt die Fluthhöhe bei gewöhnlicher Springzeit 3 bis 3,7 Meter, zur Zeit der Äquinoclien 4,6 Meter. Die Strömung läuft bei der Springzeit mit einer Geschwindigkeit von 5 bis 6 Seemeilen in der Stunde und soll bis gegen 60 Seemeilen landeinwärts fühlbar sein<sup>5)</sup>. An der Mündung des Lindi-Armes im Zambesi-Delta erreicht die Fluth ebenfalls eine Höhe von 3,4 Meter<sup>6)</sup>.

Unter den Deltas an den Küsten von Amerika dringen namentlich in demjenigen des Orinoco die Gezeitenströmungen tief in das Land hinein; bis Angostura, also in gerader Linie etwa 55 Deutsche Meilen von der Mündung des Flusses, macht sich die Fluthwelle bei niedrigem Wasserstande bemerkbar<sup>7)</sup>. In Europa endlich ist namentlich das Delta der Petschora im Bereiche der Oceanischen Fluth zur Bildung gelangt.

Während alle diese Deltas Küsten angehören, an welchen die Gezeiten heftige Bewegungen der Gewässer hervorrufen, fehlt es umgekehrt nicht an Flüssen, an deren Mündungen sich Ebbe und Fluth mit nur geringer Stärke bethätigen, welche aber trotzdem die von ihnen mitgeführten Sinkstoffe nicht zu Deltas aufschichten. Hierher gehört der Goolwa, der Unterlauf des Murray, an dessen Mündung die Fluth gewöhnlich nicht über 1 Meter, und selbst bei Springzeit nur bis zu 1,8 Meter Höhe steigt<sup>8)</sup>. Der Fluss mündet im Hintergrunde einer umfangreichen, durch Dünenzüge vom Ocean geschiedenen Lagune; er führt bedeutende Massen von Sand und Schlamm mit sich, baut aber trotzdem kein Delta auf<sup>9)</sup>.

<sup>1)</sup> Peterm. Mitth. 1863, Taf. 6.

<sup>2)</sup> A. Petermann: Der untere Congo. Peterm. Mitth. 1877, S. 298.

<sup>3)</sup> Annalen der Hydrographie. 1875, S. 259.

<sup>4)</sup> ibidem 1875, S. 259.

<sup>5)</sup> ibidem 1877, S. 61.

<sup>6)</sup> ibidem 1875, S. 460.

<sup>7)</sup> O. Peschel: Neue Probleme. 2. Aufl., S. 128.

<sup>8)</sup> Annal. der Hydrogr. 1877, S. 288.

<sup>9)</sup> Vergl.: Die Mündungsgegend des Murray &c. von Dr. E. Jung. Mitth. des Vereins f. Erdk. zu Halle. 1877, S. 24.

Wie der Murray, so besitzt auch der Columbia-Fluss an der Pacificischen Küste Nord - Amerika's eine offene, deltafreie Mündungsbai, obwohl die mittlere Fluthhöhe in derselben nur 1,8 Meter, bei Springzeit 2,2 und bei Nippzeit 1,4 Meter beträgt<sup>1)</sup>. Auch an der Mündung des Senegal ist ein eigentliches Delta nicht vorhanden, und doch steigt die Fluth selbst bei Springzeit nur bis auf 0,85 Meter Höhe<sup>2)</sup>.

*Alle diese Erscheinungen beweisen die Unabhängigkeit der Delta-Entstehung von der Einwirkung der Gezeiten.*

Eine Beeinflussung von Seiten der letzteren lässt sich nur in der Form der Mündungen der Deltaströme und zwar darin erkennen, dass alle Deltas, welche unter der Einwirkung von Ebbe und Fluth entstanden sind, trichterförmige Erweiterungen der Flussarme zeigen. Diese Erscheinung<sup>3)</sup> erklärt sich daraus, dass das Flusswasser durch das mit der Fluth in die Mündungen eintretende, spezifisch schwerere Meerwasser nach oben, also in ein oberflächliches Niveau gedrängt und dadurch „seichter gemacht wird, so dass dasselbe, was es an Tiefe verliert, an Breite zu gewinnen suchen muss“. Die dadurch bedingten trichterförmigen Erweiterungen der Mündungsarme sind selbst an solchen Deltas wahrzunehmen, wo, wie an denjenigen des Niles und des Mississippi, Ebbe und Fluth in nur geringer Stärke auftreten, deutlicher aber da, wo die Gezeitenbewegung sich in heftigerer Weise geltend macht, wie diess u. a. am Ganges-Delta der Fall ist. Hier sind es namentlich die Mündungen des Hugli, der Podda, des Horingottah und der Megna, welche durch breite und tief in das Schwemmland eingeschnittene Erweiterungen ausgezeichnet sind. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich an den Deltas des Iravaddy, des Indus, des Mek-hong, des Zambesi und des Niger, am auffälligsten aber ist sie an den Mündungen des Sittang und des Alt-Calabar entwickelt. Beide Flüsse münden im Hintergrunde tiefer Meereshöfen, wo in Folge des Zusammentretens der Küsten die Gezeiten eine besondere Stärke erreichen. Trotzdem hat zwar der Sittang sowohl wie der Alt-Calabar ein ausgedehntes Alluvialland aufgebaut, die Mündungskanäle aber sind weit geöffnet und tief in das zu beiden Seiten derselben aufgeschichtete Schwemmland eingeschnitten.

#### c) Einfluss der Meeresströmungen auf die Deltabildung.

Noch schroffer als in Bezug auf den Einfluss der Gezeiten stehen sich die Ansichten der Forscher hinsichtlich der Beeinflussung gegenüber, welche die Meeresströmungen auf die Sedimentbildung an den Flussmündungen ausüben.

<sup>1)</sup> Annalen d. Hydrogr. 1875, S. 259.

<sup>2)</sup> ibid. 1873, S. 167.

<sup>3)</sup> Vergl. Oscar Peschel: Neue Probleme. 2. Aufl., S. 128.

Während die Mehrzahl der Geographen und Geologen, unter letzteren namentlich *Gustav Bischof*<sup>1)</sup>, in dem Vorhandensein solcher Strömungen ein Hinderniss für die Entstehung von Deltas erblickt, schreibt umgekehrt *Oscar Peschel* den Küstenströmungen wenigstens unter gewissen Bedingungen einen günstigen Einfluss auf die Deltabildung zu<sup>2)</sup>.

Die erstere dieser beiden Anschauungen beruht auf der Annahme, dass die von den Flüssen mitgeführten erdigen Bestandtheile im Bereiche von Meeresströmungen an den Flussmündungen selbst nicht zum Absatz gelangten, dass sie vielmehr von jenen fortgeführt und erst an entlegenen Küsten oder auf dem Grunde des Meeres abgelagert würden. Als das überzeugendste Beispiel dieses Vorganges und als Beweis, dass das Vorhandensein von Meeresströmungen selbst bei reicher Sedimentführung der Flüsse die Deltabildung verhindere, wird meist die Mündung des *Amazonas* angeführt<sup>3)</sup> und das Fehlen eines Delta's an derselben der Einwirkung der südlichen Äquatorialströmung zugeschrieben, welche das Atlantische Weltmeer durchkreuzend beim Kap St. Roque auf den Süd-Amerikanischen Continent trifft und von da an dessen Nordostküste begleitet. Diese Strömung soll die von dem Amazonas mitgeführten Schlamm- und Sandmassen mit sich fortführen, sie theils an den Küsten von Guyana, theils auf dem Boden des offenen Oceans ablagern und so die Mündungsbai des Flusses vor einer Zuschüttung und Versandung bewahren. Dieselbe Strömung aber passirt etwa 200 geographische Meilen weiter nach Nordwesten die Mündung des *Orinoco*. Gerade hier bewegt sie sich ungleich näher an der Küste Süd-Amerika's hin, als vor der Mündung des *Marañon*, drängt sich in die Meerenge zwischen der Insel *Trinidad* und dem Festlande, „um sich mit Hast und Gewalt durch den Drachenschlund, die *Boca del Dragon* in das Caraibische Meer zu ergiessen“<sup>4)</sup>, sie hat es aber dennoch nicht verhindern können, dass der *Orinoco* die von ihm der Mündung zugeführten Sinkstoffe zu einem ausgedehnten Delta aufschichtete. Zwar ist dieses ursprünglich durch Zuschüttung einer einstigen Meeresbucht entstanden, in welche sich die Einwirkung der Strömung nur in geringem Maasse erstrecken konnte. Aber auch der *Amazonas* mündet im Hintergrunde eines tiefen Küsteneinschnittes, auch hier hätte also der Aufbau eines Delta's ungestört von dem Einflusse der Strömung vor sich gehen können. Ausserdem ist aber in dem Wachsthum des

*Orinoco-Delta's* selbst dann kein Stillstand eingetreten, als dieses die einstige Mündungsbai ausgefüllt hatte, als mithin die Flusswasser bei ihrem Austritt aus der Mündung direkt in den Bereich der Meeresströmung gelangten; es ist vielmehr unbehindert weiter vorgerückt und ragt jetzt weit in den von jener Strömung beherrschten Meeresarm vor. War diess aber am *Orinoco* möglich, so kann es auch nicht der südlichen Äquatorialströmung allein zugeschrieben werden, dass der *Amazonas* nicht in ähnlicher Weise wie sein Nachbarstrom durch Anhäufung seiner Sedimente die weite Mündungsbucht in ein Delta umgewandelt hat.

Ganz ähnliche Vergesellschaftungen von offenen und durch Deltas geschlossenen Mündungen an ein und derselben Küste und im Bereiche ein und derselben Meeresströmung lassen sich noch mehrfach wahrnehmen. So an der Ostküste Süd-Afrika's, längs welcher sich die *Moçambique-Strömung* mit einer Geschwindigkeit von 2—4 miles in der Stunde bewegt<sup>1)</sup>, und wo der *Zambesi* ein ausgedehntes Delta aufgebaut hat, der *Limpopo* aber mit deltafreier Mündung den Ocean erreicht. An der Westküste Afrika's bildet der *Niger* trotz des Einflusses der *Guinea-Strömung* ein weit in das Meer vorspringendes Delta, die Küstenflüsse dagegen nur wenig westlich von ihm und im Bereiche derselben Strömung besitzen keine eigentlichen Deltas.

In Asien sind namentlich die Deltas des *Mahanaddy*, des *Godavery*, des *Kistna* und *Cavery* unter dem Einflusse der jahreszeitlich mit den Monsunen wechselnden Strömungen im Golfe von Bengalen entstanden, in Amerika besonders die Deltas des *Magdalenenstromes*, des *Atrato*<sup>2)</sup>, des *Rio San Juan*<sup>3)</sup> und des *Usumasinta-Tabasco*<sup>4)</sup>. Auch in Europa hat eine Anzahl von Flüssen ausgedehnte Schwemmlandgebiete weit in das Meer hinaus gebaut, obgleich ihre Mündungen von Küstenströmungen beherrscht sind. Dahin gehören von mediterranen Flüssen besonders die *Rhône* und die *Tiber*, ferner der *Po* und die benachbarten Nord-Adriatischen Küstenflüsse bis zum *Isonzo* hin, endlich im Schwarzen Meere die *Donau*. Die Existenz aller dieser Deltabildungen beweist, dass *Meeresströmungen an und für sich die Bildung von Deltas an den Flussmündungen nicht verhindern* und dass zur Erklärung für das Fehlen von Deltas an manchen Flüssen der Nachweis einer dort herrschenden Strömung allein nicht genügt. Es sind eben nur die feinsten, als Flusstrübe in Suspension gehaltenen Schlamm- und Thontheilchen, welche von den Meeresströmungen entführt werden und welche auch, wenn

1) Lehrb. der chem. und phys. Geol. II, S. 1600.

2) Neue Probleme. II. Aufl., S. 140.

3) Herm. Credner: Elem. d. Geol. III. Aufl., S. 227.

C. Vogt: Lehrb. der Geol. &c. III. Aufl., II, S. 131.

4) O. Peschel: l. c. S. 136.

1) Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII. ed., I, p. 493.

2) O. Peschel: l. c. S. 137, Anmerk. 1.

3) Vergl. Herm. Berghaus: Phys. Wandk. der Erde. 1874.

4) Peterm. Mitth. 1866, S. 130.

jene Strömungen nicht vorhanden wären, wohl zum grössten Theil weit in das Meer hinausgetragen werden würden, ohne zum Aufbau von Deltas verwandt zu werden. Die gröberen Schlamm- und Sandmassen hingegen, welche die Flüsse fortbewegen, gelangen an den Mündungen selbst zum Absatz und häufen sich unter gewissen, später zu erörternden Bedingungen auch im Bereiche jener Meeresströmungen unbehindert zu Deltas auf.

Wie erwähnt, ist eine Anzahl Geographen nach dem Vorgange Oscar Peschel's geneigt, den Küstenströmungen, namentlich wenn sie schwach sind, sogar einen die Deltabildung fördernden Einfluss zuzuschreiben, „weil sie die austretenden Sedimente der Flüsse gegen das Land drängen und ihre Verschleppung auf das hohe Meer verhindern“<sup>1)</sup>. An dem *Nord-Adriatischen Deltagebiet* zwischen dem Golfe von Triest und der Gegend von Rimini ist diess in der That der Fall. Durch die kreisende Bewegung der dort verlaufenden Strömung werden die von den zahlreichen Flüssen mitgeführten Sinkstoffe dem Gestade entlang geschoben und an demselben abgelagert, so dass ein gleichmässiges Vorwachsen des ganzen Litorales, auch an Stellen, wo gar keine Flussarme ausmünden, erfolgt. Am reichlichsten vollzieht sich dieser Schlammabsatz an dem vorgeschobenen Alluviallande des *Po-Delta's* und dieser Zuführung eines Theiles der aus der Brenta, der Piave und dem Tagliamento stammenden Sedimente verdankt offenbar das *Po-Delta* mit sein rasches Wachstum. Indessen wird ein derartiger günstiger Einfluss der Meeresströmungen auf das Wachstum der Deltas nur dort Statt finden, wo mehrere der letzteren nahe bei einander liegen, wo also das durch die Strömung dem einen entführte Material an den anderen wieder abgelagert wird und diesen zu Gute kommt, wie solches bei dem eben erwähnten Nord-Italienischen Deltagebiet, so wie an der *Coromandel- und Orissa-Küste* in Ost-Indien der Fall ist. Bei isolirt gelegenen Deltas hingegen wird durch Küstenströmungen zwar auch die Verbreitung der Sedimente in das offene Meer verhindert, letztere werden gegen die benachbarte Küste gedrängt und hier abgelagert, tragen aber zur Vergrösserung des Delta's selbst nichts bei.

Einen das Wachstum der Alluvionen begünstigenden Einfluss der Meeresströmungen hat man auch an dem Delta des *Mississippi* erkennen und daraus die auffällige Ungleichseitigkeit desselben erklären zu können geglaubt<sup>2)</sup>. Die grössere Ausdehnung des Schwemmlandes auf dem rechten

Ufer des Mississippi ist dieser Ansicht zu Folge nicht ausschliesslich das Werk der rechtsseitigen Bayous und des Red River, vielmehr kamen zu dem von diesen Gewässern herbeigeschafften Materiale „noch die Sedimente aller Küstenflüsse westlich vom Red River hinzu, die durch die kreisende Bewegung des Golfwassers der Küste entlang geschoben wurden, bis sie die Uferbänke des Mississippi aufhielten“. Dieser Auffassung entgegen ist jedoch zu constatiren, dass die Gewässer an den Küsten von Louisiana und Texas keineswegs an der östlichen Bewegung des im Innern des Meerbusens von Mexiko verlaufenden Golfstromes Theil nehmen, sondern dass vielmehr ihre Bewegung nach Westen gerichtet ist, indem sie unter dem Einflusse einer *Gegenströmung* des Golfstromes stehen<sup>1)</sup>. Die geringen Mengen erdiger Bestandtheile, welche aus den meist tief in das Land eingeschnittenen und durch fast ununterbrochene Dünenzüge verschlossenen Mündungsbuchten der Texanischen Küstenflüsse in die offene See gelangen, werden deshalb nicht nach dem Mississippi zu, sondern umgekehrt in der Richtung nach dem Rio Grande fortbewegt.

Dahingegen lässt sich der Einfluss nicht verkennen, welchen Meeresströmungen häufig auf die *Verschiebung des Laufes der Mündungsarme* der Deltaflüsse, und in Folge dessen auf die *Gestaltung der Schwemmlandbildungen* derselben ausüben. Am *Donau-Delta* z. B., an dessen Aussenrand eine namentlich bei nördlichen Winden starke Strömung von Norden nach Süden verläuft, werden die Mündungsstellen der einzelnen Flussarme mehr und mehr nach Süden verlegt. Das ganze Delta zeigt in Folge dessen die Tendenz, sich statt nach Osten, also in der Richtung des Flusslaufes, gegen Südosten zu entwickeln. In dem am Kilia-Arme entstandenen secundären Delta verschieben sich die Oschakoff- und die neue Stambul-Mündung in jedem Jahre um durchschnittlich 20 Meter gegen Süden, während alle nördlichen Arme ausserordentlich rasch versanden. Die Sulina-Mündung ist durch künstliche Molos gegen die Einwirkung der Strömung geschützt, dagegen ist am St. Georgs-Arme eine Verlegung des Flussbettes in südlicher Richtung, und zwar alljährlich um 6 Meter zu beobachten<sup>2)</sup>. Auch am *Ogowe-Delta* sind offenbar durch die die Westküste des Alluvialgebietes berührende<sup>3)</sup> südliche Äquatorial-Strömung die Mündungsarme des Flusses nach Norden umge-

<sup>1)</sup> Oscar Peschel: Neue Probleme. II. Aufl., S. 140.

<sup>2)</sup> Vergl. O. Peschel: l. c. S. 134.

Fr. Ratzel: Die Verein. Staaten von Nord-Amerika. 1878, I, S. 185.

<sup>1)</sup> Vergl. Herm. Berghaus: Phys. Wandk. d. Erde 1874.

J. G. Kohl: Zeitschr. f. allgem. Erdk. 1862, S. 203.

O. Ule: Die Erde &c. nach E. Reclus: La terre. 1874, p. 305.

<sup>2)</sup> C. Muszynski: Mitth. d. K. K. geogr. Ges. in Wien. 1876, S. 329 ff., Taf. VI.

<sup>3)</sup> O. Peschel: l. c. S. 137.

bogen <sup>1)</sup>, so dass der Hauptabsatz der Sedimente in nord-westlicher Richtung erfolgt, wo die sich zwischen jene Äquatorial-Strömung und das Festland einschiebende Guinea-Strömung den Flussgewässern entgegentritt <sup>2)</sup> und den Absatz der von denselben mitgeführten Sinkstoffe begünstigt.

Auf eine ähnliche Einwirkung und zwar von Seiten des Golfstromes führen Humphreys und Abbot <sup>3)</sup>, so wie Oscar Peschel <sup>4)</sup> und K. E. v. Baer <sup>5)</sup> auch die auffällige östliche Ablenkung zurück, welche der *Mississippi* an dem Punkte erfährt, wo er sein Delta aufzubauen begonnen hat. Indessen lassen es die bisherigen Beobachtungen noch fraglich erscheinen, ob sich in der That die Einwirkung des Golfstromes bis in jene nördlichen Randgebiete des Mexikanischen Meerbusens, ja selbst nur bis an die *gegenwärtigen* Mündungen des Flusses erstreckte, oder ob sich hier nicht vielmehr eine westliche Gegenströmung geltend mache. J. G. Kohl hebt nämlich ausdrücklich hervor <sup>6)</sup>, dass „man längst eine allgemeine Tendenz der Gewässer vor dem Munde des *Mississippi* von Osten nach Westen habe wahrnehmen wollen“, und dass es sehr wahrscheinlich sei, dass eine solche Gegenströmung des Golfstromes, wie sie westlich vom Delta an der Texanischen Küste in der That beobachtet ist, auch an den Mündungen des Flusses existire. Überhaupt dürfte die östliche Ablenkung, welche der *Mississippi* in seinem Deltagebiet erleidet, weniger die Folge der auf die jeweilige Mündungsstelle beschränkten Einwirkung einer Meeresströmung sein, als vielmehr das Resultat einer *an dem ganzen Unterlaufe* des Stromes von der Ohio-Mündung abwärts wirksamen Kraft. Auf dieser ganzen Strecke nämlich zeigt der Fluss das Bestreben, nach Osten auszuweichen, drängt beständig gegen sein linkes Ufer und verlegt sein Bett immer näher an die Steilränder des östlichen Plateau's, welches er schon an 15 Stellen bespült und benagt <sup>7)</sup>.

Wie an dem *Mississippi*, so sucht K. E. v. Baer auch an der *Rhône* den Grund für die östliche Ablenkung der Hauptmündung in einer an der Französischen Küste nach Osten verlaufenden Strömung <sup>8)</sup>. Das Vorhandensein einer solchen scheint indessen nach den Beobachtungen Französischer Ingenieure sehr zweifelhaft. Montanari <sup>9)</sup>, Surell <sup>10)</sup>,

Ed. Rouby <sup>1)</sup>, Ch. Martins <sup>2)</sup> u. A. sind der Ansicht, dass die Strömung gerade umgekehrt, also von Osten nach Westen verlaufe, und E. Desjardins <sup>3)</sup>, A. Germain <sup>4)</sup> und mit ihnen E. Reclus <sup>5)</sup> stellen die Einwirkung einer Strömung, wenigstens auf die Mündung der Grande-Rhône überhaupt in Abrede. Für das Fehlen einer östlichen Strömung im Golf du Lion, wie sie K. E. v. Baer annimmt, spricht namentlich der Umstand, dass der Hafen von Marseille trotz seiner geringen Entfernung von der Mündung der Grande-Rhône von Versandungen fast gar nicht zu leiden hat, was der Fall sein würde, wenn die Sinkstoffe der Rhône durch eine Küstenströmung nach Osten geführt würden. Da nun trotzdem die Rhône ihre Hauptmündung noch in historischer Zeit mehr und mehr nach links verschoben hat, so hat man den Grund für diese Erscheinung in dem Einfluss des von den Cevennen herabwehenden Nordwestwindes, des Mistral, vermuthet — eine Ansicht, auf welche das nächste Kapitel zurückkommen wird.

#### d) Einfluss der Winde auf die Deltabildung.

Bei der nur zeitweise und in häufig wechselnden, oft entgegengesetzten Richtungen erfolgenden Einwirkung der Winde auf die Flussmündungen ist von vorn herein die Möglichkeit ausgeschlossen, dass die Bewegung der Atmosphäre und die durch sie verursachte mechanische Thätigkeit des Meeres oder der Binnensee'n einen *für die Entstehung der Deltas maassgebenden Einfluss* auszuüben im Stande sind. Um so mannichfaltiger aber ist die Beeinflussung, welche die Winde auf die spezielle *Gestaltung* der Deltas, so wie auf deren *Wachsthum* geltend machen. Ihrer Einwirkung namentlich sind die zahlreichen, wenn auch lokal beschränkten Veränderungen zuzuschreiben, welche die aus noch wenig verfestigtem und deshalb leicht zerstörbarem Schwemmland bestehenden Aussenränder der Deltas immer von Neuem unter dem Andrang der bewegten See erleiden. Jeder Sturm hinterlässt an den von ihm heimgesuchten Deltaküsten mannichfache Spuren seiner zerstörenden Gewalt: kaum erst gebildete Landstriche werden von seinen Wogen weggeschwemmt, eben emporgetauchte Inseln werden vernichtet oder zerrissen und in kleine Eilande zertheilt, Mündungsarme werden verstopft und an anderen Stellen durch neu geöffnete ersetzt.

<sup>1)</sup> A. Petermann: Der untere Ogowe. Peterm. Mittheilungen 1878, Taf. VII.

<sup>2)</sup> O. Krümmel: Die äquat. Meeresströmung. 1877, Taf. I.

<sup>3)</sup> Fr. Ratzel: Die Verein. Staaten &c. I, 1878, S. 185.

<sup>4)</sup> Neue Probleme. 1876, S. 134.

<sup>5)</sup> Stud. a. d. Geb. der Naturw. II. B., S. 144.

<sup>6)</sup> Zeitschr. f. allgem. Erdk., Berlin 1862, S. 203. Anmerk. Vergl. O. Ule l. c. S. 305.

<sup>7)</sup> Vergl. E. Reclus-Ule: Die Erde &c. I, S. 328.

<sup>8)</sup> Stud. a. d. Geb. der Naturw. II, S. 144.

<sup>9)</sup> E. Reclus: Nouv. Géogr. univ. II, p. 237 ff.

<sup>10)</sup> Mémoire sur l'amélioration des Bouches-du-Rhône bei Ed. Rouby: Bull. de la soc. de Géogr. 1873, II, p. 225 und 227.

<sup>1)</sup> Le sol de Marseille au temps de César. Bull. de la soc. de Géogr. 1873, II, p. 225 u. 227.

<sup>2)</sup> Topogr. géol. des envir. d'Aigues-Mortes, ibidem 1875, Février, p. 125 ff.

<sup>3)</sup> Aperçu hist. sur l'emb. du Rhône bei E. Reclus: Nouv. Géogr. univ. II, p. 237 ff.

<sup>4)</sup> Rapport sur l'état de l'embouchure du Rhône en 1872. Bullet. de la soc. de Géogr. 1873, II, p. 449 ff.

<sup>5)</sup> Nouv. Géogr. univ. II, p. 237 ff.

Derartige Veränderungen vollziehen sich besonders häufig an dem weit in die See vorragenden Delta des *Mississippi*<sup>1)</sup> und zwar mit solcher Nachhaltigkeit, dass es scheint, als ob die zerstörende Kraft des Meeres sogar der neubildenden des Stromes bis zu einem gewissen Grade das Gleichgewicht halte<sup>2)</sup>. Auch am *Rhône-Delta* bekundet sich die zerstörende und wegführende Thätigkeit der dort häufig auftretenden Südstürme in dem beständigen Zurückweichen einzelner Küstenstriche sonamentlich an der Pointe-de-Beauduc, westlich von der Mündung der Grande-Rhône und bei St.-Maries und am Grau d'Orgon auf der Westseite der Deltaküste<sup>3)</sup>. Noch energischer wirken die Stürme umgestaltend auf die Deltaniederungen ein, wenn sie mit der Gezeitenströmung zusammenfallen, wenn sie als Sturmfluth gegen das Gestade andrängen. Weite Strecken der flachen Deltalandschaften, welche z. B. an der Rhône-Mündung nur um 0,70 Meter den Meeresspiegel überragen<sup>4)</sup>, werden dann überschwemmt, der lockere, nachgiebige Boden wird aufgerissen, und ausgedehnte Striche des neugebildeten Landes fallen wiederum der Vernichtung anheim<sup>5)</sup>. Haben sich aber die Stürme gelegt, so führen die schwächeren Windwellen das dem Deltagebiet entzogene Material wenigstens theilweise wieder an den Strand zurück, sie schwemmen die entstandenen Einrisse zu, runden die Contouren des Gestades ab und bauen im Verein mit den die Küste bestreichenden Winden aus den angespülten Sand- und Kiesmassen die Dünenzüge und Strandwälle auf, welche den Aussenrand zahlreicher Deltas schirmend umsäumen<sup>6)</sup>.

Abgesehen von diesem beständigen Wechsel zwischen *Zerstörung* und *Wiederaufbau* fast aller Deltaränder von Seiten des durch die Winde bewegten Meeres hat man andauernd aus derselben Richtung wehenden Winden einen maassgebenden Einfluss auf die ganze *Entwickelungsweise* und *Gestaltung* einiger Deltas zugeschrieben. So glauben Amerikanische Ingenieure die eigenthümliche Configuration der ganzen unteren Partien des *Mississippi-Delta's* wesentlich mit auf die Einwirkung des während eines grossen Theiles des Jahres wehenden Südostwindes zurückführen zu müssen<sup>7)</sup>. Sie weisen darauf hin, dass die beiden wasserreichsten und am weitesten vorgeschobenen Arme des Stromes, der Nordost- und der Südwest-Pass, „sich direkt von der Südost-Richtung, welcher der Fluss noch im Hals der Pässe folgt, abwenden und unter rechten Winkeln

auf dieser Linie stehen“, während der Süd-Pass, welcher sich dem Südost-Winde gerade entgegenstreckt, nur unbedeutend, ja sogar in der Zeit, welche zwischen den Aufnahmen von *Gould* (1764 bis 1771) und denjenigen *Talcott's* (1838) und *Humphreys'* und *Abbot's* (1860) liegt, um 6,5 Kilometer zurückgewichen ist<sup>1)</sup>. Für diese Ansicht spricht noch der Umstand, dass auch die Küstenlinie des breiten Deltarumpfes oberhalb des „Halses“ genau rechtwinkelig zu der Richtung des Südostwindes steht.

Eine ähnliche Einwirkung schreibt E. Reclus<sup>2)</sup> dem Mistral auf das *Rhône-Delta* zu. Die in Folge der Entwaldung der Cevennen und des Mittel-Französischen Plateau's zunehmende Heftigkeit dieses ohnehin schon mit grosser Gewalt auf die Küstenniederung herabströmenden Nordwestwindes hat, so schliesst Reclus, nothwendiger Weise die Wasser des Flusses gegen das linke Ufer drängen müssen und dieselben gezwungen, das Flussbett mehr und mehr nach Osten zu verlegen und endlich jenen neuen Kanal in südöstlicher Richtung zu öffnen, welcher seit 1711 der Hauptmasse des Wassers zum Abfluss dient, während die verlassenen westlicheren Mündungsarme allmählich versandet sind.

Das *Wachsthum* der Delta-Alluvionen können die Winde, wie schon angedeutet, durch Erzeugung von Stürmen und heftigen Brandungen auf das nachhaltigste beeinträchtigen. Aber ganz abgesehen davon üben sie auf dasselbe auch noch in der Weise einen bald hemmenden, bald fördernden Einfluss aus, dass sie an der Oberfläche der See *Triftströmungen* verursachen, welche je nach ihrer Richtung die austretenden Sinkstoffe entweder an die Mündungsstelle zurückdrängen und ihre Ablagerung hier beschleunigen, oder dieselben von der Deltaküste wegführen und auf die offene See transportiren, um sie erst auf deren Grunde zum Absatz gelangen zu lassen. Nicht allein auf die See vor den Mündungen der Flüsse erstreckt sich dieser Einfluss der Winde, er bethätigt sich gleichzeitig auch in den Mündungsarmen selbst und bedingt hier für die Ablagerung der Sedimente wichtige Veränderungen der Stromgeschwindigkeit. Solches ist besonders deutlich in dem Unterlaufe des *Mississippi* zu beobachten<sup>3)</sup>. Die während des Winters oft Monate lang und zuweilen mit sturmartiger Heftigkeit als „los Nortes“ das Mississippi-Thal hinab wehenden Nordwinde treiben die Gewässer des Flusses mit verdoppelter Geschwindigkeit dem Golfe zu. Die Sinkstoffe werden in Folge dessen weiter in die See hinaus geführt, während ein nur geringerer Theil an den Mündungen selbst zum

<sup>1)</sup> J. G. Kohl: Zeitschr. für allg. Erdk. Sept. 1862, S. 202.

<sup>2)</sup> Fr. Ratzel: Die Verein. Staaten &c. I, S. 188 ff.

<sup>3)</sup> E. Reclus: Nouv. Géogr. univ. II, p. 237 ff.

<sup>4)</sup> A. Germain: Bullet. de la soc. de Géogr. 1873, II, p. 463.

<sup>5)</sup> Vergl. Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII. ed., p. 471.

<sup>6)</sup> Siehe oben S. 10.

<sup>7)</sup> Vergl. J. G. Kohl: l. c. S. 203; nach Humphreys, Report p. 450; Fr. Ratzel: l. c. S. 185.

<sup>1)</sup> Fr. Ratzel: l. c. S. 189.

<sup>2)</sup> Reclus-Ule: Die Erde &c., S. 329.

<sup>3)</sup> Vergl. J. G. Kohl: Die Mündungen d. Miss. in der Zeitschrift für allg. Erdk. Sept. 1862, S. 202.

Absatz gelangt. Umgekehrt stauen die im Sommer vorherrschenden Südostwinde die Gewässer des Golfes beträchtlich auf, so dass sie an den Mündungen des Mississippi zuweilen um fast 0,3 Meter höher stehen als bei Nordwinden, verlangsamen gleichzeitig die Stromgeschwindigkeit der aus jenen ausfliessenden Gewässer und verursachen so, dass eine grössere Menge der mitgeführten Sinkstoffe in und vor den Mündungen zur Ablagerung gelangt. Einen ganz ähnlichen Vorgang berichtet Capt.-Lieutenant v. Reiche von der Mündung des *Min-Flusses* in China<sup>1)</sup>, welcher in den Sommermonaten sehr wasserreich und reisend, grosse Massen von Schlamm aus dem Innern des Landes mit sich führt. Durch den herrschenden Nordost-Monsun werden die Gewässer aufgestaut und ein Theil jener Schwemmstoffe in der Mündungsbucht zu Schlamm-bänken abgelagert. Die Anwohner versuchen alljährlich durch Anpflanzungen das in dieser Weise angeschwemmte Erdreich zu befestigen, so dass sich mit der Zeit aus jeder der Schlamm-bänke eine überaus fruchtbare Insel herausbildet.

Auch am *Don* hat man beobachtet<sup>2)</sup>, dass dessen Mündungen nach anhaltenden Westwinden, welche die Gewässer in der Taganrog'schen Bucht bedeutend aufstauen, durch Schlammabsätze so verstopft werden, dass sie selbst für kleinere Boote nicht fahrbar sind. In ähnlicher Weise war im *Wolga-Delta* im Jahre 1854, als mehrere Tage nach einander Südostwinde geherrscht hatten, selbst die am meisten befahrene östliche Mündung in dem Grade von Schlamm und Sand erfüllt, dass sie nur etwa 1 Meter Tiefe besass<sup>3)</sup>. Wenn sich aber, wie in diesem Falle, schon im Laufe weniger Tage so beträchtliche Sedimentmassen in der Flussmündung ablageren, so muss dieser durch die Winde verursachte Prozess für das Wachstum der Alluvionen von grösstem Einflusse an solchen Flussmündungen sein, auf welche regelmässige Winde Wochen und Monate lang ununterbrochen einwirken, wie z. B. am *Nil-Delta*, wo neun Monate hindurch Nordwestwinde herrschen<sup>4)</sup>, oder an der *Rhône*, wo 120 Tage im Jahre der Wind von der Seeseite weht und die Gewässer des Flusses aufstaut, so dass in Folge dessen die Mündung vollkommen unschiffbar wird<sup>5)</sup>. Tritt dann aber an Stelle dieser südlichen Winde der nordwestliche Mistral, welcher durchschnittlich 175 Tage im Jahre herrscht, so werden umgekehrt die sich in Folge ihres geringeren spezifischen Gewichtes auf der Oberfläche des Meeres ausbreitenden, sedimentbeladenen Flusswasser

von der Mündung weggedrängt und der offenen See zuge-trieben<sup>1)</sup>, wo die schwebend fortgeführten Bestandtheile zu Boden sinken ohne zur Vergrösserung des Delta's beizutragen.

Wie weit Fluss-Sedimente durch solche seewärts gerichtete Windtriften *verbreitet* werden, dafür bietet der *Lake-Superior* ein lehrreiches Beispiel. Der Boden desselben ist von einem zähen, verschiedenfarbigen, kalkigen Thon bedeckt, dessen Bestandtheile durch die mehr als 100 Zuflüsse des See's herbeigeschafft und durch Strömungen, welche verursacht durch andauernde, heftige Winde, den See in verschiedenen Richtungen durchkreuzen, über ein Areal von etwa der Grösse Englands verschwemmt worden sind<sup>2)</sup>. Ähnliche Verschleppungen der Flusssinkstoffe durch Triftströmungen beobachtete H. Stanley auf dem *Tanganyika*<sup>3)</sup>. Die schlammigen Gewässer der Zuflüsse dieses See's wurden von den Mündungen nach Norden getrieben, so oft Südwest-, Süd- oder Südost-Winde herrschten, nach Süden hingegen, wenn der Wind aus Nordwesten oder aus Norden wehte<sup>4)</sup>.

Unsere bisherigen Betrachtungen über die verschiedenartigen Beeinflussungen des Sedimentations-Prozesses an den Flussmündungen haben zu der Erkenntniss geführt, dass keiner derselben eine so tiefgreifende Bedeutung beigemessen werden kann, um aus ihr das Fehlen oder das Vorhandensein der Deltas im Allgemeinen herzuleiten, also die geographische Vertheilung der Deltas erklären zu können. So liess sich eine Anzahl von Flussmündungen anführen, an denen sich gewisse dieser Beeinflussungen in vollkommen gleichartiger Weise geltend machen, von denen aber trotzdem die einen deltafrei, die anderen durch ein vorgelagertes Delta geschlossen sind; so konnte selbst auf zahlreiche Flussmündungen hingewiesen werden, an denen Deltas existiren, obgleich sich an ihnen die einzelnen, die Schwemmlandbildung bedingenden Vorgänge in geringerem Maasse bethätigen, als an anderen, welche trotzdem keine Deltas aufzuweisen haben. Da indessen auf jede Flussmündung gleichzeitig mehrere der bisher betrachteten Verhältnisse und Vorgänge ihren Einfluss ausüben, so liegt der Schluss nahe, dass es

<sup>1)</sup> Ed. Rouby: Le sol de Marseille au temps de César. Bull. de la soc. de Géogr. 1873, II, p. 228.

<sup>2)</sup> Lyell: Princ. of Geol. XII. ed., I, p. 418. Danach G. Bischof: Lehrb. der chem. und phys. Geol. II, S. 1570, und Fr. Czerny: Ergh. zu Peterm. Mitth. Nr. 48, S. 42.

<sup>3)</sup> Peterm. Mittheilungen. 1873, S. 26.

<sup>4)</sup> Über den Einfluss der Winde

a) auf die Gestaltung und Beschaffenheit der Deltaoberfläche s. oben S. 10 ff.

b) auf die petrographische Beschaffenheit des Deltamaterials s. S. 13 ff.

c) auf den Charakter der von den Delta-Alluvionen umschlossenen thierischen Reste s. S. 17.

<sup>1)</sup> Annal. der Hydrogr. 1876, S. 95.

<sup>2)</sup> K. E. v. Baer: Stud. aus d. Geb. der Naturw. II, S. 150.

<sup>3)</sup> K. E. v. Baer: l. c.

<sup>4)</sup> Lyell: Princ. of Geol. XII. ed., I, p. 428.

<sup>5)</sup> E. Reclus: Nouv. Géogr. univ. II, p. 237 ff.

ein besonders ungünstiges Zusammentreffen von mehreren dieser Faktoren sei, welches als Ursache für das Fehlen von Deltas an gewissen Flussmündungen angesprochen werden müsse. Eine derartige Erklärungsweise der Abwesenheit von Deltas reicht z. B. für die *Pacifische Küste von Süd-Amerika* aus. Die durch die küstennahe Lage der Cordilleren bedingte Stromgeschwindigkeit der Flüsse, so wie die vereinte Einwirkung der Gezeiten und der Küstenströmung haben zur Folge, dass die Flusssinkstoffe zum grössten Theil über die Mündung hinaus in die offene See verschleppt werden, während gerade hier bei dem jähen Abfalle des Seebodens beträchtliche Sedimentmassen erforderlich wären, um die bedeutenden Meerestiefen vor den Flussmündungen auszufüllen. Ähnliche, wenn auch weniger complicirte Ursachen liegen dem Fehlen von Deltas an den Mündungen der *Fiumaren* an der *Ostseite Siciliens* zu Grunde<sup>1)</sup>. Der Meeresboden fällt hier steil von der Küste ab<sup>2)</sup>, und die starke Strömung der Meerenge lässt die zugeführten Geröllmassen auf dem abschüssigen unterseeischen Gehänge nicht zur Ablagerung gelangen, sie breitet dieselben auf dem Grunde der Meerenge aus und verschwemmt einen Theil des Materiales gegen Norden, wo sie aus ihm die sichelförmige Halbinsel vor dem Hafen von Messina so wie die Landzunge an der Punta del Faro aufbaut, während an den Mündungen der *Fiumaren* selbst weder die Bildung von Schuttkegeln vor sich geht, noch auch eine Erhöhung des Meeresbodens bemerkbar ist.

Auch eine *besondere Steigerung eines die Sedimentbildung in ungünstiger Weise beeinflussenden Verhältnisses* genügt in manchen Fällen zur Erklärung für das Fehlen von Deltas. So kann z. B. die Sedimentführung eines Flusses in Folge des Durchströmens von Binnensee'n bis zu dem Grade verringert werden, dass das zur Mündung gelangende erdige Material nicht ausreicht, um das Meer vor derselben zuzuschütten. Zwar hat das Passiren von Binnensee'n und die dadurch bewirkte Klärung der Gewässer nicht stets das Fehlen von Deltas an der Meeresmündung im Gefolge; bauen doch der *Rhein* und die *Rhône*, ja selbst der *Rio San Juan*, die *Newa* und der *St.-Clair-River*, trotzdem wenigstens die drei letztgenannten Flüsse diesem Läuterungsprozess kurz vor ihrer Mündung unterworfen sind, Deltas auf. Sie alle nehmen, wenn auch theilweise nur unbedeutende Zuflüsse unterhalb der Binnensee'n auf und erhalten dadurch einen Ersatz für die entzogenen Sedimente. Wenn aber, wie es in *Finnland* und im südöstlichen *Schweden* der Fall ist, nicht nur die Hauptströme in Binnensee'n entspringen und solche noch mehrfach auf ihrem Wege zum

Meere zu durchlaufen haben, sondern auch die Nebenflüsse selbst wieder denselben Läuterungsprozess durchzumachen haben, so wird man mit Recht in diesen Vorgängen den Grund für das Fehlen von Deltas an jenen Küsten suchen können.

Eine ungleich grössere Tragweite, als alle die in den vorhergehenden Abschnitten geschilderten Beeinflussungen der Deltabildung, *die immerhin, auch wenn sie in Combination auftreten, nur eine lokale Bedeutung erlangen*, besitzen die *Niveau-Veränderungen des Festlandes oder des Wasserspiegels* in ihrer Einwirkung auf die Gestaltung der Flussmündungen und dadurch auf die Verbreitung und Vertheilung der Deltas.

#### 4. Einfluss von Niveau-Veränderungen des Festlandes oder des Wasserspiegels auf die Deltabildung.

##### a) Einfluss von Senkungen der Meeresküsten auf die Deltabildung.

Da die Senkungen ausserordentlich langsam und allmählich vor sich zu gehen pflegen, der Fluss aber fort und fort neues Material zuführt, so liegt die Vermuthung nahe, dass die Ablagerung des letzteren die durch die Senkung bewirkte Vertiefung des Meeresbodens an der Mündungsstelle in vielen Fällen ausgleichen könne, ja bei hinreichender Zufuhr von Detritus eine zunehmende Verschlämmung und Versandung des Meeres vor der Flussmündung verursachen und schliesslich ein Hervortreten der Sedimente zu einem Delta bewirken werde. Die Möglichkeit eines derartigen Vorganges wird auch von manchen Forschern behauptet<sup>1)</sup>. Andere glauben sogar gerade der Senkung des Litorales einen für die Deltabildung günstigen Einfluss zuschreiben zu müssen<sup>2)</sup>, da durch dieselbe die Verschleppung der Sinkstoffe in die offene See verhindert und deren Ansammlung an der Flussmündung selbst begünstigt werde. Die Gestaltungsweise der Flussmündungen an solchen Küsten, an denen Senkungserscheinungen beobachtet worden sind, *bestätigen indessen diese Ansichten nicht*. Sie zeigt vielmehr, dass eine derartige Niveau-Veränderung des Litorales, so langsam sie auch von Statten geht und so gross ihr gegenüber die Menge der immer von Neuem zugeführten Sedimentmassen auch ist, *dennoch die Neubildung und das Wachstum der Deltas überall verhindert*. Die Existenz von Deltas an solchen sinkenden Küsten ist freilich nicht ausgeschlossen, ihr gegenwärtiger Zustand und ihre Formveränderungen beweisen aber gerade auf das Augenscheinlichste den *schädlichen Einfluss*, welchen ein Sinken des Bodens naturgemäss auf die von ihm getragene Schwemmlandbildung ausübt.

<sup>1)</sup> Th. Fischer: Beitr. zur phys. Geogr. d. Mittelmeerländer, 1877, S. 9 ff.

<sup>2)</sup> ibidem Taf. I.

<sup>1)</sup> s. u. A: A. Jentzsch: Das Schwanken des festen Landes, S. 96.

<sup>2)</sup> Vergl. G. Berendt: Geol. des Kur. Haffes, S. 51 ff.



Zum Zwecke der Prüfung dieses Einflusses sind folgende Deltas genauer ins Auge zu fassen.

α) *Das Nil-Delta.* Eine Reihe von Thatsachen bekunden, dass die Küste Unter-Ägyptens in langsamer Senkung begriffen ist. Gräber, welche in den aus recentem Muschel-sandstein bestehenden Fels gehauen waren, sind bereits zum grösseren Theil unter dem Meeresspiegel verschwunden; am alten Hafendamm liegen Gallerien von Backsteinbauten, cementirte Estriche, gepflasterte Wege mehr oder minder tief unter dem Meeresspiegel der Ebbezeit<sup>1)</sup>. Die alten Steinbrüche von Mex (die „Katakomben von Alexandria“, „Bäder der Kleopatra“) sind zum Theil unter Wasser gesetzt<sup>2)</sup>. Die Abukir gegenüber liegende Insel Nelson<sup>3)</sup>, so wie die auf derselben befindlichen Alterthümer zeigen deutliche Spuren einer Senkung. *In Folge dieser Niveau-Veränderung des Litorales ist dem Wachsthum des Nil-Delta's längst ein Ziel gesetzt*, seit Jahrhunderten beschränkt sich die Landbildung an dem Ufer Unter-Ägyptens auf den Aufbau der schmalen Landzungen zu beiden Seiten der Hauptmündungen des Flusses. Und dass auch diese nicht durch den Nilstrom selbst gebildet werden, sondern durch Anschwemmungen von Seiten der Küstenströmung und durch Aufhäufung seitens der neun Monate im Jahre wehenden Nordwest-Winde, beweist ihre Zusammensetzung aus einem Gemisch von Nil-Schlamm und Mittelmeer-Sand<sup>4)</sup>. Von einer noch heute fortgesetzten fluviatilen Landbildung durch den Nil kann nach O. Fraas „keine Rede mehr sein“ und von einem neuen Landansatz am Gestade Unter-Ägyptens „ist überhaupt längst keine Spur mehr zu sehen“<sup>5)</sup>. Vielmehr sind weite Strecken der Deltaniederung im Innern des von dem Uferwall umsäumten Gebietes von dem ehemals verdrängten Meere wieder zurückerobert worden. Über einst weidereiche, von Viehzucht treibenden Stämmen bewohnte Gebiete<sup>6)</sup> haben sich die Gewässer ausgebreitet, ausgedehnte Lagunen bedecken einst dichtbevölkerte Gegenden —, Dörfer und Städte sind unter den Fluthen der See'n von Menzaleh und Abukir versunken, unter deren Spiegel die Ruinen ihrer Gebäude noch jetzt sichtbar sind, die Uferleisten der jenes Gebiet einstens durchströmenden Nil-arme haben sich unter die Wasser gesenkt und sind unter deren Spiegel noch vollkommen erhalten<sup>7)</sup>. Nur in den *oberen Partien* des Delta's geht die Erhöhung des Alluvialbodens noch vor sich. Aber hier sind es die Eingriffe des

Menschen, welche den wesentlichsten Antheil an diesem Vorgange haben. Durch zahllose Kanäle wird das schlammige Nilwasser durch die Ebene verbreitet, auf die Felder geleitet und hier durch künstliche Dammbauten zum Absatz der fruchtbaren Sinkstoffe gezwungen.

β) *Das Narenta-Delta.* An zahlreichen Punkten der Dalmatinischen Küste sind Senkungerscheinungen beobachtet<sup>1)</sup>. So hat man in der Nähe der Narenta-Mündungen bei Spalato und Makarska, am Vorgebirge San Giorgio auf der Insel Lissa und an anderen Orten Hafengebäuden, Strassenpflaster, Mosaike, Gräber und Sarkophage unter dem Meeresspiegel aufgefunden. In diesem Senkungsgebiet gelegen, *verliert das Delta der Narenta*, statt wie vordem seine Alluvionen weiter in die durch die vorlagernde Halbinsel Sabinocello geschützte Bucht vorzubauen, *mehr und mehr an Umfang*. Hier fehlen Küstenbefestigungen, wie sie das Nil-Delta schützen, ungehindert dringt das Wasser des Meeres weiter und weiter in die Flussbette aufwärts „und hat die ehemals fruchtbare Ebene und die blühende Stadt Naronna in einen ungesunden Sumpf und eine kümmerlich bevölkerte Gegend verwandelt“<sup>2)</sup>.

Wie aber selbst ganze Deltas in Folge einer Senkung der Küste und trotz beständiger Zuführung neuen Materiales durch die Flüsse unter den Wassern verschwinden, dafür bietet die Ostküste der Union mehrere Beispiele.

γ) *Versunkene Deltas des Hudson- und Connecticut-River.* Die Senkung der Atlantischen Küste der Union ist durch das Vorkommen von ausgedehnten unterseeischen Wäldern und Torfmooren an zahlreichen Punkten des Gestades erwiesen. In der Nähe des Hudson und des Connecticut sind derartige Senkungerscheinungen namentlich am Kap May, an der Küste von New Jersey und Long-Island, an den Inseln Martha's Vineyard und Nantucket und in der Bai von Provincetown beobachtet<sup>3)</sup>. Vor der Mündung des Hudson setzt eine schluchtartige Vertiefung von 30 und 40 Faden Tiefe das Bett des genannten Stromes auf dem etwa 10 bis 20 Faden tiefen Meeresboden in südöstlicher Richtung fort. An der Stelle, wo diese Schlucht endigt und in das Niveau des Meeresbodens übergeht, befindet sich eine ausgedehnte Schlammbank, die sogenannten Block-Island Soundings. Nach *Fr. Ratzel* stellt jener Kanal das einstige Flussbett des Hudson dar, welches die Gewässer desselben eingetieft hatten, bevor die Senkung der Küste eintrat, und die Fluthen des Meeres in das Hudson-Thal eindringen und die jetzige Mündungsbucht bildeten. Jene Schlammbank aber, die sich scharf gegen den umgebenden, aus rostgelbem Kieselsand bestehenden Meeresboden abhebt,

<sup>1)</sup> O. Fraas: Aus dem Orient. 1867, S. 177.

<sup>2)</sup> O. Peschel: Neue Probleme. II. Aufl., S. 108.

<sup>3)</sup> v. Hoff: Die natürl. Veränd. der Erdoberfläche. I, S. 29.

<sup>4)</sup> O. Peschel: l. c. S. 136.

<sup>5)</sup> O. Fraas: l. c. S. 177.

<sup>6)</sup> Heeren: Ideen über die Politik &c. der vornehmsten Völker d. alten Welt. 1804, II, S. 54.

<sup>7)</sup> O. Peschel: l. c. S. 108. Vergl. auch A. v. Hoff: l. c. I, S. 28 ff.

<sup>1)</sup> v. Kloeden: Peterm. Mitth. 1871, S. 173.

<sup>2)</sup> v. Kloeden: Peterm. Mitth. l. c.

<sup>3)</sup> Siehe die unten folgende Tabelle.

repräsentirt das alte Delta des Hudson, welches in Folge der Senkung der Küste unter den Spiegel des Oceans versunken ist. Nach Dana wiederholt sich eine ähnliche Erscheinung an der Mündung des Connecticut-River<sup>1)</sup>.

δ) *Das Rhein-Delta und die ehemaligen Deltas der Deutschen Nordseeflüsse.* Zahlreiche Einbrüche der See an den Küsten der Niederlande, das Versinken namhafter Städte, Dörfer und Klöster unter den Meeresspiegel, das Vorkommen von Lagern von Süßwassertorf unter dem jetzigen Niveau der See in der Gegend der Zuyder-See und des Flero-See's, so wie bei Utrecht, Amsterdam und Rotterdam<sup>2)</sup> — alle diese Thatsachen bestätigen die Ansicht Élie de Beaumont's, der zu Folge die Holländischen Küsten eine Senkung erlitten haben. Unter dem Einflusse dieser Senkung baut nicht nur der Rhein sein Delta nicht weiter über den alten Uferwall hinaus, das Meer hat im Gegentheil ausgedehnte Strecken der Schwemmlandniederung wieder überfluthet, die Mündungskanäle sind zu weiten trichterförmigen Buchten ausgehöhlt, und fast die ganze Deltaniederung liegt unter dem Meeresspiegel<sup>3)</sup> und würde schon längst wieder unter denselben versunken sein, wenn nicht die Bewohner durch kunstreiche Dammbauten und Deichanlagen die Deltainseln gegen das andringende Meer zu schützen gewusst hätten, wenn gleich „bei anhaltenden Nordwestwinden die Fluthwellen im Lek bei Vianen 17 Fuss höher steigen, als das Strassenpflaster Amsterdams“<sup>4)</sup>.

Auch die Ems besass ehemals und sogar noch bis in die Römerzeit ein umfangreiches Delta, welches sich zwischen Groningen und Ost-Friesland ausdehnte und von drei Mündungsarmen des Flusses durchschnitten war. Wie das Rhein-Delta im Senkungsgebiete<sup>5)</sup> der Deutschen Nordseeküste gelegen, verfielen die flachen Alluvialniederungen des Ems-Delta's dem verheerenden Andrang der Wogen, welche im 13. Jahrhundert ihr Zerstörungswerk begannen und in kurzem Zeitraume trotz der Anlage von Deichen das ganze Deltagebiet überflutheten und an seiner Stelle das Dollart entstehen liessen, unter dessen Gewässern gegen 50 Dörfer, Flecken und Klöster versunken sind<sup>6)</sup>. Nach H. Guthe<sup>7)</sup> soll auch die Weser dereinst ein reichverzweigtes, sich bis zur Jade erstreckendes Delta besessen haben. Eben so wird an der Elbe das einstige Vorhandensein eines Delta's ver-

muthet<sup>1)</sup>, wenn dasselbe auch nicht die beträchtliche Ausdehnung nach Nord-Friesland gehabt hat, die demselben vielfach zugeschrieben wird<sup>2)</sup>. Endlich glaubt L. Meyn, dass auch die Eider dereinst ein Delta aufzuweisen gehabt habe<sup>3)</sup>.

ε) *Das Po-Delta* wird häufig als Beweis dafür angeführt, dass ein Fluss trotz allmählicher Senkung der Küste doch seine landbildende Thätigkeit ungestört ausüben und sein Schwemmlandgebiet unbehindert und zwar sogar in raschestem Fortschritte vergrössern könne<sup>4)</sup>. Dass im Mündungsgebiete des Po während der Aufhäufung der Delta-Alluvionen beträchtliche Niveau-Veränderungen vor sich gegangen sind, ist nach den Befunden zahlreicher Bohrversuche in der Gegend von Venedig unzweifelhaft. In verschiedenen Niveaux bis zu einer Tiefe von nahezu 120 Meter sind mit diesen Bohrlöchern Torflagen und Lignitschichten durchteuft worden, deren Material vollkommen demjenigen gleicht, welches sich noch jetzt an den Ufern der Lagunen anhäuft<sup>5)</sup>. Man hat aus einer Reihe von Beobachtungen schliessen zu müssen geglaubt, dass sich die durch jene Vorkommen angedeutete prähistorische Senkung des Nord-Adriatischen Litorales auch noch in neuerer Zeit bethätigt habe und bis in die Gegenwart fortwirke. Auf dem Markus-Platze in Venedig wurden etwa ein Meter unter dem Meeresspiegel liegende Steinpflaster aufgedeckt<sup>6)</sup>, auf der Insel San Giorgio maggiore entdeckte man von dem Lagunenwasser überfluthete Reste Römischer Bauwerke, bei Lizzafusina sind Mosaikpflaster unter der Fluthhöhe des Meeres blossgelegt, Kirchen, Brücken, Treppen und Pfahlwerke sind in ein tieferes Niveau gesunken. Angiolo Eremitano schätzte schon um die Mitte des 16. Jahrhunderts das Sinken der Venetianischen Inseln auf etwa 0,3 Meter im Jahrhundert, später berechnete man den Betrag der Senkung während dieses Zeitraumes auf 15 Centimeter. Nach Donati sind die Laguneninseln seit der Gründung Venedigs um 2 Meter gesunken. Auch in Ravenna hat man etwa 1,5 Meter unter dem Boden der Kathedrale ein altes Marmorpflaster gefunden, welches nur 6 Zoll über dem niedrigsten und 8 Zoll unter dem höchsten Wasserstand des Meeres liegt<sup>7)</sup>.

So wahrscheinlich indessen derartige Erscheinungen eine Senkung machen würden, wenn sie an einem aus festem Gesteinsmaterial bestehenden Gestade beobachtet worden

<sup>1)</sup> Fr. Ratzel: Die Verein. Staaten v. Nord-Amerika. 1878, S. 142 und 202, Anmerkung.

<sup>2)</sup> Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII. ed., I, p. 555, nach E. de Beaumont: Géol. Pratique. Vol. I, p. 316 u. 260.

<sup>3)</sup> G. Berendt: Geol. d. Kur. Haffes. Taf. II, Fig. 6.  
R. Andree u. O. Peschel: Phys.-Stat. Atlas d. Deutschen Reiches, 1877, S. 62.

<sup>4)</sup> O. Peschel: Neue Probleme. II. Aufl., S. 112.

<sup>5)</sup> siehe die nachstehende Tabelle.

<sup>6)</sup> Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII. ed., I, p. 559.

<sup>7)</sup> Die Lande Braunschweig und Hannover, S. 150.

<sup>1)</sup> H. Guthe: Lehrb. d. Geogr. III. Aufl., S. 55.

<sup>2)</sup> Abhandlungen zur geol. Specialk. v. Preussen. I, 4. L. Meyn: Die Insel Sylt &c., S. 727.

<sup>3)</sup> ibid. S. 728.

<sup>4)</sup> u. a. E. Reclus-Ule: Die Erde &c. I, S. 310.

<sup>5)</sup> Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII. ed., I, p. 422.

A. Tylor: Geol. Magaz. 1872, S. 485 ff.

<sup>6)</sup> Donati: Essai sur l'histoire naturelle de la mer Adriatique. 1758, S. 12.

<sup>7)</sup> Vergl. v. Kloeden: Poggendorf's Annalen. B. 43, S. 361 u. 364.

E. Reclus: Nouv. Géogr. univ. 1875, I, p. 335.

wären, auf dem lockeren, zum Theil schwammigen Schwemmlandboden des Lagunen-Gebietes dürfte ihnen kaum eine mehr als lokale Bedeutung beizumessen sein. Der Boden, auf dem Venedig erbaut ist, besteht bis zu einer Tiefe von 170 Metern aus Sand-, Thon- und Schlamm-Massen, zum nicht geringen Theil aber überdiess aus vegetabilischem Materiale. So nehmen z. B. in dem Bohrloche bei St. Leonardo an Pflanzenresten reiche Schichten fast ein Drittheil der Mächtigkeit bis zu etwa 60 Meter ein. Nothwendigerweise muss der Fäulniss- und Verkohlungs-Prozess dieser vegetabilischen Massen unter dem Drucke der auf ihnen lastenden Sedimentschichten eine Volumverringering herbeiführen, welche entsprechend der meist unzusammenhängenden, haufenweisen Vertheilung <sup>1)</sup> der Torf- und Lignit-Massen in lokalen Einsenkungen der überlagernden Alluvionen ihren Ausdruck finden wird. Aber selbst abgesehen von diesem zweifellos sich vollziehenden Vorgange wird schon der blosse Druck von Steinlasten, wie sie Kirchen, Brücken, Treppen und Pflaster darstellen, das Einsinken derselben in den nachgiebigen Boden der von Kanälen und vom Meere durchwässerten Lagunen-Inseln bewirken können, in ganz ähnlicher Weise, wie diess in anderen Gegenden, z. B. in Ätolien beobachtet ist, wo ein über die sumpfigen Alluvialniederungen am Westende des See's von Aprinon führender Viadukt bis zur Hälfte seiner Höhe in den Boden versunken ist <sup>2)</sup>.

Gegen die Annahme einer das ganze Mündungsgebiet des Po umfassenden allgemeinen säcularen Senkung spricht auch folgende von *Belloni* angeführte Thatsache <sup>3)</sup>. Unweit der Stadt *Adria* wurden im Jahre 1661 die Fundamente und das Pflaster eines alten seiner Gestalt, dem Baumaterial und verschiedenen Inschriften nach Etrurischen Theaters blossgelegt, welches ein Alter von kaum weniger als 2500 Jahren besitzen muss. Die Stadt *Adria*, ehemals ein Seehafen und wie Venedig inmitten von Lagunen gelegen, konnte wie dieses nur wenige Fuss über dem Meeresspiegel erhaben sein. Hätte sich nun eine Senkung von 15 Centimeter im Jahrhundert, wie sie für die Venetianischen Inseln und für Ravenna angenommen zu werden pflegt, an dem ganzen Litorale andauernd bethätigt, so müsste im Laufe jener 2500 Jahre der Boden dieses alten Theaters und der Stadt *Adria* beträchtlich unter den Meeresspiegel gesunken sein, während in der That der höchste Wasserstand des Adriatischen Meeres über 2 Meter niedriger ist, als der Boden der Stadt und noch etwa 0,4 Meter tiefer liegt, als das Pflaster des aufgrabenen Theaters.

<sup>1)</sup> A. Tylor: Geol. Magaz. 1872, S. 485.

<sup>2)</sup> E. Reclus: Nouv. Géogr. univ. I, p. 71.

<sup>3)</sup> A. v. Hoff: Gesch. der nat. Veränd. der Erdoberfl. I, S. 469.

Lässt sich nun aus alledem mit Recht folgern, dass sich noch in jüngster Zeit eine Senkung des nördlichen Küstengebietes der *Adria* wohl kaum vollzogen hat <sup>1)</sup>, so hat sich nach den Befunden der Tiefbohrungen im Po-Delta eine solche und zwar in beträchtlicher Ausdehnung unbestreitbar in früheren Zeiten während der Ablagerung der Schwemmstoffe des heutigen Po-Delta's bethätigt. Charles Lyell berechnet den Gesamtbetrag dieses Sinkens auf etwa 120 Meter <sup>2)</sup>; doch scheint die Abwärtsbewegung des Bodens, wie das Vorkommen von Torflagern und Pflanzschichten in verschiedenen Niveaux der Deltaablagerung andeutet, mit mehrfachen Unterbrechungen vor sich gegangen zu sein. Wie sich aber während dieser Senkungsperiode die Delta-bildung von Seiten des Po geäußert habe, darauf gestatten die in den Schwemmlandmassen eingebetteten Muschelreste einen Schluss zu ziehen. Die oberen Schichten enthalten nämlich ausschliesslich Reste mariner Muscheln, namentlich solche von *Cardium*, erst weiter nach unten gesellen sich zu diesen die Schalen und Gehäuse von Süßwassermollusken <sup>3)</sup>. Diese Vertheilung der Muschelreste dürfte darauf hinweisen, dass ein bereits früher vorhandenes Delta des Po in Folge eintretender Senkung vom Meere bedeckt worden ist, und dass so langsam die Senkung auch vor sich gegangen sein mag, die fort und fort durch den Fluss zugeführten Sinkstoffe doch nicht vermocht haben, die Oberfläche des Schwemmlandes über dem Meeresspiegel zu erhalten, mit anderen Worten die übermeerische Deltabildung fortzusetzen. Erst nach Beendigung der Senkung begann von Neuem das Emporsteigen der Alluvionen über den Wasserspiegel.

Beweisen die angeführten Beispiele, dass Senkungen von Küsten nicht allein die Weiterentwicklung und das Wachstum dort vorhandener Deltas hemmen, sondern sogar überall dort, wo nicht der Mensch durch künstliche Schutzbauten die eigentlich dem Meere bereits anheimgefallenen Alluvialniederungen vertheidigt, das Verschwinden derselben unter dem Seespiegel zur Folge haben, so zeigt die folgende tabellarische Übersicht über die Küsten, an denen Senkungserscheinungen constatirt sind, dass auch alle übrigen an denselben gelegenen Flussmündungen ausnahmslos deltafrei und durch weitgeöffnete, trichterförmige Einbuchtungen der Küste gekennzeichnet sind.

<sup>1)</sup> Zu einem ähnlichen Resultate gelangte auch schon v. Kloeden (Poggend. Annalen. I. c. S. 365).

Auch E. Reclus (Nouv. Géogr. univ. I, p. 335) erklärt das Sinken der Venetianischen Küste für „pas encore expliqué“. Siehe auch A. v. Hoff: l. c. S. 471.

<sup>2)</sup> Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII. ed., I, p. 422.

<sup>3)</sup> A. Tylor: Geol. Magaz. 1872, S. 485.

## Tabellarische Zusammenstellung von Küsten, an welchen Senkungen nachgewiesen sind, mit speziellem Bezug auf die Gestaltungsweise der dortigen Flussmündungen.

Bezeichnung des Küstenstriches.	Thatsachen, welche für dessen Senkung sprechen.	Quellenangabe.	Gestaltungsweise der an dieser Küste gelegenen Flussmündungen.
I. Die Deutschen Nordseeküsten.	<p>An der Westseite der <i>Insel Sylt</i> finden sich untermeerische Torfbänke, die in ihrer Zusammensetzung identisch sind mit den Waldmooren Schleswig-Holsteins.</p> <p>In der Gegend von <i>Romoe</i> ist ein untermeerischer Wald beobachtet, welcher 3,1 Meter unter heutiger ordinärer Fluthöhe wurzelt.</p> <p>Bei <i>Husum</i> ist unter dem Marschboden ein Torfmoor, unter diesem ein in altalluvialen Sandboden wurzelnder Birkenwald und inmitten desselben ein Grabhügel mit Flintmessern &amp;c. nachgewiesen.</p> <p>Untermeerische Wälder mit fest wurzelnden Stämmen von Birke, Eiche und Fichte sind am <i>Hallig Oland</i> gefunden worden.</p> <p>Unterseeische Süßwasser-Torfmoore begleiten die ganze <i>Nord-Deutsche Küste</i> bis zur Schelde-Mündung.</p> <p>Gleichartige unterseeische Wälder sind namentlich auch an der <i>Hannoverschen</i> und <i>Ost-Friesischen Küste</i> nachgewiesen.</p> <p>An der <i>Weser-Mündung bei Bremen</i> findet sich Moorboden an Stellen, wo jetzt derartige Bildungen nicht mehr entstehen können. An der oberen Grenze dieser Moorschicht zeigen sich zahlreiche Baumstämme mit ihren Wurzeln in einem Niveau, welches tief unter dem jetzigen Fluthspiegel der Nordsee liegt.</p> <p>Ausgedehnte Strecken des <i>ganzen Küstengebietes</i> sind vom Meere verschlungen, zahlreiche Städte, Dörfer, Klöster &amp;c. sind allmählich unter den Meeresspiegel versunken.</p>	<p>L. Meyn: Geogn. Beschr. d. Insel Sylt, S. 674.</p> <p>ibidem, S. 737.</p> <p>ibidem, S. 741.</p> <p>Guthe: Die Lande Braunschweig u. Hannover. S. 17.</p> <p>H. Guthe: l. c. S. 17.</p> <p>Reclus-Ule: Die Erde &amp;c. I, S. 495.</p> <p>Beil. VI, z. d. Abh. des naturw. Vereins zu Bremen. 1877, S. 4.</p> <p>Vergl. u. a. Prestel: Der Boden der Ostfriesischen Halbinsel. 1870.</p>	<p><i>Eider, Elbe, Weser</i> und <i>Ems</i> besitzen offene trichterförmige Mündungsbuchten, früher vorhandene Deltas sind von dem andringenden Meere zerstört.</p>
II. Küste der Niederlande.	<p>Unterseeische Torfmoore sind an zahlreichen Stellen nachgewiesen, so namentlich an der <i>Zuyder-See</i> und am <i>Flevo-See</i>, ferner bei <i>Utrecht, Amsterdam, Rotterdam</i> u. a. Orten.</p> <p>Unablässig haben sich Einbrüche der See wiederholt, namhafte Städte und Dörfer sind unter den Meeresspiegel versunken.</p>	<p>Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII. ed., I, p. 555.</p> <p>ibidem, p. 552 ff.</p>	<p>Das Delta des <i>Rheines</i>, der <i>Maas</i> und der <i>Schelde</i> ist in seinem Wachsthum gehemmt, das Meer hat beträchtliche Strecken an den Flussmündungen überfluthet, und nur durch künstliche Dammbauten ist die bereits unter den Seespiegel gesunkene Deltaniederung erhalten.</p>
III. Nordküste Frankreichs.	<p>Bei <i>Dünkirchen</i> liegt ein Torfmoor 3 Meter unter der gewöhnlichen Fluthhöhe, in ihm fanden sich mehrfach Reste von Geräthschaften aus vorhistorischer Zeit.</p> <p>Bei <i>Sangatte</i> und <i>Wissant</i> sind unterseeische Wälder mit Knochen von Auerochsen und Schalen von Süßwassermuscheln nachgewiesen. Hebungerscheinungen an dieser Küste gehören nach H. Day (Geol. Mag. 1866, S. 109) einer früheren Periode an.</p> <p>Unterseeische Wälder und Süßwasser-Torfmoore (bei <i>Abbeville</i>) mit Resten von Land- und Süßwasserthieren zeigen sich an der <i>Somme-Mündung</i>. Auch hier deuten scharfmarkirte Uferlinien nach Delesse (Bull. de la soc. de géogr. 1872, I, p. 10) auf Hebungen, die vor die jetzige Senkungsperiode fallen.</p> <p>Unterseeische Torfmoore finden sich ferner zwischen der Mündung der <i>Yeres</i> und <i>Treport</i>, so wie an der Küste der <i>Normandie</i> zwischen der <i>Seule</i> und <i>Orne</i>, eben so bei den <i>Vaches noires-Kluppen</i> und bei <i>St.-Honorine</i>.</p> <p>Bei <i>La Houque</i>, bei <i>Havre-de-Cateret</i>, so wie in der Bucht von <i>St.-Michel</i> dringt das Meer immer weiter landeinwärts.</p> <p>Reste unterseeischer Wälder sind ferner an der <i>Küste von Cotentin</i> und eben so an zahlreichen Punkten der Nordküste der Bretagne, namentlich bei <i>St.-Malo</i>, am <i>Cap Frehel</i>, bei <i>Dol</i>, und bei <i>Morlaix</i> nachgewiesen.</p>	<p>E. Reclus: Nouv. Géogr. univ. II, p. 772.</p> <p>ibidem, p. 772. Geolog. Magaz. 1866, S. 21.</p> <p>Reclus-Ule: Die Erde &amp;c. I, S. 494. Peschel: Neue Probl., S. 112.</p> <p>Delesse: Bull. de la soc. de géogr. 1872, I, p. 11.</p> <p>J. Girard: ibid. 1875. II, p. 230. De la Beche: Geol. Man., p. 171.</p> <p>Reclus-Ule: l. c. S. 494.</p> <p>Delesse: l. c. p. 11.</p> <p>De la Beche: l. c. p. 170.</p>	<p>Alle Flussmündungen an diesen Küsten sind deltafrei; die grösseren Flüsse: namentlich die <i>Somme, Seine, Vilaine, Loire, Charente</i> und <i>Gironde</i> münden in tief in das Land einschneidende, trichter- oder schlauchförmige Buchten.</p>
IV. Westküste Frankreichs.	<p>Nach Quenault finden sich in der Bucht von <i>Douarnenez</i> in 5 bis 6 Meter Tiefe unter dem Wasserspiegel Druidensteine, Altäre, Mauerwerke, Aschenurnen und steinerne Sarkophage, so wie die Pflaster der von der versunkenen Stadt <i>Ys</i> nach Quimper und Carhaix führenden Strassen.</p> <p>G. A. Lebour schätzt die Senkung an dieser Stelle auf 3 Meter im Jahrhundert.</p> <p>Ganz ähnliche Erscheinungen sind in der Bucht von <i>Morbihan</i> nachgewiesen. Arrondeau und Closmadeuc schliessen daraus auf eine Senkung von etwa 5 Meter.</p>	<p>v. Kloeden: Peterm. Mittheil. 1871, S. 175.</p> <p>v. Hoff: Nat. Veränd. d. Erdoberfl. I, S. 48.</p> <p>Geol. Magaz. 1871, S. 300.</p> <p>J. Girard: l. c. p. 234.</p> <p>E. Reclus: l. c. p. 597 ff.</p>	

Bezeichnung des Küstenstriches.	Thatsachen, welche für dessen Senkung sprechen.	Quellenangabe.	Gestaltungsweise der an dieser Küste gelegenen Flussmündungen.
<p>V. Die Küsten von Dalmatien.</p>	<p><i>Südlich der Loire-Mündung</i> hat man auf der Insel <i>Noirmoutier</i> an den Schutzbauten gegen das andringende Meer eine langsame Senkung des Bodens bemerkt.                  An der Mündung der <i>Charente</i> sollen zahlreiche Bauwerke unter den Wasserspiegel gesunken sein.                  Trotzdem findet an mehreren Stellen dieser Küste eine Landvergrößerung durch Anschwemmungen von Seiten der Küstenströmung und durch Ablagerung von Sedimentmassen durch die Gezeiten und Windwellen statt. Anhäufungen von Austern, 40 Kilom. von der Küste und 10 Meter über dem Meeresspiegel (Delesse, <i>Lithol. du fond des mers</i>), sind nach Quatrefages' Untersuchungen durch Menschenhand entstanden (Girard: l. c. S. 235).                  An der <i>Küste der Landes</i> weisen zahlreiche Funde menschlicher Erzeugnisse und Bauten im Bereiche der Gezeiten auf eine statt findende Senkung hin, an welcher auch die felsigen Küsten der Gegend der <i>Gironde-Mündung</i> Theil nehmen. Hier hat sich die Felseninsel, welche den Leuchthurm von <i>Cordouan</i> trägt, seit dem Ende des 16. Jahrhunderts, wo sie noch weit über den Meeresspiegel emporragte und einen beträchtlichen Umfang besass, in dem Maasse gesenkt, dass die Grundmauern des Leuchthurmes bei jeder Fluth umspült werden.                  A. v. <i>Kloeden</i> hat eine Reihe von Thatsachen beschrieben, welche von zahlreichen Örtlichkeiten der ganzen Dalmatinischen und Istrischen Küsten eine ehemals höhere Lage des Ufers beweisen. Bauwerke, Hafenanlagen, Strassenpflaster, Mosaiken, Inschriften, Gräber und Sarkophage sind zum Theil im jetzigen Niveau des Meeres, zum Theil unter demselben gefunden worden. Die von <i>Kloeden</i> angeführten Beobachtungen betreffen u. a. folgende in der Nähe der Mündungen der Dalmatinischen Küstenflüsse gelegenen Punkte: die Insel <i>Lissa</i>, das Vorgebirge <i>San Giorgio</i>, <i>Primoria</i>, <i>Makarska</i>, die Küste zwischen <i>Spalato</i> und der Bucht von <i>Xernovizza</i>, <i>Stopretz</i>, <i>Trau</i>, die Insel <i>Zuri</i>, den <i>Vrana-See</i>.                  In den Salzsümpfen an der Mündung des <i>Altamaha-River</i> beobachtete Ch. Lyell aufrecht stehende Stümpfe von Cypressen und Fichten unter Fluthhöhe, an Orten also, „wo heute weder das Niveau noch die Bodenbeschaffenheit ihr Aufwachsen erlauben würde“.                  Schon 1792 constatirte W. Bartram als unzweifelhaft, „dass die Salzarschen, die an die Küsten (von <i>Georgia Süd- und Nord-Carolina</i>) angrenzen, und die mit Rohr und Gras bedeckten Inseln und Marschen in den Flüssen, welche jetzt bei jeder Fluth überschwemmt werden, früher hohe Marschen des festen Landes waren, welche Wälder von Cypressen, <i>Magnolia grandiflora</i>, Eichen, Eschen und andere nutzbare Bäume trugen“.                  Unterseeische Cedermarschen finden sich ferner weiter nach Norden nahe bei <i>Cap May</i>, an der <i>Delaware-Bai</i>, hier zum Theil mit aufrecht stehenden Stämmen, ferner zwischen <i>Boston</i> und <i>Portsmouth</i> (New Hampshire).                  Nach H. Cook's Beobachtungen liegen ferner Beweise für ein fortwährendes Sinken von den Küsten von <i>Long-Island</i>, <i>New Jersey</i> und <i>Martha's Vineyard</i> vor.                  Im Hafen von <i>Nantucket</i> fanden sich 2,5 Meter unter dem Wasserstand zur Ebbezeit, unter 1,2 Meter Sand Torflager und Hölzer von Ahorn, Eiche, Buche, Cypresse. Ähnliche Funde sind an der Nordseite von <i>Cap Cod</i>, bei <i>Martha's Vineyard</i>, in der Bai von <i>Provincetown</i> gemacht.                  Nach Dana sind auch auf der Insel <i>Grand Manan</i> Beweise für eine Senkung des Landes beobachtet.                  Arn. Guyot findet eine Bestätigung für eine noch gegenwärtig fortschreitende Senkung an den nördlichen Gestaden der Atlantischen Küste der Union in der Thatsache, dass Festlandstheile in Inseln umgewandelt worden sind, dass andere Inseln an Umfang verloren haben oder ganz unter dem Meeresspiegel verschwunden sind.                  Agassiz vermuthet, dass grosse Strecken der östlichen Hälfte von Süd-Amerika einer Senkung unterworfen sind, so dass durch die gleichzeitige Hebung der Westküste eine Verschiebung des ganzen Continentes von Osten nach Westen erfolge.                  Am Fusse der östlichen Steilküsten von Patagonien macht das Meer beständig Fortschritte auf Kosten des Festlandes, der Meeresspiegel vertieft sich, und mit ihm sinken die Plateaux der Küste allmählich unter den Meeresspiegel zurück, aus dem sie erst in jüngster Zeit erhoben sind.</p>	<p>J. Girard: l. c. p. 234.                  E. Reclus: l. c. p. 499.                  E. Reclus-Ule: Die Erde. I, S. 488.                  J. Girard: l. c. p. 234.                  E. Reclus: <i>Nouv. Géogr. univ.</i> II, p. 106.                  Poggendorf's Annalen: Band 43, S. 361, und Petermann's Mitth. 1871, S. 173.                  Ch. Lyell: Zweite Reise nach den Ver. Staaten v. Nord-Amerika. I, S. 320.                  Fr. Ratzel: Die Verein. Staaten v. Nord-Amerika. I, S. 151.                  Ch. Lyell: l. c. S. 321 und 322 nach W. Bartram's Reisen durch Nord- und Süd-Carolina, Georgia &amp;c. Lond. 1792.                  Ch. Lyell: l. c. S. 29.                  Fr. Ratzel: l. c. S. 151, nach Am. Journ. 1857, II, p. 341.                  Fr. Ratzel: ibidem nach E. Hitchcock: Geol. of Massachus. 1835, p. 121.                  Manual of Geol. 1875, p. 583.                  Nach Americ. Journ. 1861. March, bei Peschel: Neue Probleme II. Auf. S. 102, und Reclus-Ule: Die Erde &amp;c. I, S. 501.                  Reclus-Ule: Die Erde &amp;c. I, S. 500.                  Reclus-Ule: l. c. S. 499.</p>	<p>Von den 3 grösseren Flüssen Dalmatiens erreichen die <i>Kerka</i> und <i>Cetina</i> das Meer mit deltafreier Mündung, das früher entstandene Delta der <i>Narenta</i> sinkt unter den Meeresspiegel zurück (siehe oben).</p> <p>Die Atlantischen Flüsse der Union erweitern sich an ihrer Mündung zu seeartigen, tief in da, Land einschneidenden; trichterförmigen Buchten, so namentlich der <i>Hudson-R.</i>, <i>Delaware-R.</i>, <i>Susquehanna-R.</i>, <i>Potomak-R.</i>, <i>Chowan-R.</i>, <i>Pamplico-R.</i>, <i>Neuse-R.</i>, <i>Cape Fear-R.</i>, <i>Grae Peedee-R.</i>, <i>Savahanna-R.</i> Früher am <i>Hudson</i> und <i>Connecticut</i> vorhandene Deltas sind unter dem Meeresspiegel versunken (siehe oben).</p>
<p>VI. Der Atlantischen Küsten der Union.</p> <p>VII. Die Atlantischen Küsten von Süd-Amerika.</p>	<p>Nach Dana sind auch auf der Insel <i>Grand Manan</i> Beweise für eine Senkung des Landes beobachtet.                  Arn. Guyot findet eine Bestätigung für eine noch gegenwärtig fortschreitende Senkung an den nördlichen Gestaden der Atlantischen Küste der Union in der Thatsache, dass Festlandstheile in Inseln umgewandelt worden sind, dass andere Inseln an Umfang verloren haben oder ganz unter dem Meeresspiegel verschwunden sind.                  Agassiz vermuthet, dass grosse Strecken der östlichen Hälfte von Süd-Amerika einer Senkung unterworfen sind, so dass durch die gleichzeitige Hebung der Westküste eine Verschiebung des ganzen Continentes von Osten nach Westen erfolge.                  Am Fusse der östlichen Steilküsten von Patagonien macht das Meer beständig Fortschritte auf Kosten des Festlandes, der Meeresspiegel vertieft sich, und mit ihm sinken die Plateaux der Küste allmählich unter den Meeresspiegel zurück, aus dem sie erst in jüngster Zeit erhoben sind.</p>	<p>Ch. Lyell: l. c. S. 29.                  Fr. Ratzel: l. c. S. 151, nach Am. Journ. 1857, II, p. 341.                  Fr. Ratzel: ibidem nach E. Hitchcock: Geol. of Massachus. 1835, p. 121.                  Manual of Geol. 1875, p. 583.                  Nach Americ. Journ. 1861. March, bei Peschel: Neue Probleme II. Auf. S. 102, und Reclus-Ule: Die Erde &amp;c. I, S. 501.                  Reclus-Ule: Die Erde &amp;c. I, S. 500.                  Reclus-Ule: l. c. S. 499.</p>	<p>Die Atlantischen Flüsse der Union erweitern sich an ihrer Mündung zu seeartigen, tief in da, Land einschneidenden; trichterförmigen Buchten, so namentlich der <i>Hudson-R.</i>, <i>Delaware-R.</i>, <i>Susquehanna-R.</i>, <i>Potomak-R.</i>, <i>Chowan-R.</i>, <i>Pamplico-R.</i>, <i>Neuse-R.</i>, <i>Cape Fear-R.</i>, <i>Grae Peedee-R.</i>, <i>Savahanna-R.</i> Früher am <i>Hudson</i> und <i>Connecticut</i> vorhandene Deltas sind unter dem Meeresspiegel versunken (siehe oben).</p> <p>An dem ganzen Küstenstriche von Patagonien bis nach <i>Guyana</i> im Norden findet sich allein an der Mündung des <i>Paraná</i> ein eigentliches Delta, alle anderen Flussmündungen sind deltafrei, in vielen Fällen, wie namentlich</p>

Bezeichnung des Küstenstriches.	Thatsachen, welche für dessen Senkung sprechen.	Quellenangabe.	Gestaltungsweise der an dieser Küste gelegenen Flussmündungen.
VIII. Ostküste von China.	<p>An der <i>Küste von Brasilien</i> sind bei <i>Bahia</i> Erscheinungen beobachtet, welche auf eine neuere Senkung hindeuten.</p> <p>An der <i>Mündung des Amazonas</i> ist der Ocean um mindestens 500 Kilometer landeinwärts gedrunken, so dass frühere Nebenflüsse des Amazonas in selbstständige Flüsse umgewandelt sind. Buchten an dem Gestade der Mündungsbai sind erweitert und um mehrere Kilometer tiefer in das Land eingeschnitten. Der Leuchthurm von <i>Vigia</i>, eine Strecke weit vom Meeresstrand errichtet, wurde schon wenige Jahre später vom Meere umspült. Ein Signalmast, welcher ausser dem Bereiche der Wellen aufgefanzelt war, wurde schon nach sieben Monaten von diesen umfluthet. Felsen, welche sonst über den Wasserspiegel emporgragten, sind allmählich überfluthet worden. Am <i>Igarapé Grande</i> ist ein Wald durch eine neu entstandene Meeresbucht in einer Breite von 30 Kilometer durchbrochen.</p> <p>Nach J. M. da Silva Coutinho erstreckt sich die Senkung des Litorales bis in die <i>Provinz Maranhão</i>.</p> <p>Die Gegend von <i>Georgetown</i> in Guyana und das ganze Land im Umkreise von mehreren Meilen liegen unter dem Meeresspiegel und müssen gegen die Fluth durch Deiche geschützt werden.</p> <p>Durch <i>F. v. Richthofen</i> ist nachgewiesen worden, dass sich die <i>Küsten China's</i> von der in den <i>Tshusan-Inseln</i> auslaufenden Gebirgskette nach Süden senken, so zwar, dass die Intensität der Senkung gegen Süden stetig zunimmt.</p>	<p>O. Peschel: Neue Probl. S. 102.</p> <p>Reclus-Ule: Die Erde &amp;c. I, S. 500.</p> <p>Bull. de la soc. de Géogr. 1867, p. 321 bis 334.</p> <p>Annalen der Hydrogr. 1875, S. 98.</p> <p>Zeitschr. der Deutschen Geol. Gesellschaft, 1874, S. 957.</p>	<p>am <i>Amazonas</i>, am <i>Tocantins</i> und am <i>Essequibo</i> trichterförmig erweitert und stellen tief in das Land einschneidende Meeresbuchten dar.</p> <p>Die Anschwemmungen der Flüsse an dieser Küste bleiben unter Wasser, bilden „Submarin-Deltas“, die aus kleinen, aber gefährlich. Schlamm-bänken bestehen (so am <i>Min-River</i>). Vergl. Am. Journ. 1868, p. 209, und Annalen d. Hydrogr. 1876, S. 95.</p> <p>Die Flüsse münden im Hinterrunde tief in das Land einschneidender Meeresbuchten.</p>

Aus dieser tabellarischen Zusammenstellung, wie aus den ihr vorangeschickten Erörterungen geht hervor, dass die grosse Mehrzahl der Flussmündungen an Küsten, an welchen Senkungserscheinungen beobachtet sind, keine Deltas aufzuweisen hat, dass aber an den wenigen übrigen, an denen sich Deltas finden, diese letzteren nicht nur in ihrer Weiterentwicklung gehemmt worden sind, sondern sogar mehr und mehr an Ausdehnung verlieren und allmählich unter den Meeresspiegel versinken. Da aber an anderen nicht in Senkung begriffenen Küsten, wo im Übrigen die gleichen Einflüsse ihre Wirkung auf den Sedimentations-Prozess ausüben, Deltas vorhanden sind, so lässt sich daraus der Schluss ziehen, dass es die Senkungen sind, welche einerseits die Vernichtung präexistirender Deltas herbeiführen, andererseits die Bildung neuer Deltas verhindern, und an Stelle derselben die oft tief in das Land einschneidenden Mündungsbuchten entstehen lassen, in denen sich die Absätze des Flusses in mit der Senkung wachsender Mächtigkeit, jedoch submarin, anhäufen.

#### b) Einfluss von Hebungen der Meeresküsten auf die Deltabildung.

Durch continentale Hebungen wird das Meer in engere Grenzen zurückgedrängt. An seiner Stelle tauchen die flachen Küsten, und ihnen voraus die auf ihnen abgelagerten, bis dahin submarinen Absatzprodukte der Flüsse hervor. In dieses neu gewonnene Land schneidet sich der Strom in gleichem Maasse, in welchem die Hebung Statt findet, seine Mündungsarme ein, sein Unterlauf verlängert sich mehr und mehr und theilt sich in oft zahlreiche Arme; der Schwemmlandkegel wird weiter und weiter in die See hinaus vorgeschoben, wächst also, statt wie bei einer Senkung des Litorales vornehmlich in vertikaler, nunmehr wesentlich in horizontaler Richtung.

Der ursächliche Zusammenhang zwischen säcularer Hebung der Meeresküsten und der Verbreitung der Deltas ergibt sich aus folgender Tabelle.

## Übersichtliche Zusammenstellung in Hebung begriffener und deshalb Deltas führender Küsten.

Bezeichnung der Küsten.	Thatsachen, welche für deren Hebung sprechen.	Quellenangabe.	Deltabildende Flüsse an dieser Küste.
A. Küsten des Nördl. Eismeer.	An zahlreichen Stellen der Küsten, namentlich gegenüber den Neu-Sibirischen Inseln finden sich Anhäufungen von Treibholz („Noah-Holz“) hoch über dem Meeresspiegel.	u. a. Peschel: Neue Probl. II. Aufl., S. 107.	Kolyma.
1) Küsten Sibiriens.	Middendorf führt an, dass der Boden der Tundreen Sibiriens von einer schwachen Sand- und Thonschicht bedeckt ist, die genau derjenigen gleicht, die sich noch heute an den Ufern des Eismeer bildet. In diesen Thonen fanden sich Anhäufungen von Muscheln, wie sie noch heute in dem nahen Oceane leben. An der Taymir-Bucht sind solche Muschelbänke hoch über dem Meeresspiegel beobachtet worden. Ähnliche Funde wurden bei Golscheeka etwa 3—5 Engl. Meilen von der Küste gemacht.	Reclus - Ule: Die Erde. I, S. 484.  Peterm. Mittheil. 1866, S. 325 u. 330. H. Seebohm: Proc. of the Roy. Geogr. Soc. 1878, p. 112. Nach F. von Wrangel, bei Peschel: l. c. S. 107. Reclus-Ule: l. c. S. 484.	Indigirka. Jana. Lena.  Jenissei (nach H. Seebohm).
2) Arktische Küsten v. Nord-Amerika.	Zahlreiche Hebungserscheinungen auf den längs der Küste zerstreuten Inseln beweisen, dass sich die Hebung Sibiriens auch auf das Nord-Amerikanische Litoral erstreckt. Bei Port Kennedy fand Walker Schalen von jetzt noch im Eismeer lebenden Spezies 170 Meter und einen Walfischknochen 50 Meter über dem Meeresspiegel.	Reclus - Ule: l. c. I, S. 484.  Sam. Haugthon: Nat. hist. Review, 1860. Danach bei Reclus-Ule: l. c.	Mackenzie.
3) Nordküste d. Europäischen Russlands.	Murchison und seine Begleiter entdeckten 400 Kilom. südl. vom Weissen Meere an den Ufern der Dwina und Waga Muschelarten, die noch jetzt im benachbarten Meere leben und die so gut erhalten waren, dass sie selbst ihre Farbe nicht verloren hatten.	Reclus-Ule: l. c. S. 484.	Dwina.
B. Küsten d. Stillen Oceans.	Der Mündung des Fraser-River gegenüber findet sich bei Victoria 20 feet über dem Hochwasser der See eine alte Strandlinie mit Muscheln, die nach Harford sämtlich lebenden Spezies entsprechen. Ähnliche recente Ablagerungen sind auch an den übrigen östlich von Vancouver-Inseln gelegenen Inseln entdeckt.	J. A. Blake: The Am. Journ. 1868, p. 242 u. 244.	Fraser-River.
1) Westküste von Nord-Amerika.	Dawson beschreibt auf beiden Seiten der Strasse von Georgia Ablagerungen von sandigen Thonen mit recenten Cardium-, Leda- und Natica-Arten. Aufschlüsse bei New Westminster zeigen, dass dieselben Bildungen unter die Delta-Alluvionen des Fraser-River hinabreichen.	Quarterly Journ. of the Roy. geol. Soc. 1878. Febr., p. 97 u. 98.	
2) Nordostküste von China.	Nach F. v. Richthofen befindet sich die ganze Nordostküste von China, nördlich von den Tshusan-Inseln im Zustande einer Hebung. Bickmore und du Halde fanden in der Umgebung des Golfes von Pe-tschü-li zahlreiche Beweise für eine noch gegenwärtig Statt findende Hebung. Ersterer schätzt den Betrag dieser Hebung bei Tschifu auf wenigstens 14 1/10 feet im Laufe von 250 Jahren.	Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch. 1874, S. 957. On the rec. geol. changes in China and Japan. The Americ. Journ. 1868, p. 209.	Lan-ho. Pei-ho. Hwang-ho.
	In der Nachbarschaft von Peking sind Muschelreste beobachtet von Arten, wie sie noch gegenwärtig im nahen Meere leben.	ibidem.	Yang-tze-kiang.
	Dr. Lampry beschreibt recente Muschelbänke aus der Mündungsgegend des Yang-tze-kiang.	ibidem.	
3) Südküste von China.	Dr. Legge fand Bänke recenter Muscheln an den Ufern des Tong-kiang.	Bickmore: ibid.	Si-kiang Tong-kiang.
4) Küsten des Golfes von Siam.	F. v. Richthofen begegnete am Golf von Siam zahlreichen Hebungserscheinungen und schreibt dem Aufsteigen des Bodens mit das Seichterwerden des Mündungsgebietes des Me-nam zu.	Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch. XIV, S. 361.	Me-nam.
C. Küsten des Indischen Oceans.	An den Ufern des Golfes von Martaban traf F. v. Richthofen ebenfalls häufig auf Beweise für Hebungen. Er fand u. a. 15 Fuss über der zur Regenzeit häufig noch 1 Fuss überschwemmten Ebene in einem Kalkriff eine Höhle, in deren Eingang Millionen einer Neritina-Art durch Tropfsteinmassen zu einem festen Gestein verbunden waren. Die Schnecken haben Farbe und Glanz, als ob die Thiere erst unlängst gestorben wären.	Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch. XIV, S. 361.	Saluen. Sittang.
1) Küsten des Golfes von Bengalen.	Die Hügel in der Gegend von Prome, also weit oberhalb der jetzigen Mündungen des Irawaddy sind nach A. Bastian mit Muscheln bedeckt.	Peterm. Mittheil. 1866, S. 265.	Irawaddy.
	Nach O. Peschel sind im Irawaddy-Thale noch seit dem Jahre 1750 Hebungen verspürt worden.	Neue Probl. S. 106.	

Bezeichnung der Küsten.	Thatsachen, welche für deren Hebung sprechen.	Quellenangabe.	Deltabildende Flüsse an dieser Küste.
2) Küsten des Persischen Meerbusens.	<p>Am <i>Unterlaufe des Ganges</i> herrscht die allgemeine Erscheinung, dass die Mündungsstellen der Nebenflüsse (so des Coosy, des Bogmutty, des Soane u. a.) in neuerer Zeit nach Westen also stromaufwärts verschoben werden. <i>James Fergusson</i> glaubt daraus auf eine Erhebung des Deltagebietes schliessen zu müssen.</p> <p>Diese Hebung scheint sich <i>nach SW. bis nach Ceylon hin</i> fortzusetzen, denn an der <i>Coromandel-Küste</i> hat <i>H. v. Schlagintweit</i> erhobene Seeufer mit Seemuscheln bedeckt, nachgewiesen, die sich bis zu bedeutenden Entfernungen (40 Meilen) von der jetzigen Küste finden.</p> <p>Auf <i>Ceylon</i> hat <i>F. v. Richthofen</i> durch Nachweis von Ablagerungen mit Resten einer recenten Fauna eine Hebung constatirt, durch welche die Küstenebenen bis zum Fusse der Gebirge trocken gelegt sind.</p> <p>Die <i>Gebrüder Schlagintweit</i> erhielten von dort Arten von <i>Cardium</i>, <i>Arca</i>, <i>Venus</i>, <i>Tellina</i>, <i>Cerithium</i> u. a., welche „ganz identisch sind mit jenen, die noch jetzt am Gestade der Indischen Meere leben“.</p> <p>An den <i>Küsten von Beludschistan und Persien</i> von <i>Karatschi</i> bis zum „head“ des Persischen Meerbusens finden sich litorale Bildungen, bestehend aus einem lockeren Kalksteine, welcher reich an Muscheln ist, von denen „die meisten, wenn nicht alle“ identisch sind mit noch jetzt an der Küste lebenden Spezies. An der Persischen Küste im <i>Golfe von Oman</i> bilden diese Kalksteine gegen 20 feet hohe Klippen.</p>	<p>Zeitschr. für allgem. Erdkunde. 1864, S. 364 ff.</p> <p>Reisen in Indien u. Hoch-Asien. 1869. B. I, S. 147.</p> <p>Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch. B. XII, S. 523.</p> <p>Reisen in Indien &amp; c. l. c. S. 147.</p> <p>Blanford: Records of the geol. Survey of India. II, Geolog. Magaz. 1872, S. 475.</p>	<p>Ganges.</p> <p>Bramaputra.</p> <p>Mahanaddy.</p> <p>Godavery.</p> <p>Kistna.</p> <p>Cavery.</p> <p>Indus.</p>
3) Ostküste Afrika's.	<p>Die <i>Insel Kerak</i> vor der Mündung des Schat-el-Arab besteht aus recentem Kalkstein und Muschelbänken.</p> <p>An dem <i>Südufer des Rothen Meeres</i> sind vielfach erhobene Corallenriffe, vom Meere abgeschnittene und in Sümpfe und Salzebenen verwandelte Buchten beobachtet. <i>Lejean</i> fand den Hafen von <i>Dschidda</i> gänzlich vom Meere abgesperrt und in einem See umgestaltet. <i>Cl. Markham</i> hat die Ruinen von <i>Adulis</i> und Überreste seiner Hafengebäuden 7 Kilometer vom jetzigen Ufer gefunden. <i>Dr. Rüppel</i> ist der Ansicht, dass die Hebung bei <i>Massaua</i> 4—5 Meter betrage.</p> <p><i>Th. v. Heuglin</i> beobachtete in der <i>Gegend von Sauakin</i> gehobene Küstengebiete, bestehend aus Madreporenkalk und einem horizontal gelagerten Meeressandstein und bedeckt von einem an Muscheln und Korallentrümmern reichen weissen Sand.</p> <p>Die <i>Küste zwischen Mombas und Mozambique</i> ist umsäumt von Korallenriffen. An der durch ihr Hervorragen über den Meeresspiegel bewiesenen Hebung nehmen auch die <i>Seychellen, Mauritius, Bourbon</i>, so wie <i>Madagaskar</i> Theil.</p> <p><i>Dr. Kirk</i> glaubt auf eine Hebung der <i>Zanzibar-Küste</i> auch daraus schliessen zu können, dass der sogenannte Baum-Kopal, das Harz von <i>Trachylobium Mosambizense</i> sich landeinwärts findet, wo jetzt jene ausschliesslich auf das Litoral beschränkte Baumart nicht mehr vorkommt.</p>	<p>O. Peschel: Neue Probl. S. 107.</p> <p>Reclus-Ule: Die Erde &amp; c. I, S. 509.</p> <p>O. Peschel: Neue Probl. S. 107.</p> <p>Reise in Nord-Ost-Afrika. I, S. 34.</p> <p>Peschel: l. c. 107.</p> <p>Reclus-Ule: l. c. S. 509.</p> <p>On the copal of Zanzibar. Peterm. Mitth. 1870, S. 118.</p>	<p>Schat-el-Arab.</p> <p>Barkah (nach Heuglin).</p> <p>Lufidschi.</p> <p>Rovuma.</p> <p>Zambesi.</p>
D. Küsten des Atlantischen Oceans.			
1) Küsten des Caräbischen Meeres.	<p>In der <i>Nähe von Cienega</i> (Santa Marta) finden sich auf dem 6—9 Meter über der Meeressfläche erhobenen Ufer Ablagerungen mit Schalen von <i>Lucina pensylvanica</i>, <i>Arca Noë</i>, <i>Venus cancellata</i> und anderen noch jetzt lebenden Arten.</p> <p>Eben so berichtet <i>O. Peschel</i> von Hebungerserscheinungen bei <i>Santa Marta</i> und von solchen bei <i>Aspinwall</i>.</p>	<p>Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch. 1852, S. 579.</p> <p>Neue Probl. 102.</p>	<p>Magdalenen-Strom.</p> <p>Atrato.</p>
2) Küsten des Golfes von Mexiko.	<p>Alle Häfen der <i>Texanischen Küste</i>, so namentlich der von <i>Indianola</i> in der <i>Matagorda-Bai</i> versanden ausserordentlich rasch. Dass diess nicht ausschliesslich eine Folge der Anschwemmungen seitens der Flüsse, so wie der 330 Tage im Jahre wehenden südlichen Winde sei, beweist der Umstand, dass sich in derselben Zeit, in welcher die <i>Matagorda-Bai</i> durchschnittlich 3—4 Fuss an Tiefe verloren hat, die Ufer derselben um 1—2 Fuss gehoben haben. Letztere bestehen hauptsächlich aus den Gehäusen von recenten Brakwassermuscheln. Auch die Ufer der Küstenflüsse haben seit der Zeit an Höhe zugenommen, seit welcher Deutsche Einwanderer mit der Gegend bekannt sind.</p>	<p>A. Douai: Geogr. von Texas. Peterm. Mitth. 1864, S. 121.</p>	<p>Trinity-River.</p>
	<p>Die das Liegende der Alluvionen des <i>Mississippi-Delta's</i> bildenden alt-alluvialen (post-pliocänen) Schichten sind an den <i>Küsten der Staaten Mississippi und Louisiana</i> über den Meeresspiegel erhoben.</p> <p>Am <i>östlichen Ende der Lagune von Pontchartrain</i> bilden Anhäufungen von Schalen des noch jetzt in den Lagunen lebenden <i>Gnathodon</i> 20—60 Yards breite Bänke.</p> <p>Bei <i>Mobile</i> sind solche Bänke, sogenannte „Clams“ weit landeinwärts zu verfolgen und bilden Lagen von 3—4 Fuss Dicke, welche wegen ihrer Festigkeit ein gesuchtes Material zum Strassenbau liefern.</p>	<p>Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII. ed., p. 444 u. 456.</p> <p>Ch. Lyell: Zweite Reise nach den Verein. Staaten. II, S. 101 u. 131.</p>	<p>Mississippi.</p> <p>Pascagoula-River.</p> <p>Alabama.</p>



Bezeichnung der Küsten.	Thatsachen, welche für deren Hebung sprechen.	Quellenangabe.	Deltabildende Flüsse an dieser Küste.
	<p><i>Mr. Hale</i> hat derartige Bänke von <i>Gnathodon</i>-Schalen bis zu 20 Meilen ins Innere verfolgt, am weitesten landeinwärts untermischt mit Resten von <i>Neritina</i> und <i>Cyrena</i>, und bemerkt, „dass diese Haufen von Muscheln im Binnenlande sich oft so weit über die höchsten Fluthen erheben, dass es schwer scheint, ihre Lage ohne die Annahme zu erklären, dass eine leichte Hebung des Landes Statt gefunden habe.</p> <p>Diese Hebung scheint sich <i>bis Florida</i> fortzusetzen, wo Korallenriffe den Meeresspiegel überragen. Die 250 Kilom. lange und durchschnittlich 24 Kilom. breite Kette der <i>Florida-Keys</i> betrachtet <i>Tuomey</i> als Produkt der Hebung eines grossen Korallenriffes, dessen Spitzen, wo sie über das Wasser hervorragten, das Fundament der <i>Keys</i> bilden.</p>	<p>Ch. Lyell: l. c. 102.</p> <p>Nach American Journal. 1851, I, p. 390 u. 393. Bei Fr. Ratzel: Die Ver. Staaten v. Nord-Amerika. 1878, I, S. 139, Anm. 4.</p>	<p>Mobile-River.</p> <p>Appalachicola.</p>
<p>E. Küsten des Mittel-Meeres.</p> <p>1) Küsten von Süd-Frankreich und Ligurien.</p>	<p>Bei <i>Grimaldi</i>, nahe bei Mentone, finden sich Pholaden-Bohrungen mehr als 25 Meter über dem Meeresspiegel.</p> <p>Bei <i>Monaco</i> und auf der Halbinsel <i>St. Hospice</i> bei Nizza sind Sandsteinschichten etwa 20 Meter über der See erfüllt von Muschelresten von Arten, wie sie im benachbarten Meere noch heute leben.</p> <p>Bei <i>Antibes</i> umschliessen nach <i>G. Jeffreys</i> marine Ablagerungen, etwa 25 feet über der See gelegen, Schalen von <i>Galeoma Turtoni</i> und anderen recenten Muscheln.</p> <p>An den <i>Ufern des Golfes de Fos</i> findet man weit landeinwärts alte Strandlinien.</p> <p>Bänke von recenten Austern und Miesmuscheln sind 400 Meter von der gegenwärtigen Küste am <i>Étang-de-Thau</i> nachgewiesen.</p> <p>Endlich führt <i>Astruc</i> eine Reihe von Thatsachen an, welche beweisen, dass sich in der Römerzeit und noch im Mittelalter die Küstensümpfe weit tiefer in das Land hinein erstreckten als gegenwärtig und dass das ganze <i>Litoral</i> erst seit dieser Zeit genügend trocken gelegt ist, um die Anlage von Ansiedlungen zu ermöglichen.</p>	<p>Delesse: Les oscill. des côtes de France. Bullet. de la Soc. de Géogr. 1872, I, p. 9.</p> <p>G. Maw: Geolog. Magaz. 1870, S. 548.</p> <p>Delesse: l. c.</p> <p>E. Reclus: Nouv. Géogr. univ. II, p. 363.</p>	<p>Deltas der west-alpinen Küstenflüsse (nach Ch. Lyell).</p>
<p>2) Küste von Toscana.</p> <p>3) Süd-Küste von Klein-Asien.</p>	<p>Bei <i>Antibes</i> umschliessen nach <i>G. Jeffreys</i> marine Ablagerungen, etwa 25 feet über der See gelegen, Schalen von <i>Galeoma Turtoni</i> und anderen recenten Muscheln.</p> <p>An den <i>Ufern des Golfes de Fos</i> findet man weit landeinwärts alte Strandlinien.</p> <p>Bänke von recenten Austern und Miesmuscheln sind 400 Meter von der gegenwärtigen Küste am <i>Étang-de-Thau</i> nachgewiesen.</p> <p>Endlich führt <i>Astruc</i> eine Reihe von Thatsachen an, welche beweisen, dass sich in der Römerzeit und noch im Mittelalter die Küstensümpfe weit tiefer in das Land hinein erstreckten als gegenwärtig und dass das ganze <i>Litoral</i> erst seit dieser Zeit genügend trocken gelegt ist, um die Anlage von Ansiedlungen zu ermöglichen.</p> <p>In der Nähe von <i>Livorno</i> wird ein „<i>Panchina</i>“ genanntes Gestein als Baumaterial gebrochen, welches reich ist an Schalen von Muscheln, wie sie noch jetzt im Tyrrhenischen Meere vorkommen.</p> <p>Das alte Kastell <i>Gottfried's</i> von Bouillon im Süden von <i>Iskenderrun</i> ist auf einer alten Italienischen Karte dicht am Meere angegeben, jetzt liegt es eine halbe Stunde davon entfernt.</p> <p>Die Alluvialebene des <i>Delta's des Seihun und Dschihan</i> steigt bis zu beträchtlicher Höhe über den Meeresspiegel an, weit landeinwärts und in ziemlicher Höhe über der See kommen Bänke von Austerschalen vor.</p> <p>Nach <i>C. Ritter</i> und <i>Russegger</i> wächst die <i>Cilicische Küstenebene</i> durch das allmähliche Emportreten sandiger Sedimente des Meeres.</p> <p>Weiter nach Westen finden sich Pholaden-Bohrungen, zum Theil noch mit den Muscheln darin.</p> <p>Im <i>Golfe von Adalia</i> sind die Häfen von <i>Eski Adalia</i> (Side), obwohl durch künstliche Dämme geschützt, seichter geworden und mit Sand und Steinen angefüllt, ohne dass dort ein Fluss mündete und bei der Beschaffenheit des Materials an einen Transport desselben durch Strömungen gedacht werden könnte.</p>	<p>Reclus-Ule: Die Erde &amp;c. I, S. 488.</p> <p>Reclus: Nouv. Géograph. univ. I, p. 408.</p> <p>Theob. Fischer: Zeitschr. der Gesellsch. für Erdk. 1878, S. 158.</p> <p>Th. Fischer: l. c. S. 159.</p>	<p>Rhône.</p> <p>Hérault.</p> <p>Arno.</p> <p>Seihun.</p> <p>Dschihan.</p>
<p>4) West-Küste von Klein-Asien.</p>	<p>Zahlreiche Inseln sind landfest geworden, zum Theil in der Nähe von Flussmündungen durch die von denselben vorwachsenden Anschwemmungen, zum Theil aber auch an Stellen, wo Flüsse nicht münden und wo die Meeresströmung wegen der Auszackung der Küste nicht wirksam sein kann (z. B. bei dem alten <i>Myndus</i>, am <i>Cap Krio</i> u. a. O.).</p> <p><i>P. v. Tchihatcheff</i> hat in <i>Smyrna</i> „unter anderen Anzeichen einer Hebung, an der Anhöhe, welche die Citadelle trägt, eine alte Strandlinie nachgewiesen, in welcher Schalen noch jetzt lebender Mollusken mit Bruchstücken von Thongeschirren und Ziegeln festes Gestein bilden“.</p> <p>Am Fusse der Hügel von <i>Meitos</i> und an dem gegenüberliegenden <i>Ufer der Dardanellenstrasse</i> finden sich Austerbänke in einer Höhe von nahezu 40 feet über der See. Die Austern sind identisch mit der noch jetzt im Hellespont lebenden <i>Spezies</i>.</p> <p>In ähnlichen marinen Ablagerungen bei <i>Gallipoli</i> sind grosse Mengen eines recenten <i>Cardium</i> enthalten.</p>	<p>v. Hoff: Natürl. Veränd. der Erdoberfl. I, S. 256.</p> <p>v. Hoff: l. c. S. 257 ff.</p> <p>Th. Fischer: l. c. S. 159.</p>	<p>Gök Su.</p> <p>Köprü Su.</p> <p>Menderes.</p>
<p>5) Küsten des Schwarzen Meeres.</p>	<p>An den Höhen, welche die Stadt <i>Samsun</i> beherrschen, entdeckte <i>P. v. Tchihatcheff</i> 1854 Bänke von recenten, noch jetzt im Mittelmeer und im Pontus lebenden Muscheln (<i>Tellina</i>, <i>Pecten</i>, <i>Venus</i>, <i>Rotella</i>, <i>Ostrea edulis</i> var.), auflagernd auf dem dortigen <i>Nummuliten-Gestein</i>.</p>	<p>T. Spratt: Quart. Journ. of the Roy. Geol. Soc 1857, XIII, p. 72.</p> <p>Le Bosphore et Constantinople 1864, p. 568.</p>	<p>Kytschyk Menderes.</p> <p>Gedis Tschai.</p> <p>Kysyl-Irmak.</p>

Bezeichnung der Küsten.	Thatsachen, welche für deren Hebung sprechen.	Quellenangabe.	Deltabildende Flüsse an dieser Küste.
	Er schloss daraus, dass nach erfolgter Umgestaltung des Schwarzen Meeres in ein salziges Meeresbecken die Nordküste von Klein-Asien zuerst eine Senkung unter dessen Spiegel erlitten habe, um sich dann allmählich zu der heutigen Höhe zu heben. Die Stadt <i>Batum</i> wird, obgleich kein Fluss in die dortige Meeresbucht mündet, mehr und mehr von dem Eingange derselben zurückgedrängt. Zum Bau der Wälle der Festung <i>Sudak auf der Krym</i> sind Steine verwendet, welche aus dem benachbarten Meeresklippen gebrochen sind und recente Muscheln, wie <i>Cardium edule</i> und <i>Mytilus edulis</i> enthalten. Die <i>Tataren der Krym</i> bemerken, dass das Meer von ihren Küsten beständig zurückweiche und zeigen an den Felsen der einige Meilen von der Küste gelegenen Stadt <i>Krym</i> Spuren des einstigen Hinanreichens des Meeres. Nach <i>H. Malden</i> sprechen zahlreiche Erscheinungen dafür, dass seit den Zeiten Herodot's die Austrocknung des Landes an der Mündung des <i>Dnjepr</i> in hohem Grade zugenommen habe. Nach <i>A. v. Hoff</i> haben die Beobachtungen von <i>Pallas, Engelhard</i> und <i>Parrot</i> unzweifelhafte Beweise für ein Zurückweichen des Schwarzen Meeres geliefert. So sind auch an der Küste von <i>Thracien</i> durch <i>Tchihatcheff</i> marine Ablagerungen von recenten Muscheln weit über dem Meeresspiegel entdeckt. Dieselben lagern hier auf Ligniten jüngsten Ursprungs.	Vergl. auch Bull. de la Soc. géol. de France 2 ser. tom. XI, p. 366. Annalen der Hydrogr. 1875, S. 184. Murchison: Geolog. d. Europ. Russland. Deutsch von G. Leonhard, S. 569. Reclus - Ule: Die Erde. I, S. 491. A. v. Hoff: l. c. S. 112. Murchison: l. c. S. 567, Anmerk. l. c. S. 119. Le Bosphore et Constantinople, p. 548 u. 568.	Jeschyl-Irmak. Rion. (nach Annal. d. Hydrogr.) Kuban. Don. Dnjepr. Dnjestr. Donau.

Aber nicht nur an den zahlreichen in der vorstehenden Tabelle aufgeführten, gegenwärtig existirenden und in Fortentwicklung begriffenen Deltas, sondern auch an mehreren derjenigen, welche in Folge einer Senkung der Küste augenblicklich mehr und mehr an Umfang verlieren und zum Theil schon völlig wieder unter dem Meeresspiegel verschwunden sind, lässt es sich nachweisen, dass sich während ihrer dereinstigen Entstehung eine, somit der gegenwärtigen Senkungsperiode vorausgehende Hebung der betreffenden Küste vollzogen hat. Diess ist namentlich bei dem Delta des *Nil-Stromes* der Fall. Nach *Oscar Fraas*<sup>1)</sup> füllte sich die schmale Meeresbucht zwischen dem Mittelmeer und den Katarakten „wohl zur Pliocänzeit allmählich mit Lagunen-Schlick, der aus dem krystallinischen Habesch und Sudan in die Meeresbucht eingewaschen wurde. Späterhin, nach der Erhebung Ägyptens aus dem Meere, grub sich der Strom in diesen Schlamm sein Bett ein“. Beweise für dieses, durch eine Hebung des Landes bedingte Hervortreten der Alluvialebene des Nils liefern Flussterrassen, welche an den Gehängen des Nil-Thales 30—100 und mehr Fuss über der heutigen Thalsohle anzutreffen sind. *Adams* und *Murie* wiesen in diesen Terrassen eine Reihe von Muschel-spezies nach, die noch gegenwärtig im Nile leben, so z. B. *Aetheria semilunata*, *Iridina nilotica*, *Bulimus pullus* und *Cyrena fluminalis*. In einer der Terrassen wurde ein Molar-Zahn von *Hippopotamus* gefunden, und zwar von einer Spezies, die nach *Dr. Falconer* mit der noch jetzt im Nil

lebenden identisch ist<sup>1)</sup>. Wie an den Ägyptischen Gestaden, so ist auch in der *Nord-Deutschen Niederung* der Senkung, welche die Küsten betroffen hat, eine Periode der Hebung vorausgegangen<sup>2)</sup>; eben so auch an der *Atlantischen Küste der Union*<sup>3)</sup>, wo die Ablagerungen der Champlain-Epoche ihre Erhebung über den Meeresspiegel einer während der sogenannten Terrassen-Epoche erfolgten Hebung des Continents verdanken.

Es zeigt sich also, dass das Zusammenfallen von Hebungen der Meeresküsten mit der Deltabildung der Flüsse eine ausserordentlich häufige Erscheinung ist. Denn trotzdem nur von einer verhältnissmässig geringen Zahl von Küstenstrichen Beobachtungen über Niveau-Veränderungen derselben vorliegen, konnten doch unter 98 an Meeresküsten bekannten Deltas an mehr als deren Hälfte, nämlich an 55 Deltabildungen, constatirt werden, dass deren Entstehung und Entwicklung unter dem Einflusse von Hebungen des Litorales vor sich gegangen ist.

Der entscheidende Einfluss, welchen, wie sich sonach herausstellt, Senkungen und Hebungen der Meeresküsten auf die Gestaltung der Flussmündungen ausüben, prägt sich kaum irgendwie unverkennbarer aus, als in der Einwirkung, welche solche Niveau-Veränderungen an der Mündung der *Memel* nach einander ausgeübt haben, und an der Ostküste

<sup>1)</sup> Ch. Lyell: Princ. of Geol. XII. ed., I, p. 434.

<sup>2)</sup> L. Meyn: Geogn. Beschr. der Insel Sylt &c. S. 741 und 750, u. a. O.

<sup>3)</sup> Fr. Ratzel: Die Verein. Staaten von Nord-Amerika. I, S. 150.

<sup>1)</sup> Aus dem Orient, S. 210.

*China's gleichzeitig neben einander noch ausüben.* An der *Preussischen Ostsee-Küste* <sup>1)</sup> lassen sich innerhalb der jüngeren Alluvialzeit zwei durch eine zwischen sie fallende Hebungsperiode unterbrochene Senkungen des Festlandes nachweisen. *Am Schlusse der ersten Senkungsperiode* stellte das heutige Kurische Haff eine tief in das Land einschneidende, breit-trichterförmige Meeresbucht dar, in deren inneren Winkel die Memel mit weiter, offener Mündung einfluss. Die von dem Flusse mitgeführten Sinkstoffe lagerten sich nahe vor der Mündung ab und „bildeten in dem Tilsiter Haff zunächst unzählige, langgestreckte Sandbänke“. Ganz im Innern der Bucht waren in Gestalt einiger Inseln die ersten Anfänge des Delta's angedeutet. *Während der auf diese Senkung folgenden Hebung* begannen sich einzelne Theile der Nehrung über die See zu erheben und die Meeresbucht abzuschliessen. Zahlreiche grosse und kleine Inseln, jene früheren Sandbänke tauchten vor der sich verschmälernden Mündung des Flusses auf und *am Schlusse der Hebung*, durch welche das Land gegen 12 Fuss über den Wasserspiegel emporgerückt war, zeigte sich das Haff durch die nur im Norden geöffnete Nehrung vom Meere getrennt, während sein Inneres ausgefüllt war von dem ausgedehnten Delta der Memel. Letzteres war von zahlreichen Mündungsarmen des Flusses durchschnitten, die „während der Hebung allmählich wieder ein stärkeres Gefälle erhalten hatten, so dass sie ihre Sinkstoffe weiter hinaus führten. Gleichzeitig schnitten sie ihre Betten tiefer und tiefer ein, manchen neuen Nebenarm auswühlend, den sie früher und auch gegenwärtig gar nicht bedürfen“. Moore, die sich anfänglich an den tiefsten Stellen des emporgestiegenen jungen Landes gebildet hatten, wurden gegen Ende der Hebungsperiode trockener und bedeckten sich mit Wald. Jetzt trat von *Neuem eine Senkung ein*, und mit ihr verschwanden „Theile der Niederung, wo sie nicht gleichmässig mit dem Sinken wuchs oder zu grosse Vertiefungen waren“, wieder unter dem Meeresspiegel, der Aussenrand des Delta's rückte beträchtlich landeinwärts, der Umfang der Alluvialebene verkleinerte sich. Gleichzeitig starb der Baumwuchs der flachen Niederungen ab, Moosbrüche bildeten sich an den tieferen Partien: „es stellte sich allmählich der Zustand her, in welchem wir heute Haff und Umgebung finden“. Diese Senkung, welche sich noch bis in die letztvergangenen Jahrhunderte fortsetzte, hat aufgehört und nach Ausweis der seit 1834 angestellten genauen Pegel-Beobachtungen <sup>2)</sup> einem Zustande der Ruhe Platz gemacht, wenigstens „lassen die bis jetzt vorliegenden Beobachtungen an der Preus-

sischen Ostsee-Küste eine Hebung oder Senkung derselben mit Sicherheit nicht erkennen“ <sup>1)</sup>).

Noch frappanter, weil sie sich gegenwärtig und zwar gleichzeitig bethätigen, manifestiren sich nach *F. v. Richthofen* analoge Einflüsse an der *Ostküste China's*. Hier scheidet nach den Mittheilungen jenes erfolgreichen Forschers, die in den Tshusan-Inseln auslaufende Gebirgskette ein nördliches Hebungs-Areal von einem südlichen Senkungsgebiet, „so zwar, dass an jener Axenkette Stillstand herrscht, und von da die Intensität der Hebung mit der Entfernung gegen Norden, diejenige der Senkung gegen Süden stetig zunimmt. *Dadurch sind die ungeheueren Anschwellungen der Riesenströme des Nordens in Ebene verwandelt worden, während die allerdings geringeren der südlichen Flüsse unter Wasser bleiben*“, und das Gebirgsland hier unmittelbar in das Meer abfällt, durchschnitten von zahlreichen Buchten, welche sich namentlich an den Flussmündungen tief in das Land hinein erstrecken. „An der neutralen Stelle endlich umsäumen breite Schlamm-bänke im Niveau der Fluth das Land. Sollte sich die Bewegung umkehren, so würde schon bei geringem Betrage die nördliche Ebene unter dem Meere verschwinden, im Süden aber ein Küstenstrich von Alluvialland geschaffen werden“ <sup>2)</sup>).

#### c) Einfluss von Niveau-Veränderungen des Wasserspiegels von Binnen-See'n auf die Deltabildung.

Hebungen und Senkungen des Festlandes üben auf *Binnensee-Küsten* einen ähnlichen Effect, wie auf Meeresküsten nur dann aus, wenn die Niveau-Veränderung im Innern des Festlandes eine *ungleichmässige* ist, wenn sie sich mit anderen Worten an einem Theile eines Seebeckens intensiver bethätigt, als an dem anderen, so dass eine *Verschiebung der Wassermasse* des See's Statt findet, durch welche eine Trockenlegung der Seegestade an der einen Seite des Beckens, eine Überfluthung an der anderen Seite desselben bewirkt wird. Unter dem Einflusse einer derartigen ungleichmässigen Niveau-Veränderung des Festlandes steht allen bisherigen, namentlich von *Gustav Nachtigal* <sup>3)</sup>, *H. Barth* und *E. Vogel* <sup>4)</sup> angestellten Beobachtungen zu Folge, das *Becken des Tsade*. Die Gewässer dieses See's dringen nämlich mehr und mehr gegen das westliche Ufer desselben vor und überfluthen ausgedehnte Landstriche, so dass bei den zunehmenden Übergriffen des See's die Exi-

<sup>1)</sup> Vergl. zu dem Folg.: G. Berendt: Geol. des Kur. Haffs. 1869. Th. 2, S. 51 ff. u. Taf. III, Fig. 2—5.

<sup>2)</sup> C. Bruhns: Bericht über die neuesten Fortsch. der Europ. Gradmess. in Behm's Geogr. Jahrb. 1876, S. 299.

<sup>1)</sup> G. Berendt: l. c. S. 53, gegenüber Schumann, der eine langsame, seit Beginn dieses Jahrhunderts erfolgende Hebung annimmt.

<sup>2)</sup> s. Protokoll der XXII. allg. Versamml. der Deutschen geol. Gesellsch., Sitz. vom 12. Sept. 1874.

Zeitschr. der Deutschen geol. Gesellsch. 1874, S. 957 ff.

<sup>3)</sup> G. Nachtigal: Zum Wassersystem des Tsade. Natur. 1877, S. 29 ff.

<sup>4)</sup> Peterm. Mittheil. 1856, S. 165 ff.

stanz ganzer Ortschaften gefährdet ist und ihre Verlegung an höher und entfernter gelegene Stellen erforderlich wird. Auch im Norden gewinnt der See von Jahr zu Jahr mehr an Ausdehnung und zwingt die Araber, ihre Handelsstrasse von Kanem nach Kuka immer weiter nach Norden zu verlegen. Anders am Ost- und Südost-Gestade. Hier ist „der Charakter des See's durchaus verloren gegangen“, das Land überwiegt, zahlreiche Inseln von einem vielfach verzweigten Wassernetz durchzogen, umsäumen die Ufer und geben dem See mehr das Ansehen einer Lagune als eines Seebeckens. Sogar der einstige Abfluss des Tsade, der *Bahar el Ghasal* in der Südostspitze des Beckens, ist trocken gelegt und zwar, wie die den Boden des alten Flusstales bedeckenden Fischreste bezeugen, erst in jüngst vergangener Zeit. Alle diese Umstände deuten darauf hin, dass eine langsame Verschiebung des See's von Südosten nach Nordwesten vor sich geht, die ihren Grund nur in einer ungleichmässigen Bewegung des Bodens haben kann.

Das Verhalten der Zuflüsse des Tsad-See's hinsichtlich der Deltabildung entspricht vollkommen demjenigen der Meereszuflüsse an Küsten, welche einer Niveau-Veränderung unterworfen sind. Der *Schari*, der im Südosten in den See einmündet, wo derselbe im Zurückweichen begriffen ist, baut ein umfangreiches Delta auf, der *Joo* hingegen an dem West-Gestade, welches von den Gewässern mehr und mehr überfluthet wird, besitzt eine offene, deltafreie Mündung<sup>1)</sup>.

Bei anderen Binnensee'n hingegen wird dasselbe Resultat, welches Hebungen der Meeresküsten mit Bezug auf die Deltabildung ausüben, durch eine Erniedrigung des Wasserpiegels erzielt, in Folge deren die an den Flussmündungen angehäuften subaquatischen Anschwemmungsmassen allmählich über den Seespiegel hervortreten. Ein solches Sinken des Wasserstandes wird bei den abflusslosen Binnensee'n durch eine die Wasserzufuhr übersteigende Verdunstung, bei den Abfluss-See'n dagegen durch die allmähliche Tieferlegung des Abflusses bewirkt.

Als Beispiele derartiger in Abnahme begriffener abflussloser See'n sind namentlich die grossen Binnensee'n im südwestlichen Asien anzuführen.

#### a) Das Kaspische Meer.

„Glücklicher Weise braucht nicht erst erwiesen zu werden, dass der Umfang des Kaspischen Meeres sich bedeutend verringert und einen ansehnlichen Theil seines Bodens trocken zurückgelassen hat. Unzählige Kaspische Muscheln

<sup>1)</sup> Dass das zunehmende Steigen des Seespiegels und nicht etwa die geringe und nur periodische Wasserführung des Flusses der Grund für das Fehlen eines Mündungs-Delta's ist, beweist der Umstand, dass zahlreiche andere Flüsse, wie die *Emba*, der *Barkah*, die an derselben Ungunst der Sedimentführung leiden, aber an auftauchenden Küsten münden, Deltas aufbauen.

liegen weit umher, theils zerstreut, theils noch in Bänken. *Pallas* hat einen Schatz spezieller Beobachtungen zum Beweise dieses Vorganges auf seinen verschiedenen Reisen gesammelt, von seinen Nachfolgern hat keiner einen Widerspruch geltend machen können, vielmehr sind nur Bestätigungen erfolgt<sup>1)</sup>. Diese Senkung des Spiegels des Kaspischen Meeres ist auch gegenwärtig noch nicht zum Abschluss gelangt, setzt sich vielmehr, wie *N. A. Iwaschinzow*<sup>2)</sup> und *Herbert Wood*<sup>3)</sup> dargethan haben, bis in die neueste Zeit fort. Darauf deutet u. a. das Hervortreten von Inseln an mehreren Punkten des Beckens hin, so namentlich in der Bucht von *Enzelli* am Süd-Ufer, wo mehrere jetzt schon mit Buschwerk bewachsene, als Weiden dienende Inseln im Laufe der Jahre 1811 bis 1828 über den Seespiegel hervorgetreten sind<sup>4)</sup>, so wie an der Nordostküste, wo ebenfalls fort und fort neue Inseln entstehen<sup>5)</sup>. Auch *J. Meyer* beobachtete das allmähliche Zurückweichen der Gewässer an den nördlichen Gestaden und glaubte dasselbe auf eine langsame Hebung dieses Litorales zurückführen zu müssen<sup>6)</sup>. *Lenz* hat das Sinken des Wasserspiegels in dem Zeitraume von 1816 bis 1830 auf mehr als drei Meter berechnet<sup>7)</sup>. Begünstigt durch dieses langsame Zurückweichen der Gewässer des Binnen-Meeres bauen sämtliche Zuflüsse desselben mehr oder minder umfangreiche Deltas auf. So im Norden die *Emba*, der *Ural* und die *Wolga*, an der Westküste der *Terek* und der *Kur*, im Süden der *Sefid-Rud*, der *Görghen*<sup>8)</sup> und *Atrek*<sup>9)</sup>. An dem östlichen Gestade endlich ist in der von drei Flussbetten durchschnittenen Alluvial-Niederung am *Balkan-Busen* das Delta des alten *Oxus* erhalten<sup>10)</sup>.

#### β) Der Aral-See<sup>11)</sup>.

Auch im Aral-See bethätigt sich, ganz abgesehen von angeblichen periodischen Veränderungen des Wasserstandes<sup>12)</sup>,

<sup>1)</sup> K. E. v. Baer: Kasp. Studien. St. Petersburg 1859, S. 25. Vergl. auch Schmick: Die Aralo-Kaspi-Niederung. 1874, S. 19 ff.

<sup>2)</sup> Borszcow: Würzb. Naturw. Zeitschr. I, 1860, S. 106 ff.

<sup>3)</sup> H. Meyerson: Peterm. Mittheil. 1858, S. 327.

<sup>4)</sup> Murchison: Geol. des Europ. Russland. Deutsch von G. Leonhard. 1848, S. 319 ff.

<sup>5)</sup> Peterm. Mitth. 1870, S. 341.

<sup>6)</sup> Vergl. Czerny: Ergh. Nr. 48 zu Peterm. Mitth., S. 19.

<sup>7)</sup> H. Schmick: l. c.

<sup>8)</sup> Borszcow: l. c.

<sup>9)</sup> Archiv für wissenschaft. Kunde von Russland herausgeg. v. Erman. XXII, S. 385.

<sup>10)</sup> Poggendorf's Annalen. B. XXVI, S. 353.

<sup>11)</sup> O. Peschel: Neue Probleme. II. Aufl., S. 126.

<sup>12)</sup> Peterm. Mitth. 1873, Taf. 15.

Schmick: l. c. S. 50.

<sup>13)</sup> Peterm. Mitth. 1873, S. 291.

Schmick: l. c. S. 22 nach Vambéry.

<sup>14)</sup> Peterm. Mitth. 1870, S. 341, 342 u. 464.

<sup>15)</sup> Vergl. Borszcow: l. c. S. 127.

O. Peschel: Neue Probleme, S. 1 ff. u. S. 172.

<sup>16)</sup> Bullet. de la soc. de Géogr. 1873, II, p. 113 ff. u. 528 ff.

ein continuirliches Sinken des Seespiegels noch bis in die Gegenwart. Das zeigt namentlich ein Vergleich der jetzigen Contouren des östlichen Ufers mit denen, welche *Butakow* 1847 aufgenommen hat. An Stelle der von Letzterem angegebenen Inseln fand *Borszow* festes Land und an Stelle von Untiefen neu entstandene Inselchen. So sind z. B. die auf *Butakow's* Karte eingetragenen Inseln *Altai* und *Usun-Kair* zu Landzungen geworden und mit dem festen Lande durch Salzmoore verbunden. Man hat die Breite des während eines zehnjährigen Zeitraumes (1847—1857) gewonnenen Küstenstriches auf 0,3—0,6 Meilen geschätzt<sup>1)</sup>. Auch *N. Sewerzow* und *S. Smirnow*, Mitglieder der Russischen *Amu-Darja-Expedition*, bestätigen die Veränderungen, welche das Ost-Ufer zwischen *Kasanlinsk* und *Nukus* in Folge des Sinkens des Seespiegels erleidet. Die alten Uferlinien sind deutlich durch die zonale Anordnung der Vegetation gekennzeichnet<sup>2)</sup>. Am Süden des See's ist der *Aibughir-Busen* „in ein trockenes Becken verwandelt, welches nur zur Zeit des Sommerhochwassers in der Mitte vorübergehend fließendes Wasser aus mehreren Kanälen des *Amu-Darja* empfängt“<sup>3)</sup>.

*Beide Zuflüsse des Aral-See's, der Syr-Darja und der Amu-Darja haben unter solchen Umständen ausgedehnte Deltas in den See vorgebaut, deren Umfang sie noch gegenwärtig fort und fort vergrößern.*

γ) *Der Balchasch-See*<sup>4)</sup>.

Der *Balchasch-See* theilt das Schicksal aller der zahlreichen See'n der Hungersteppe im Norden und Osten des *Aral-See's* — seine Wassermasse nimmt mehr und mehr ab, sein Umfang schrumpft beträchtlich zusammen. Noch in historischer Zeit bildete der *Balchasch* und der *Ala-kul* ein zusammenhängendes Becken; seitdem sind Beide durch Trockenlegung eines breiten sandigen und salzreichen Landstriches in isolirte Seegruppen zerlegt, in deren Umgebung unverkennbare Spuren jüngst erfolgten Eintrocknens der dieselbe früher bedeckenden Wasser beobachtet werden.

Von den Flüssen des *Balchasch-Beckens* versiechen der *Tokran* und der *Ajagus* in dem sandigen Steppenboden des nördlichen Ufers, der erstere ohne jemals den See zu erreichen, während der letztgenannte wenigstens zur Zeit des Hochwassers in Folge der Schneeschmelze seine Gewässer bis in den See hineinführt, in dessen Nordostspitze

<sup>1)</sup> *Borszow*: l. c. S. 129 u. 130.

<sup>2)</sup> *Peterm.* Mitth. 1875, S. 363. Die Russische *Amu-Darja-Expedition*.

<sup>3)</sup> *H. Schmick*: l. c. S. 78.

<sup>4)</sup> *Spörer*: Die See'nzone des *Balchasch-Ala-kul*. *Peterm.* Mitth. 1868, S. 73 ff.

*A. Petermann*: Originalkarte des centralen Theiles des *Thianschan-Gebirgssystems*. Erg. zu *Peterm.* Mitth. Nr. 43.

*Credner*, Die Deltas.

er einen allerdings wenig umfangreichen Schwemmlandkegel vorgebaut hat. Auf der Südseite dagegen münden vier grössere und wasserreichere Ströme in den See, vor Allem der *Ili* und neben ihm der *Karatal*, der *Aksu* und die *Lepsa*, und alle vier Flüsse bilden weit in den See vorragende Deltas.

Während sonach ein Sinken des Wasserstandes in den abflusslosen Binnensee'n die Deltabildung in augenfälligster Weise begünstigt, bewirkt umgekehrt eine Erhöhung des Seespiegels, in ganz analoger Weise, wie eine Senkung der Meeresküsten, dass der Umfang präexistirender Deltas mehr und mehr verkleinert wird, bis die flachen Niederungen derselben allmählich unter dem Seespiegel verschwinden. Ein Beispiel für diesen Vorgang bietet der *Grosse Salzsee* in Nord-Amerika<sup>1)</sup>. Während der Wasserspiegel dieses See's, wie zahlreiche Strandlinien und Uferterrassen in verschiedener Höhe übereinander beweisen, früher eine beträchtliche Erniedrigung erfahren hat, will man seit 1852 ein Steigen desselben beobachtet haben, und zwar sollen jetzt die Gewässer etwa vier Meter höher stehen als zur Zeit der ersten Besiedelung seiner Ufer durch die *Mormonen*. In Folge dessen sind die von den Zuflüssen des See's früher aufgebauten Deltaebenen zum Theil wieder überfluthet, und namentlich an der von zahlreichen Mündungsarmen durchflossenen Anschwemmungsebene des *Weber-River* ist der ganze Aussenrand von Neuem von den Gewässern des See's bedeckt<sup>2)</sup>.

Bei den Binnensee'n, welche von Flüssen durchströmt werden, ist es die erodirende Thätigkeit der letzteren, welche die gleiche Wirkung, wie bei den abflusslosen See'n die die Wasserzufuhr überwiegende Verdunstung, ausübt. Der Abflusskanal wird tiefer und tiefer in die den See riegelartig abschliessende Gebirgsmasse eingeschnitten, und auf diese Weise eine allmähliche Abzapfung des See's, ein langsames Sinken seines Spiegels veranlasst. So arbeitet der *Rhein* unablässig daran, sein Bett in dem die Existenz des *Bodensee's* bedingenden Gebirgsriegel zwischen *Basel* und *Constanz* tiefer zu legen und zahlreiche „Spuren eines höheren Flussbettes, welche von *Schaffhausen* an im Verlaufe des *Rheines* so gut wie seiner Seitenthäler in Gestalt von Schuttmassen an den Thalgehängen zurückgeblieben sind“<sup>3)</sup>, bezeichnen den Erfolg, welchen der Strom durch seine erodirende Thätigkeit bisher erzielt hat. In gleichem Schritte mit der allmählichen Austiefung des *Rhein-Thales* senkt sich der Spiegel des *Bodensee's*. Einst reichte dieser bis nach *Sargans* oder, wie *Rüttimeyer* annimmt, bis nach

<sup>1)</sup> *Fr. Ratzel*: Die Verein. Staaten von Nord-Am. I, S. 271.

<sup>2)</sup> Vergl. *A. Petermann's* Karte der Verein. Staaten in *Stieler's* Handatlas, Bl. 80.

<sup>3)</sup> *Rüttimeyer*: Über Thal- u. Seebildung, S. 126.

Bendern<sup>1)</sup> im oberen Rhein-Thale hinauf, hat also selbst in letzterem Falle damals ein um 42 Meter höheres Niveau eingenommen als gegenwärtig. Noch zur Römerzeit soll der See weiter aufwärts gereicht haben, und die Rhein-Thalebene oberhalb Bregenz nur ein Sumpf gewesen sein<sup>2)</sup>. Seitdem ist der See mehr und mehr zurückgewichen, und jene Sümpfe sind allmählich trocken gelegt. Noch gegenwärtig ist „sowohl die Form wie die Grösse des Seekörpers fortwährenden Veränderungen unterworfen, welche alle darauf hinaus laufen, das Volumen des Wasserkessels zu vermindern“<sup>3)</sup>. In Folge dieser Senkung des Seespiegels tauchte das langgestreckte Anschwemmungsgebiet des Rheines, so wie auch die Schutt- und Schlammablagerungen der kleineren Zuflüsse des See's, wie der Bregenzer Ach, der Dornbirner Ach, des Schussen und Argen in Gestalt theilweis umfangreicher Deltas über den Seespiegel empor.

Auch im *Genfer-See* ist der Wasserstand in der Vorzeit ein beträchtlich höherer gewesen als heute. *J. Favre* schätzt den Niveau-Unterschied desselben zwischen sonst und jetzt auf 75 Meter, so dass der See sich bis zum Fort de l'Ecluse und nach Martigny hin ausgedehnt haben würde. Verlegt auch *Rüttimeyer* das ehemalige obere Ende des See's nur bis in die Gegend von Bex, so ergibt sich doch noch eine Differenz des Wasserstandes von mindestens 34 Meter<sup>4)</sup>. Wie im Bodensee, so ragen auch im Genfer-See von den Mündungen aller Zuflüsse, namentlich von denen der *Rhône* und der *Dranse* mehr oder minder ausgedehnte Deltas in den See hinein<sup>5)</sup>. Auch für die Mehrzahl der übrigen Schweizer See'n hat man eine einst ungleich grössere Ausdehnung und einen entsprechend höheren Wasserstand nachweisen können. So legt *Rüttimeyer* das obere Ende des *Brienzer-See's* bis *Meyringen*, das des *Urner-See's* bis *Erstfeld* und dasjenige des *Walensee's* bis halbwegs *Sargans*. Die Differenz zwischen dem einstigen und dem jetzigen Wasserstande würde demnach bei den beiden erstgenannten See'n etwa 33 Meter betragen<sup>6)</sup>. Der *Lago Maggiore* reichte nach *Desor*<sup>7)</sup> früher bis *Bellinzona*, der *Comer-See* bis *Chiavenna*, der *Luganer-See* bis *Piano*. Noch zur Römerzeit wurde der *Comer-See* bis nach *Samolako* im *Maira-Thale* befahren, einem Ort, der seinen alten Namen *Summus lacus* von seiner damaligen Lage am oberen Ende des See's empfangen haben soll<sup>8)</sup>. Jetzt ist dieser Punkt durch eine etwa 14 Kilom. lange Alluvialniederung von dem See getrennt.

So sind denn auch alle die genannten See'n an Deltabildungen ausserordentlich reich. Nicht nur an den Mündungen der Hauptzuflüsse, wie an denen der *Aare*, der *Lütschine*, der *Linth*, der *Kander*, der *Adda*, des *Ticino*,

der *Maira*, der *Maggia* u. a., auch an denjenigen der kleineren Zuflüsse schieben sich Deltas von mehr oder minder beträchtlichem Umfange in die See'n vor.

Von ausser-Europäischen Abfluss-See'n liegen namentlich vom *Baikal-See* Beobachtungen vor, welche, abgesehen von periodischen Schwankungen des Wasserstandes, auf eine andauernde Senkung des Seespiegels hindeuten. *N. Meglitzky*<sup>1)</sup> fand an mehreren Stellen der Gestade dieses See's, besonders in der Nähe des Flüsschens *Goloustnaja*, Ablagerungen, welche „eine nicht zu verkennende Identität mit den heutigen Bildungen des *Baikal-Grundes*“ zeigen. Er beobachtete solche lacustrischen Ablagerungen in einer Höhe von 3—6 Meter über dem heutigen Niveau des See's und glaubt das dadurch bewiesene Sinken des Seespiegels auf die Entstehung und Tieferlegung des See-Abflusses, der *Angara*, zurückführen zu müssen. Auch *C. de Ball*<sup>2)</sup> nimmt wie *Meglitzky* eine merkliche Erniedrigung des Wasserstandes des *Baikal* an. Deltabildungen zeigen sich vor Allem an der Mündung des Hauptzuflusses, der *Selenga*, aber auch von anderen Flussmündungen am Ufer des See's erwähnt *Meglitzky* fluviatile Anschwemmungen, so von derjenigen der *Goloustnaja*, wo die Fluss-Alluvionen den durch das Sinken des Seespiegels trocken gelegten lacustrischen Bildungen auflagern.

Das Endresultat unserer im II. Theile dieser Abhandlung angestellten Beobachtungen lässt sich kurz dahin zusammenfassen, dass der Sedimentführung der Flüsse, der Stromgeschwindigkeit der letzteren, den Tiefenverhältnissen vor den Flussmündungen, der mechanischen Thätigkeit des Meeres in ihrem Einflusse auf die Deltabildung eine nur lokale Bedeutung beigemessen werden kann, dass es hingegen säculare Hebungen der Festlandsküsten und die Erniedrigung des Wasserstandes von Binnensee'n sind, unter deren Einfluss die Anschwemmungen der Flüsse trotz sonst vorhandener ungünstiger Verhältnisse zu Deltas über den Wasserspiegel hervortreten, während im Gegentheile Senkungen der Meeresküsten und Erhöhung des Wasserspiegels in Binnensee'n die Bildung von Deltas an ausgedehnten Küstenstrichen der Festländer und an den Gestaden mancher Binnensee'n verhindern und früher an denselben entstandene Deltas unter den Fluthen wieder verschwinden lassen. Derartige Niveau-Veränderungen sind es also, auf welche in erster Linie die Vertheilungsweise der Deltas zurückzuführen ist. In ihrer Bethätigung ist der Grund für die im Eingange dieser Arbeit erörterte zwiefache Facies der Flussmündungen zu suchen, deren Gegensätzlichkeit darin besteht, dass an den einen die Anschwemmungen als Sand- und Schlamm-Bänke unterseeisch bleiben und Nichts zur Vergrösserung des Festlandes beitragen, während bei den anderen die Anhäufungen von Flusssinkstoffen über den Wasserspiegel hervortreten, um als Deltas den Umfang des Continentes zu erweitern.

<sup>1)</sup> Geol. u. geogr. Unters. am *Baikal-See*: *Peterm. Mitth.* 1857, S. 142 ff.

<sup>2)</sup> *Détails sur la région du lac Baikal*: *Le Globe &c.* 1871, X, p. 3—13.

<sup>1)</sup> *Rüttimeyer*: I. c. S. 72.

<sup>2)</sup> *Scharff*: Über das *Sarganser Seebecken*: *Neues Jahrb. für Mineral. &c.* 1872, S. 936.

<sup>3)</sup> *Prof. Rogg*: Das Becken des Bodensee's. *Petermann's Mittheil.* 1863, S. 1.

<sup>4)</sup> *Rüttimeyer*: I. c. S. 72.

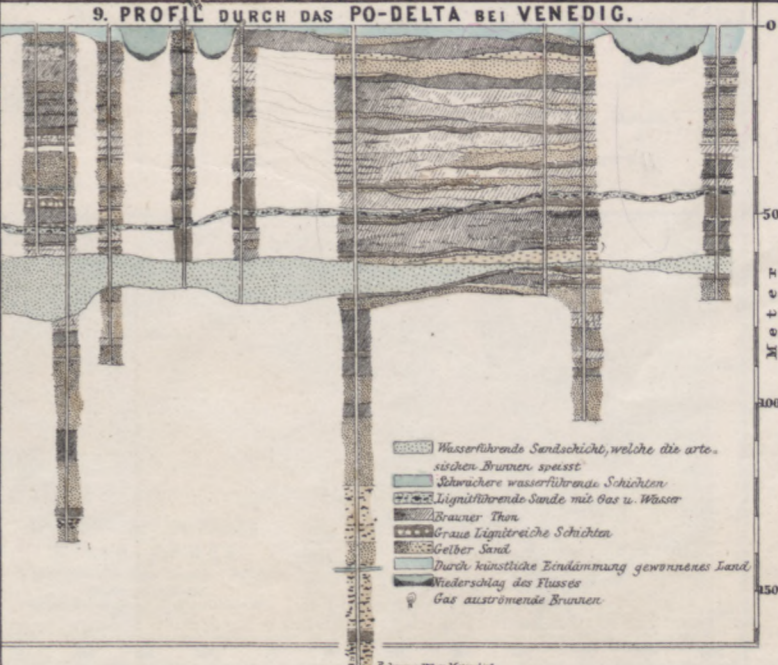
<sup>5)</sup> Vergl. *Studer et Escher v. d. Linth*: *Charte géolog. de la Suisse*. II. Aufl. Bearb. v. *Isid. Bachmann*.

<sup>6)</sup> *Rüttimeyer*: I. c. S. 72.

<sup>7)</sup> *Desor*: *Der Gebirgsbau der Alpen*, S. 145.

<sup>8)</sup> *E. Reclus*: *Nouv. Géogr. univ.* I, p. 326.





**DARSTELLUNGEN EINIGER WICHTIGER DELTAS zur Erläuterung DER GESTALTUNG, DES BAUES & DER WACHSTUM-ERSCHEINUNGEN DER DELTABELDUNGEN.**

Maafstäbe: 1: 12.000.000  
1: 3.000.000  
1: 600.000  
1: 300.000

Kilometer Maßstab



**ÜBERSICHTSKARTE**  
 ÜBER DIE  
**GEOGRAPHISCHE VERBREITUNG**  
 DER  
**DELTA S**  
 VON  
**Georg Rudolf Credner.**

Maafstab im Äquator 1: 135.000.000.

Anschwellungsgebiete an den Mündungen  
 der delta bildenden grösseren Flüsse.

Die Ziffern 1-23 d. Übersichtskarte entsprechen d. Nummerirung sämmtl. Cartons.







**KARTOGRAPHISCHE DARSTELLUNG  
DER  
NIVEAUVERÄNDERUNGEN  
OCEANISCHER KÜSTENSTRICHE  
UND DES  
WASSERSPIEGELS VON BINNENSEEN  
VON  
Georg Rudolf Credner.**

Maassstab im Äquator 1: 133.000.000

- Küsten, an denen *Abwärtssenkungen* beobachtet sind.
- Küsten, an denen *Senkungerscheinungen* beobachtet sind.
- Binnenseen, deren *Wasserspiegel eine Senkung* erleidet.
- Binnenseen, deren *Wasserspiegel im Steigen* begriffen ist.



2

