



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Elemente des Wasserbaues**

**Sonne, Eduard**

**Leipzig, 1904**

Art. 60. Flutwellen im Meere

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-82101](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-82101)

Auf den Verlauf, welchen die Sturmfluten in den Mündungsgebieten nehmen, haben außer den besprochenen noch manche andere Umstände Einfluß, beispielsweise die Lage des Flusses zur Richtung des Windes u. a. m., so daß die Sturmfluten eines Mündungsgebiets selbst bei gleicher Scheitelhöhe verschieden zu verlaufen pflegen.

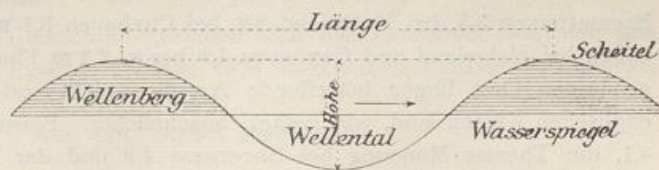
Es ist anzunehmen, daß die Ablagerungen von Sinkstoffen, an welchen die Mündungsgebiete leiden, durch Sturmfluten verringert werden. Obwohl diese Ablagerungen während des Einströmens des Meerwassers in erhöhtem Maße stattfinden, ist die Schleppkraft des ausströmenden Wassers doch so stark, daß das Endergebnis eine Vertiefung, wenigstens eines Teils der Sohle, ist.

Die Höhen der bekannten bedeutendsten Sturmfluten sind für die Bauten am Meere und in Mündungsgebieten in ähnlicher Weise maßgebend, wie es für die Bauten an fließenden Gewässern deren Hochwasserstände sind; man muß jedoch berücksichtigen, daß bei Sturmfluten stets ein starker Wellenschlag stattfindet.

**60. Flutwellen im Meere**<sup>162)</sup>. Zunächst ist etwas über die Wasserwellen im allgemeinen zu sagen. Daß dieselben unter anderm durch den Wind entstehen, ist im Vorstehenden hervorgehoben, aber auch durch lotrechten Zug oder Druck entstehen Wellen. Dann sind die schwingenden Bewegungen der Wasserteilchen nicht selten verschwindend klein, es bleibt aber eine Verlängerung und Verkürzung der Wasserfäden, was mit einer Veränderung der Gestalt des Wasserspiegels derart verbunden ist, daß eine Hebung des Wassers an einer, dagegen eine Senkung desselben an einer anderen Stelle stattfindet. In Abb. 133 ist dies angedeutet, ferner sind daselbst die bei den Wellen üblichen Bezeichnungen, welche einer Erläuterung nicht bedürfen werden, vermerkt. Wenn waagrecht oder schräg gerichtete Kräfte einwirken, paart sich mit der Wellenbewegung des Wassers eine fortschreitende Bewegung desselben, also eine Strömung.

Von anderen Eigenschaften der Wellen wird weiter unten die Rede sein; hier sind die Flutwellen als die bedeutendsten und wichtigsten Wellen zu besprechen. Diese verdanken ihre Entstehung bekanntlich den vereinigten Anziehungskräften des Mondes und der Sonne, wobei die Kraft des Mondes infolge seiner größeren Nähe trotz seiner geringen Masse entschieden überwiegt. Eine sichere Beobachtung der Flutwellen ist nur an den Küsten möglich. Die deutsche Nordseeküste wird von der gewaltigen Flutwelle des atlantischen Ozeans erreicht, welche teils auf einem Umwege um Schottland herum, teils durch den englischen Kanal zu uns gelangt. Man beobachtet an unseren, ebenso an allen anderen, den Flutwellen der Weltmeere zugänglichen Küsten, daß sich der Wasserspiegel innerhalb einer Zeit von durchschnittlich 12 Stunden 25 Minuten einmal hebt und einmal senkt. Das Anschwellen des Wassers nennt man Flut, das Sinken desselben Ebbe, beides zusammen ist ein Tide (hochdeutsch Gezeit). Die Flut wird vom Hochwasser, die Ebbe vom Niedrigwasser begrenzt. Den Höhenunterschied zwischen einem Hoch- und dem

Abb. 133.



<sup>162)</sup> Handb. (3. Aufl.) Kap. XVI, § 7; daselbst § 13–17.

nachfolgenden Niedrigwasser, also die Höhe der Flutwelle, nennt man *Flutwechsel* oder *Flutgröße*. Bei verhältnismäßig geringer Höhe haben die Flutwellen der Meere eine sehr große Länge.

Zur Zeit des Neumondes und des Vollmondes wird die Wirkung des Mondes durch die Wirkung der Sonne verstärkt, dann sind die Flutwechsel groß: es ist Springflut. Zur Zeit des ersten und des letzten Viertels des Mondes wird dagegen seine Einwirkung durch die der Sonne abgeschwächt und man hat taube oder Nippfluten. Man beschränkt sich nicht selten darauf, einen Mittelwert zwischen dem Hochwasser der Springfluten und der tauben Fluten als gewöhnliches Hochwasser anzugeben. Die Bezeichnung gewöhnliches Niedrigwasser erklärt sich auf demselben Wege.

Daß die Flutgrößen auch von den Winden abhängig sind, ist natürlich, insbesondere bei Sturmfluten werden sie sehr gesteigert. Ferner haben die Örtlichkeiten einen erheblichen Einfluß. In weiten Buchten, welche enge Eingänge haben, verflacht die Flutwelle, während sie in trichterförmigen Meerbusen sich erhebt. Im verein mit den an der englischen Küste ohnehin ansehnlichen Flutgrößen befördert dieser Umstand die Zugänglichkeit mancher englischen Häfen in hohem Grade. Jene Verflachung der Flutwellen ist in Binnenmeeren, welche durch Meerengen mit den Weltmeeren in Verbindung stehen, besonders stark; hierdurch erklärt es sich, daß in der Ostsee Ebbe und Flut sehr schwach auftreten.

Es mögen nun einige Zahlenangaben über Flutgrößen Platz finden. Springfluten haben bei Norderney 2,4, bei Emden (Schleuse) 2,8, bei Wilhelmshaven und Bremerhaven 3,5, bei Helgoland 2,8, bei Cuxhaven 3,1 m Flutgröße. Die Nippfluten haben bei Helgoland und Cuxhaven 1,8 bzw. 2,4 m Flutgröße; für die andern oben genannten Orte liegen betreffende Angaben nicht vor. Die Flutgrößen von den englischen Küsten sind, wie gesagt, ansehnlicher. Beispielsweise haben Portsmouth 4,1, die Themse-Mündung bei Sheerness 4,9 und der Hafen bei Liverpool 8,4 m Springfluten-Flutgröße. Durchschnittlich beträgt dieselbe an der deutschen Nordseeküste 2,7 und an den englischen Küsten 5,4 m. — Im offenem Meere ist die Flutgröße erheblich geringer, als an den Küsten; theoretisch berechnet sie sich für die Ebene des Äquators auf 0,52 m.

Der Scheitel der Flutwellen, somit das Hochwasser, erreicht die einzelnen Küstenorte zu verschiedenen Zeiten und diejenige Uhrzeit, mit welcher das Hochwasser an Tagen des Vollmonds oder Neumonds durchschnittlich eintritt, nennt man die *Hafenzeit* des betreffenden Ortes. Aus den Hafenzeiten läßt sich die Uhrzeit des Hochwassers für einen beliebigen Tag leicht berechnen. Die Hafenzeiten sind in erster Linie für die Schifffahrt wichtig, unter Umständen aber auch für Bauarbeiten, falls dieselben nur bei hohen oder bei niedrigen Wasserständen vorgenommen werden können, also sogenannte *Tidearbeiten* sind.

Bei gewöhnlichen Wellen, ansehnlichen Wassertiefen und ruhiger Luft bewegen sich die Wasserteilchen im wesentlichen schwingend auf- und abwärts, dagegen erfordert die Bildung der langgestreckten Flutwellen eine Verschiebung der Wasserschichten in größerem Umfange, so daß Strömungen, die sogenannten *Tideströmungen*, auftreten. Von vornherein haben hierbei die Flutströmungen und die Ebbeströmungen entgegengesetzte Richtungen. Im offenen Meere sind diese Strömungen im allgemeinen nicht stark, während sie in der Nähe der Küsten und in

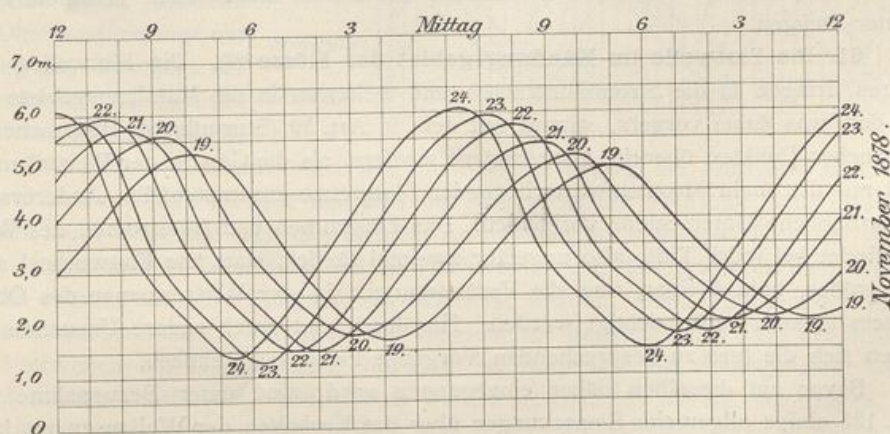
Strommündungen mitunter sehr kräftig werden. Die Gestalt der Küsten, besonders aber das Vorhandensein von Inseln und Untiefen beeinflusst die Tidenströmungen in hohem Grade; man vergleiche weiter unten Art. 62. Es kommt auch vor, daß die Wege, welche diese Strömungen einschlagen, bei Flut andere sind, als bei Ebbe, überhaupt gestalten sie sich nicht selten sehr verwickelt.

Eine stets wiederkehrende Erscheinung ist, daß die Flutströmung den Beginn der Ebbe und die Ebbeströmung den Beginn der Flut eine Zeit lang (eine und selbst zwei Stunden) überdauert. Diese Art des Umsetzens oder Kenterns der Strömungen ist eine Folge ihrer Trägheit. Wie ein Pendel nicht auf dem niedrigsten Punkte stehen bleibt, so muß auch das Wasser der Flutwelle nach Eintritt des höchsten Standes die Richtung der Flutströmung so lange beibehalten, bis die lebendige Kraft erschöpft ist. Nach Eintritt des niedrigsten Standes findet bei der Ebbeströmung das Gleiche statt.

Von großer Wichtigkeit ist die Art und Weise, wie der Wasserspiegel der Flutwellen sich an bestimmten Orten hebt und senkt. Dies wird durch Flutkurven, welche den in Art. 37 besprochenen Wasserstandskurven der fließenden Gewässer entsprechen, veranschaulicht. Man erhält die Flutkurven am besten durch selbstschreibende Pegel (vergl. S. 107), muß jedoch für den Schwimmer desselben einen Schacht herstellen, dessen Wasser in möglicher Tiefe durch ein Rohr mit dem Außenwasser in Verbindung steht. Dann werden nur die Höhenänderungen des Wasserspiegels aufgezeichnet, weil die Wellenbewegung des Wassers in größerer Tiefe mehr und mehr abnimmt.

Unter gewöhnlichen Umständen gestalten sich die Flutkurven so, wie aus Abb. 134, welche einige bei Ostende im Nov. 1878 aufgenommene Flutkurven darstellt,

Abb. 134. Höhen 1:150.



ersichtlich ist. Man kann daraus entnehmen, wie die tauben Fluten in Springfluten übergehen, ferner, daß die Dauer der Flut meistens etwas größer ist, als die Dauer der Ebbe. Die Einbiegungen der Äste, welche der Ebbe entsprechen, sind durch örtliche Verhältnisse veranlaßt, also eine Ausnahme. Die Zahlen an den Scheiteln der Kurven geben die Tage des Monats an. Sämtliche Zeiten sind von

rechts nach links und in der Weise aufgetragen, daß nach Ablauf eines Tages der Papierstreifen des Pegels um das einer Stunde entsprechende Maß verschoben ist<sup>163</sup>).

Aus den Flutkurven ergibt sich unter anderm die mittlere Meereshöhe des betreffenden Ortes. Man konstruiert aus einer großen Zahl unter gewöhnlichen Umständen beobachteter Flutkurven eine „gemittelte“ Flutkurve und verwandelt die von ihr begrenzte Fläche in ein Rechteck. Die Höhe dieses Rechteckes gibt den Abstand der mittleren Meereshöhe von dem gewöhnlichen Niedrigwasser an. Die mittlere Meereshöhe entspricht somit dem Mittelwasser der Flüsse.

Das Maß der Flutgröße hat erheblichen Einfluß auf die Gestaltung der Mündungsgebiete, deren Besprechung wir uns nunmehr zuwenden. Wenn die Flutwechsel mäßig sind, der Strom aber groß ist und viele Sinkstoffe führt, bilden sich die in Art. 43 vorläufig besprochenen Schuttkegel, die Deltas, vorzugsweise. Es ist alsdann weder in den Verzweigungen des Stromes wegen sehr verringerten Gefälles, noch in den Ebbeströmungen eine für die Fortführung sämtlicher von oben kommenden Sinkstoffe ausreichende Geschwindigkeit vorhanden und nicht selten kommt hinzu, daß auch das Meer Sinkstoffe herbeibringt (vergl. Art. 64). Massenhafte Auflandungen und anfangs nur teilweises Anwachsen derselben bis etwa zur Höhe des gewöhnlichen Hochwassers sind die Folge. — Wenn dagegen, wie beispielsweise bei der Weser und Elbe der Fall, die Flutwechsel größer, die Sinkstoffmengen aber geringer sind, und wenn das Meer nur wenig Sinkstoffe herbeiführt, so bildet sich ein trichterförmiges Mündungsgebiet, ein Fluttrichter, aus. Es ist zwar auch dann ein Schuttkegel vorhanden, er hat aber eine langgestreckte Form und besteht aus größeren und kleineren, vom täglichen Hochwasser überströmten Sandbänken, zwischen welchen bei Niedrigwasser der an manchen Stellen gespaltene Strom hindurch fließt. — Die Formen der Deltas und der Fluttrichter sind also die Grenzfälle der Gestaltung eines Mündungsgebiets, doch fehlt es nicht an mancherlei Zwischenstufen, insbesondere ist zu beachten, daß die einzelnen Stromarme der Deltas nicht selten in einem Fluttrichter endigen.

**61. Die Flutwelle im Mündungsgebiet der Flüsse**<sup>164</sup>). Die Flutwellen des Meeres dringen in die Strommündungen und weiterhin in die Mündungsgebiete ein und das, was dabei vorgeht, stimmt mit dem in Art. 59 (Sturmfluten) Besprochenen in manchen Punkten überein, insbesondere insofern, als die Grenze der Flutströmung nicht mit der mehr stromaufwärts liegenden Flutgrenze zusammenfällt. Andererseits sind erhebliche Unterschiede vorhanden. Das Einströmen und Ausströmen des Wassers findet bei jeder Tide, also ungefähr zweimal täglich, statt, die Flutwechsel sind bald größer, bald kleiner, und die Veränderungen in der Wassermenge des Oberwassers müssen berücksichtigt werden. Hierdurch und durch andere Umstände gestalten sich die hier zu besprechenden Vorgänge keineswegs einfach.

Bevor auf dieselben näher eingegangen wird, sind unter Bezugnahme auf Abb. 135 einige allgemeine Bemerkungen über das Verhalten der Wellen zu machen, welche mäßige Wassertiefen und einen ansteigenden Untergrund antreffen. Weil alsdann die unteren Teile der Wellen infolge der vom Grunde ausgehenden Reibungs-

<sup>163</sup>) Eigenartig und beachtenswert sind die Flutkurven am Helder, welche nebst den Kurven einer dortigen Sturmflut auf S. 44 des XVI. Kap. des Handb. besprochen werden.

<sup>164</sup>) Handb. (3. Aufl.) Kap. XVIII, § 11 und § 15, S. 243.