

XII. Die Erscheinungen der Ebbe und Fluth unter dem Einflusse der Rotation.

Von

V. Streffleur,

k. k. Hauptmann und Professor.

Mitgetheilt am 5. December 1846 und am 1. Januar 1847 in Versammlungen von Freunden der Naturwissenschaften in Wien.

Bevor man rechnet, muss man über die in Rechnung zu ziehenden Elemente im Reinen sein.

Einleitung.

§. 1. Die neuesten astronomischen Entdeckungen haben es wiederholt bestätigt, auf welcher hohen Stufe der Entwicklung die Sternkunde steht. Weit zurück war dagegen von jeher die Kenntniss der physikalischen Zustände unserer Erde. Schon die alten Chinesen, Indier, Aegypter, Chaldäer etc. hatten wichtige astronomische Beobachtungen gemacht, und seit der Zeit der alexandrinischen Schule macht eine wohlbegründete Mathematik Vorausberechnungen möglich. Auf viele Jahre vorher bestimmte Sonnenfinsternisse treffen mit der Sekunde ein, während auf der Erde noch Niemand weiss, was morgen für eine Witterung sein wird; die Bahnen der Planeten sind mit der grössten Schärfe bestimmt, während man den Lauf der Meeresströme und der Fluthen nur zur Noth kennt; vom Monde haben wir die ausführlichsten Karten, während auf der Erde noch halbe Welttheile vor uns liegen, deren Relief wir noch nicht kennen u. s. w.

Diese ungleiche Entwicklung der physikalischen Kenntniss des Himmels und der Erde hat aber ihre wohlbegründete Ursache. Am Himmel liegt seit Jahrtausenden alles messbar vor unseren Augen. Dem Menschen, in weiter Ferne stehend, ist ein Ueberblick des Ganzen möglich. Tagtäglich wälzt sich die ungeheuere Sternenwelt in beständiger Regelmässigkeit an seinem Auge vorüber, und tägliche Beobachtungen führten ihn allmählich zur Kenntniss der auf höchst einfachen Sätzen beruhenden Mechanik des Himmels. Die Resultate folgern sich aus dem Grossen, — aus dem Uebersehbaren.

Auf der Erde hingegen sind die Verhältnisse umgekehrt, daher auch schwieriger. Der Gesichtskreis des Beobachters ist stets ein kleiner, und es muss die Kenntniss der allgemeinen Erscheinungen aus Detailbeobachtungen zusammen gestückt werden. Eine

Uebersicht ist nie im natürlichen **Masstabe**, sondern nur durch mühsame Nachbildungen, Zeichnungen u. dgl. herzustellen möglich. Wie lange brauchten wir, um nur die Form der Welttheile zu kennen. Das Innere Afrika's, Neu-Hollands etc. ist uns noch ganz fremd. Die Vorgänge in der Atmosphäre, die Verbreitung der Wärme, der Erdmagnetismus u. s. w. diess Alles sind Gegenstände, über die wir erst jetzt Beobachtungen sammeln, um sie einst, nach ihrer Zusammenstellung, zur Gesamt-Anschauung zu bringen.

Dieses Einst geht aber über ein einzelnes Menschenleben hinaus, und es ist daher natürlich, dass der denkende Mensch nicht ganz als Sammelmachine für künftige Generationen sich hergeben will, sondern wohl auch Schlüsse aus mangelhaften Beobachtungen zu ziehen versucht. So entstehen Hypothesen, welche erst durch die nachfolgenden Beobachtungen ihre Bestätigung finden können. Daraus ergibt sich aber die Nothwendigkeit, dass selbst an Erklärungen, die sich durch Jahrhunderte im Glauben erhalten haben, neuerdings der Prüfstein gelegt werden müsse, wenn indess über die betreffende Naturerscheinung neue, bei Begründung ihrer hypothetischen Erklärung noch nicht bekannt gewesene Thatsachen gesammelt wurden. Nur auf diese Weise ist ein gleiches Vorschreiten der spekulativen mit der beobachtenden Naturkunde zu erzielen.

In diesem Sinne wäre nun auch zu untersuchen, ob NEWTON's Theorie der Ebbe und Fluth mit den in der neuesten Zeit gemachten Beobachtungen übereinstimme. Zur Zeit NEWTON's war es längst schon aufgefallen, dass die Fluth täglich mit dem Monde wiederkehrt, dass sie monatlich mit dem Neu- und Vollmonde am höchsten wird, und dass sie auch jährlich wächst, wenn die Erde in die Sonnennähe kommt. Die Abhängigkeit dieser Erscheinungen von dem Gange und der Einwirkung der Sonne und des Mondes war dadurch zur Evidenz geworden. NEWTON stellte sofort fest, dass die Erscheinungen der Ebbe und Fluth einzig und allein von der Anziehung des Mondes und der Sonne hervorgebracht werden, und zwar in Uebereinstimmung mit dem allgemeinen Gravitations-Gesetze.

Die thätige und altberühmte Akademie der Wissenschaften zu Paris wollte sich die Gewissheit über diese Ansicht verschaffen, und setzte schon im Jahre 1738 einen bedeutenden Preis aus, auf eine erschöpfende Darstellung und Erklärung des Phänomens der Ebbe und Fluth. Die drei berühmtesten Mathematiker der damaligen Zeit: DANIEL BERNOULLI zu Basel, MAC LAURIN zu Edinburg, und LEONHARD EULER zu Petersburg versuchten die Lösung dieser Aufgabe, und nachdem sie unabhängig von einander gearbeitet hatten, bestätigten alle drei, dass die Grundsätze NEWTON's die einzig richtigen seien. Ausser unbedeutenden Detailabweichungen standen die zu Basel, Edinburg und Petersburg selbstständig ausgeführten Arbeiten in vollkommener Uebereinstimmung, wodurch die Akademie sich veranlasst fand, den ausgesetzten Preis allen dreien zukommen zu lassen. Eine noch glänzendere Bestätigung erhielt NEWTON's Theorie gegen das Ende des 18. Jahrhunderts durch die Berechnungen des berühmten

Astronomen LAPLACE. Es hatte nämlich die französische Regierung schon im Anfange dieses Jahrhunderts (vom Jahre 1711 bis 1716) in dem Hafen zu Brest, wo die Fluth in grosser Regelmässigkeit auftritt, eine Reihe von Beobachtungen anstellen lassen, welche LAPLACE bei seinen Rechnungen benützte; hierbei ergab es sich nun, dass die Einwirkung, welche der Mond und die Sonne nach dem Gravitationsgesetze auf das Meer nach theoretischen Berechnungen äussern müssten, vollkommen mit den praktischen Beobachtungen übereinstimmen. Neue Messungen, welche die französische Regierung, in Folge der Anregung von LAPLACE, in den Jahren von 1807 bis 1822 im Hafen von Brest anordnete, bestätigten neuerdings die Richtigkeit seiner analytischen Formeln. Nun stand NEWTON'S Theorie unerschütterlich fest, nicht allein durch die Theorie, sondern auch durch sorgfältig unternommene Beobachtungen hinlänglich geprüft.

Mit dem Jahre 1835 trat aber eine neue Epoche für die Theorien der Ebbe und Fluth ein. In dem Hafen von Brest hatten sich die Beobachtungen nur auf zwei Dinge beschränkt: 1. Auf die Fluthhöhen und 2. auf die Fluthzeiten, welche Veränderungen nämlich der Gang der Sonne und des Mondes in den Fluthhöhen und in der Zeit ihres Eintrittes hervorbringt. Die Engländer stellten nun eine dritte Beobachtungsreihe auf, nämlich die geographische Verbreitung der Fluthwellen nach dem Raume und nach der Zeit. Nach vielfältig gesammelten Beobachtungen aus allen Welttheilen erging von der englischen Regierung im Jahre 1835, eingeleitet durch den Herzog von WELLINGTON, damaligen Staatssekretär der auswärtigen Angelegenheiten, die Aufforderung an sämtliche westlichen Seemächte Europa's und an die vereinigten Staaten von Nordamerika, in allen wichtigen Häfen durch einen Zeitraum von 21 Tagen gleichzeitig die Zeiten des Hochwassers und der hohlen Ebbe nach einer genauen, für ihren Meridian gestellten Uhr beobachten zu lassen, und die Höhe der Wasseroberfläche zu jeder dieser Zeiten sorgfältig zu messen. An 606 Orten wurden diese Beobachtungen, vom 8. bis zum 28. Juni 1835, von der Mündung des Mississippi bis Neu-Schottland, und von der Strasse bei Gibraltar bis zum Nordkap in ununterbrochener Verkettung angestellt. Der berühmte Professor WHEWELL, mit Hilfe mehrerer Mathematiker, vereinte alle diese auf die Greenwich-Zeit reduzierten Ergebnisse in ein Gesamtbild, und so gelang es ihm, mit Berücksichtigung der schon früher in andern Welttheilen gemachten Beobachtungen, den Verlauf der Fluthen über den grössten Theil des Erdballes graphisch darzustellen, und dem Naturforscher als ein Ganzes vorzulegen. Gleich verdienstvolle Arbeiten hat LUNOCK vorgenommen.

Wir kennen somit erst seit zehn Jahren die Erscheinungen der Ebbe und Fluth nach ihrem ganzen Umfange, nämlich nach den drei Beobachtungsreihen: 1. Fluthhöhe, 2. Fluthzeit und 3. Fluthverbreitung.

Da nun NEWTON'S Theorie, sowie die Rechnungen von LAPLACE in eine Zeit fallen, wo die dritte Reihe der Beobachtungen noch nicht bekannt war, so entstand die höchst wichtige Frage: ob die Attraktionstheorie, auf die Ebbe und Fluth angewendet, auch

mit den neuesten Beobachtungen über die geographische Verbreitung der Fluthen im Einklang stehe.

Eine augenfällige Nichtübereinstimmung rief manche Polemik hervor. Die neuen Zweifel und Erklärungen konnten jedoch die Astronomen nicht wanken machen. Sie hielten noch fest an der Uebereinstimmung der Rechnungen von LAPLACE mit den wirklichen Beobachtungen in dem Hafen zu Brest, und stellen die Abnormitäten in dem Gange der Fluthwellen unbedingt auf Rechnung der unregelmässigen Konfiguration der Erdoberfläche, ohne es der Mühe werth zu finden, in nähere Untersuchungen dieserwegen einzugehen. Die sich speziell mit der Physik der Erde Beschäftigenden hingegen vermögen wohl Manches dafür geltend zu machen, dass der Gang der Fluthwellen keineswegs mit einer direkten Anziehung des Mondes und der Sonne übereinstimme, scheitern aber vollends an dem Versuche, irgend andere Naturkräfte aufzufinden, nach deren Wirkungen die Beobachtungen zu Brest zutreffen.

Untersuchungen, von mir angestellt, machen mich nun glauben, dass man in den Theorien über die Ebbe und Fluth die Einwirkung der Fliehkraft auf das Meer zu wenig berücksichtige, und ich will es im Folgenden versuchen, Beweise hierüber darzulegen. Schon GALILÄI hatte die Ebbe und Fluth durch die Einwirkung der Fliehkräfte bei der täglichen Rotation und der fortschreitenden Bewegung der Erde erklärt. Da sich aber nach dieser Erklärung nur 12stündige Perioden, und keineswegs das Zusammentreffen der Fluthzeiten mit dem Gange des Mondes ergibt, so fanden sich die spätern Naturforscher veranlasst, von dieser Theorie ab-, und zur Attraktionstheorie überzugehen. Meine Untersuchungen zielen aber auf den Schluss, dass die Fliehkräfte nicht nur eine tägliche Verspätung der Fluthen, sondern auch Einwirkungen in wochentlichen, halbmonatlichen und halbjährigen Perioden, genau in Uebereinstimmung mit dem Gange des Mondes, auf das Niveau des Meeres hervorbringen.

Erster Abschnitt.

Die Einwirkungen der Fliehkräfte auf die Erscheinungen der Ebbe und Fluth im Allgemeinen.

I. Die durch die Fliehkraft hervorgebrachte Rotations-Meeresanschwellung.

§. 2. Die Erde rotirt täglich um ihre eigene Achse. In Folge dieser Bewegung nimmt das Meer eine sphäroidale Gestalt an, indem es in der grössten Umschwungslinie a b (Tf. IV., Fig. 1.), am Aequator nämlich, durch die Fliehkraft am stärksten aufgehoben, und vom Mittelpunkte am meisten (gegen m und n) entfernt wird. Da die Linie des Aequators stets unverändert bleibt, so ändert sich auch die Lage dieser Rotations-Meeresanschwellung nicht, und die Küstenbewohner, welche auf der Höhe dieser Anschwellung wohnen, merken diese Erscheinung gar nicht, da sie bei der gleichbleibenden Rotationsgeschwindigkeit keinen Veränderungen unterliegt.

Die Einwirkung der Fliehkraft ist in diesem Falle eine unleugbare Thatsache, da durch Gradmessungen und andere astronomische Bestimmungen die sphäroidale Gestalt der Meeresoberfläche mit Bestimmtheit nachgewiesen wurde.

II. Die durch die Fliehkraft hervorgebrachte Mondesfluth.

§. 3. Die Erde hat eine elliptische Bewegung um den ihr mit dem Monde gemeinschaftlichen Schwerpunkt. Theilt man den Durchmesser der Erde in sechs Theile, so fällt dieser Schwerpunkt x (Fig. 2.) noch innerhalb des ersten Sechstheiles, demnach nahe der Erdoberfläche. Dieser Schwerpunkt ist es eigentlich, der sich in elliptischer Bahn um die Sonne bewegt. Der Mond und die Erde hingegen umlaufen diesen Schwerpunkt gleichmässig in der Zeit eines Mondenmonates, und haben, von der Sonne aus gesehen, beide eine epicykloidische Bahn *).

In astronomischen Rechnungen, wo nur Sonnen- und Sternweiten berücksichtigt werden, erscheint die ganze Erde nur als ein Punkt. Um so mehr fällt der Unterschied zwischen dem der Erde und dem Monde gemeinschaftlichen Schwerpunkt x und dem eigentlichen Mittelpunkte der Erde c ausser Rechnung. Bei physikalischen Untersuchungen innerhalb des Erdkreises ist dieser Unterschied jedoch wohl zu beachten.

*) MÄDLER'S Astronomie. S. 157, und DROBISCH in Poggendorff's Annalen. 6. Bd., S. 236.

Wenn sich die Erde in Opposition mit dem Monde in der Zeit eines Mondenmonates in elliptischer Bahn um den Schwerpunkt x schwingt, so folgt von selbst, dass bei der ungleichen Länge der Umschwungsachsen ox und xz an dem Ende der längern Achse, bei n nämlich, sich mehr Wasser ansammeln müsse, als an der kurzen Achse bei o . Diese Wasseransammlung n nenne ich nun die *Mondesfluth* *).

§. 4. Diese Mondesfluth, als lokale Wasseranhäufung, ist in ihrer Stellung veränderlich.

Sie umkreist die Erdoberfläche, in Opposition mit dem Gange des Mondes, im Laufe eines Monates. Da sie täglich etwas vorrückt, so treten die Kontinente in ihrer 24-stündigen Rotation täglich etwas später durch diese Fluth; daher die Uebereinstimmung der Flutherscheinungen mit dem Gange des Mondes.

Mit der Abweichung des Mondes geht die Mondfluth bald am Aequator, bald tritt sie in die nördliche oder südliche Halbkugel über. Am Aequator steht die Wasseranschwellung $n r$ (Fig. 12.) der täglichen Rotation unveränderlich fest, daher tritt die Mondesfluth m in den Tropengegenden nur als Ueberschuss der Rotations-Wasseranschwellung auf, und wir finden in den Tropengegenden nur unbedeutende Fluthen, während dieselben in höheren Breiten bei m' , durch die Abweichung des Mondes nach M' , in ihrer ganzen Höhe auftreten.

§. 5. Die Veränderungen in der Höhe der Mondesfluthen werden ferner durch die periodenweise Verlängerung oder Verkürzung der Umschwungsachsen hervorgebracht. Je näher der Mond an die Erde tritt, desto mehr rückt der gemeinschaftliche Schwerpunkt x (Fig. 6.) des Systems an den Mittelpunkt der Erde, und desto kürzer wird die Umschwungsachse xn . Je mehr er sich hingegen von der Erde entfernt (Fig. 5.), desto näher kommt der Schwerpunkt x der Oberfläche der Erde, desto grösser wird die Umschwungsachse xn , und desto höher muss die Mondesfluth bei n ansteigen.

Da nun der Mond wöchentlich, monatlich und eben so innerhalb des Jahres die Entfernung zur Erde verändert, so folgt von selbst, dass auch die Fluthhöhen denselben periodischen Veränderungen unterworfen sein müssen.

§. 6. Die Zeit des Flutheintrittes ist ebenfalls periodisch veränderlich. Je nachdem der Mond der Erde näher oder entfernter kommt, bewegt er sich auch in seiner Bahn schneller oder langsamer, und die ihm entgegengesetzte Fluthwelle muss demnach eben

*) Die Astronomen haben mit Bestimmtheit eine Atmosphäre am Monde nachgewiesen. Demungeachtet hat sich eine Polemik über diesen Punkt entsponnen. Da man auf der uns zugekehrten Seite t (Fig. 2) kein Wasser wahrnimmt, so nahmen Einige an, dasselbe befände sich auf der entgegen gesetzten Seite n . Diese Idee wurde aber von Andern belächelt, indem man sagte, dass Luft und Wasser, deren erste und allgemeinste Eigenschaft die der Ausbreitung nach allen Seiten ist, nicht der einen Halbkugel zugetheilt sein, und der andern fehlen könne. Bei Berücksichtigung der Fliehkraft gehört es aber doch zur Möglichkeit, dass in der äussersten Umschwungslinie m noch Flüssiges am Monde vorkomme.

so rascher oder verzögert an der Erdoberfläche vorrücken. Daher die Veränderlichkeit in der Eintrittszeit der Fluthen.

§. 7. Das tägliche Auftreten zweier Fluthen wird durch die eigenthümliche Konfiguration der Erdoberfläche bedingt. Verfolgt man den Meridian 120° östlich und 60° westlich von Paris, so findet man, dass auf demselben fast durchgehends festes Land liegt, das dammartig die ganze Erde von einem Pole zum andern umfasst, und die Meere in zwei grosse Hälften theilt. In der Nähe des 60° westlicher Länge wird das Meer durch Amerika abgesperrt. Die Südspitze des Kontinentes reicht bis gegen den 60° südlicher Breite, und schon am 63° fängt wieder ein Festland an, das wahrscheinlich bis zum Südpole reicht. Der ganze Erddamm ist also nur am 60° südlicher Breite in kurzer Strecke unterbrochen. Eben so reicht am 120° östlicher Länge das Festland von Asien abwärts über das Seehochland an den Sunda Inseln, und über Australien nebst Van Diemensland, bis an den 53° südlicher Breite, und am 64° beginnt wieder ein Polar-Kontinent, dessen Küste sich am Sabrina Land findet. Zwischen diesen beiden absperrenden Meridiandämmen liegen die zwei grossen Wassermassen, und zwar auf der einen Seite das stille Meer in einer Länge von 180° , und auf der andern Seite der zu einem Ganzen verbundene atlantisch-indische Ozean, ebenfalls in einer Ausdehnung von 180 Graden.

Tritt nun der amerikanische Damm (Fig. 3.) und gleich hinter ihm der stille Ozean in die Wasseransammlung bei n, so entsteht eine Fluthwelle, die sich von der Dammöffnung g aus in der Hauptrichtung nordwestlich gegen h fortplanzt.

Eine zweite Fluthwelle bildet sich 12 Stunden später (Fig. 4.) bei dem Durchtritte des asiatisch-australischen Dammes durch die Wasseransammlung n, wobei die Fluthwelle von der Oeffnung o aus sich wieder nordwestlich verläuft, und zwar in einem Zweige x im indischen Ozean, und in einem andern y, der durch den atlantischen Ozean bis in das Eismeer streicht. Da die Wasseranhäufung n aber mit dem Gange des Mondes immer etwas vorwärts rückt, so verspätet sich auch im gleichen Masse das Entstehen der beiden Fluthwellen.

Beide Fluthwellen umkreisen die ganze Erde. Die vom amerikanischen Damme abgehende tritt vom stillen Ozean durch die weite Oeffnung des asiatisch-australischen Dammes, und schwenkt im atlantischen Ozean ein, wo sie, sich verengend, verstärkt wieder auftritt.

Die nach 12 Stunden 50 Minuten vom australischen Damme abgehende Fluth geht ebenfalls, theils aufwärts in den atlantischen Ozean, theils weiter in den stillen Ozean, wo sie, von der Enge in die Weite übertretend, allmählig sich verläuft und schwach erscheint, und gegen Australien zu sich ganz verliert. Daher zeigt sich hier in 24 Stunden nur eine grosse Fluth, oder abwechselnd eine grosse und eine bedeutend kleinere.

Wir haben also zwei Stammfluthen, von welchen aus sich Nebenfluthen in Krümmungen gegen alle Küsten und Buchten verzweigen, und da der Ursprung der beiden Stammfluthen immer an denselben Ort fällt, so geschieht es, dass die sich fortplan-

zende Welle, ohne Abhängigkeit von dem Stande und der Abweichung des Mondes, stets zur selben Zeit an die nördlichen Küstenpunkte gelangt. So z. B. braucht die Fluthwelle, um Brest zu erreichen, $1\frac{1}{2}$ Tag, bis London $2\frac{1}{2}$ Tag u. s. w. Ein durch die Einwirkung der Fliehkraft am Ursprungspunkte der Stammfluth hervorgerufener hoher Wasserstand wird also in Brest und London nicht unmittelbar nach der Kulmination des Mondes, sondern erst nach $1\frac{1}{2}$ und $2\frac{1}{2}$ Tagen verspürt.

Diese Zeiten erleiden keine Veränderungen, der Mond mag am Aequator oder in den Abweichungen gehen.

III. Die durch die Fliehkraft hervorgebrachte Sonnenfluth.

§. 8. Sowie die Fliehkraft während des monatlichen Umschwunges der Erde um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt eine Mondfluth erzeugt, ebenso entsteht auch eine Sonnenfluth bei dem Umschwung der Erde um die Sonne. Diese Sonnenfluth bleibt stets nach auswärts gekehrt an der Nachtseite der Erde, und umkreist somit dieselbe in einem Jahre einmal, während die Mondfluth diese Umkreisung im Jahre zwölfmal bewirkt.

§. 9. Die Sonnenfluth erleidet ebenfalls Veränderungen, sowohl in ihrer Stellung und Höhe, als auch in der Zeit ihres Eintrittes.

Sie tritt bei der Abweichung der Sonne bis an die beiden Wendekreise, und entfernt sich somit auf $23\frac{1}{2}^\circ$ vom Aequator, während die Mondfluth bis gegen 29° auf beiden Seiten vom Aequator abweicht. Sie erleidet ferner Veränderungen in ihrer Höhe, da die Entfernung der Erde von der Sonne nicht immer dieselbe ist, und sie verändert auch die Zeiten ihres Erscheinens, da die Erde in ihrem Umlauf um die Sonne mit verschiedener Geschwindigkeit sich bewegt.

§. 10. Tägliche Schwankungen des Seewassers werden auch dadurch hervorgebracht, dass die beiden grossen Meere bei der täglichen Rotation wechselweise mit oder gegen die Flugrichtung der Erde sich bewegen.

Es kommen an den Küsten der Kontinente zweierlei Wasseranstauungen vor; die eine, hervorgebracht durch die tägliche Rotation (Rotationsstauung), und die andere durch die fortschreitend fliehende Bewegung der Erde (Fliehstauung). Bei der täglichen Rotation bewegt sich das Festland und das Meer von West nach Ost; da das flüssige Meer aber etwas hinter dem Schwunge zurück bleibt, so staut selbes an den nachrückenden Ostküsten der Kontinente sich auf, wie es in Figur 11, oben und unten bei r, bezeichnet ist. Diese Anstauung hält sich also unverändert an der Ostküste. Die Fliehstauung hingegen läuft von einer zur andern Küste über. Der rasche Flug der Erde nach der Richtung des Pfeiles a verursacht ein Zurückbleiben und Anstauen des Meeres nach der Richtung der Pfeile x und y. Bewegt sich nun ein Kontinent vorläufig in Bezug zur Flugbahn a (im obern Theil der Fig. 11), so tritt hier die Fluganstauung f über die Rotationsanstauung r, während sich an der gegenüberliegenden Westküste w das Wasser, sowohl durch die Rotation als auch durch die Wirkung des Fluges, abzieht. Wird der Kontinent aber rückläufig in Bezug zur Flugbahn a (im untern Theile der Fig. 11), so bleibt

ein Theil der Rotationsanstauung r an der Ostküste, während sich die Fliehstauung f an die Westküste w hinüberzieht.

Daher erklären sich auch die im Allgemeinen stärkern Fluthen und Ebben an den Westküsten. Oben bei w findet eine bedeutende Einsenkung Statt, in welche sich die folgende Fluth vornehmlich wieder einlagert. An den Ostküsten hingegen steht das Meer durch die Rotation ohnediess schon hoch, und die Fluth kann sich hier, bei den meist seichten Meeren, nur langsam herandrängen.

§. 11. Eine ähnliche Schwankung muss sich in halbmonatlicher Periode ergeben, da die Erde auch bei ihrem monatlichen Umlaufe um den mit dem Monde gemeinschaftlich habenden Schwerpunkt die halbe Zeit mit, und die halbe Zeit gegen die elliptische Flugrichtung dieses gemeinschaftlichen Schwerpunktes sich bewegt.

§. 12. In gleicher Weise bewegt sich das ganze Sonnen-System um eine Zentral-Sonne, von der aus gesehen, Erde und Mond vereint im Epicykel sich bewegen, so dass beide bei dem Umlaufe um die Sonne in halbjährigen Perioden mit und gegen die fortschreitende Bewegung der Sonne gehen.

§. 13. Diese auf die normale Höhe der Mondesfluth störend einwirkenden Schwankungen sind aber nur geringe, und werden nach der Dauer, je nachdem sie täglich, monatlich oder in Jahresperioden eintreten, immer unbedeutender.

Zweiter Abschnitt.

Die Einwirkung der Fliehkräfte auf die horizontale Verbreitung der Fluthen.

§. 14. Die beiliegende Karte, nach WHEWELL und BERGHAUS, (Fig. 10) gibt eine Uebersicht von dem Gange der Fluthwellen auf der Erdoberfläche, wie er nach den neuesten Beobachtungen anzunehmen wäre.

Auf den ersten Blick überzeugt man sich, dass zwei Fluthwellen von Südost nach Nordwest in den Hauptmeeren vordringen. Die eine zieht vom Südende Australiens durch den indischen und atlantischen Ozean aufwärts bis in das nördliche Eismeer und in das weisse Meer. Die andere im Westen von Südamerika beginnend, verläuft sich im stillen Ozean.

Fluthzweige dringen von diesen beiden Stammfluthen, nach allen Richtungen abbiegend, in die Seitenmeere und Buchten; die Hauptfluthen aber gehen nie nach Süd oder Ost. Selbst nach Süden gehende Strömungen hemmen die Fluthen nicht an ihrem Fortschreiten in nördlicher Richtung. So z. B. geht die Fluth unaufgehalten gegen die Guinea- und brasilianische Strömung, gegen die mejikanische Strömung, gegen

die Mozambique-Strömung u. s. w. und dringt selbst in Flüssen weit aufwärts, wie z. B. im Amazonenfluss, in welchem sie sich an 150 Meilen weit aufwärts fortpflanzt.

§. 15. Mit diesem wirklich beobachteten Laufe der Fluthwellen steht die Attraktions-Theorie durchaus nicht in Uebereinstimmung.

In der Attraktions-Theorie nimmt man an, dass das Wasser, durch die direkte Anziehung des Mondes, unter dem Mondzenith sich ansammle, und dass sich eine zweite solche Wasseranhäufung auf der andern Halbkugel, der Stellung des Mondes entgegengesetzt, bilde. Bei solchen Wasseransammlungen müsste nun auch ein Zuströmen Statt finden. Stünde der Mond über einem Punkte a (Fig. 7), so müsste das Wasser von allen Seiten, wie die Pfeilrichtungen zeigen, zufließen. In der Natur jedoch ist eine solche Wasserbewegung in keinem Meere noch beobachtet worden.

§. 16. Wenn das Wasser an einem Punkte des Meeres gegen den Mond sich aufheben könnte, so würde die Anziehung vom Monde her immer stärker, von der Erde aus aber immer schwächer werden, wonach die Fluthwelle endlich ganz zum Monde hinauf gezogen werden müsste. Dieses Ergebniss wird aber nach der Attraktions-Theorie dadurch verhindert, dass die Wasseranhäufung, in Folge der Rotation der Erde, unter dem Monde wegrückt, und so seiner ferneren Einwirkung sich entzieht.

In diesem Falle, mit der stets zunehmenden Entfernung der Wassermasse vom Monde, müsste aber ein Augenblick eintreten, wo die Einwirkung des Mondes auf die Welle ganz aufhört, und die Wasseransammlung, in sich zusammensinkend, sich wieder verläuft. Ist das Meer sehr weit, so würde die eine Welle zusammensinken, und weiter westlich eine neue sich bilden; ist das Meer aber schmal, so könnte der Mond die Fluthwelle bis an die nächste Küste mit sich ziehen. Ueber die Küste hinaus kann sie jedoch nie schreiten; hier muss sie einsinken und sich wieder verlaufen. Wir bekämen also im weiten Meere täglich viele Fluthwellen. Angenommen aber, der Mond vermöge es, über jedes grosse Meer eine einzige Fluthwelle bis an die entgegengesetzte Kontinentalküste mit sich zu ziehen, so müssten wir täglich doch wenigstens sechs Fluthen haben, da die Welle an den Ostküsten der drei zu übersetzenden Welttheile: Asien oder Neuholland, Afrika und Amerika jedenfalls zurücksinken muss, und die Attraktions-Theorie eine Doppelwelle, nämlich die eine unter dem Monde, und die andere 180° ihm entgegengesetzt, annimmt. An allen Küstenpunkten der Erdoberfläche jedoch, wo die Fluth auftritt, zeigen sich in der Regel täglich nur zwei Fluthen.

§. 17. Würde der Mond die Wasser-Massenanhäufung bis zur nächsten Küste mit sich führen, so müsste sie von da, wo ihrem ferneren Fortschreiten eine Grenze gesetzt ist, nach rückwärts, d. i. nach Nord, Ost und Süd sich verlaufen. Nach den wirklichen Beobachtungen jedoch findet ein solcher Zug der Fluthwelle nie Statt.

§. 18. Eben so müsste das Wasser bei der europäischen Westküste in südwestlicher Richtung sich abziehen, um unter das Mondzenith zu fließen, wenn der Mond

von Afrika weg in den atlantischen Ozean übertritt. Auch dieser Wasserzug wurde nie beobachtet; die Fluthwelle streicht unter allen Verhältnissen täglich von Süden nach Norden.

§. 19. Der Mond vollbringt seinen scheinbaren Lauf nicht immer in demselben Parallellkreise. Er hat vom Aequator nördlich und südlich eine Abweichung von fast 29 Graden. Würde nun der Mond die Fluthwelle im Parallellkreise seiner nördlichsten Abweichung gegen eine Ostküste führen, so müsste die eintretende Wasseransammlung hier ein Steigen des Niveau's bewirken. Ein anderes Mal müsste diese Wasseransammlung am Aequator, ein drittes Mal am 28^o südlicher Breite vorkommen, u. s. w. In der Natur bemerkt man jedoch nie solche Niveau-Differenzen an einer und derselben Küste.

§. 20. Eine sich verlaufende Welle wird immer schwächer mit ihrer Entfernung vom Stammorte. Würde nun eine Fluthwelle a (Fig. 8) durch den Mond gegen die Küste b geführt, an welcher sie zusammenzusinken gezwungen ist, so müsste sie bei ihrem Verlaufe gegen d, d. i. gegen Osten, immer schwächer werden. In der Natur zeigt sich indess das Gegentheil. Wenn A in Fig. 9 Amerika vorstellt, und n v die Mittellinie der Meeresoberfläche, bei n vom stillen, und bei v vom atlantischen Ozean, so steigt und fällt das Meer westlich bedeutend, während es östlich nur wenig sich hebt und senkt. Die Fluthhöhe x steigt über jene bei y um 13·55 Fuss, und die Ebbe t sinkt unter jene bei o um 6·51 Fuss*).

§. 21. Ferner pflegt man zu sagen, dass das Hochwasser drei Stunden nach des Mondes Kulmination eintrete, und glaubt diesen Satz aus der Trägheit des Wassers erklären zu müssen. Auch hält man dafür, dass der Mond die Anziehungswirkung längs des ganzen Meridians äussere, durch welchen er kulminirt. Beide Ansichten stammen noch aus jener Zeit, wo man wohl Manches theoretisch, wenig aber noch praktisch über die Erscheinungen der Ebbe und Fluth kannte. Die neueren Beobachtungen stehen beiden Sätzen entschieden entgegen. Wenn der Vollmond zu Brest oder London kulminirt, so werden die Wirkungen dieser Vollmondfluth an den beiden Orten erst nach 1½ und 2½ Tagen bemerkbar. Marokko liegt mit West-Irland fast unter einem Meridian und statt die Fluth in demselben Augenblicke zu erhalten, erscheint sie an der Westküste Irlands um viele Stunden später. Die portugiesische Küste liegt viel westlicher als Brest; demungeachtet tritt die Fluth in Lissabon schon eine Stunde vor der Kulmination des Mondes ein, während sie zu Brest erst drei Stunden nach dem Mondes-Durchgange erfolgt u. s. w. Ein Blick auf die Karte zeigt in allen Meeren und an allen Küsten, dass die eben angeführten theoretischen Sätze der Attraktions-Theorie allenthalben im Widerspruche mit der Erfahrung stehen.

*) STUDER. Lehrbuch der Geologie. I. Band.

§. 22. Nach der Attraktions-Theorie müssten ausserdem die Fluthhöhen abnehmen, je weiter sie vom Zenith der Mondes-Kulmination entfernt wären. Die Beobachtungen zeigen auch hierin das Gegentheil. Wenn gleich die Fluthwelle in den Tropengegenden des atlantischen Ozeans steht, so sind doch die Fluthen in den höhern Breitengraden der gemässigten Zone bedeutend stärker als in der warmen Zone.

Stünde die Fluthwelle unmittelbar unter dem Monde, so müsste sie, wenn der Mond in seiner nördlichsten Abweichung nahe an Brest steht, daselbst höher ansteigen, als bei seiner südlichen Abweichung. Die Erfahrung aber beweist das Umgekehrte; die Fluth zu Brest wird nämlich höher, wenn der Mond in der südlichen Abweichung steht, als wenn er näher an Brest sich befindet.

§. 23. Die Karte (Fig. 10) zeigt, dass, wenn eine Fluthwelle (Nr. XII) an den Azoren und kanarischen Inseln vorschreitet, gleichzeitig eine zweite Fluthwelle (Nr. XII) schon an der Südspitze Afrika's ihr nachrückt, so dass in diesem Augenblicke die tiefste Ebbe gerade an den Aequator fällt. So kann es nun geschehen, dass der Mond eben im Aequator über den atlantischen Ozean schreitet, wenn daselbst die tiefste Ebbe steht. Würde er nun direkte das Wasser anziehen, und unter sich ansammeln, so müsste sich diese Ebbe ausfüllen, und an die Bewohner der nördlichen Küsten müsste eine unregelmässige Ebbe gelangen. Indess tritt dieser Fall nie ein. Ebbe und Fluth wechseln ordnungsmässig, der Mond mag über Ebben oder Fluthen wegschreiten, und südlich oder nördlich vom Aequator sich befinden.

§. 24. Im weiten stillen Ozean, wo die Fluthen, wenn sie von einer direkten Anziehung des Mondes herrührten, ungehindert und am regelmässigesten auftreten könnten, zeigt sich gerade die wenigste Abhängigkeit der Fluthen von dem Gange des Mondes. Für das erste sind die Fluthen in diesem Ozean am kleinsten. Ferner hat man an den Rändern desselben, insbesondere an den Küsten Australiens, nur 24stündige Fluthen beobachtet. Auf Tahiti und den Societätsinseln tritt die Fluth, unabhängig von dem Gange des Mondes, in der Regel Mittags und um Mitternacht ein u. s. w.*).

§. 25. Endlich, wenn der Ursprung der Mutterfluth von der Stellung und der Anziehung des Mondes abhängig wäre, so müsste dieselbe täglich ihren Stammort ändern, und die Zeit des Eintrittes der höchsten Fluth nach der Kulmination des Mondes müsste jeden Tag eine andere sein. Steht der Mond nahe über dem 29. Grade nördlicher Breite, so müsste die von hier ausgehende Fluthwelle im Hafen von Brest früher anlangen, als wenn sie einen Weg fast vom 29. Grade südlicher Breite aufwärts zu hinterlegen hätte. Die Beobachtungen weisen jedoch als Thatsache auf, dass die höchste Fluth zu Brest unverändert einen und einen halben Tag nach den Mondphasen eintritt.

*) LUBBOCK in seinem „Elementary treatise on the tides“ S. 30, nach den Berichten der Missionäre.

wonach man schliessen muss, dass die Mutterfluth ihren Ursprung, unabhängig von dem Stande des Mondes, immer an einem und demselben Orte finde.

§. 26. Man sieht also, dass die Fluthwellen stets denselben Ursprung und einen gleichmässigen Verlauf haben, und dass der Mond bei seiner verschiedenen Abweichung und bei seiner Kulmination über die sich folgenden Fluthen und Ebben durchaus keine Störungen in dem regelmässigen Verlaufe der Fluthen hervorbringt. Die Grundursache dieser Regelmässigkeit und des stets gleichen Ursprungsortes der Stammfluthen muss daher in anderen Verhältnissen liegen, und ich glaube, dass der horizontale Verlauf der Fluthen, so wie die periodischen Veränderungen in ihrer Höhe und Zeitfolge hauptsächlich durch die Fliehkraft, in Verbindung mit der eigenthümlichen Konfiguration der Erdoberfläche, bedingt werden.

Da der Mittelpunkt der Schwere, durch welchen die Achse der Erde geht, nicht genau mit dem Mittelpunkt der Erdgestalt zusammen fällt, so müssen sich ungleiche Wirkungen auf die Meere in der östlichen und westlichen Halbkugel ergeben, und da ferner die südliche Halbkugel weit mehr Wasser enthält als die nördliche Halbkugel, so sehen wir auch diess Wasser, im Süden durch die Rotation höher aufgezogen, den Aequator überschreitend, auf die nördliche Halbkugel in Meereströmen sich übergiessen.

Den gleichen Gang müssen nun auch die Fluthwellen nehmen, um so mehr, da die zwei meridianartigen Erddämme am 120° und 60° westlicher Länge nur im Süden ihre Durchlässe haben.

Vom Süden herauf also bedingen die Fliehkkräfte den Gang der Fluthwellen, und dieser ist es auch, welchen die in der beiliegenden Karte gezeichneten Beobachtungen nachweisen.

Dritter Abschnitt.

Die Einwirkung der Fliehkkräfte auf die Veränderungen der Fluthhöhen.

§. 27. Die französische Regierung hat nach der Aufforderung von LAPLACE genaue Beobachtungen über die Fluthhöhen durch sechzehn Jahre hinter einander, nämlich von 1807 bis 1822, in dem Hafen von Brest anstellen lassen. Nachstehende Tabelle gibt eine Uebersicht dieser Höhen. Sie ist nach den Angaben von LAPLACE aus seinem Werke: „*Mécanique céleste*“ zusammen gestellt:

Tabelle I.

Beobachtungen über die Höhe der Fluthen zu Brest in den Jahren 1807 bis 1822.

Zeit der Beobachtung.	Im Aequinoctium.				In den Solstitien.			
	In den Syzygien.		In den Quadraturen.		In den Syzygien.		In den Quadraturen.	
	Im Jahre 1821.	Summe von 16 Jahren.	Im Jahre 1821.	Summe von 16 Jahren.	Im Jahre 1821.	Summe von 16 Jahren.	Im Jahre 1821.	Summe von 16 Jahren.
Am Tage der Mondesphasen	48-605	779-987	23-140	394-094	42-130	690-902	27-355	441-215
Einen Tag später	50-660	817-538	17-060	312-023	42-160	714-592	25-180	404-877
Zwei Tage später	49-630	811-886	17-080	313-033	41-825	712-843	24-415	402-312
Drei Tage später	48-815	778-429	22-755	396-159	41-225	690-872	26-430	438-376

LAPLACE nahm in seinen Rechnungen stets mittlere Werthe an. Die Fluthhöhe eines Tages ist nach ihm die halbe Summe der Höhe zweier aufeinander folgender vollen Fluthen über der wagrechten Fläche der zwischen einfallenden tiefen See, und er nennt diese Grösse die totale Fluth. Der mittlere Werth dieser totalen Fluth ist zu Brest in seinem Maximum gegen die Syzygien (im Voll- und Neu-Monde) 18-13 Fuss, und in seinem Minimum gegen die Quadraturen (im ersten und letzten Viertel) 8-67 Fuss*).

§. 28. Die Höhe der vollen See ist nicht beständig die nämliche. Sie ändert sich jeden Tag, und ihre Veränderungen haben eine sichtbare Beziehung auf die Mondphasen; sie ist am grössten gegen die Zeit der Voll- und Neumonde, hierauf nimmt sie ab, und wird am kleinsten um die Zeit der Quadraturen**).

Als Unterschied der Fluthhöhen in den Syzygien und in den Quadraturen finden wir in Tabelle I. die Verhältnissen 48 und 23 in den Aequinoctien; und 42 und 27 in den Solstitien.

Die Ursache dieses Unterschiedes liegt hauptsächlich darin, dass die beiden durch die Fliehkraft hervorgebrachten Sonnen-, und die fast dreimal stärkere Mondesfluth in den Syzygien über einander fallen, während sie in den Quadraturen, unter einem Winkel von 90° getrennt, vereinzelt, demnach geschwächt wirken.

*) HAUFF in der deutschen Uebersetzung des Werkes: „Exposition du système du monde par LAPLACE.“ 1. Theil. Seite 148.

**) Système du monde. D. A. S. 147.

Ferner wird diese Erscheinung durch die Veränderungen in der Länge der Umschwungsachsen modificirt: Stehen Sonne, Mond und Erde (S, M, E in Fig. 5) in gerader Linie, wonach Neumond eintritt, so wird der Mond von der Sonne mehr an sich und von der Erde weggezogen. — Zur Zeit des Vollmondes, in der Stellung S, E, M wird wieder die Erde mehr von der Sonne an- und vom Monde weggezogen.

In beiden Fällen wird demnach die Distanz zwischen der Erde und dem Monde vergrössert *), wodurch der Schwerpunkt x der Erdoberfläche näher rückt, und bei der verlängerten Umschwungsachse x n (Fig. 5) natürlich auch ein erhöhtes Ansteigen der Mondesfluth erfolgen muss.

Befindet sich der Mond aber in den Quadraturen (Fig. 6), so zieht die Sonne sowohl die Erde als den Mond gleichzeitig gegen sich; und die Anziehungsrichtungen M S und E S konvergiren, so dass der Mond der Erde etwas genähert wird **). In den Quadraturen muss daher der Schwerpunkt x näher gegen den Mittelpunkt der Erde rücken, und die Fluthhöhe mit der Verkürzung der Umschwungsachse x n auch geringer werden.

§. 29. Die Höhe der Fluthen ist bei allen Mondphasen in den Tropengegenden unbedeutender als in höhern Breiten. Sie beträgt im stillen Ozean bei O'Tahaiti nur 11 Zoll, an den Sandwichinseln $2\frac{1}{2}$ Fuss, während sie am Nordkap noch auf $7\frac{1}{2}$, und am Eingange des weissen Meeres noch auf 10 bis 13 Fuss steigt ***).

Würde die Fluth allein durch die direkte Anziehung des Mondes entstehen, wobei das Wasser unter seinem Standpunkte sich zusammendrängt, so wäre schwer zu begreifen, wie im weiten stillen Ozean, wo nichts die Versammlung der Wassermassen hindert, so kleine Fluthen sich bilden.

Bei Berücksichtigung der Fliehkräfte lässt sich jedoch folgende Erklärung geben:

Steht der Mond in M (Fig. 12) im Aequator, so findet sich dort bei r die konstante Rotations-Wasseransammlung. Die Inseln sitzen auf der Höhe dieser Rotationsfluth, und es kann die Mondfluth m n sich nur als der geringe Ueberschuss r m auffällig machen. Tritt die Mondes-Fluthwelle aber aus den Tropengegenden hinaus, durch Fortpflanzung, oder bei einer Abweichung des Mondes nach M', so erscheint sie an den dortigen Küsten n' fast in ihrer ganzen Höhe n' m', und pflanzt sich in dieser Höhe noch weit nach Norden fort.

§. 30. Die Höhe der Fluthen steht nicht im Verhältnisse mit der Längenausdehnung der Meere von Westen nach Osten.

DANIEL BERNOULLI, in seiner Preisschrift über die Ebbe und Fluth, führt an: „dass

*) MÄDLER's Populäre Astronomie, 1841. S. 163

**) MÄDLER's Populäre Astronomie. 1841. S. 163.

***) STUDER, im Lehrbuche der physikalischen Geographie. 1844. S. 36. Nach WHEWELL und BERGHAUS.

sich die völlige Fluth in eingeschlossenen Meeren zu der im ganz offenen Meere erfolgenden verhalten müsse, wie die Längenausdehnung jener Meere von Westen nach Osten zum Halbmesser der Erde“ *).

Die Erfahrung widerspricht jedoch dieser Berechnung. In dem weiten Seebecken des mittelländischen Meeres, an welchem der Mond in seiner nördlichsten Abweichung ganz nahe der Länge nach hinstreicht, ist die Fluth kaum wahrnehmbar, während sie im atlantischen Meere an den Küsten Grossbritanniens sehr bedeutend ansteigt. Selbst der weite stille Ozean hat an einigen Punkten noch minder hohe Fluthen als das mittelländische Meer.

Auch innerhalb geschlossener Räume nimmt die grössere Ausdehnung des Meeres nach Westen keinen verhältnissmässigen Einfluss auf die Fluthhöhen. Im schmalen adriatischen Meere z. B. steigt die Fluth an vielen Punkten auf $2\frac{1}{2}$ Fuss, während sie im mittelländischen Meere im Allgemeinen unter dieser Höhe bleibt.

§. 31. Die Syzygien Fluthen sind in den Aequinoktien grösser als in den Solstitionen **).

Stehen Mond und Sonne im Erdäquator, so drängen sich die Rotationsanschwellung, die Sonnenfluth und die Mondesfluth in einer Ebene aneinander; wir haben daher die höchsten Fluthen zur Zeit der Aequinoktien.

Bei der Abweichung der Planeten aber, nachdem die Sonne $23\frac{1}{2}^{\circ}$ und der Mond gegen 29° nördlich und südlich vom Aequator abweichen, verschieben und trennen sich die drei genannten Fluthen, wodurch ihre frühere Gesamthöhe vermindert wird.

Daher finden wir in Tabelle I. das Verhältniss der Aequinoktien-Syzygienfluth zur Solstitial-Syzygienfluth wie 50 : 42.

§. 32. Die Quadraturfluthen sind umgekehrt in den Solstitionen grösser als in den Aequinoktien ***).

Stehen die Sonne und der Mond im Aequator im rechten Winkel gegen einander, so verstecken sich gleichsam, sowohl die Sonnen- als die Mondesfluth, mit einer Trennung von 90° , unter der rings um die Erde gehenden Rotationsanstauung, und die nur als Ueberschuss auftretende Fluthwelle bleibt im Ganzen klein. Auch wenn der Mond im Aequinoktium in der grössten Abweichung geht, bleibt seine Fluth immer von der Sonnenfluth getrennt. Tritt aber die Sonnenfluth in den Solstitionen frei zu Tage, so vermischt sie sich in ihrer ganzen Höhe mit der Mondesfluth, und die aus der Gesamtwirkung entstehende Fluth wird eine höhere. Daher zeigt die Tabelle I. das Verhältniss der Aequinoktiums-Quadraturfluthen zu den Solstitionen-Quadraturfluthen wie 17 : 25, und es erklärt sich aus diesem und dem vorstehenden Paragraphen das in Ta-

*) Nürnberger, Astronomisches Wörterbuch, 1. B. S. 993.

***) Système du monde, D. A. p. 140.

****) Système du monde, D. A. p. 149.

belle I. durch die Zahlen leicht zu übersehende Verhältniss, dass die Syzygienfluthen in den Aequinoktien grösser sind als in den Solstitien, während umgekehrt die Quadraturfluthen in den Aequinoktien kleiner als in den Solstitien ausfallen.

§. 33. Die Höhe der einzelnen Fluthen wechselt nach den Jahreszeiten auch innerhalb des Tages.

Die Ergebnisse der Beobachtungen über den Unterschied der Morgen- und Abendfluthen lauten sehr verschieden:

1. Zu Brest zeigen sich folgende kleine Unterschiede:

Im Sommer sind die Syzygienfluthen am Morgen etwas kleiner als Nachmittags.

Im Winter umgekehrt.

In den Aequinoktien verschwindet der Unterschied in den Syzygienfluthen, dafür aber werden die Quadraturfluthen etwas verschieden *).

Im Sommer ist der Unterschied zwischen den Morgen- und Abendfluthen geringer als im Winter **).

2. In Bristol und Plymouth sind die Abendfluthen vom März bis zum September ebenfalls höher, und vom September bis März etwas niedriger als die Morgenfluthen ***).

3. Nach Kyd über die Fluthen des Hugly sind aber umgekehrt: die Nachtfluthen vom Oktober bis März höher, und vom März bis Oktober niedriger als die Tagesfluthen ****).

4. Im Hafen von London wird zwischen den Tag- und Nachtfluthen gar kein Unterschied wahrgenommen †).

5. In Neu-Holland sind nach Cook, Flinders und King die Nachtfluthen zu allen Jahreszeiten grösser als die Tagesfluthen ††).

Diese verschiedenartigen Wirkungen stehen im Widerspruche mit der Attraktions-theorie, und selbst ihre Anhänger konnten sich über diesen Punkt nie einverstehen.

NEWTON z. B. sagte: „Die Mondesbahn ist gegen die Sonnenbahn nie stark geneigt. Steht die Sonne S (Fig. 13) im nördlichen Wendekreis, so trifft eine vom Mittelpunkt der Erde gegen den Mond gezogene Linie die Erdoberfläche auf der der Sonne zugewendeten Seite in nördlicher Breite. Nun aber ist solch eine Linie die Achse des Fluth-Sphäroides $m m'$ (die Fluth stets unter dem Monde vorausgesetzt) und die Fluth, welche Statt findet, wenn der Mond im Meridian steht, ist höher, da der Ort b dem

*) *Système du monde*, D. A. p. 151.

**) *Mécanique céleste*. T. II. p. 258.

***) Nach WHEWELL, in BERGHAUS physikalischem Atlas. S. 46.

****) *Asiatic Researches*. 1829. P. I. p. 262. Nach BERGHAUS physikalischem Atlas. S. 46.

†) Nach WHEWELL, in BERGHAUS physikalischem Atlas. S. 47.

††) Nach WHEWELL, in BERGHAUS physikalischem Atlas. S. 47.

Scheitel oder Punkte m , wo diese Achse des Fluth-Sphäroides die Oberfläche trifft, näher liegt; tritt der Punkt b aber, bei der täglichen Rotation um die Achse NB nach b' , in die Nachtseite, so kommt er aus der Fluth; daher muss im Sommer die Tagesfluth höher als die Nachtfluth sein. Nach den Beobachtungen jedoch, im Gegensatz zu dieser Theorie, zeigt sich im Sommer die Nachtfluth höher *).

Ebenso will NEWTON beweisen, dass im Winter die Nachtfluthen am höchsten stehen müssen, während nach den wirklichen Beobachtungen die Tagesfluthen höher ansteigen **).

LAPLACE hatte über diesen Punkt gerechnet und gefunden, dass, wenn die Erklärung NEWTON's überhaupt richtig wäre, die zwei halbtägigen Fluthen in Brest, wenn der Mond seine grösste Abweichung hat, in dem Verhältnisse von 8 zu 1 differiren müssten, während doch der beobachtete Unterschied sehr klein ist ***). LAPLACE zeigte dadurch nur, dass die Berechnungen nach der Attraktionstheorie in diesem Falle mit den Beobachtungen nicht übereinstimmen, ohne jedoch selbst eine genügende Erklärung des Unterschiedes der Morgen- und Abendfluthen geben zu können.

WHEWELL sagt: „LAPLACE ist durch seine Methode eben so wenig im Stande, den Ueberschuss im Voraus zu berechnen, als NEWTON mit der seinigen.“ WHEWELL für seine Person, glaubt den Grund dieser Erscheinung darin zu finden, dass die Fluthen im nordatlantischen Ozean immer nur als Ablenkungen derjenigen angesehen werden können, welche im südlichen Ozean Statt haben. Die Fluth des stillen Ozeans braucht 30 oder 54 Stunden um nach Brest oder Plymouth zu gelangen, und kommt daher auch an diesen Orten einmal stärker und das andere Mal schwächer an, je nachdem die Fluth eine verschiedene Höhe im stillen Ozean hat.

§. 34. Die Verschiedenheit der Höhe der Tag- und Nachtfluthen zeigt sich aber nur in halbjährigen Perioden, und da der Unterschied ein sehr geringer zu nennen ist, so dürfte die Ursache dieser Erscheinung einzig und allein in dem auch halbjährig sich verändernden Stande der Sonnenfluth zu suchen sein.

Wäre die Erde an der Oberfläche durchaus mit Wasser bedeckt, so müssten im Allgemeinen die Nachtfluthen stärker als die Tagfluthen sein. Die Nachtseite der Erde ist stets der Sonne abgekehrt, eben so ist die durch die Fliehkraft hervorgebrachte Sonnenfluth im ganzen Jahre hindurch nach auswärts gehalten. Wo also keine besondern Störungen vorkommen, wie insbesondere am Aequator im grossen Ozean, da müssen die Nachtfluthen im Allgemeinen etwas stärker ausfallen. Jedenfalls folgen sich wechselweise immer eine stärkere und eine schwächere Fluth, je nachdem das betreffende Meer selbst durch die Sonnenfluth streicht, oder nur die fortgepflanzte Fluth aus dem vorgegangenen Meere aufnimmt.

*) Mécanique céleste. T. II. p. 258.

***) Mécanique céleste. T. II. p. 258.

***) Nach WHEWELL, in BERGHAUS physikalischem Atlas.

In dem südatlantischen Ozean treten regelmässig zwei Fluthen ein. Die eine stammt unmittelbar vom asiatisch - australischen Damme ab; die zweite vom amerikanischen Damme, welche zweite Fluth an der weiten Oeffnung an Neuholland ungehindert durchpassiren kann. An die neuholländischen Küsten schlägt aber wahrscheinlich nur eine 24stündige Fluth, oder mitunter eine 12stündige sehr schwache Zwischenfluth, da hier wohl die im Westen von Amerika, im stillen Ozean sich bildende Fluthwelle ungehindert heranrücken kann, während die zweite im Süden Neuhollands entstehende den ganzen Kreislauf darum nicht vollbringt, weil die Oeffnung des amerikanischen Dammes so ausserordentlich enge ist, und die Fluth, wie das Zusammendrängen der Fluthwellen an der Ostküste Patagoniens beweist, hier zurückgehalten wird, theils aber im weiten stillen Ozean allmählig sich verläuft. Daher geben die Beobachtungen an vielen Punkten der Küste Neuhollands, sowohl im Sommer als im Winter, nur 24stündige Fluthen zu erkennen.

Im nördlichen Theile des atlantischen Ozeans, wo stets nur abgelenkte Fluthen vorkommen, eine wechselweise stärker als die andere, hängt es von dem Alter der Fluthen ab, ob die stärkere vor oder nach Mitternacht eintrifft. Die normale Mondesfluth braucht, wie es die Beobachtungen beiläufig ergeben, vom stillen Ozean aus $1\frac{1}{2}$ Tag bis Brest. Mit dieser normalen Mondesfluth vermischt sich aber die Sonnenfluth zu ungleichen Zeiten. Die Sonnenfluth, dem Gang der Sonne entgegengesetzt, steht im Sommer im südlichen Wendekreise, im Winter aber im nördlichen Wendekreis; daher tritt auch die Gesamtwirkung der Mondes- und Sonnenfluth halbjährig abwechselnd zu verschiedenen Tageszeiten ein.

§. 35. Die Fluth im atlantischen Ozean ist im Winter überhaupt stärker als im Sommer *).

Diess erhellt daraus, dass bei der südlichen Abweichung der Sonne die nördlichen Meere überhaupt schon eine Anschwellung durch die dem Gang der Sonne entgegengesetzte Sonnenfluth erleiden, während diese Sonnenfluth bei der nördlichen Abweichung der Sonne von den Küsten des nordatlantischen Ozeans weiter entfernt ist, daher geschwächer hinkommt. Ausserdem hat die Erde im Winter eine weit schneller fortschreitende Bewegung, daher die Sonnenfluth in dieser Jahreszeit auch höher anschwillt als im Sommer.

§. 36. Auch der Mond für sich allein erzeugt monatlich bei seiner südlichen Abweichung stärkere Fluthen als bei seiner nördlichen Abweichung **).

Steht der Mond im Sommer in seiner grössten nördlichen Abweichung, wobei Sonne und Mond (S und M in Figur 13) ziemlich nahe an den Scheitelpunkt von Brest

*) Mécanique céleste. T. II. p. 255.

***) Mécanique céleste. T. V. p. 162.

b kommen, so müsste nach der Attraktionstheorie die unter beiden Gestirnen sich bildende Wasseransammlung näher an Brest stehen, und hier fühlbarer werden, als wenn in derselben Jahreszeit die Sonne in nördlicher, der Mond aber in südlicher Abweichung stünden. Nach den Beobachtungen BOUVARD's im Hafen zu Brest zeigen sich jedoch die Fluthen stets höher, wenn der Mond südlich vom Aequator abweicht, was bei Annahme der durch die Fliehkraft hervorgebrachten Fluthen auch zutrifft.

Stehen die Sonne S und der Mond M (Fig. 13) beide in der nördlichen Abweichung, so fallen sowohl die Sonnenfluth als die Mondesfluth auf die entgegengesetzte Erdhälfte nach m' , und die Wirkung in Brest ist eine geringere, wenn sich die Fluthwelle von m' erst hinauf verlaufen muss, als wenn bei der südlichen Abweichung des Mondes in M' die nördlichen Meere ohnediess schon in einer der Stellung des Mondes entgegen gesetzten Anschwellung m stehen.

Zur Stellung des Mondes in M (Fig. 13) gehört die Fluthwelle m' und zur Mondstellung M' die Fluth m .

BOUVARD hat für den Unterschied der Fluthhöhen bei der nördlichen und südlichen Abweichung des Mondes folgende Verhältnisszahlen angegeben *):

Nämlich	für die Syzygienfluthen im Solstitium bei		für die Quadraturfluthen im Aequinoktium bei	
	südlicher	nördlicher	südlicher	nördlicher
	Abweichung des Mondes.			
1 Tag vor den Phasen	326-701	318-782	199-704	194-418
an demselben Tage .	348-393	342-724	160-878	151-304
1 Tag später . . .	362-051	352-605	161-350	151-616
2 Tage später . . .	361-672	350-299	201-089	195-106

§. 37. In den Aequinoktien ist der Unterschied der Morgen- und Abendfluthen in den Quadraturen bemerkbarer als in den Syzygien **).

Zur Zeit der Aequinoktien finden sich Mond und Sonne zur Zeit der Syzygien nahe in einer und derselben Ebene, und ihre Fluthen verbreiten sich gleichförmig zu beiden Seiten des Aequators. Tritt der Mond aber in die Quadratur, dann kommt die Mondfluth, im Maximum der Abweichung, gerade in die Beleuchtungsgrenze zu liegen, und es zeigen sich die Morgen- und Abendfluthen von verschiedener Höhe.

§. 38. Je näher die Sonne und der Mond der Erde stehen, desto höher werden die Fluthen. Die Wirkung der veränderten Entfer-

*) Mécanique céleste. T. V.

**) Système du monde, p. d. S. p. 151.

nung dieser Weltkörper von der Erde ist jedoch bei dem Monde viel fühlbarer als bei der Sonne *).

Es ist eine bekannte Thatsache, dass der Mond sich mit ungleicher Schnelligkeit um die Erde bewegt. In demselben Masse geht auch die Erde mit ungleicher Schnelligkeit monatlich um den mit dem Monde gemeinschaftlich habenden Schwerpunkt. Je schneller die Bewegung, desto stärker wirkt die Schwingkraft, und desto höher muss die Fluth ansteigen.

Da nun die Bewegung der Erde und des Mondes um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt im Perigäum am schnellsten, und im Apogäum am langsamsten ist, so muss sich auch die Fluthhöhe in der Erdnähe vermehren, in der Erdferne aber vermindern.

Die Beobachtungen über die Fluthhöhen stimmen mit der Theorie überein. LAPLACE sagt hierüber: „Es scheint aus den Beobachtungen hervorzugehen, dass die Schnelligkeit der Mondbewegung in seiner Bahn die Wasser zu Brest um $\frac{1}{10}$ mehr erhebt“ (**). Ferner: „die Erdferne und Erdnähe sind in den Quadraturen eben so fühlbar, als in den Syzygien.“

Fällt demnach die Erdnähe mit den Mondphasen zusammen, so werden die Fluthen höher stehen, als wenn die Erdferne in die Syzygien oder Quadraturen trifft.

Nach den Beobachtungen stand z. B. die Höhe der Syzygienfluthen im folgenden Verhältnisse:

In der Erdnähe 12·135. In der Erdferne 9·750.

§. 39. Die Verschiedenheit des Sonnenabstandes ist bei Weitem nicht so merklich, äussert sich aber in derselben Art, nämlich durch etwas höhere Fluthen im Winter, wo die Erde in der Sonnennähe eine grössere Schwingkraft hat, und durch kleinere Fluthen im Sommer, wo die Erde in der Sonnenweite bei geringerer Schwingkraft langsamer sich bewegt. Aus mehreren Beobachtungen haben sich für den Unterschied der Syzygienfluthen im Winter und Sommer folgende Verhältnisszahlen ergeben:

In der Sonnennähe 67·202. In der Sonnenferne 64·095.

§. 40. Die Fluthen in den Tropengegenden zeigen sich in der östlichen Halbkugel höher als in der westlichen Halbkugel, im stillen Ozean nämlich.

Der Hauptgrund liegt darin, dass die von Süden kommenden Fluthen im stillen Ozean sich in der Weite ausbreiten können und dadurch erniedrigen, während die grösste Verengung des atlantischen Ozeans an den Aequator fällt, wo die von Süden heraufströmende Fluth, wie überhaupt an jeder Verengung, zu grösserer Höhe ansteigt.

*) Mécanique céleste. T. II. p. 255.

**) Mécanique céleste. T. II. p. 254.

Ausserdem ist zu berücksichtigen, dass der Schwerpunkt der Erde mit dem Mittelpunkte der Gestalt nicht übereintrifft. Die nördliche Halbkugel der Erde ist schwerer als die südliche, und die östliche schwerer als die westliche, daher rückt der eigentliche Schwerpunkt der Erde vom Mittelpunkte der Gestalt weg, etwas rechts aufwärts. Da nun die Umdrehung der Erde nicht um den Mittelpunkt der Gestalt, sondern um den Schwerpunkt erfolgt, so ergeben sich dadurch zwei ungleich lange Umschwungsachsen, was eine ungleiche Anschwellung der Meere zur Folge hat. Die Mondesfluth, im gleichen Höhenabstände vom gemeinschaftlichen Schwerpunkte der Erde und des Mondes, muss daher im höhern Meere geringer auftreten, als in dem im Niveau niedriger stehenden atlantischen Ozean.

Ferner enthält, wie bereits bemerkt, die südliche Halbkugel weit mehr Wasser als die nördliche, wonach die Fliehkraft in dem südlichen Ozean mehr Wasser aufschwingen kann, als in dem nördlichen. Durch alle diese Verhältnisse erklärt sich, dass die Hauptrichtung, sowohl der Strömungen als Fluthwellen, von Süden nach Norden gerichtet ist, und dass der stille Ozean ober der längern Umschwungsachse im Niveau etwas höher steht, als der atlantische Ozean, wie es auch die über die Landenge von Panama vorgenommenen Nivellements wirklich bewiesen haben.

Vierter Abschnitt.

Die Einwirkungen der Fliehkräfte auf die Veränderungen der Fluthzeiten.

§. 41. Die Erscheinungen der Ebbe und Fluth treffen im Allgemeinen mit dem Gange des Mondes zusammen.

„Das Meer steigt und fällt zweimal in jedem Zeitraume zwischen zwei aufeinander folgenden obern Durchgängen des Mondes durch den Meridian. Die mittlere Zwischenzeit zwischen zwei aufeinander folgenden Fluthen beträgt demnach 0·517525 Tag *).

Da die Fluth nicht regelmässig alle 12 Stunden wiederkehrt, sondern mit dem Gange des Mondes täglich ungefähr um 50 Minuten später eintritt, so war es bald gefunden, dass der Fluthengang von dem Gange des Mondes abhängen müsse. Erklärt man nun die Entstehung der Mondesfluth allein durch ein Ansammeln der Wasser unmittelbar unter dem Monde, oder nimmt man bei Berücksichtigung der Fliehkräfte die grössere Fluthwelle der Stellung des Mondes entgegen gesetzt an, in beiden Fällen stimmen die Fluthanstauungen nach ihrer Zeit mit dem Gange des Mondes zusammen.

*) *Système du monde*, D. A. p. 146.

§. 42. Das Maximum und Minimum der Fluthhöhen treffen nicht mit den Mondphasen zusammen, sondern fallen oft mehrere Tage später ein.

Wenn an einem Orte Neu- oder Vollmond Statt findet, so ist nicht die Fluth, welche an diesem Tage sich ereignet, die höchste, sondern die höchste Fluth kommt erst nach mehreren Tagen. Man nennt diese Zeit vom Eintritt der Mondphasen bis zum wirklichen Erscheinen der höchsten Fluth das Alter der Fluth.

Laplace hat für das Alter der Fluth zu Brest ungefähr $1\frac{1}{2}$ Tag gefunden. Bedeutet 0 den Tag, an welchem der Voll- oder Neumond zu Brest eintritt, die Ziffern

2 1 0 1 † 2 3 4 5

links die vorhergehenden, die Ziffern rechts aber die nachfolgenden Tage, so fällt die höchste Fluth, dort wo der Pfeil steht, in die Zeit zwischen dem ersten und zweiten nachfolgenden Tage, und es sind die Fluthhöhen am zweiten Tage vor, und am fünften Tage nach dem Voll- oder Neumonde ungefähr von gleicher Höhe, weil diese beiden Tage vom Fluth-Maximum (am Pfeile) gleich weit abstehen *).

Die Zahlen in der Tabelle I. geben hinreichend zu erkennen, dass das Maximum der Fluthhöhen zwischen den ersten und zweiten Tag nach dem Eintritte der Mondphasen fällt.

Das Fluthalter ist an den verschiedenen Küstenpunkten verschieden. In London z. B. ist die höchste Fluth nach dem Neu- und Vollmonde $2\frac{1}{2}$ Tage alt.

Es ist daher die Fluth, welche an einem Orte, am Tage des Neu- oder Vollmondes beobachtet wird, wohl von jener später anlangenden Fluth zu unterscheiden, welche eigentlich mit dem Neu- und Vollmonde korrespondirt. Die am Tage der Syzygien beobachtete Fluth bezieht sich in Brest z. B. auf den Mondesgang, wie er $1\frac{1}{2}$ Tag vor dem Voll- oder Neumonde Statt hatte.

Die Zwischenzeit am Tage des Neumondes von der wahren Mitternacht bis zur Morgenfluth, oder vom wahren Mittag bis zur Abendfluth nennt man die Hafenzeit (Einrichtung des Hafens). Sie dient dazu, um darnach die Eintritte aller folgenden hohen Fluthen des betreffenden Monates zu bestimmen. Zu bemerken ist aber, dass diese Zwischenzeit selbst in sehr nahen Häfen sehr verschieden ist.

Zu Brest, wenn das volle Meer im Augenblick der Syzygien Statt hat, folgt die Fluth 0.14763 Tage auf den Augenblick der wahren Mitternacht oder des wahren Mittags, je nachdem sie des Morgens oder des Abends einfällt. Findet die volle See aber im Augenblicke der Quadraturen Statt, so folgt die Fluth auf den Augenblick der wahren Mitternacht oder des wahren Mittags 0.35698 Tage **).

*) Mécanique céleste. T. II. p. 246.

**) Système du monde. D. A. p. 152.

Zu London ist die Hafenzzeit 2 Stunden 45 Minuten, d. h. die hohe Fluth tritt am Neumondstage 2 Stunden 45 Minuten nach der Kulmination des Mondes ein *).

Das stets gleiche Alter der Fluthen an den verschiedenen Küstenpunkten weist darauf hin, dass die Fluthen stets von demselben Punkte ausgehen, und stets dieselbe Zeit zur Hinterlegung eines gewissen Weges benötigen.

Fände ein Ansammeln des Wassers unmittelbar unter dem anziehenden Monde Statt, so könnten die Fluthen bei dessen verschiedener Abweichung unmöglich gleiches Alter haben. Die Sonne und der Mond in der nördlichen Abweichung (Fig. 13) würden in dem Augenblicke, als sie über das amerikanische Festland treten, die Fluth m an der Küste fallen lassen, und es müsste selbe viel früher nach Brest gelangen, als wenn der Mond, in der untern Abweichung, die Fluthwelle im südatlantischen Ozean festhielte.

Unter der Berücksichtigung der Fliehkräfte hingegen ergibt sich wohl eine stärkere und schwächere Fluth nach der Abweichung des Mondes, doch aber liegt der Ursprung der Stammfluth stets in der Nähe des 60^o südlicher Breite, und die Zeit von 1 $\frac{1}{2}$ oder 2 $\frac{1}{2}$ Tagen ist gerade jene, welche die Fluthwelle nach den neuesten Beobachtungen nöthig hat, um durch den indischen und atlantischen Ozean nach Brest oder London zu gelangen.

§. 43. Der Ansicht, dass der Mond, wenn er durch einen Meridian tritt, längs des ganzen Meridians gleichzeitig eine Fluthwirkung erzeugt, und dass diese längs des Meridian gehende Wasseranschwellung, der Trägheit des Wassers wegen, dem Monde in einer Entfernung von 3 Stunden nachfolgt, wird durch die neuesten Beobachtungen gänzlich widersprochen **).

Dieser Satz wurde schon im ersten Abschnitte besprochen. Er wurde von den ältern Physikern offenbar aus den Beobachtungen zu Brest entlehnt, da die Fluth daselbst wirklich 3 Stunden nach der Mondes-Kulmination eintritt. Wären die genauen Beobachtungen im vorigen Jahrhunderte an der Elbemündung gemacht worden, wo die Fluth mit der Mondes-Kulmination zusammen fällt, so hätte man den Satz geltend gemacht, dass dieses Zusammentreffen wirklich gleichzeitig erfolgen muss, und wären die Beobachtungen zu Lissabon angestellt worden, wo die Fluth eine Stunde vor der Kulmination des Mondes eintritt, so hätte man vielleicht behauptet, dass die Fluth etwas früher eintreten müsse. Alle die angeführten Zeitverhältnisse werden aber nur durch lokale Umstände bedingt, und es zeigt sich im Gange durchaus keine Gesetzmässigkeit, dass die Fluth dem Monde nach 3 Stunden nachfolgt, vielmehr allenthalben andere Verhältnisse. Der Mond geht z. B. am Aequator senkrecht über den indischen Ozean, und tritt an der Westküste der Insel Sumatra in denselben ein. In dem Augenblicke nun, als die Fluth

*) Nürnberger, Astronomisches Wörterbuch, 1. B. S. 249.

**) Nürnberger, Astronomisches Wörterbuch, S. 281.

an der Insel Sumatra eintritt, zeigt sie sich zur selben Stunde in der Mitte des Ozeans an der Südspitze Vorder-Indiens, und eben zur selben Zeit am Westrande des Ozeans, an der Insel Madagaskar (wie die Zahlen XII, XII, XII, in Fig. 10 zeigen), an 50 Längengraden von Sumatra entfernt. Bedenkt man nun, dass der Mond in seiner nördlichsten Abweichung den indischen Ozean gar nicht berührt, sondern stets über das asiatische Festland, nämlich über China, Tübet, Persien und Arabien, ferner über ganz Afrika weg geht, auf welchem Wege er durch 135 Längengrade über gar keinem Meere zu stehen kommt, während er in seiner südlichsten Abweichung, zwischen Neuholland und Madagaskar, stets über dem Wasser bleibt, und dass ungeachtet dieser verschiedenen Verhältnisse der Fluthengang im indischen Ozean stets unverändert sich zeigt, so ist es wirklich schwer möglich, den Fluthenstand von einer unmittelbar unter dem Monde, in Folge der Anziehung sich bildenden und ihn begleitenden Wasseransammlung abzuleiten.

Aehnliche Verhältnisse geben sich im atlantischen Ozean zu erkennen. Tritt der Mond in der nördlichen Abweichung über Afrika in den atlantischen Ozean, und es fällt an den kanarischen Inseln die Fluth ein, so sollte man glauben, dass selbe, wenn sie dem Gange des Mondes über den atlantischen Ozean nachfolgte, an der amerikanischen Küste später als an der afrikanischen wahrzunehmen sein müsste; indess ereignet sich die Fluth in Westindien zur gleichen Stunde mit jener an Afrika, und in Nordamerika erscheint sie um 6 Stunden früher, als in dem um 60 Grade östlicher gelegenen Schottland.

§. 44. Die Verspätung der Fluthen von einem Tage zum andern beträgt in ihrem mittleren Zustande 0^h03^m05^s Tage; ändert sich aber mit den Mondphasen. Sie ist die kleinst mögliche gegen die Syzygien, und die grösstmögliche gegen die Quadraturen *):

Es ist eine bekannte Thatsache, dass der Mond in seiner Bahn schneller geht, wenn er mit der Sonne einen rechten Winkel bildet, d. i. in den Quadraturen, langsamer hingegen, wenn er mit der Sonne in gerader Linie kommt, nämlich im Neumonde und Vollmonde.

Da nun die Mondfluth dem Gange des Mondes immer entgegen gesetzt bleibt, so rückt auch sie in den Syzygien langsamer, in den Quadraturen aber schneller an der Erdoberfläche vor. Steht der Mond M (Fig. 14) als Neumond bei der Sonne, und er bewegt sich am nächsten Tage langsam bis M', so rückt die Fluth von m nur bis m' vor. Bewegt sich aber der Mond nach (Fig. 15) in den Quadraturen etwas schneller von M nach M', so legt auch die Mondfluth m einen grössern Raum nach m' zurück, und es brauchen die in der täglichen Rotation durch die Mondfluth m streichenden Kontinente im zweiten Falle (nach Fig. 15) eine längere Zeit, die weiter vorgerückte

*) Nach den Beobachtungen zu Brest, Système du monde. D. A. p. 154.

Fluth m' am nächsten Tage wieder zu erreichen, als im ersten Falle (nach Fig. 14), wo die Distanz zwischen m und m' eine kürzere ist. Die Unterschiede zwischen dem Eintritte der Fluthen in den Syzygien und den Quadraturen zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle II.

Beobachtungen über die Fluthzeiten und ihre Veränderungen im Hafen zu Brest.

Beobachtungsjahr.	Im Aequinoctium in den				In den Solstitionen in den			
	Syzygien.		Quadraturen.		Syzygien.		Quadraturen.	
	Stunde d. 1. Tages nach den Phasen.	Wachsen d. Stunde im 2. Tag.	1. Tag.	Wachsen.	1. Tag.	Wachsen.	1. Tag.	Wachsen.
1820	0·681	0·024	0·384	0·056	0·676	0·028	0·394	0·048
1821	0·672	0·023	0·394	0·060	0·677	0·029	0·408	0·047
1822	0·677	0·027	0·404	0·058	0·666	0·029	0·404	0·046
Mittel a. 16jähr. Beobachtungen.	0·681	0·026	0·395	0·057	0·680	0·028	0·402	0·046

§. 45. Die Stunde der Fluth fällt in den Syzygien der Solstitionen etwas früher ein, als in jenen der Aequinoctien; in den Quadraturen hingegen fällt die Stunde der Fluth in den Solstitionen später als in den Aequinoctien ein.

Vergleicht man die Zahlen in der vorstehenden Tabelle II., so erkennt man, dass die für das Wachsen der Stunde am zweiten Tage angegebenen Zahlen in der Kolonne der Aequinoctial-Syzygien durchgehends kleiner sind, als jene in der Kolonne der Solstitial-Syzygien, und umgekehrt sind die Zahlen in der letzten Kolonne rechts durchgehends kleiner, als jene in der Kolonne der Aequinoctial-Quadraturen. Diess Verhältniss erklärt sich daraus, dass der Mond in beiden Fällen, wo die Fluth später eintritt (nämlich in den Aequinoctial-Syzygien, so wie in den Solstitial-Quadraturen) nahe am Aequator geht, und im Verhältniss geringere Abweichungen von der Sonne hat, als in den beiden andern Fällen. Der Moment der Flutherscheinung ist aber stets als die Gesamtwirkung der Mondes- und der Sonnensluth zu betrachten, daher derselbe bei der geringern Abweichung beider Fluthen früher, bei der grössern Abweichung hingegen später eintritt; wonach umgekehrt die rotirenden Kontinental-Dämme die Fluth später oder früher erreichen.

§. 46. Die Verspätung der Fluth von einem Tage zum andern wächst in der Erdnähe, und verkleinert sich in der Erdferne *).

*) Mécanique céleste. T. V. p. 220.

Auch dieser Satz erklärt sich durch den schnellern und langsamern Gang des Mondes. Er geht in der Erdnähe schneller, in der Erdferne langsamer; daher erreichen die rotirenden Kontinente die dem Monde entgegengesetzt gehende Fluth später, wenn selbe in der Erdnähe schneller vorrückt; hingegen früher, wenn die Fluth, bei dem langsamern Gange des Mondes in der Erdferne, auch langsamer vorschreitet.

Die Verspätung beträgt:

in den Syzygien der Erdnähe . .	0·02899 Tag.
„ „ „ „ Erdferne . .	0·02227 „

S c h l u s s.

§. 47. In den vorstehenden Zeilen wurden die Erscheinungen der Ebbe und Fluth nur im Allgemeinen berührt, ohne noch Rechnungen darüber durchzuführen. In nähere Details einzugehen, ist für jetzt noch schwer, da genaue Beobachtungen durch eine geraume Zeit verhältnissmässig nur an wenig Punkten der Erdoberfläche angestellt wurden, und da auch die vollständigen Beobachtungen, die man an einzelnen Punkten, wie z. B. zu Brest, gemacht hat, nicht in ihrem ganzen Umfange, sondern nur nach Mittelwerthen veröffentlicht sind. Zur Auffindung gewisser Gesetzmässigkeiten ist aber die vollständige Kenntniss der Beobachtungsreihen, und insbesondere jene der Extreme nöthig.

Es konnte sich daher in der vorliegenden Schrift nur um die Nachweise handeln, ob die theoretisch abgeleiteten Wirkungen der Fliehkräfte wirklich mit den Beobachtungen über die Ebbe und Fluth übereinstimmen. Wird diese Uebereinstimmung nur einigermassen zugegeben, und zugestanden, dass die Fliehkraft bemerkbare Wirkungen auf das verschiebbare Meer äussert, dann ergibt sich von selbst der Schluss, dass die Fliehkraft auch bei der Erklärung der Ebbe und Fluth Erscheinungen zu berücksichtigen sei.

§. 48. Mein Urtheil hierüber, im Kurzen wiederholt, ist Folgendes:

1. Die Erde rotirt t ä g l i c h um ihre eigene durch den Schwerpunkt gehende Achse; sie rotirt m o n a t l i c h um den mit dem Monde gemeinschaftlich habenden Schwerpunkt, und sie rotirt j ä h r l i c h um die Sonne.

2. In jedem dieser drei Fälle ist die Fliehkraft thätig.

3. Nachdem es nun im ersten Falle, nämlich bei der täglichen Rotation, durch die Gradmessungen bewiesen ist, dass die Ausbauchung des Meeres am Aequator zur sphäroidalen Form durch die Fliehkraft hervorgebracht wird, so muss diese Kraft auch in den beiden andern Fällen irgend eine Wirkung auf das Meer äussern.

4. Aeussern sich nun durch den Einfluss der Fliehkraft bemerkbare Wirkungen im Meere auch in den beiden letzten Fällen, so müssen diese Wirkungen bei den Untersuchungen über die Ebbe und Fluth mit in Rechnung gezogen werden, und es können Theorien oder Rechnungen, bei welchen diess nicht geschehen ist, unmöglich richtig sein.

5. In welchem Masse die Einwirkungen der Fliehkräfte zu berücksichtigen seien, kann erst durch genauere Untersuchungen festgestellt werden. Zuerst muss man die Elemente kennen, welche in Rechnung zu ziehen sind; zunächst muss man das Mass ihrer Einwirkung zu erforschen suchen, dann erst kann man auf Rechnungen begründete Theorien aufstellen.

In diesem Sinne wäre gegenwärtige Abhandlung nur als eine Vorarbeit, und als Anregung zur Mithilfe zu betrachten.



