Die Küste, 12 (1964), 86-112

Die Häufigkeit hoher Wasserstände an der Westküste von Schleswig-Holstein

Von Hans Rohde

Inhalt

1. Vorbemerkungen 86
2. Änderung der mittleren Wasserstände 88
3. Häufigkeit der Tidehochwasserstände von 1,50 m und mehr über MThw 93
4. Häufigkeitsverteilung hoher Wasserstände über die einzelnen Monate des Jahres . . 95
5. Häufigkeit hoher Fluten in früheren Jahrhunderten 98
6. Zusammenfassung 110
7. Schriftenverzeichnis 111

1. Vorbemerkungen

Veranlaßt durch die ungewöhnliche Sturmflut vom 9. und 10. Februar 1949, die den damals höchsten beobachteten Windstau an der Westküste brachte, hat SCHELLING (1952) in seiner Arbeit „Die Sturmfluten an der Westküste von Schleswig-Holstein" alle Sturmfluten von 1905 bis 1949 genauer untersucht. Dabei haben sich seine Untersuchungen vorwiegend auf den Pegel Husum gestützt. Auch HUNDT (1955) geht in seiner Arbeit „Maßgebende Sturmfluthöhen für das Deichbestick der schleswig-holsteinischen Westküste", die durch die Sturmflut vom 1. Februar 1953, die sogenannte Holland-Sturmflut, veranlaßt wurde, mehrfach auf die Häufigkeit von hohen Wasserständen ein. Eine Darstellung der Häufigkeit der Überschreitung des Wasserstandes von PN + 800 cm am Pegel Tönning wird in dem Aufsatz „Sturmfluten und Hochwassermarken" (ROHDE 1964) gegeben. Die Häufigkeit der höchsten Tidehochwasserstände an den Pegeln Leerort, Wilhelmshaven und Cuxhaven ist in dem Bericht des Niedersächsischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten über die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 angegeben (LÜDERS, LIESE u. KRAMER 1962). HENSEN (1938) geht in seinem Aufsatz „Über die Ursachen der Wasserstandshebung an der deutschen Nordseeküste" auf die Sturmfluthäufigkeit von Cuxhaven und Hamburg ein. Eingehende Betrachtungen über Sturmfluthäufigkeit sind von LÜDERS (1936) in der Arbeit „Die Sturmfluten der Nordsee in der Jade" angestellt worden.

Die vorliegende Arbeit soll in der Hauptsache eine statistische Auswertung der Aufzeichnungen der höchsten Tidehochwasserstände der drei Westküstenpegel *Tönning, Husum* und *Büsum* bringen. Irgendwelche Schlüsse auf zukünftig zu erwartende Wasserstände oder ähnliches sollen nicht gezogen werden, dagegen ergeben sich einige allgemein interessante Rückschlüsse. Es wird nicht nur die Häufigkeit über einen möglichst großen Zeitraum angegeben, sondern auch die Häufigkeit hoher Wasserstände in einzelnen Monaten. Schließlich wird der Versuch unternommen, auf die Häufigkeit hoher Wasserstände im 15., 16., 17. und 18. Jahrhundert einzugehen. Der Aufsatz soll die Arbeiten von SCHELLING und HUNDT ergänzen.

Häufigkeitsuntersuchungen über hohe Tidehochwasserstände können nur an möglichst langen und vollständigen Wasserstandsbeobachtungs-Jahresreihen ausgeführt werden. Die Tabelle 1 gibt für die ältesten wichtigen Pegel der Westküste an, wann sie in Betrieb genommen wurden und von wann an Schreibpegelaufzeichnungen vorliegen. Die Pegel waren zunächst

Die Küste, 12 (1964), 86-112

Tabelle 1

Angaben über die Beobachtungsdauer der ältesten Pegel an der Westküste

Pegel	in Betrieb seit	Beobachtungswerte für Thw ohne größere Lücken vorhanden seit	Ohne größere Lücken sind Schreibpegelaufzeichnungen vorhanden seit
List/Sylt	7. 4. 1898	7. 4. 1898	März 1925
Dagebüll	Januar 1873	1. 2. 1873	Juni 1930
Husum	1. 4. 1867	1. 4. 1867	Juli 1905
Tönning	3. 4. 1867	3. 4. 1867	28. 8. 1875
Büsum	1. 5. 1867	1. 5. 1870	2. 8. 1915

als Lattenpegel in Betrieb. In der ersten Zeit wurden nur einmal am Tage das Tideniedrigwasser und das Tidehochwasser abgelesen und in den Wasserstandslisten zusammengestellt. Derartige Aufzeichnungen sind für Häufigkeitsbetrachtungen nicht zu gebrauchen, weil die Hälfte der tatsächlich eingetretenen Tidehochwasserstände nicht erfaßt wird. Aus der Tabelle ist zu erkennen, daß der Pegel Tönning von allen Pegeln an der Westküste der älteste Schreibpegel ist. Die Aufzeichnungen liegen vom 28. August 1875 an ohne größere Lücken vor. Der Pegel Tönning ist auch einer der ältesten Schreibpegel im Küstengebiet der Nordsee. Der 1841 als Lattenpegel eingerichtete Pegel Cuxhaven ist erst seit 1899 Schreibpegel, von 1863 an war er ein sogenannter Stellpegel, dessen Schwimmer bei Tidehochwasser und Tideniedrigwasser durch einen Sperrhaken festgehalten wurde (Hensen 1938). Erst von 1863 sind demnach für Cuxhaven einwandfreie Häufigkeitsuntersuchungen möglich. Der 1864 eingerichtete Pegel Wilhelmshaven ist ab 1874 Schreibpegel.

Da der Pegel Tönning der älteste Schreibpegel an der Westküste ist, sind seine Aufzeichnungen für Häufigkeitsuntersuchungen am besten geeignet. Immerhin liegen Pegelbögen von 88 Jahren ohne größere Lücken vor. Soweit kleinere Lücken vorhanden sind, kann auf die Wasserstandslisten zurückgegriffen werden, wodurch dann allerdings in den Ausfallzeiten des Schreibpegels nur die Tageswasserstände erfaßt werden. Man hat nämlich in Tönning wie auch später in Husum und Büsum den Lattenpegel als Hauptbeobachtungspegel beibehalten und die Eintragungen unabhängig von den Schreibpegelaufzeichnungen in die Wasserstandsliste gemacht. Erst ab 1928 wurden die Wasserstandslisten allein nach den Aufzeichnungen der Schreibpegel aufgestellt. Nur besonders extreme Wasserstände, soweit sie von den Pegelbeobachtern voraussehbar waren, wurden auch vor 1928 an den Lattenpegeln nachts abgelesen. Alle Mittelbildungen wurden nach den Wasserstandslisten vorgenommen, dabei wurde also jeweils nur die Hälfte der eingetretenen Tiden berücksichtigt. Auf die Bildung der Jahresmittelwasserstände MThw und MTnw wirkt sich dieses Verfahren kaum aus. Dagegen sind auch die in den älteren gewässerkundlichen Jahrbüchern enthaltenen Angaben über die höchsten und niedrigsten Tidewasserstände eines jeden Jahres, soweit nicht bei besonders extremen Wasserständen Sonderbeobachtungen ausgeführt wurden, auf Grund der in den Wasserstandslisten zusammengestellten Tageswerte gemacht worden. Aus diesem Grunde sind in der vorliegenden Arbeit auch die Ganglinien des HThw für die drei Pegel Tönning, Husum und Büsum angegeben worden, wie sie sich nach den Schreibpegelaufzeichnungen ergeben. Während der Lücken in den Schreibpegelaufzeichnungen können zur Nachtzeit einige hohe Thw eingetreten sein, die in den vorliegenden Häufigkeitsuntersuchungen nicht erfaßt sind. In der Hauptsache liegen die Fehlzeiten der Schreibpegelaufzeichnungen im Winter bei Vereisung des Pegelschachtes. Bei Vereisung sind aber die hohen Wasserstände im allgemeinen selten, so daß man annehmen kann, daß alle hö-

heren Wasserstände bis auf einen unbedeutenden Rest, durch den die Häufigkeitsuntersuchungen kaum beeinträchtigt werden, erfaßt worden sind.

Besonders bei den früheren Aufzeichnungen der Wasserstände ergibt sich die Frage nach ihrer Genauigkeit. Beobachtungsblätter aus der Zeit vor 1936 sind nicht vorhanden. Man kann aber wohl unterstellen, daß die Lattenpegelbeobachtungen so sorgfältig wie möglich gemacht wurden und auch häufig die Schreibpegel anhand der Lattenpegel kontrolliert und berichtigt worden sind. Stichproben ergaben im allgemeinen nur geringfügige Abweichungen zwischen den Schreibpegelaufzeichnungen und den Angaben in den unabhängig davon aufgestellten Wasserstandslisten. Dabei ist noch fraglich, welche Angaben richtiger sind, die Lattenpegelbeobachtungen oder die Schreibpegelaufzeichnungen! Lattenpegelbeobachtungen im Tidegebiet zur Feststellung des Thw und Tnw sind immer etwas fragwürdig, weil die Beobachtungen eine längere Zeit durchgeführt werden müssen, um den Scheitelpunkt zu erfassen. Besonders bei Wellenschlag, der gerade bei höherem Thw immer vorhanden ist, sind Lattenpegelablesungen ungenau. Bei Schwimmer-Schreibpegeln lassen sich die extremen Wasserstände dagegen in ihrer Höhe infolge der Dämpfung im Schwimmerschacht einwandfrei festlegen. Daher wurden bei den vorliegenden Häufigkeitsuntersuchungen die Aufzeichnungen der Schreibpegel als richtig angesehen und unmittelbar verwendet. Eine Schwierigkeit mußte beim Pegel Tönning besonders berücksichtigt werden, die Veränderung des mittleren Wasserstandes durch die Eiderabdämmung. Darauf wird noch näher eingegangen werden.

2. Änderung der mittleren Wasserstände

In dem Aufsatz „Sturmfluten und Hochwassermarken" in der Zeitschrift „Wasser und Boden" (Rohde 1964) wurden die Angaben über die Häufigkeit hoher Wasserstände am Pegel Tönning auf den festen Horizont PN + 800 cm (NN + 300 cm) bezogen. Dieser Wasserstand liegt 1,50 m über dem MThw 1956/60 am Pegel Tönning. Für gewisse Überlegungen, z. B. für die Ermittlung extremer Sturmflutwasserstände und für die Festlegung von Deichhöhen ist es zweckmäßig, von einem festen Horizont auszugehen. So gibt auch Hundt (1955) mittlere jährliche Überschreitungshäufigkeiten des Thw bezogen auf feste Horizonte an. Schelling (1952) führt in der Tabelle 18 seiner Arbeit alle Sturmfluten am Pegel Husum auf, die das MThw um 1,55 m überschritten haben. Dabei gibt er für das MThw den festen Wert von 645 cm a. P. an, der dem 19jährigen Mittel der Jahre 1930/48 entspricht. Er bezieht die von ihm untersuchten Sturmfluten also auch auf den festen Horizont von PN + 800 cm. Bei den Häufigkeitsuntersuchungen der vorliegenden Arbeit soll dagegen von der Überschreitung des MThw ausgegangen werden. Die Untersuchungen werden dabei im wesentlichen nach der gleichen Methode durchgeführt wie die Untersuchungen von Hensen (1938).

Zunächst mußte die Änderung des MThw festgestellt werden. Die vorhandenen weitgehend lückenlosen Pegelbeobachtungen ließen eine Untersuchung der Änderung des MThw von Tönning ab Abflußjahr 1868, von Husum ab 1870 und von Büsum ab 1871 zu. Wie auch bei Hensen (1938), Gaye (1951) und Lüders (1936) wurden die 19jährigen übergreifenden Mittel gebildet. Abbildung 1 zeigt die Ganglinien der übergreifenden 19jährigen Mittel der drei Pegel Tönning, Husum und Büsum. Wie zu erwarten, zeigen alle drei Pegel im allgemeinen einen Anstieg der Ganglinien. Dieser bisher auf Küstensenkung, nach neueren Forschungen aber auf eine allgemeine Hebung des mittleren Meeresspiegels zurückgeführte Anstieg des MThw, wird von Hensen (1938) für die Pegel Cuxhaven und Hamburg und von Lüders (1936) für Wilhelmshaven angegeben, von Gaye (1951) für die mittleren Monatswasserstände verschiedener Ostsee- und Nordseepegel. Die Ganglinie des Pegels Büsum (Abbildung 1) zeigt

Die Küste, 12 (1964), 86-112

von 1871/89 bis 1914/32 eine sehr gleichmäßige Steigung, dann ist ein Abfall festzustellen und die Ganglinie verläuft danach etwa horizontal. Erst von 1933/51 an ist wieder ein stetiger Anstieg zu beobachten. Nach der Methode der kleinsten Quadrate wurden die Ausgleichslinien berechnet. Es wäre wenig sinnvoll gewesen, für den deutlich abgeknickten Kurvenverlauf eine einheitliche Ausgleichslinie zu ermitteln. Vielmehr wurde eine Ausgleichsline für den Zeitraum 1871/89 bis 1915/33 berechnet und eine zweite für den Zeitraum 1908/26 bis 1945/63. Die erste Ausgleichslinie hat eine Steigung von 0,336 cm/Jahr, die zweite eine von 0,0495 cm/Jahr. Die Linien schneiden sich bei dem Abszissenwert 1910/28. Dieser geknickte Ausgleichslinienzug soll den weiteren Häufigkeitsuntersuchungen für die Überschreitung des MThw des Pegels Büsum um eine bestimmte Höhe zugrunde gelegt werden. Dabei wird jedem Jahr das augeglichene 19jährige MThw zugeordnet, das den Zeitraum von neun Jahren vorher und neun Jahren hinterher umfaßt, so z. B. dem Jahre 1900 das MThw 1891/1909.

Betrachtet man die Ganglinie des übergreifenden 19jährigen Mittels des MThw für den Pegel Tönning, so verläuft sie zunächst fast parallel zu der Linie von Büsum. Von 1918/36 an ist

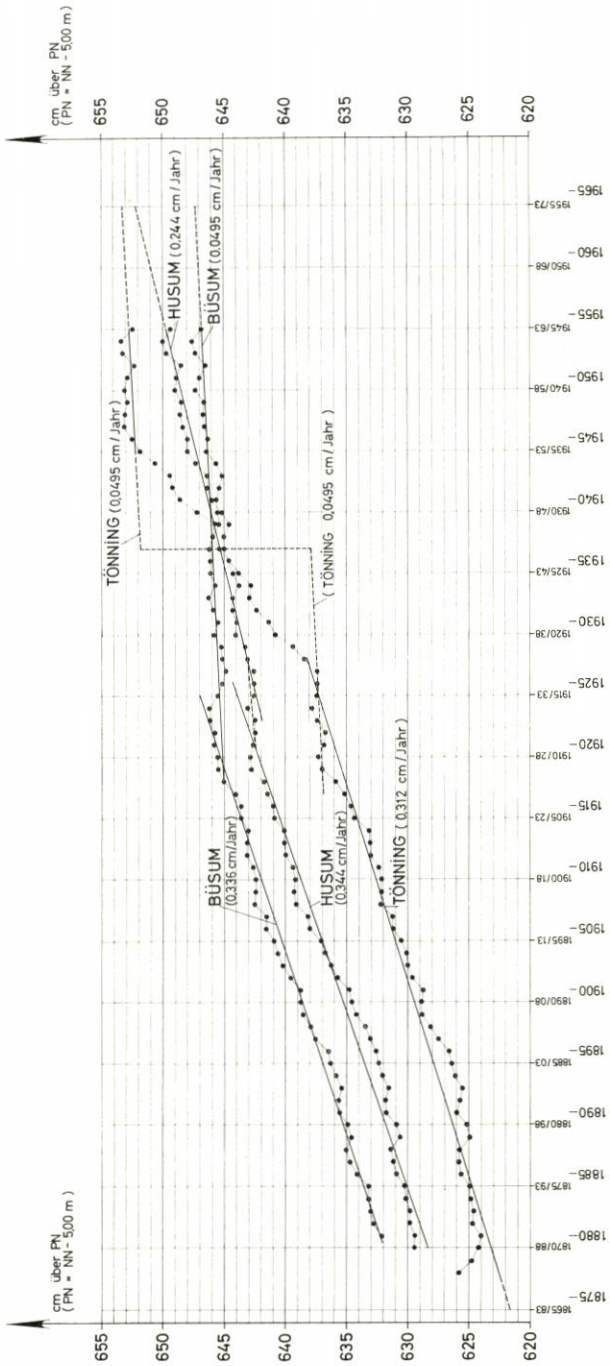

Abb. 1. 19jährige übergreifende Mittel des MThw für die Pegel Büsum, Tönning und Husum

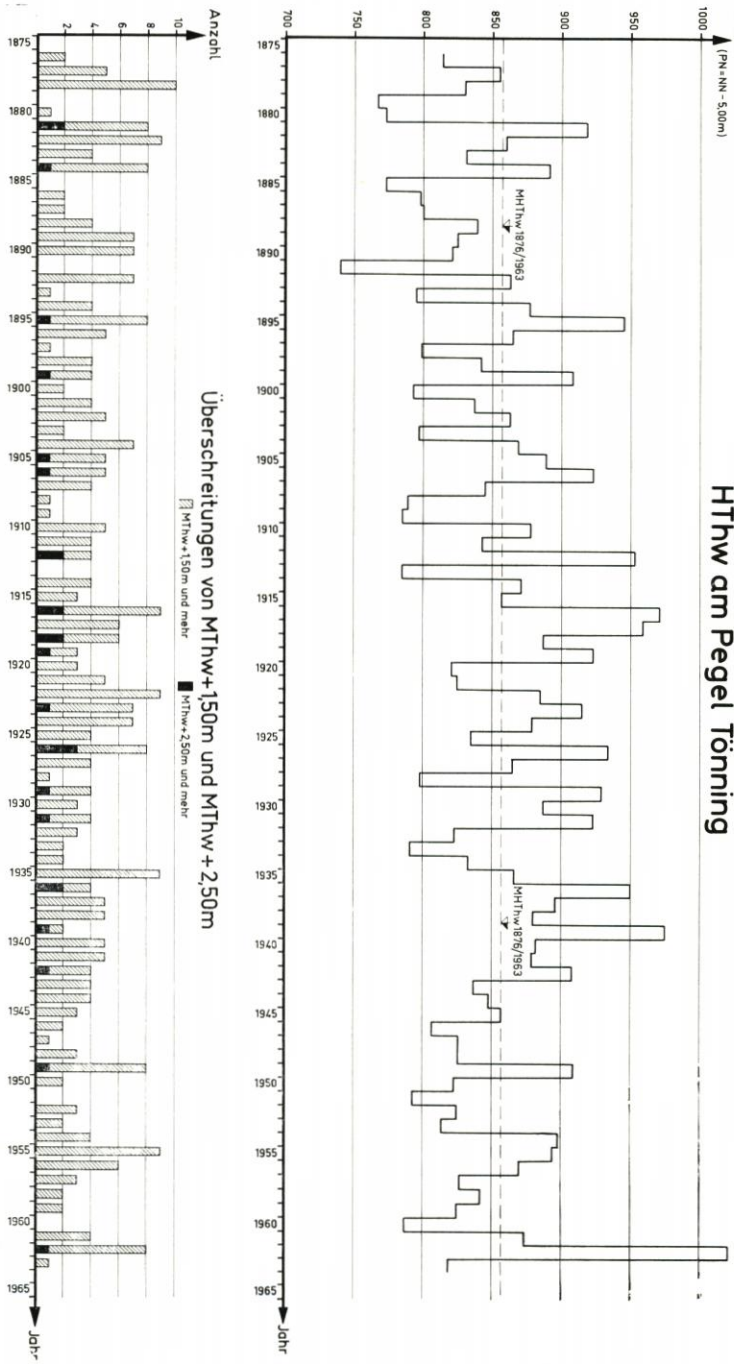

Abb. 2. Häufigkeit der Überschreitung von MThw +1,50 m und MThw +2,50 m im Jahr und Ganglinie des HThw. Pegel Tönning

Die Küste, 12 (1964), 86-112

ein stärkerer Anstieg festzustellen, der erst von 1936/54 an etwa in eine Horizontale übergeht. Die Ganglinie von Tönning schneidet die von Büsum. Der stärkere Anstieg zwischen 1918/36 und 1936/54 ist auf die Auswirkungen der Eiderabdämmung bei Nordfeld zurückzuführen. Die Abdämmung hatte eine Vergrößerung des Tidehubes zur Folge, die sich aus einer stärkeren Absenkung des MTnw und einem schwächeren Anstieg des MThw zusammensetzte. Die Absenkung des MTnw betrug am Pegel Tönning etwa 40 cm (ROHDE und TIMON 1963). Es hätte wenig Sinn, den Häufigkeitsuntersuchungen für Tönning für die Zeit von 1918/1936 bis 1936/54 eine Bezugslinie zugrunde zu legen, welche die tatsächlichen übergreifenden 19jährigen Mittel des MThw dieses Zeitraumes ausgleicht. Die Änderung des MThw infolge der Abdämmung ist innerhalb einer kurzen Zeit fast „sprunghaft" eingetreten, daher muß eine solche sprunghafte Änderung auch in der Ausgleichslinie zum Ausdruck kommen, auf welche die Überschreitungen bezogen werden. Zunächst wurde die Ausgleichslinie für den Zeitraum von 1868/86 bis 1918/36 berechnet. Die Steigung beträgt 0,312 cm/Jahr. Aus dem sehr weitgehend parallelen Verlauf der Ganglinien von Büsum und Tönning für diesen Zeitraum und wieder für den Zeitraum von 1936/54 bis 1945/63 wurde angenommen, daß auch in dem dazwischenliegenden Zeitraum von 1918/36 bis 1936/54 die Ausgleichslinie von Tönning parallel zu der von Büsum gelaufen wäre, wenn die Eiderabdämmung nicht ausgeführt worden wäre. Es wurde daher von dem Schnittpunkt der Ausgleichslinie Tönning von 1868/86 bis 1918/36 mit der Abszisse 1915/33 eine Parallele zu der Ausgleichslinie Büsum von 1908/26 bis 1945/63 bis zu der Abszisse 1927/45 gezogen. Eine zweite Parallele zu der Büsumer Ausgleichslinie wurde durch den letzten Abschnitt der Tönninger Ganglinie des 19jährigen Mittels des MThw von 1936/54 bis 1945/63 so gezogen, daß die Ausgleichslinie zu diesem Abschnitt der Tönninger Ganglinie etwa ähnlich liegt wie die Büsumer Ausgleichslinie zu dem entsprechenden Abschnitt der Büsumer Ganglinie. Bei der Abszisse von 1927/45 ergibt sich dann ein Sprung von 14 cm in der Ausgleichslinie. Dieser Sprung, der dem Jahre 1936 zugeordnet ist, stellt die mittlere Änderung des MThw am Pegel Tönning infolge der Eiderabdämmung dar. Die Ausgleichslinie verläuft also bis zum Jahre 1936 (1927/45) so, als ob die Eiderabdämmung nicht ausgeführt worden wäre und von da an so, als ob sie schon immer bestanden hätte. Tatsächlich ist die Baumaßnahme Eiderabdämmung auch innerhalb weniger Wochen hydrologisch wirksam geworden. Nachdem man im Februar 1936 eine Schüttbrücke gebaut hatte, wurde Anfang März mit der Schüttung des Steindammes durch die Eider begonnen, dessen Krone auf MThw liegen sollte. Anfang Mai ist dieser Damm fertiggestellt gewesen, so daß mit dem Einbau des Kleibodens für den eigentlichen Sperrdamm begonnen werden konnte. Im September 1936 war der Dammbau vollendet. Für das Abflußjahr 1936 kann man demnach bis Anfang März für die Häufigkeitsuntersuchungen mit einem langjährigen MThw für Tönning von PN + 638 cm rechnen, für den Rest des Jahres mit PN + 652 cm (Abb. 1).

Die Ganglinie des 19jährigen übergreifenden Mittels des MThw für Husum ist ebenfalls auf Abbildung 1 dargestellt. Die nach der Methode der kleinen Quadrate ermittelte Ausgleichslinie für den Zeitraum von 1870/88 bis 1916/34 hat eine Steigung von 0,344 cm/Jahr. Auch bei Husum ist ein deutliches Abknicken der Ganglinie von etwa 1912/30 an bemerkbar. Nachdem die Ganglinie von diesem Zeitpunkt an zunächst mit sehr geringer Steigung verläuft, wird die Steigung von etwa 1925/43 an wieder größer. Die Steigung der Ausgleichslinie für den Zeitraum von 1913/31 bis 1945/63 wurde mit 0,244 cm/Jahr berechnet. Der Übergang zwischen beiden Ausgleichslinien wurde durch eine dritte Linie zwischen 1912/30 und 1918/36 gebildet (s. Abb. 1).

An den Ganglinien der übergreifenden 19jährigen Mittel des MThw ist bei den durch größere Baumaßnahmen unbeeinflußten Pegeln Büsum und Husum der wesentlich flachere Kurvenverlauf seit 1914/32 bzw. 1912/30 bemerkenswert. Dieses Verhalten, das durch die Ent-

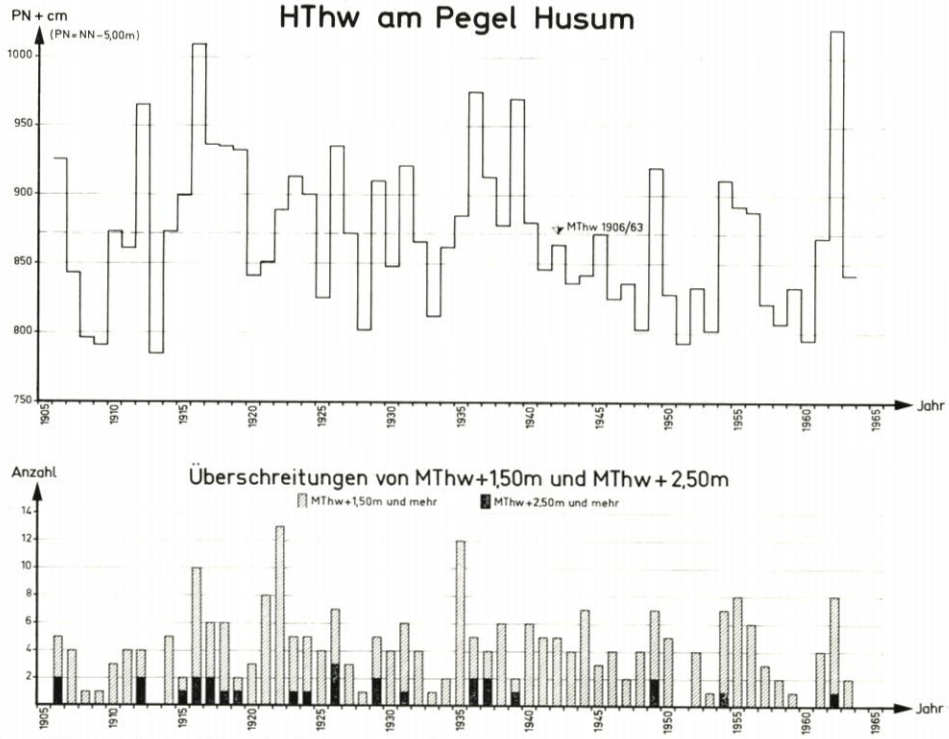

Abb. 3. Häufigkeit der Überschreitung von MThw + 1,50 m und MThw + 2,50 m im Jahr und Ganglinie des HThw. Pegel Husum

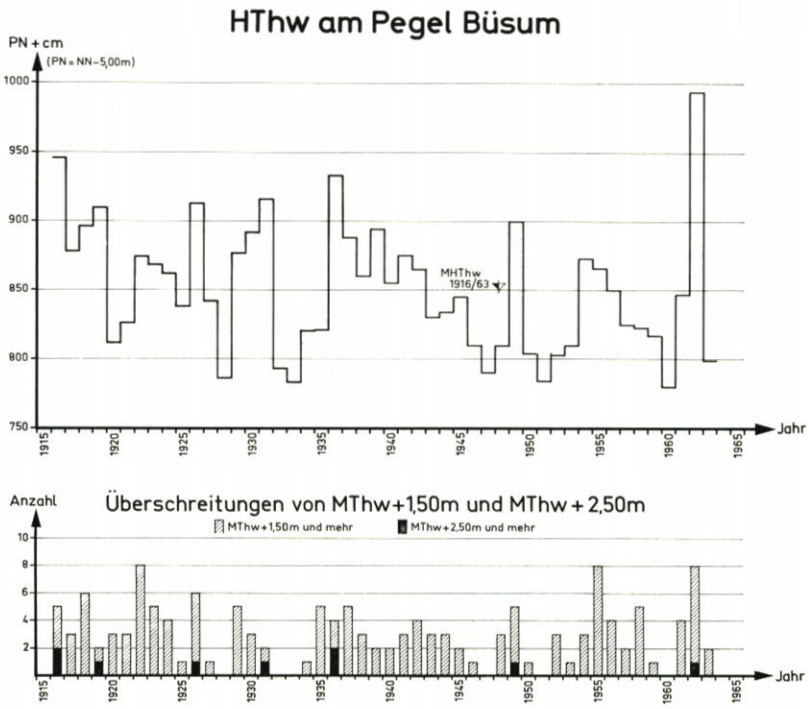

Abb. 4. Häufigkeit der Überschreitung von MThw + 1,50 m und MThw + 2,50 m im Jahr und Ganglinie des HThw. Pegel Büsum

Die Küste, 12 (1964), 86-112

wicklung während des Zeitraumes von 1936/54 bis 1945/63 auch für den Pegel Tönning bestätigt wird, läßt eine geradlinige Extrapolation der Ausgleichsgeraden des Zeitraumes von 1870/88 bis 1914/32 über einen längeren Zeitraum, z. B. bis etwa 1982/2000 nicht zu! Ebenso wird eine geradlinige Extrapolation nach rückwärts nicht zulässig sein. Daher ist auch nicht richtig, für das MThw 1825 von Tönning den Wert von PN + 607 cm anzunehmen, der sich durch geradlinige rückwärtige Extrapolation für 1816/34 ergeben würde. FISCHER (1955) gibt das MThw 1825 mit PN + 617 cm an, HUNDT (1955) rechnet mit PN + 610 cm. Der Wert PN + 610 cm liegt wahrscheinlich auch noch zu tief.

3. Häufigkeit der Tidehochwasserstände von 1,50 m und mehr über MThw

Die folgenden Häufigkeitsuntersuchungen sollen von dem Wasserstand von 1,50 m über dem nach dem vorigen Abschnitt ermittelten jeweiligen MThw ausgehen. Die untere Darstellung der Abbildung 2 gibt für den Pegel Tönning an, wie oft in einem Abflußjahr seit dem Vorliegen der Schreibpegelaufzeichnungen die Wasserstände von 1,50 m und 2,50 m über MThw von dem Thw erreicht oder überschritten wurden. In der oberen Darstellung ist die Ganglinie des HThw angegeben, zum Vergleich ist das MHThw von 1876/1963 eingetragen. Die Abbildungen 3 und 4 geben die entsprechenden Darstellungen für die Pegel Husum und Büsum. Vergleicht man die Darstellungen für die drei Pegel miteinander, so fällt auf, daß das MHThw von Husum am höchsten, das von Büsum an niedrigsten liegt. Diese Beobachtung gilt auch für den Vergleich des MHThw der Jahresreihe von 1916/63. Für diesen Zeitraum ist das MHThw am Pegel Husum 874 cm, Tönning 870 cm und Büsum 850 cm. Die Überschreitung des MThw um 1,50 m und mehr ist in Büsum wesentlich seltener als in Husum und Tönning. MThw + 1,50 m wurde in Büsum in dem Zeitraum von 1916 bis 1963 145mal erreicht bzw. überschritten, in Tönning 200- und in Husum 222mal. Maßgebend für diese Unterschiede ist wohl die unterschiedliche Lage der drei Pegel. Tönning und Husum liegen verhältnismäßig tief in einer engen trichterförmigen Flußmündung oder in einer trichterförmigen Meeresbucht, während Büsum am Eingang einer weiten Meeresbucht liegt. Die Gegenüberstellung von HThw und Überschreitungshäufigkeit von MThw + 1,50 m zeigt, daß keineswegs in einem Jahr mit großer Überschreitungshäufigkeit auch zugleich das HThw besonders hoch zu liegen braucht.

Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß die absolute Höhe der höchsten Sturmflutwasserstände immer größer geworden ist. Das geht auch aus der Ganglinie des HThw für den Pegel Tönning (Abbildung 2) hervor, wenn man das HThw der Jahre 1881, 1895, 1912, 1916, 1939 und 1962 vergleicht. Dieser Anstieg ist im wesentlichen wohl auf den allgemeinen Anstieg der Wasserstände zurückzuführen, wie er sich im Anstieg des MThw (Abb. 1) zeigt. Wie ist es aber mit der Häufigkeit hoher Wasserstände? Hat sie im Laufe der Jahre zu- oder abgenommen? HENSEN (1938) führt eine derartige Untersuchung bereits 1938 für die Pegel Cuxhaven und Hamburg durch. Er untersucht den Zeitraum von 1875/93 bis 1918/36. Die jährliche Häufigkeit der Überschreitung des Wasserstandes PN + 730 cm in Cuxhaven nimmt von 8,3 auf 14,4 zu. Die jährliche Häufigkeit der Überschreitung des MThw um mehr als 1,20 m steigt von 5,9 auf 7,1 (Cuxhaven) bzw. von 5,5 auf 7,3 (Hamburg). Das Ergebnis einer ähnlichen Untersuchung für die drei Westküstenpegel Tönning, Husum und Büsum soll hier angegeben werden. Zunächst wurden für den Pegel Tönning die 19jährigen übergreifenden Mittel der jährlichen Überschreitungshäufigkeit des Wasserstandes PN + 800 cm gebildet und als Ganglinie a in Abbildung 5 dargestellt. Schon nach dem Augenschein ergibt sich ein Anstieg dieser Linie. Nach der Methode der kleinsten Quadrate wurde die Ausgleichslinie berechnet und eingezeichnet. Danach wurde 1876/94 der Wasserstand PN + 800 cm im Mittel etwa 2,2mal im Jahr überschritten, 1945/63 etwa 3,8mal.

Die gleiche Methode wurde auch für die Überschreitung des MThw um 1,50 m angewandt. Die Ganglinie der Häufigkeit für Tönning ist in der Abbildung 5 als Kurve b dargestellt. Die Kurve hat einen sehr unregelmäßigen Verlauf. Auffallend ist die besonders große Häufigkeit der Wasserstände von MThw + 1,50 m zwischen 1904/22 und 1926/44. Die berechnete Ausgleichslinie fällt ab. Während die mittlere Überschreitungshäufigkeit 1876/94 nach der Ausgleichslinie 4,4 betrug, hat sie bis 1945/63 auf 3,9 abgenommen. Daß die Ausgleichslinie der Kurve a im Gegensatz zu der von b ansteigt, ist auf den säkularen Anstieg des MThw (Abb. 1) zurückzuführen. Eine ähnliche Tendenz der Überschreitung des MThw zeigt der Pegel Husum (Linie c in Abb. 5). Das größere Gefälle der Ausgleichsgeraden ist wohl darauf zurückzuführen, daß die wahrscheinlich auch hier geringen Überschreitungshäufigkeiten der Jahresreihen vor 1906/24 nicht mit erfaßt worden sind, weil noch keine Schreibpegelaufzeichnungen vorhanden waren. Die Schreibpegelaufzeichnungen beginnen gerade in der Periode

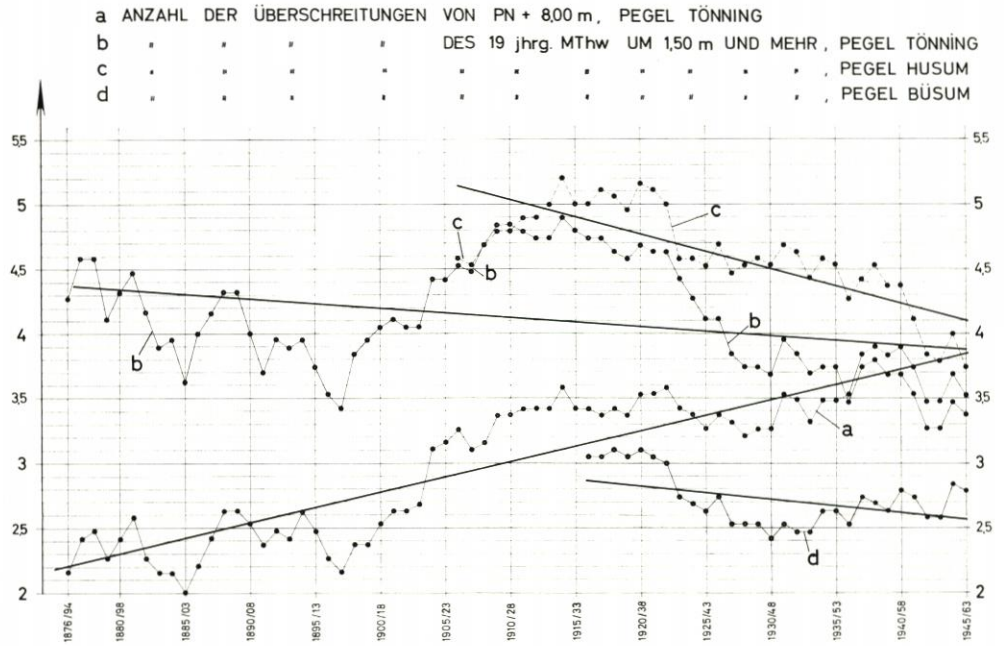

Abb. 5. Anzahl der Überschreitungen des 19jährigen MThw um 1,50 m und mehr für Tönning, Husum und Büsum sowie von PN + 8,00 m für Tönning (19jährige Mittel)

besonders großer Häufigkeit höherer Wasserstände. Auch die Ganglinie und die Ausgleichslinie für Büsum zeigen eine ähnliche Tendenz wie Tönning und Husum (Linie d in Abbildung 5). Vergleicht man den Linienzug für die Überschreitungshäufigkeit des MThw um 1,50 m am Pegel Tönning mit den entsprechenden von Hensen (1938) in Abbildung 2 seines Aufsatzes angegebenen Kurven für Cuxhaven und Hamburg, die allerdings auf die Überschreitung von MThw + 1,20 m bezogen sind, so ergibt sich eine gewisse Übereinstimmung darin, daß auch an der Elbe hohe Wasserstände im Zeitraum von 1908/26 bis 1918/36 relativ häufig waren. Die von Hensen verwendeten Beobachtungen sind nur bis zur Jahresreihe 1918/36 ausgeführt, gerade nach 1918/36 setzt aber für Tönning und Husum eine starke Abnahme der Häufigkeiten ein. Würde man die Untersuchung für Cuxhaven bis 1945/63 fortsetzen, so würde sich wahrscheinlich eine geringere Steigung der Ausgleichsgeraden, wenn nicht sogar ein Gefälle ergeben.

Die Küste, 12 (1964), 86-112

In der Zeit von 1876 bis 1963 wurde das nach Abschnitt 2 ermittelte MThw am Pegel Tönning insgesamt 359mal um 1,50 m und mehr überschritten. Diese 359 Wasserstände wurden nach Stufen von jeweils 20 cm ausgezählt und die Häufigkeitskurve in Abbildung 6 dargestellt. Die Kurve hat einen recht ausgeglichenen Verlauf. Das MThw wurde in dem Zeitraum einmal um mehr als 350 cm überschritten, nämlich am 16. Februar 1962 um 368 cm. Eine entsprechende Kurve für die Überschreitung des Wasserstandes PN + 800 cm am Pegel Tönning ist in dem Aufsatz „Sturmfluten und Hochwassermarken" (ROHDE 1964) angegeben. Die auf ein Jahr umgerechnete Häufigkeitskurve für Tönning ist auf Abbildung 7 mit logarithmischer Abszisse dargestellt. In Abbildung 7 sind auch die entsprechenden Häufigkeitskurven für Husum und Büsum eingetragen. Die Kurven für Husum und Tönning liegen sehr dicht beieinander; die Kurve für Husum liegt etwas höher, wie sich auf Grund der größeren absoluten Zahl der Überschreitungen des MThw um 1,50 m und mehr in der Zeit von 1916 bis 1963 auch erwarten läßt. Die Kurve für Büsum liegt unter der von Tönning. Bis etwa zur Häufigkeit n = 0,07 verlaufen in der halblogarithmischen Darstellung die Häufigkeitslinien für alle drei Pegel geradlinig. Diese Feststellung wird auch von HUNDT (1955) getroffen. Die Werte mit geringerer Häufigkeit unterliegen naturgemäß einer stärkeren Streuung. Dennoch ist es auffallend, daß bei drei Pegeln die Werte mit kleineren Häufigkeiten als n = 0,07 jeweils unterhalb der verlängerten Ausgleichslinien (in Abb. 7 punktiert) liegen. Die Häufigkeitslinien hätten demnach in ihren oberen Bereichen eine geringere Steigung (in Abb. 7 durch abgeknickte Linienzüge angedeutet). Der Wert für den 16. Februar 1962 für Büsum gehört eigentlich zu einer geringeren Häufigkeit als 0,02. Es ist Zufall, daß innerhalb der relativ kurzen Büsumer Beobachtungsreihe von 48 Jahren die Überschreitung von MThw + 330 cm eingetreten ist. Die größte Aussagekraft hat die Linie für Tönning, die einen Zeitraum von 88 Jahren exakt erfaßt. Gerade bei dieser Linie liegen aber die drei Punkte für die Überschreitung des MThw um 310 cm, 330 cm und 350 cm unterhalb der verlängerten Ausgleichsgeraden des Häufigkeitsbereiches von n = 4 bis n = 0,1. MThw + 310 cm wurde in Tönning in dem betrachteten Zeitraum von 88 Jahren sechsmal überschritten.

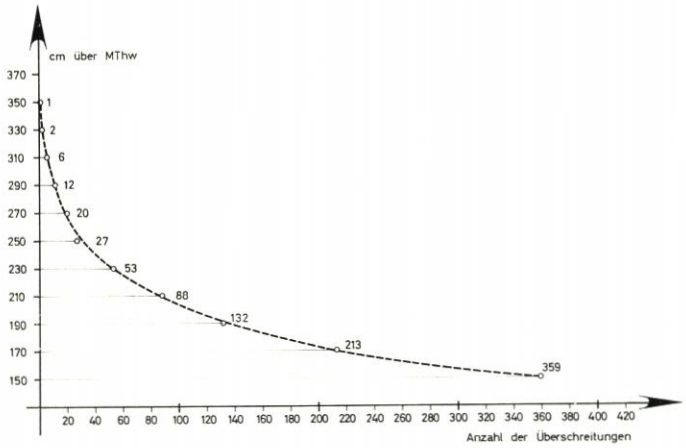

Abb. 6. Häufigkeit der Wasserstände von MThw + 1,50 m und mehr am Pegel Tönning von 1876 bis 1963

4. Häufigkeitsverteilung hoher Wasserstände über die einzelnen Monate des Jahres

LÜDERS (1936) bringt in seiner Arbeit „Die Sturmfluten der Nordsee in der Jade" die Häufigkeitsverteilung der Sturmfluten über die einzelnen Monate des Jahres für den Beobachtungszeitraum von 1875 bis 1934. Seinen Untersuchungen legt er die Wasserstandshöhe MThw

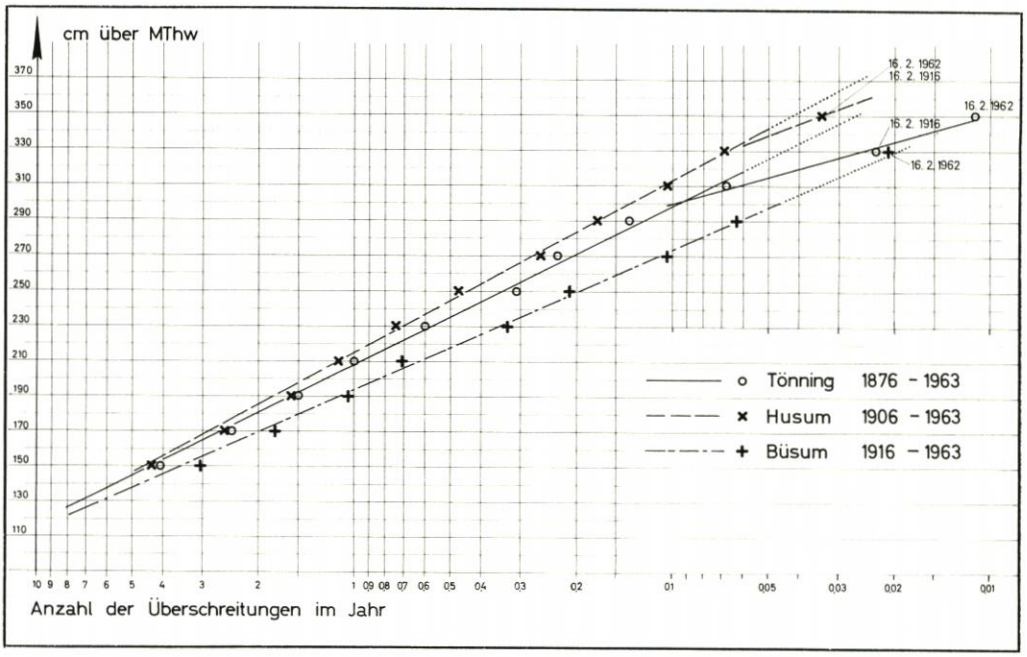

Abb. 7. Relative Häufigkeit der Wasserstände von MThw + 1,50 m und mehr an den Pegeln Tönning, Husum und Büsum (halblogarithmische Darstellung)

+ 1,20 m zugrunde. Dabei werden auch Vergleiche mit ähnlichen älteren Bearbeitungen für die Weser, Elbe und die gesamte südliche Nordsee angestellt. LÜDERS gibt die Häufigkeit in den einzelnen Monaten in Prozenten der Gesamtzahl der Sturmfluten an. Dabei ist die Häufigkeit im Dezember am größten, im Januar ist sie aber fast ebenso groß. Der Abfall im Februar ist sehr stark. Die von LÜDERS angeführten früheren Untersuchungen für andere Stromgebiete gehen zum Teil von ganz anderen Voraussetzungen aus. EILKER (1877) und HENNIG (1897) betrachten alle nur irgend bekannten Sturmfluten der südlichen Nordsee aus einem Zeitraum von 2000 bzw. 1000 Jahren. Auf diese Arbeiten wird in Abschnitt 5 noch näher eingegangen. Die anderen von LÜDERS zitierten Verfasser verwendeten Pegelbeobachtungen, die 1841, 1843 oder 1849 beginnen. Damals waren noch keine Schreibpegel in Betrieb, so daß die Beobachtungsreihen nicht alle hohen Wasserstände erfassen konnten. LÜDERS (1936) verwendet dagegen nur die Schreibpegelaufzeichnungen des Pegels Wilhelmshaven. Trotzdem *„stimmt der Gang der prozentualen Verteilung der Sturmfluthäufigkeit auf die einzelnen Monate bei allen Reihen gut überein"*.

In dem Aufsatz „Sturmfluten und Hochwassermarken" (ROHDE 1964) wurde eine Häufigkeitsverteilung hoher Tidehochwasserstände über die einzelnen Monate des Jahres angegeben. Diesen Untersuchungen lagen die Schreibpegelaufzeichnungen des Pegels Tönning von 1876 bis 1963 zugrunde. Es wurde die Anzahl der Überschreitungen des Wasserstandes von NN + 3,00 m (PN + 800 cm) dargestellt. Die größte Häufigkeit trat im Dezember auf, im Oktober und November waren die Häufigkeiten untereinander fast gleich, aber wesentlich geringer als im Dezember. Der Abfall der Häufigkeitsverteilung war nach dem Maximum im Dezember sehr steil. In dem gleichen Diagramm war auch die Häufigkeitsverteilung für eine Überschreitung des Wasserstandes von NN + 4,0 m (PN + 900 cm) dargestellt. Die Häufigkeit war im Ok-

Die Küste, 12 (1964), 86-112

tober größer als im November und Dezember, Februar und März hatten gleiche Häufigkeiten.

In der Abbildung 8 der vorliegenden Arbeit ist für den Pegel Tönning die Anzahl der Überschreitungen der Wasserstände von MThw + 1,50 m, MThw + 1,90 m, MThw + 2,30 m und MThw + 2,70 m in den einzelnen Monaten angegeben. Die Diagramme für MThw + 1,50 m und MThw + 2,70 m entsprechen dem oben geschilderten Verlauf der Häufigkeitsverteilung für die Überschreitung des Wasserstandes von PN + 800 cm und PN + 900 cm. Das Maximum der Häufigkeit der Überschreitung vom MThw + 2,70 m im Oktober ist allerdings nur schwach ausgeprägt. In den Diagrammen für die Häufigkeit der Überschreitung von MThw + 1,90 m und MThw + 2,30 m sind je zwei Maxima vorhanden, das höhere jeweils im Dezember, das kleinere im Oktober. Das Häufigskeitsmaximum verschiebt sich also mit der Zunahme der Sturmflutscheitelhöhe von Dezember nach Oktober. Die Häufigkeit im Februar ist bis MThw + 2,70 m immer sehr viel geringer als im Oktober, obwohl einige besonders schwere Sturmfluten im Februar stattfanden. Für die Folgerung, daß das Häufigkeitsmaximum der höchsten Stumfluten im Februar liegt, ist aber die Zahl der vorliegenden Beobachtungen zu gering, der Beobachtungszeitraum ist noch zu kurz.

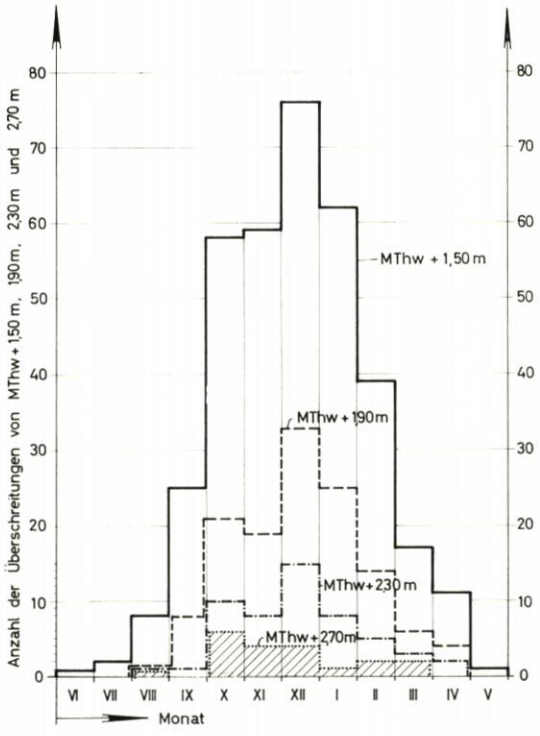

Abb. 8. Verteilung der Wasserstände von mehr als MThw + 1,50 m, MThw + 1,90 m, MThw + 2,30 m und MThw + 2,70 m über die Monate des Jahres. Tönning 1876 bis 1963

In Abbildung 9 sind die relativen Häufigkeiten für Tönning, Husum und Büsum angegeben. Im großen und ganzen ist die Häufigkeitsverteilung für die Wasserstände MThw + 1,50 m bei allen drei Pegeln sehr ähnlich. Bei Husum fällt lediglich die geringe Häufigkeit im Oktober auf. Wegen der zu kurzen vorliegenden Beobachtungsreihen für Husum und Büsum wurde eine Häufigkeitsverteilung für die Überschreitung der noch höheren Wasserstände über MThw nicht angegeben. Die Abbildung 9 gestattet einen Vergleich mit der Arbeit von LÜDERS. Für die Jade gibt LÜDERS folgende Häufigkeit der Sturmfluten (Wasserstände über MThw + 1,20 m) in den einzelnen Monaten an:

Januar	20,05 %	Februar	10,96 %
März	7,53 %	April	2,53 %
Mai	0,63 %	Juni	1,25 %
Juli	0,31 %	August	1,88 %
September	7,53 %	Oktober	12,53 %
November	14,41 %	Dezember	20,39 %

Die Werte stimmen gut mit den in Abbildung 9 dargestellten Werten für die Westküstenpegel überein.

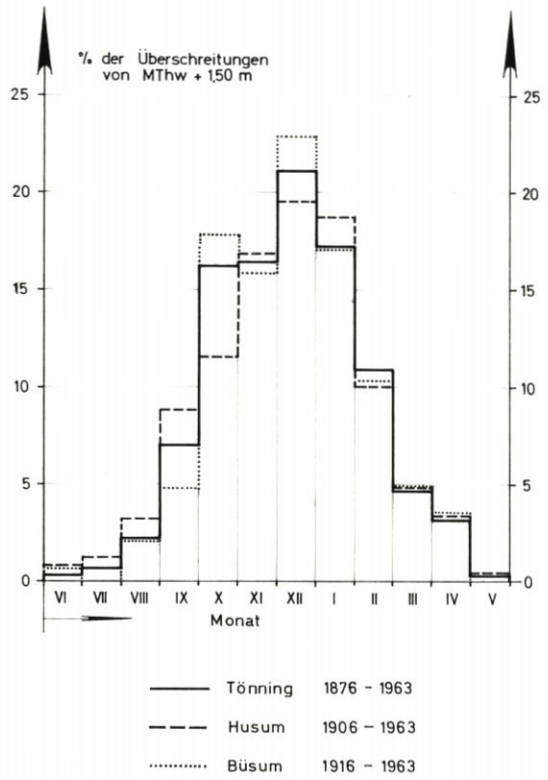

Abb. 9. Verteilung der Wasserstände von mehr als MThw + 1,50 m über die Monate des Jahres. Pegel Tönning, Husum, Büsum

Auch SINDOWSKI (1962) bringt ein Diagramm über die jahreszeitliche Häufigkeit der Sturmfluten. Seine Betrachtungen beginnen mit dem 12. Jahrhundert. Es wird nicht näher erläutert, welche Unterlagen bei der Aufstellung des Diagramms verwendet wurden. Ein Vergleich mit der Abildung 9 oder mit den Angaben von LÜDERS, denen exakte Pegelaufzeichnungen zugrunde liegen, ist daher nicht möglich.

5. Häufigkeit hoher Fluten in früheren Jahrhunderten

Die vorhergehenden Abschnitte befaßten sich mit der Häufigkeit hoher Wasserstände an der Westküste während der letzten 88 Jahre. Für diesen Zeitraum liegen Schreibpegel-Aufzeichnungen vor. Über Sturmfluten in früheren Jahrhunderten finden sich nur Angaben in Chroniken. Da es früher noch keine regelmäßigen Wasserstandsbeobachtungen gab, sind die Aufzeichnungen in den Chroniken nicht nach den beobachteten extremen Sturmfluthöhen gemacht worden, sondern mehr nach den Schäden, die die Sturmfluten anrichteten. Die Chronisten haben ihre Aufzeichnungen auch nach mündlichen Überlieferungen gemacht und aus älteren Chroniken abgeschrieben. Dadurch sind manche Daten ungenau, und es ergeben sich Widersprüche zwischen verschiedenen Chroniken, manche Sturmfluten werden mit verschiedenem Datum doppelt genannt. Die Überlieferung ist auch um so lückenhafter, je weiter die Chroniken zurückreichen. Trotzdem soll der Versuch gemacht werden, einige Aussagen über die Häufigkeit von Sturmfluten in früheren Jahrhunderten zu machen und Vergleiche mit der heutigen Sturmfluthäufigkeit anzustellen.

Bei der Durchsicht des Archivs der St.-Laurentius-Kirche in Tönning entdeckte der Verfasser ein altes Heft, das etwa das Format eines heutigen Schulheftes hat. Es enthält Berichte des Tönninger Organisten HASSE († 1728) über die Sturmfluten von 1717, 1718 und 1720/21. Etwa hundert Jahre später hat ein anderer, wahrscheinlich auch ein Tönninger Organist, einen kurzen Bericht über die Sturmflut vom Februar 1825 eingetragen (vgl. dazu den Aufsatz „Nachrichten über Sturmfluten früherer Jahrhunderte nach Aufzeichnungen Tönninger Organisten“ in dem vorliegenden Heft). Angeregt durch die schwere Sturmflut vom Februar 1825, die er miterlebte, hat sich der Verfasser des erwähnten kurzen Berichtes eingehend mit den Sturmfluten früherer Zeiten beschäftigt. Auf den letzten 29 Seiten des Heftes gibt er eine „kurze Beschreibung der hohen Fluthen und der dadurch entstandenen Überschwemmungen“. Es ist eine Zusammenstellung von Sturmfluten, beginnend mit dem Jahre 110 vor Christi Geburt bis zum 26. Januar 1794. Der Verfasser hat offenbar alle ihm zugänglichen Chroniken

Die Küste, 12 (1964), 86-112

und Berichte ausgewertet und zu seiner „Beschreibung" zusammengestellt. Dabei werden zum Teil ausführliche Schilderungen besonders über die Schäden und die Verluste an Menschenleben, Vieh und Land gegeben. Einige Berichte werden in dem Aufsatz „Nachrichten über Sturmfluten früherer Jahrhunderte nach Aufzeichnungen Tönninger Organisten" wiedergegeben. Der Verfasser der „Beschreibung" hat sich bemüht, alle Sturmfluten früherer Jahrhunderte zu erfassen. Soweit es sich dabei um das Mitteltalter bis etwa 1400 handelt, sind diese Angaben sehr lückenhaft und die Daten ungenau. Im 11. Jahrhundert werden drei, im 12. Jahrhundert acht, im 13. Jahrhundert vier, im 14. Jahrhundert aber schon fünfzehn Sturmfluten angegeben. Vom Beginn des 15. Jahrhunderts an führt der Verfasser eine solche Vielzahl von hohen Fluten auf, daß man annehmen kann, daß wohl die überwiegende Zahl der größeren Sturmfluten erfaßt ist. Dadurch gewinnt diese Zusammenstellung im Rahmen der Betrachtung über die Häufigkeit von Sturmfluten an der schleswig-holsteinischen Westküste Bedeutung.

Eine ähnliche Zusammenstellung ist auch von dem Deichinspector SALCHOW 1825 aufgestellt worden (FISCHER 1955). Diese im Landesarchiv Schleswig (A XVIII Nr. 6134) vorhandene Arbeit hat die Überschrift *Verzeichnis der größten Wasserfluthen, welche die Marschländer, besonders die Marschen des Herzogthums Schleswig bedrängt haben.* Als Vorbemerkung schreibt der Verfasser: *„Aus den besten Quellen der beglaubigten Geschichte, besonders der vaterländischen, geschöpft von dem unterzeichneten Deichinspector, seit dem Antritt des Deichinspectorats im Jahre 1803 bis zum 20. Februar 1825."* Unterzeichnet ist der Bericht *„Husum, den 22. Februar 1825,* SALCHOW". Das Verzeichnis beginnt mit einer Sturmflut im Jahre 340 vor Christi Geburt. Die Angaben über die ersten Jahrhunderte sind auch recht lückenhaft. Im 11. Jahrhundert werden vier Fluten, im 12. Jahrhundert sechs, im 13. Jahrhundert neun und im 14. Jahrhundert fünf Fluten erwähnt. Ähnlich wie in der Tönninger Zusammenstellung bringt SALCHOW zu den einzelnen Sturmflutdaten noch einige Angaben über die angerichteten Schäden an Menschenleben und Gütern, die aber hier nicht betrachtet werden sollen. Die Zusammenstellung von SALCHOW ist ohne Angabe des Verfassers in der 1825 erschienenen Schrift „Denkmahl der Wasserfluth, welche im Februar 1825 die Westküste Jütlands und der Herzogthümer Schleswig und Holstein betroffen hat" als Anhang abgedruckt.

Um zu zeigen, daß schwere Sturmfluten, wie die von ihm ausführlich beschriebene vom 11. Oktober 1634, nicht zu den Seltenheiten gehören, bringt GRAF BAUDISSIN (1876) in seinem Buch über die nordfriesischen Inseln eine Zusammenstellung der Sturmfluten von 1216 bis 1825. Auch er führt wesentlich weniger Sturmfluten an, als der Tönninger Organist. Meistens nennt er kein genaues Datum. Sehr viele Sturmfluten erwähnt auch C. P. HANSEN (1877) in der „Chronik der friesischen Uthlande". WOEBCKEN (1924) bringt in seinem Werk „Deiche und Sturmfluten an der Nordseeküste" auch eine Aufzählung der Sturmfluten früherer Jahrhunderte in chronologischer Reihenfolge. Bis auf wenige Ausnahmen sind die von ihm genannten Fluten in den beiden oben erwähnten Zusammenstellungen enthalten, zum Teil weichen die Daten geringfügig voneinander ab. Für das 15. Jahrhundert nennt WOEBCKEN acht, für das 16. Jahrhundert neun, das 17. Jahrhundert sieben und das 18. Jahrhundert sechs Fluten. Seine Aufzählung ist also auch wesentlich unvollständiger als die Tönninger Zusammenstellung. Auch FISCHER (1955) nennt im Rahmen seiner Ausführungen über Landgewinnung und Landerhaltung vielfach Sturmfluten in früheren Jahrhunderten.

Eine der Quellen, aus denen wohl alle genannten Verfasser geschöpft haben, ist die „Nordfresische Chronick" des Nordstrander Pastors M. ANTONIUS HEIMREICH (1666). Er führt eine sehr große Zahl von Sturmfluten an und gibt zu vielen auch ausführliche Beschreibungen. Die Chronik schließt mit dem Jahr 1663 ab. Seine Aufzeichnungen haben für das 17. Jahrhundert besondere Bedeutung, da HEIMREICH wohl die meisten dieser Fluten selbst miterlebt hat. Das gleiche gilt auch für die Schilderungen des Nordstrander Pastors MATTHIAS BOETIUS († 1625),

dessen Werk „De cataclysmo Nordstrandico“ im Jahre 1623 erschien. Er schildert hauptsächlich die Sturmfluten von 1612 bis 1617. (Die Übersetzung aus dem Lateinischen von SCHMIDT-PETERSEN [1931/33] ist im Schriftenverzeichnis angegeben.) HEIMREICH verweist gelegentlich auf BOETIUS. Schließlich soll noch das in plattdeutscher Sprache verfaßte „Chronicon Eiderostadense vulgare“ genannt werden, das den Zeitraum von 1103 bis 1547 umfaßt. Es soll zum größten Teil auf Aufzeichnungen des um 1555 gestorbenen JOHANN RUSSE beruhen. Diese Chronik, die in der Bearbeitung von JASPER (1923) benutz wurde, führt auch eine Reihe von Sturmfluten auf. Besonders aus dem 17. Jahrhundert gibt es noch weitere Chroniken, auf die auch FISCHER (1955) hinweist und aus denen er Nachrichten über einige Sturmfluten anführt. Auch HEIMREICH erwähnt mehrfach andere Chronisten. Diese Quellen sind aber für die folgenden Ausführungen nicht herangezogen, weil sie nicht wesentlich mehr Sturmfluten als HEIMREICH nennen. Soweit FISCHER (1955) Angaben aus anderen Arbeiten macht, werden diese zum Vergleich herangezogen. R. HANSEN (1894) gibt in der Arbeit „Beiträge zur Geschichte und Geographie Nordfrieslands im Mittelalter“ für die Sturmfluten bis zum Ende des 15. Jahrhunderts eine eingehende Quellenkritik.

In der Tabelle 2 sind aus den genannten Quellen alle Sturmfluten, beginnend mit dem Jahre 1400, mit ihren Daten angegeben. Mit dem Jahre 1400 wurde begonnen, weil erst vom 15. Jahrhundert an die Quellen eine Vielzahl von Sturmfluten nennen, die auf weitgehende Vollzähligkeit schließen läßt. Außerdem waren die morphologischen Verhältnisse im 14. Jahrhundert an der Westküste noch ganz andere. Im 14. Jahrhundert traten in Nordfriesland die großen Landverluste ein, die Trichtermündung der Eider und die Meeresbucht Hever entstanden. Man kann annehmen, daß im 15. Jahrhundert die Küstenlinie der Westküste der heutigen sehr viel ähnlicher war, als in den noch weiter zurückliegenden Jahrhunderten. Darum sind Vergleiche zwischen der Sturmfluthäufigkeit früherer Jahrhunderte und der heutigen Zeit erst vom 15. Jahrhundert an sinnvoll.

In der Spalte 1 der Tabelle 2 sind die in der im Tönninger Kirchenarchiv gefundenen Zusammenstellung enthaltenen Sturmfluten aufgeführt, in Spalte 2 Sturmflutangaben aus anderen Quellen. Spalte 3 zeigt, in welchen der genannten sieben Quellen die verschiedenen Sturmfluten erwähnt sind. Es ergibt sich, daß die Tönninger Zusammenstellung von allen benutzten Quellen die umfassendste ist. Die meisten Sturmfluten der Tönninger Zusammenstellung werden auch in anderen Quellen erwähnt. Hinsichtlich der genauen Daten wird die Tönninger Zusammenstellung von anderen Quellen allerdings häufig ergänzt. Die meisten Angaben der Tönninger Zusammenstellung bis zum 19./20. Oktober 1663 werden auch von HEIMREICH gemacht. Besonders besteht hinsichtlich der Schilderungen einzelner Sturmfluten und der Aufzählung der Schäden eine weitgehende Übereinstimmung. Trotzdem ist nicht anzunehmen, daß der Tönninger Organist unmittelbar von HEIMREICH abgeschrieben hat, weil sonst manche Fehler nicht entstanden wären. Es ist eher zu vermuten, daß andere Abschriften und Auszüge aus HEIMREICHS Chronik benutzt wurden. HEIMREICHS „Nordfresische Chronik“ dürfte aber doch die wesentliche Grundlage der Tönninger Zusammenstellung wie auch der Zusammenstellung von SALCHOW und wohl auch der Chronik von C. P. HANSEN sein.

In der Spalte „Bemerkungen“ der Tabelle 2 sind einige Hinweise auf unterschiedliche Datumangaben gemacht. Manche Sturmfluten sind sicher doppelt aufgeführt; soweit fehlerhafte Überlieferung wahrscheinlich erschien, wurden die betreffenden Daten in der Tabelle 2 eingeklammert. So war die Sturmflut im November 1412 nach HEIMREICH und Chronicon am Cäcilientag (22. November) und nicht am 8. November. Für 1431 erwähnt außer der Tönninger Handschrift keine andere Quelle eine Sturmflut. Die Schadensangaben entsprechen den für 1436 gemachten Angaben aber genau, so daß der Tönninger Bericht diese Flut wohl doppelt genannt hat. (Nach R. HANSEN stammt die Angabe für 1431 aus der Chronik des P. SAX.)

Die Küste, 12 (1964), 86-112

Tabelle 2

Zusammenstellung der Sturmfluten in früheren Jahrhunderten (1400 bis 1794)

Quellen:		
	A. Heimreich	A
	Baudissin	B
	Chronicon Eiderostadense	C
	C. P. Hansen	H
	Salchow	S
	Tönninger Kirchenarchiv	T
	Woebcken	W

(–) Fluten bzw. Daten, die bei der Auszählung nicht berücksichtigt wurden
* Fluten, deren Daten nach dem gregorianischen Kalender in den folgenden Monat fallen

a) 15. Jahrhundert

Nach der Zusammenstellung im Tönninger Kirchenarchiv	nach anderen Quellen	Quellenangaben	Bemerkungen
	1400	S	
1404 19. November		H S T	
1405		A B S T	
1412 (8. November)	1412 am Cäcilientag* = 22. November	A C H S T	C spricht nur von großem Wind zu Cäcilien, nach A am 19. November oder 1. Dezember
1421 26. Dezember*		A C T W	
	1426 Michaelis* = 29. September	C W	
1426 26. Dezember*		A B T	A: oder am 28. Oktober
1427 Michaelis* = 29. September		A B C T	
1428 Michaelis*		A B S T W	nach W 4. Oktober
(1431 Allerheiligen = 1. November)		T	wahrscheinlich mit der Flut von 1436 verwechselt
1434 St. Gallentag = 16. Oktober		A H S T	1. Gallenflut
	1435	S	
1436 Allerheiligen = 1. November		A B C H S T W	
1446 17. April		T	
(1460 Dreikönigstag = 6. Januar)		T	Wahrscheinlich eine Verwechslung mit der in mehreren Quellen genannten Flut vom 6. Januar 1470
1470	1470 Dreikönigstag	A C S T	
1471	1471 Dreikönigstag	A C S T	
1474 (6. Oktober)	1474 16. Oktober	A H S T	2. Gallenflut
1476 16. Oktober		A B C H S T W	3. Gallenflut
1477 16. Oktober		A C H S T	4. Gallenflut
1479	1479 St. Barbaranacht = 4. Dezember	A C T W	
1480 (Johanni = 24. Juni)	1480 Walpurgis = 1. Mai	A T	Wahrscheinlich ein Schreibfehler von T
	1482	B	
	1483 Montags in der Fastenzeit = März	C	

Die Küste, 12 (1964), 86-112

Nach der Zusammenstellung im Tönninger Kirchenarchiv	nach anderen Quellen	Quellenangaben	Bemerkungen
1483 16. Oktober		A B C H S T	5. Gallenflut auch von Boetius erwähnt
	1483 Cäcilientag* = 22. November	A C	
1484	1484 Neujahrsnacht* = 31. Dezember	C T	
1491 6 Tage vor Michaeli = 23. September*	1491 23. September*	A B H S T	nach B 16. September
	(1492 vor Michaelis)	C	wahrscheinlich ist die Flut von 1491 gemeint
	1497	S	

Nach der Tönninger Zusammenstellung	20 hohe Fluten
dazu nach anderen Quellen	7 hohe Fluten
Gesamtzahl 15. Jahrhundert	27 hohe Fluten

b) 16. Jahrhundert

Nach der Zusammenstellung im Tönninger Kirchenarchiv	nach anderen Quellen	Quellenangaben	Bemerkungen
1501	1501 16. Oktober	H S T	6. Gallenflut
1506		T	
1508 (1. Februar)		T	wahrscheinl. m. Brixenflut verwechselt
	(1508 16. Oktober)	H	
	1508 Briccius-Tag = 13. November	A C S W	Brixenflut
1509 (vor Weihnachten)	1509 Nicolai = 6. Dezember	A T	wahrscheinl. dieselbe Flut
1511	1511 Magnustag = 16. April	A B H S T W	nach W: 16. 1. 1511
1514	1514 Brigittentag = 1. Februar	A S T	
(1515)		S T	nach S nur in Holland
1518		T	
1521 (Freitag nach Lätare = 15. März)	1521 26. Februar*	A S T	wahrscheinl. dieselbe Flut
	1530 Allerheiligen = 1. November	H S W	nach W: 5. 11. 1530
1531 um Jacobi* = Ende Juli		A T	
1532 2. November		A B C H S T W	sehr schwere Katastrophenflut
1533 Montag vor Allerheiligen*	1533 Simon und Juda* = 28. Oktober	A B C S T	
1538 6. Dezember		C T	wahrscheinlich ist mit 6. 12. 1538 und 1539 dieselbe Flut gemeint
(1539 6. Dezember)		A S T	
1543		A S T	
	1547	A S	
1548		A S T	

Die Küste, 12 (1964), 86-112

Nach der Zusammenstellung im Tönninger Kirchenarchiv	nach anderen Quellen	Quellenangaben	Bemerkungen
1550	1550 Dienstag nach St. Gallen = 21. Oktober	A S T	
1551		S T	
1552 (14 Tage vor Weihnachten)	1552 14 Tage vor Fastnacht = 14. Jan.	A T	wahrscheinlich ein Schreibfehler von T
1553		A S T	
1559 14. November	1559 nach Martini	A S T	
1561 27. Juli*		A B S T	
1570 5./6. November	1570 (Allerheiligen)	A B H S T W	
1571 Allerheiligen = 1. November		A H S T	
1573 21. August		A H S T W	Kornflut genannt
1574 22. od. 28. Jan.*	1574 Bekehrung des Paulus = 25. Januar*	A H S T	
1578 Mariä Verkündigung = 25. März*		T W	
1580 (9. Mai)	1580 1. Mai	A T	9. Mai wahrscheinlich Schreibfehler von T
(1582 8 Tage nach Allerheiligen = 9. November)		B T	wahrscheinlich nur für die Elbmündung
1583		T	
	(1584)	S	nur für die Elbe bis Hamburg
1585 2. Februar		T	
	1588 Dezember	H	
1590 Dreikönigstag = 6. Januar		A H T	Eisflut
1593 24. Dezember*		A B H S T W	A: statt 1593 sagen andere 1594. Es ist anscheinend dieselbe Flut gemeint
	(1594 22. Dezember)	H S	
1595 Jacobi* = 25. Juli		H T	
1595 22. Dezember*		T	
1597 25. September*		A H S T	
	1599	B	

Nach der Tönninger Zusammenstellung	33 hohe Fluten
dazu nach anderen Quellen	4 hohe Fluten
Gesamtzahl 16. Jahrhundert	37 hohe Fluten

c) 17. Jahrhundert

Nach der Zusammenstellung im Tönninger Kirchenarchiv	nach anderen Quellen	Quellenangaben	Bemerkungen
	(1601 im November)	S	Hohe Flut über Holland
1602 14. Februar		A B T W	3 Tage nach Neumond. Neumond war am 11. 2.
1610	1610 23. Januar*	A B H S T	

Nach der Zusammenstellung im Tönninger Kirchenarchiv	nach anderen Quellen	Quellenangaben	Bemerkungen
	1612 Bartholomäi = 24. August*	A	
	1612 14. September	A B H S	nach BOETIUS können nur die Fluten v. 21. 10. u. 22. 12. als schwere Sturmfluten gelten
1612 21. Oktober		A B H S T	
	1612 26. November*	A H S	
	1612 22. Dezember*	A H S	
1615 1. Dezember		A B H S T W	auch von BOETIUS erwähnt, Hauptflut am 2. Dezember
	1615 21. Dezember	H	Die Flut drang in die Deichbrüche der Flut vom 1. 12. ein
	1616 30. Dezember*	BOETIUS	
	1617 2. Februar	BOETIUS	
1625 (30. Januar)	1625 20. Januar	A B H T	wahrscheinlich dieselbe Flut
(1625 19. Februar)		A H T	A und auch H sprechen von einem starken NO-Sturm am 9./10. Febr. Demnach keine hohe Flut!
1625 26. Februar*		A B H S T	Hohe Eisflut
	1625 20. März	B	
(1626 27./28. Oktober)		T	Von T wohl mit 1627 verwechselt
1627	1627 27. Oktober*	A H S T	
1628	1628 26./29. Januar*	A B	
	1628 5.–7. September	B	
	1628 6. November	A S T	S. u. T ohne Datum
	1628 16. Dezember	A B	auch von FISCHER angeführt
1629	1629 27. August*	A S T	
1630 6. Juni		A B H T	nach FISCHER wohl 6. Januar gemeint, aber A spricht von vernichteter Ernte!
1634 11. Oktober		A B H S T W	sehr schwere Katastrophenflut!
	1635 20. Oktober	FISCHER	eine erhöhte Flut
1639 21. August		A S T	
1643	1643 23./24. Januar*	B T W	nach FISCHER u. W 23. bzw. 24. Januar
1648 14./15. Februar		A T	
	(1651 29. Januar)	S	vermutlich dieselbe
1651 22. Februar*		A T W	Flut gemeint
	(1651 23. Dezember)	S	wahrscheinlich
1652 23. Dezember*		A T	dieselbe Flut
1653 26./27. Dez.*		A T	
1655 4. August		A B H S T	
	1657 20. Oktober	A	
	1659 30. November*	S	
1660 16. November		A B S T	
1661 5. Januar		A B S T	
	1661 16./17. Januar	A S	
1662 19./20. Februar*		A B H S T	hohe Flut zur Ebbezeit
	1662 11. bis 16. Nov.	A H	nach A zwei hohe Fluten

Die Küste, 12 (1964), 86-112

Nach der Zusammenstellung im Tönninger Kirchenarchiv	nach anderen Quellen	Quellenangaben	Bemerkungen
1663 19./20. Oktober		A S T	
(1665 5./6. Dezember)		S T	nicht an der Westküste
	1666 30. September*	S	
1667 26. Januar*	(1666 26. Januar)	S T	wahrscheinlich dieselbe Flut
1679		T	
	(1682 5. Februar)	S	nicht an der Westküste
	1685 24. November*	H W	
(1692)		B T	nicht an der Westküste
1696		T	
1697 23. Juni*		T	
1699		T	

Nach der Tönninger Zusammenstellung	27 hohe Fluten
dazu nach anderen Quellen	18 hohe Fluten
Gesamtzahl 17. Jahrhundert	45 hohe Fluten

d) 18. Jahrhundert

Nach der Zusammenstellung im Tönninger Kirchenarchiv	nach anderen Quellen	Quellenangaben	Bemerkungen
1701		B T	1701, 1702 und 1703 kamen nach T an Höhe 1634 gleich. Ob diese Bemerkung zutreffend ist, erscheint zweifelhaft.
1702		T	
1703	wahrscheinl. Dezember	B H T	Nach H war im Dez. 1703 ein starker Sturm
1710 Dienstag nach Trinitatis		B T	17. Juni
1710 27. Juli		T	
	1714	B	
	1715 14. Februar	H	
1715 4. März		T	
1717 24./25. Dezember		B H S T W	
1718 25. Februar		B H S T	
	1718 im Herbst	B	Oktober angenommen
	1719 26. Mai	B	
1720 31. Dezember		B H T	2 Tage nach Neumond. Neumond war am 29. 12.
1721 1. Januar		T	
	1725	B	
1745 Karfreitag = 16. April		B T	
1747 2. Dezember		T	
1749 9. September		T	
1751 11. September		B H T W	
	1756 Februar	H	

Nach der Zusammenstellung im Tönninger Kirchenarchiv	nach anderen Quellen	Quellenangaben	Bemerkungen
1756 7. Oktober		B H S T W	
	1763	B	
	1769 21. August	H	
	1786 28. Juli	H	H: 1786 viele Stürme und Überschwemmungen
1791 22. März		B H S T W	
1792 10./11. Dezember		B H S T	3 Tage vor Neumond! Neumond war 13. 12. abends
1793 13. März		B H T	
1794 26. Januar		B H S T	

Nach der Tönninger Zusammenstellung	19 hohe Fluten
dazu nach anderen Quellen	9 hohe Fluten
Gesamtzahl 18. Jahrhundert	28 hohe Fluten

Für den Dreikönigstag 1460 wird eine Flut mit ähnlichen Deichschäden genannt, wie HEIMREICH und Chronicon sie für den Dreikönigstag 1470 angeben, dagegen erwähnt der Tönninger Bericht 1470 kein Datum. Die 1480 für Johanni und Walpurgis genannten Fluten dürften identisch sein. R. HANSEN hält die Fluten von 1431, 1460, 1470, 1477, 1480 und 1482 für Verdoppelungen. Übereinstimmend wird von Chronicon, HEIMREICH und SALCHOW für St. Briccius 1508 (13. November) eine hohe Flut erwähnt. Der Tönninger Bericht datiert die Flut auf den 1. Februar, er hat wohl St. Briccius mit St. Brigida verwechselt. Auch die von C. P. HANSEN für den 16. 10. 1508 erwähnte Flut dürfte mit der „Brixenflut" identisch sein. 1538 und 1539 nennt der Tönninger Bericht jeweils eine Flut am 6. Dezember. HEIMREICH nennt nur den 6. Dezember 1539, Chronicon den 6. Dezember 1538. Auch diese Fluten dürften identisch sein. 1552 hat der Tönninger Bericht wohl 14 Tage vor Fastnacht mit 14 Tage vor Weihnachten verwechselt. Für 1593 schreibt HEIMREICH ausdrücklich: *„An. 1593 (andere setzen 1594) ist auff Christ-Abend ein schrecklich Ungewitter entstanden ... und sein daselbst die Teiche so sehr zerschlagen ..."* Diese Flut haben SALCHOW und C. P. HANSEN wohl doppelt gezählt. Mit der Flut vom 19. Februar 1625 meint der Tönninger Bericht wohl den von HEIMREICH für den 9./10. Februar erwähnten NO-Sturm, bei dem es sicher keine hohe Flut gegeben haben kann. Die Fluten 27./28. Oktober 1626 und 27. Oktober 1627 sind wohl identisch, ebenso 29. Januar 1651 (SALCHOW) und 22. Februar 1651 (HEIMREICH, Tönninger Handschrift, WOEBCKEN), 23. Dezember 1651 und 1652, 26. Januar 1666 und 1667. Leider sind in jedem Jahrhundert einige Fluten ohne genaues Datum angegeben, nur die Jahreszahl ist überliefert. Einige Sturmfluten, die WOEBCKEN erwähnt, über die sich aber keine Angaben in den anderen Quellen für die Westküste finden, wurden nicht in die Tabelle aufgenommen, weil angenommen werden kann, daß es sich um Fluten handelt, die nur an der ostfriesischen Küste als schwere Sturmfluten bezeichnet werden können. Das gilt auch für einige Fluten, die nur SALCHOW oder nur BAUDISSIN erwähnen und bei denen nur für andere Gegenden Schäden angegeben sind (z. B. BAUDISSIN: *„1504 ging die Gemeinde Herzhorn unweit Glückstadt fast ganz zugrunde"*).

Wenn man unter Berücksichtigung der im vorigen Absatz genannten Berichtigungen die in den verschiedenen Quellen genannten Sturmfluten zusammenzählt, so sind im 15. Jahrhundert 27, im 16. Jahrhundert 37, im 17. Jahrhundert 45 und im 18. Jahrhundert 28 hohe Fluten erwähnt worden, die in der Tabelle 2 zusammengestellt sind. Es soll nun zunächst an-

Die Küste, 12 (1964), 86-112

genommen werden, daß die Tabelle 2 ein weitgehend vollständiges Verzeichnis der schweren Sturmfluten früherer Jahrhunderte darstellt. Nur die schweren Sturmfluten, bei denen meistens nennenswerte Schäden an den Deichen auftraten, Köge überflutet wurden und häufig auch hohe Verluste an Menschleben, Vieh und Gütern eintraten, wurden im allgemeinen in den Chroniken erwähnt. Aus Abbildung 7 läßt sich ablesen, welchen Wasserstand über MThw die Sturmfluten mit einer Häufigkeit, die der Häufigkeit der in Tabelle 2 genannten historischen Sturmfluten entspricht, heute überschritten hätten. Für das 15. Jahrhundert mit einer jährlichen Häufigkeit n = 0,27 beträgt dieser Wasserstand 2,4 m (Büsum) und 2,7 m (Husum). Für das 16. Jahrhundert mit einer Häufigkeit von n = 0,37 sind die entsprechenden Wasserstände 2,3 m und 2,6 m, für das 17. Jahrhundert (n = 0,45) 2,2 m und 2,5 m und für das 18. Jahrhundert (n = 0,28) 2,4 m und 2,7 m. Alle Sturmfluten mit einer derartigen Scheitelhöhe über MThw gehören auch heute zu den schweren Sturmfluten. Wenn heute nur bei wenigen sehr schweren Sturmfluten größere Schäden auftreten, so ist das dem Fortschritt der Technik zu verdanken. Die Deiche sind wehrhafter, das Warnsystem ist dank der modernen Nachrichtentechnik besser als in früheren Jahrhunderten. Es ist durchaus denkbar, daß früher schon Sturmfluten, deren Scheitel den Wasserstand MThw + 2,2 m oder 2,5 m überschritt, an vielen Stellen zu Deichbrüchen führten und große Schäden hervorriefen, die dann in den Chroniken genannt und über die Jahrhunderte überliefert wurden.

Die große Zahl der in Tabelle 2 aufgeführten „hohen Fluten" ist wohl nicht übertrieben. Man kann eher annehmen, daß das Verzeichnis für einige Jahrhunderte noch unvollständig ist. So ist wohl die für das 15. Jahrhundert genannte relativ geringe Zahl an hohen Fluten darauf zurückzuführen, daß die Überlieferung lückenhaft ist. Im 16. und 17. Jahrhundert sind die Lücken naturgemäß geringer als in den noch älteren Zeiten. Besonders viele Sturmfluten werden im 17. Jahrhundert erwähnt. Aus dieser Zeit stammen gerade die besten Chroniken wie die von Heimreich und Boetius. Diese Quellen nennen z. B. für 1612 und 1628 jeweils eine größere Zahl von Sturmfluten in unmittelbarer Folge. Es ist nicht anzunehmen, daß es sich bei allen um wirklich „schwere Sturmfluten" gehandelt hat. Das läßt sich für 1612 anhand der Berichte von Boetius nachweisen. Die Sturmflut am 14. 9. 1612 trat bei Südsturm ein und war wohl eine leichtere. Boetius erwähnt sie nur, weil dabei die neuerbaute Ilgrover Schleuse zerstört und dadurch der Koog überschwemmt wurde. Die von Heimreich erwähnten Sturmfluten vom 24. August und 26. November nennt Boetius nicht, wahrscheinlich waren sie nicht besonders schwer. Nur die Sturmfluten am 21. Oktober und 22. Dezember 1612, bei denen die hauptsächlichen Deichschäden eintraten, können wohl als „schwere Sturmfluten" gelten.

Auffallend ist die relativ geringe Zahl der überlieferten Schadensfluten im 18. Jahrhundert. Sie ist vielleicht dadurch begründet, daß die Deichbautechnik im 18. Jahrhundert schon weiter fortgeschritten war als in den Jahrhunderten vorher. Für das 18. Jahrhundert dürfte in viel stärkerem Maße gelten, was Heimreich für die Deiche im 17. Jahrhundert im Vergleich zu früheren Jahrhunderten sagt: „... *daß die Teiche zu der Zeit gar niedrig und gering gewesen und die Leute sich auff dem Teichwesen nicht so wol verstanden wie itzunder*". Manche Flut, die im 15., 16. und 17. Jahrhundert bemerkenswerte Schäden angerichtet hätte, konnte von den Deichen vollständig abgewehrt werden. Die Ursache dafür ist vielleicht die Tatsache, daß nach der „Jahrhundertflut" des 18. Jahrhunderts, der „Weihnachtsflut" von 1717, die schwere Schäden verursacht hatte, die Deiche mit großer Mühe und einem Aufwand von einem bisher nicht gekannten Maße wiederhergestellt wurden. Bemerkenswert ist, daß von 1701 bis 1725 fünfzehn Schadensfluten bekannt sind, wovon die schwersten zwischen dem 24. Dezember 1717 und dem 1. Januar 1721 lagen. Die nächste Flut wird erst 1745 erwähnt und von 1745 bis 1794 werden dreizehn Fluten genannt. Diese Tatsache läßt den Schluß zu, daß nach den schweren Fluten am Ende des zweiten Jahrzehnts des 18. Jahrhunderts

die Deiche so instand gesetzt wurden, daß in den folgenden achtzig Jahren nur etwa ebenso viele Fluten nennenswerte Schäden brachten als in den ersten zwanzig Jahren des Jahrhunderts. C. P. HANSEN erwähnt für die zweite Hälfte des 18. Jahrhunderts sehr viel häufiger schwere Stürme als Deichbrüche und Überflutungen der Köge. Selbstverständlich ist es auch möglich, daß die geringe Anzahl von Sturmfluten, die in der Tabelle 2 für das 18. Jahrhundert aufgeführt sind, nur auf mangelhafte Überlieferung zurückzuführen ist oder daß tatsächlich im 18. Jahrhundert hohe Fluten relativ selten waren. Besonders hohe Fluten mit einer Häufigkeit von n = 1 im Jahrhundert waren die Fluten von 1634, 1717 und 1825. Nach den von HUNDT vorgenommenen Beschickungen liegen sie in ihrer Scheitelhöhe über MThw in der gleichen Größenordnung wie die Sturmflut von 1962. Die Flut von 1532 wird auch in dieser Höhe gelegen haben (FISCHER 1955).

An dieser Stelle müßte sich eigentlich eine Zusammenstellung der Sturmfluten des 19. Jahrhunderts anschließen. Von 1876 an liegen für den Pegel Tönning Schreibpegelaufzeichnungen vor, die alle hohen Wasserstände erfassen. Die Lattenpegelbeobachtungen des Zeitraumes von 1867 bis 1875 können, da es sich im allgemeinen nur um Tagesablesungen handelt, nur etwa 50 % der hohen Wasserstände exakt erfassen. Abbildung 2 zeigt, daß hohe Wasserstände in der Zeit von 1876 bis 1899 keineswegs seltener waren als nach 1900. Es ist daher auch nicht anzunehmen, daß in den ersten 75 Jahren des 19. Jahrhunderts die Sturmfluten besonders selten gewesen sind. In den Chroniken finden sich nach 1825 aber sehr wenige Hinweise auf Sturmfluten. BAUDISSINS Verzeichnis schließt mit der Sturmflut von 1825 ab. SALCHOW erwähnt im 19. Jahrhundert folgende hohe Fluten: 1. Dezember 1821, 4. März 1822, 1. bis 6. Dezember 1823, 3. November 1824, 12. bis 14. November 1824 und 3./4. Februar 1825. C. P. HANSEN (1877) nennt Sturmfluten am 1. Dezember 1821, 4. Dezember 1823, 3./4. Februar 1825, 7./8. Juni 1839. Mehrfach erwähnt C. P. HANSEN schwere Stürme mit Schiffsuntergängen, aber nur selten Überschwemmungen und keine Deichbrüche. Für die Zeit vom 18. bis 20. Dezember 1862 führt er z. B. einen entsetzlichen Sturm, verbunden mit ungewöhnlichen Überschwemmungen an. Offenbar gilt für das 19. Jahrhundert noch mehr als für das 18. Jahrhundert, daß man nach der schweren „Jahrhundertflut" (3./4. Februar 1825) die Deiche so instand gesetzt hat, daß selbst die schweren Sturmfluten keine Deichbrüche und schwere Deichschäden hervorrufen konnten. Diese Bemerkungen gelten jedoch nur für die eigentlichen Seedeiche, dagegen nicht für die Eiderdeiche oberhalb von Friedrichstadt! Wenn man versuchen wollte, für die Zeit von 1825 bis 1867 Häufigkeiten hoher Wasserstände zu ermitteln, müßte man alte Akten, die Provinzialberichte, Zeitschriften, wie z. B. das von N. FALCK herausgegebene „Neue Staatsbürgerliche Magazin", und auch die Zeitungen durcharbeiten. In den „Notizen zur Chronik" von H. SCHRÖDER (1836) finden sich u. a. einige Angaben über schwere Sturmfluten. Danach war in der Nacht vom 1. auf 2. November 1833 eine Sturmflut, die an der Westküste bedeutenden Deichschaden anrichtete. Noch höher soll die Flut am 17./18. Oktober 1834 gewesen sein. In der Nacht vom 18. auf 19. November 1835 entstanden an den Deichen in Dithmarschen und Eiderstedt Schäden, das Wasser drang in Tönning in Straßen und Häuser. Auch HENNIG (1897) weist auf das Fehlen einer lückenlosen Sturmflutstatistik für das 19. Jahrhundert bis 1876 hin.

Zum Schluß soll noch der Versuch gemacht werden, auf Grund der Angaben der Tabelle 2 eine Häufigkeitsverteilung hoher Fluten über die einzelnen Monate des Jahres anzugeben. Dabei konnten nur die Fluten verwendet werden, für die Zeitangaben vorhanden waren. Bei den Zeitangaben ist der Unterschied zwischen dem julianischen und gregorianischen Kalender zu beachten. Der heute gültige gregorianische Kalender wurde im protestantischen Teil Deutschlands erst mit dem 1. März 1700 eingeführt. Bei der Betrachtung der Häufigkeitsverteilung der Sturmfluten über die Monate müssen die Zeitangaben vor 1700 auf den gregorianischen Kalender umgerechnet werden. Alle Daten sind im 16. und 17. Jahrhundert um 10, im 15.

Die Küste, 12 (1964), 86-112

Jahrhundert um 9 Tage vorzudatieren. Soweit die Sturmfluten dadurch in den nächstfolgenden Monat rücken sind sie in der Tabelle 2 mit * bezeichnet. Unter Berücksichtigung dieser Verschiebungen ist in Tabelle 3 die Verteilung der hohen Fluten über die Monate des Jahres für jedes der vier Jahrhunderte angegeben. Dabei ist auch erwähnt, wie viele Fluten nicht berücksichtigt werden konnten. Insgesamt sind es 22 Fluten oder 16 %, für die kein Datum angegeben war. Diese 22 Fluten wurden auf die einzelnen Monate in dem Verhältnis verteilt, wie hohe Fluten für die betreffenden Monate mit Datum bekannt sind. Das Ergebnis ist in der untersten Zeile als „verbesserte Summe" angegeben.

Tabelle 3

Verteilung der hohen Fluten früherer Jahrhunderte über die Monate des Jahres

Monat:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ohne Datum	Summe
15. Jahrhundert	5	–	1	1	1	–	–	–	–	9	2	3	5	27
16. Jahrhundert	4	3	1	2	1	–	–	3	1	3	7	3	9	37
17. Jahrhundert	7	7	4	–	–	1	1	2	4	6	4	6	3	45
18. Jahrhundert	2	3	3	1	1	1	2	1	2	2	–	5	5	28
Summe	18	13	9	4	3	2	3	6	7	20	13	17	22=16%	137
Verbesserung	+3	+3	+2	+1	0	0	+1	+1	+1	+4	+3	+3	–	22
verbesserte Summe	21	16	11	5	3	2	4	7	8	24	16	20		

In der graphischen Darstellung Abbildung 10 ist die Häufigkeitsverteilung über die Monate für das 15., 16., 17. und 18. Jahrhundert zusammen dargestellt. Die gestrichelte Linie gibt die „verbesserte Summe" an. Die größte Häufigkeit ist im Monat Oktober vorhanden, ein zweites, aber etwas niedrigeres Maximum tritt im Dezember/Januar auf. Im Februar ist die Häufigkeit geringer als im Oktober und Dezember. Es ist eine gewisse Ähnlichkeit dieses Diagramms mit dem Diagramm festzustellen, das in Abbildung 8 für die Überschreitung von MThw + 2,30 m dargestellt ist. Diese Ähnlichkeit spricht dafür, daß die Tabelle 2, die als eine weitgehend vollständige Aufzählung von historischen hohen Fluten an der Westküste gelten kann, zugleich als eine Zusammenstellung von Sturmfluten mit einer Scheitelhöhe von mehr als etwa MThw + 2,3 m in den früheren Jahrhunderten anzusehen ist. Die Ähnlichkeit besteht in dem starken Anstieg im Oktober, den zwei Maxima der Häufigkeit im Oktober und Dezember sowie der geringeren Häufigkeit im November im Vergleich zum Oktober und Dezember. Im Diagramm der Abbildung 8 für MThw + 2,30 m ist das Maximum im Dezember allerdings etwas höher als im Oktober. Eine genaue Übereinstimmung der Darstellung von Abbildung 10 mit der von Abbildung 8 ist aber auch nicht zu erwarten. Es sind die nicht datierten Fluten, die rund 16 % der in Tabelle 2 aufgeführten Fluten ausmachen, ziemlich willkürlich auf die einzelnen Monate verteilt. Sicher sind auch nicht alle

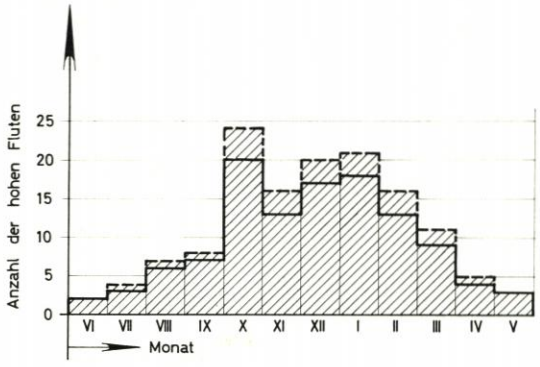

Abb. 10. Verteilung der Schadensfluten des 15., 16., 17. und 18. Jahrhunderts über die Monate des Jahres

Fluten erfaßt, die Zahl für das 15. Jahrhundert ist wahrscheinlich unvollständig, und im 18. Jahrhundert fehlen einige Fluten, die an Höhe wohl den Fluten der vorhergehenden Jahrhunderte gleichkamen, aber keinen Schaden anrichteten.

Untersuchungen über die monatliche Verteilung von Sturmfluten in früheren Jahrhunderten werden auch von HENNIG (1897) und EILKER (1877) angestellt. Die Ergebnisse sind aber nicht mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit zu vergleichen, da sie von ganz anderen Voraussetzungen ausgehen. HENNIG zieht alle datierten Sturmfluten vom Jahre 807 nach Chr. bis 1895 heran. Dabei können seine Angaben für die Zeit vor 1400 bei weitem nicht vollständig sein, sondern enthalten nur eine zufällige Auswahl. Er betrachtet auch die gesamte Nordsee und nicht ein einzelnes Küstengebiet. Schließlich führt er vielfach für unmittelbare Folgen von Tagen mehrere „Sturmfluten" auf, z. B. allein für die Zeit vom 6. bis 12. Dezember 1792 sieben hohe Fluten. Sehr wahrscheinlich waren alle Tiden in dieser Sturmperiode erhöht, aber wohl nur eine kann als „schwere Sturmflut" mit einem Wasserstand von mehr als 2,3 m über MThw gelten. (Vgl. dazu die Angaben aus dem Tönninger Kirchenarchiv in dem Aufsatz von ROHDE in diesem Heft der „Küste" und den Hinweis auf C. P. HANSEN.) So ist es verständlich, daß HENNIG zu einer ganz anderen monatlichen Verteilung kommt, das Häufigkeitsmaximum liegt bei ihm im November (n = 117). Für Oktober gibt er 78 Fluten an, für Dezember 112 und Januar 100. Ein zweites Maximum im Februar, wie es SINDOWSKI (1962) anführt, kennt er jedoch auch nicht.

Auch EILKER benutzt für seine Zusammenstellung alle aus der Literatur bekannten Sturmfluten, davon allein 103 Fluten vor dem Jahre 1400, die nur eine unvollständige Auswahl darstellen können. Für den Zeitraum von 1800 bis 1850 führt er 32 hohe Fluten an, auch er betrachtet die gesamte Nordsee. So kommt auch er zu einer Verteilung, bei der das Häufigkeitsmaximum im November liegt (n = 53). 41 Sturmfluten fallen in den Januar, 34 in den Dezember, 27 in den Oktober. Es ist auch nicht ersichtlich, ob EILKER den Unterschied zwischen dem julianischen und gregorianischen Kalender berücksichtigt hat.

6. Zusammenfassung

Der älteste Schreibpegel an der Westküste ist der Pegel Tönning, er ist deshalb für Häufigkeitsuntersuchungen am besten geeignet. Da in der vorliegenden Arbeit die Häufigkeit der Überschreitung bestimmter hoher Wasserstände über MThw betrachtet werden sollte, war es erforderlich, zunächst die Veränderung des MThw zu untersuchen. Für die drei wichtigen Westküstenpegel Büsum, Tönning und Husum, die als Lattenpegel seit 1867 in Betrieb sind, wurden daher die Ganglinien der übergreifenden 19jährigen Mittel gebildet. Sie laufen bis etwa 1915/33 ungefähr parallel mit einer Steigung von etwa 0,3 cm/Jahr. Von diesem Zeitpunkt an verlaufen die Ganglinien für Büsum und Husum erheblich flacher, während die Ganglinie für Tönning infolge des Einflusses der Eiderabdämmung steil ansteigt. Für die Häufigkeitsuntersuchungen wurden die Ausgleichslinien ermittelt. Der Einfluß der Eiderabdämmung kommt durch einen Sprung in der Ausgleichslinie für Tönning im Jahr 1936 zum Ausdruck. Da die Ganglinien der 19jährigen Mittel seit etwa 30 Jahren viel flacher verlaufen als in der Zeit von 1870/88 bis 1915/33 ist es nicht sinnvoll, eine einzige Ausgleichslinie für jeden Pegel zu ermitteln und diese womöglich noch über größere Zeiträume zu extrapolieren. Die seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts beobachtete Hebung des Meeresspiegels scheint, wenn man die drei Pegel Büsum, Tönning und Husum betrachtet, abzuklingen. Das Abklingen des Anstiegs des MThw kann natürlich auch vorübergehend sein und von einem stärkeren Anstieg abgelöst werden. Eine Weiterführung der Beobachtungen ist unerläßlich. Es wäre wertvoll, wenn diese

Die Küste, 12 (1964), 86-112

Feststellung an einem von Küsteneinflüssen weitgehend unabhängigen Pegel nachgeprüft werden könnte. Am geeignetsten wäre dazu hinsichtlich seiner geographischen Lage der Pegel Helgoland. Leider sind die Aufzeichnungen dieses Pegels sehr lückenhaft. Der Pegel wurde 1909 eingerichtet, Aufzeichnungen sind aber erst für 1916 und 1917 vorhanden und dann erst wieder ab 1924. Von 1945 bis März 1952 war der Pegel ebenfalls außer Betrieb.

Die Häufigkeit der Überschreitung des Wasserstandes MThw + 1,50 m hat für Tönning von 1876/94 bis 1945/63 im Mittel abgenommen, das gleiche gilt für Husum von 1906/24 bis 1945/63 und Büsum von 1916/34 bis 1945/63. Die Häufigkeit der Überschreitung des festen Horizontes PN + 800 cm (= 1,50 m über MThw 1956/60) hat am Pegel Tönning von 1876/94 bis 1945/63 zugenommen. Diese Zunahme ist eine Folge des säkularen Anstiegs des MThw. Für die drei Pegel Büsum, Tönning und Husum werden Häufigkeitskurven für die Überschreitung der Wasserstände von MThw + 1,50 m bis MThw + 3,50 m angegeben.

Die jahreszeitliche Verteilung der hohen Wasserstände wird untersucht. Die Ergebnisse entsprechen denen von Lüders (1936) für die Jade, sie lassen sich mit den Angaben von Sindowski (1962) nicht vergleichen. Am häufigsten wird der Wasserstand MThw + 1,50 m im Dezember überschritten, dann folgen Januar, Oktober und November. Die Verteilungskurve ist nicht symmetrisch, die Kurve ist im Herbst fülliger, der Abfall in den ersten Monaten des Jahres steiler. Bei den Überschreitungshäufigkeiten von MThw + 1,90 m und MThw + 2,30 m sind im Dezember und Oktober Maxima vorhanden. Die Überschreitung von MThw + 2,70 m ist im Oktober am größten.

Durch Auswertung von zwei im Jahre 1825 unabhängig voneinander entstandenen Zusammenstellungen hoher Fluten früherer Jahrhunderte und verschiedener Angaben aus dem Schrifttum, wird versucht, eine Aussage über Häufigkeit und Höhe von Sturmfluten im 15., 16., 17. und 18. Jahrhundert zu machen. Die Häufigkeitsverteilung über die verschiedenen Monate ähnelt für die genannten vier Jahrhunderte der für die letzten 88 Jahre für Tönning aufgestellten Verteilungskurve für die Überschreitung von MThw + 2,30 m. Vergleiche mit den Arbeiten von Hennig (1897) und Eilker (1877) sind nicht möglich.

7. Schriftenverzeichnis

Baudissin, Graf A.: Blicke in die Zukunft der Nordfriesischen Inseln und der schleswigschen Festlandküste. Schleswig 1876.

Boetius, M.: Denkwürdigkeiten von Sturmfluten, welche Nordstrand betroffen haben. (Übersetzung aus dem Lateinischen.) Jahrbuch des nordfriesischen Vereins für Heimatkunde, 1931, 1932 und 1933.

Eilker, G.: Die Sturmfluten in der Nordsee. Emden 1877.

Fischer, O.: Landgewinnung und Landerhaltung in Schleswig-Holstein, Band 3: Eiderstedt, Band 7: Hydrographie des Küstengebiets. Berlin 1955.

Gaye, J.: Die Wasserstandsänderungen in der Ostsee und in der Nordsee in den letzten 100 Jahren. Die Wasserwirtschaft, Sonderheft 1951.

Hansen, C. P.: Chronik der friesischen Uthlande. Garding 1877.

Hansen, R.: Beiträge zur Geschichte und Geographie Nordfrieslands im Mittelalter. Zeitschrift der Gesellschaft für Schleswig-Holsteinische Geschichte. 1894.

Heimreich, A.: Nordfresische Chronick. Schleswig 1666.

Hennig, R.: Untersuchungen über die Sturmfluten der Nordsee. Diss. Berlin 1897.

Hensen, W.: Über die Ursachen der Wasserstandshebung an der deutschen Nordseeküste. Die Bautechnik, H. 1, 1938.

Hundt, C.: Maßgebende Sturmfluthöhen für das Deichbestick der schleswig-holsteinischen Westküste. Die Küste, 1955.

Jasper, J.: Chronicon Eiderostadense vulgare (1103–1547). Garding 1923.

Lüders, K.: Die Sturmfluten der Nordsee in der Jade. Die Bautechnik H. 13 und 15, 1936.

Lüders, K., Liese, R. und Kramer, J.: Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 im niedersächsischen Küstengebiet. Die Küste H. 1, 1962.

o. V.: Denkmahl der Wasserfluth, welche im Februar 1825 die Westküste Jütlands und der Herzogthümer Schleswig-Holstein betroffen hat. Tondern 1825.

Rohde, H. und Timon, A.: Die Versandung der Eider. Fortsetzung der Untersuchungen und künstlicher Spülbetrieb. Die Wasserwirtschaft, H. 6 u. 8, 1963.

Rohde, H.: Sturmfluten und Hochwassermarken. Wasser und Boden, H. 8, 1964.

Rohde, H.: Nachrichten über Sturmfluten früherer Jahrhunderte nach Aufzeichnungen Tönninger Organisten. Die Küste 1964.

Schelling, H.: Die Sturmfluten an der Westküste von Schleswig-Holstein. Die Küste, H. 1, 1952.

Schröder, H.: Notizen zur Chronik. Neues Staatsbürgerliches Magazin IV, 1836.

Sindowski, K. H.: Nordseevorstöße und Sturmfluten an der Ostfriesischen Küste seit 7000 Jahren. Geographische Rundschau 14, 1962.

Woebcken, C.: Deiche und Sturmfluten an der Nordseeküste. Bremen–Wilhelmshaven 1924.