

Verlauf der Sturmflut vom Februar 1962 im deutschen Küsten- und Tidegebiet der Nordsee

Von Heinz Schulz

Inhalt

I. Sturmfluten als Naturkatastrophen	5
II. Vergleich der Sturmfluten vom Februar 1962 mit früher eingetretenen Sturmfluten	6
III. Wasserstandsverlauf an den Hauptpegeln	
1. Küste	11
2. Eider	11
3. Elbe	11
4. Weser	12
5. Ems	12
IV. Windstauverhältnisse	13
V. Zusammenstellung der Hauptwerte der Meldepegel	14
VI. Zur Frage des maßgebenden höchsten Wasserstandes	14

I. Sturmfluten als Naturkatastrophen

Schwere Sturmfluten gehören, ebenso wie Erdbeben, Vulkanausbrüche und Wirbelstürme zu den katastrophalen Naturereignissen, die mehr oder weniger ausgedehnte Gebiete der Erde in kurzer Zeit verwüsten können. Wenige Monate nach der Sturmflut vom Februar 1962 hallte die Erde wider von der Erdbebenkatastrophe in Persien, wo über 20 000 Menschen in kurzer Zeit ihr Leben lassen mußten. Wenn auch diese verschiedenen Naturkatastrophen sich in ihrer Zerstörungswirkung weitgehend gleichen, so unterscheiden sie sich doch einmal in der Art und Weise, wie sie die Schäden verursachen und dann — was besonders wichtig ist— in der dem Menschen gegebenen Möglichkeit, sie vorherzusehen und Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Stellt man in diesem Sinne eine Reihenfolge nach dem wachsenden Grad der Möglichkeit einer vorsorglichen Katastrophenabwehr auf, so dürfte die Rangordnung Erdbeben, Vulkanausbruch, Wirbelsturm, schwere Sturmflut sein. Es ist daher nicht verwunderlich, daß der Mensch sich zuallererst gegen Sturmfluten zur Wehr gesetzt hat, schon zu einer Zeit, in der er den anderen katastrophenbringenden Naturereignissen ohnmächtig preisgegeben war.

So wurden Sturmflutuntersuchungen besonders in neuerer Zeit mit dem Ziele ausgeführt, aus der Analyse des Beobachtungsmaterials vergangener Fluten die größtmögliche Gefahr zu erkennen, d. h. den Wasserstand vorauszubestimmen, der für die Deichhöhen und damit für die Sicherheit des Landes maßgebend ist. In den Jahren nach der Hollandsturmflut sind von verschiedenen Fachleuten maßgebliche Höchstwasserstände erarbeitet worden.

Tabelle 1 bringt einige Beispiele und zum Vergleich dazu die im Februar 1962 beobachteten Höchststände. Man sieht, daß diese Höchstwerte, damals vielfach als übertrieben hoch angezweifelt, durchaus nicht soviel unter den damals gewählten Werten bleiben, ja, daß sie sogar an fünf Pegelstellen erreicht und an vier überschritten worden sind. Hierzu ist die Feststellung von Bedeutung, daß nach Ansicht der Sachverständigen der Eintritt noch höherer Wasserstände bei der Februar-Sturmflut durchaus möglich gewesen wäre: die meteorologischen Bedingungen hätten noch ungünstiger sein können, ebenso wie das Sturmflutereignis, das am

Ende einer Nippzeit eintrat, mit der Springzeit hätte zusammentreffen können, was vermutlich noch höhere Wasserstände zur Folge gehabt hätte.

Tabelle 1
Vergleich der vorausberechneten maßgeblichen Sturmflutwasserstände
mit den am 16./17. Februar 1962 eingetretenen

Pegel	Sturmflutwasserstand		Differenz Sp. 3—Sp. 2
	vorausberechneter	eingetretener	
1	2	3	4
Wilhelmshaven	1050	1022	— 28
Norderney	940	912	— 28
Borkum/S	880	882	+ 2
Emden	1060	976	— 84
Leerort	1090	1006	— 84
Papenburg	970	897	— 73
Roter Sand	920	918	— 2
Bremerhaven	1065	1035	— 30
Brake	1065	1029	— 36
Veegesack	1080	1022	— 58
Bremen	1170	1041	— 129
Cuxhaven	1020	996	— 24
Brunsbüttelkoog	1040	1027	— 13
Stadersand	1060	1074	+ 14
Schulau	1070	1087	+ 17
Hamburg-St. Pauli	1070	1070	± 0
List	900	865	— 35
Husum	1090	1021	— 69
Tönning	1060	1021	— 39
Büsum	1030	994	— 36
Helgoland	850	860	+ 10

Wasserstände in cm bezogen auf NN — 5,00 m

In diesem Aufsatz soll ein Bild von der Stellung der Februar-Sturmflut im System der voraufgegangenen Fluten, von ihrer „Schwere“, gegeben und dargestellt werden, wie der Wasserstandsverlauf an den wichtigsten Pegeln des deutschen Küsten- und Tidegebietes der Nordsee gewesen ist. Eine ausführliche Dokumentation, die umfangreicher Arbeit und längerer Zeit bedarf, wird zu einem späteren Zeitpunkt von den zuständigen Stellen des Bundes und der Länder veröffentlicht werden.

II. Vergleich der Sturmfluten vom Februar 1962 mit früher eingetretenen Sturmfluten

Bei den Februar-Sturmfluten des Jahres 1962 handelt es sich um zwei Hochfluten, von denen die erste am 12./13. Februar und die zweite am 16./17. Februar eintrat. Während die erste Flut keine außergewöhnliche Höhe erreichte, führte die am 16./17. Februar zur Katastrophe. Wie die Wasserstands- und Windstauganglinien erkennen lassen, besteht keine Beziehung zwischen den beiden Sturmfluten, da in der Zwischenzeit ein Abfall auf normale Werte eingetreten ist. Analysiert man die in der Vergangenheit aufgetretenen Sturmfluten genauer, so lassen sich nicht nur erhebliche Unterschiede in den erreichten Sturmfluthöhen fest-

stellen, sondern auch hinsichtlich der regionalen Verteilung der höchsten Wasserstände. Für den Vergleich von Sturmfluten in der Deutschen Bucht hat der Verfasser ein Verfahren der Darstellung entwickelt, das schnell einen Überblick über die Höhe, die „Schwere“ und die Lage des Schwerpunktes eines Sturmflutereignisses gibt (SCHULZ 1956). Es zeigt sich unter anderem, daß jeder Sturmflut ein bestimmtes Gebiet mit mehr oder weniger erkennbarer Schwerpunktbildung zugehört.

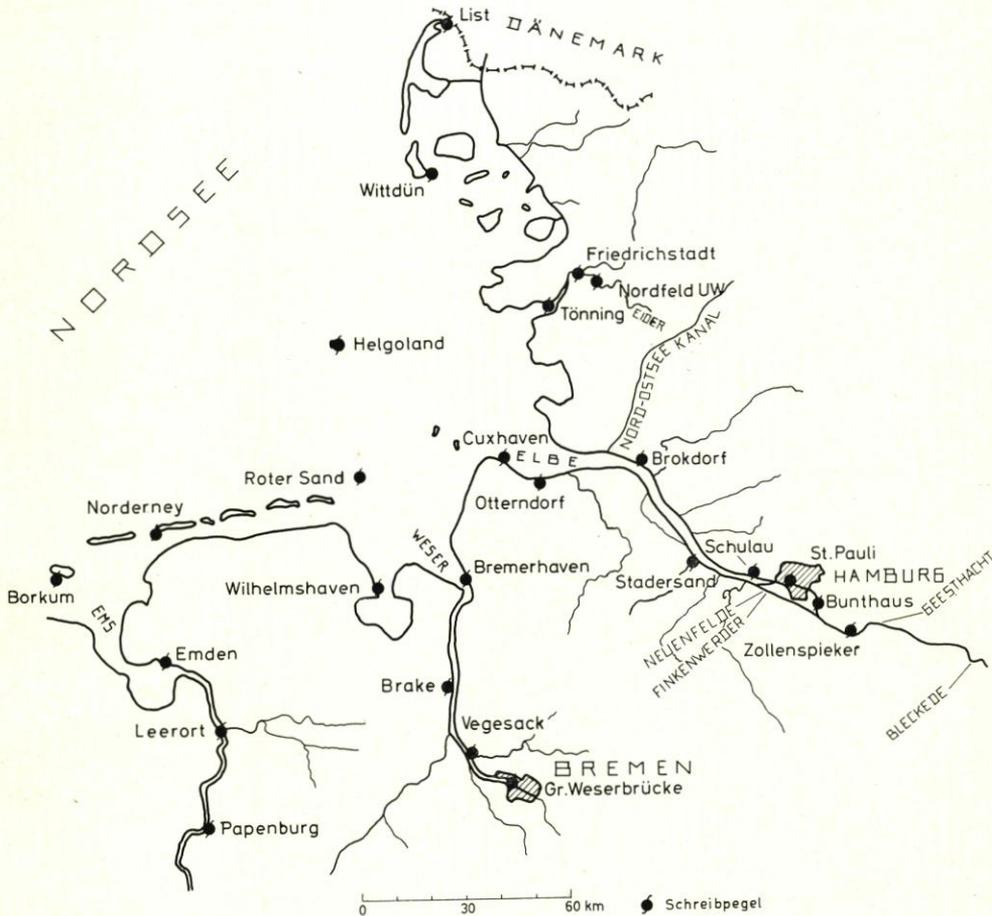


Abb. 1. Übersichtskarte vom deutschen Küsten- und Tidegebiet

Es ist üblich, für die Charakterisierung einer Sturmflut die Wasserstandshöhen zu benutzen; Verfrühung oder Verspätung der eingetretenen Höchstwasserstände gegenüber den auf astronomischer Grundlage berechneten Zeitpunkten sind von geringerer Bedeutung; diese Werte werden hier nur erwähnt.

Die Wasserstände werden an einer Reihe von Pegelstationen beobachtet, die im Küsten- und Tidegebiet der Nordsee verteilt sind und deren Lage aus Abbildung 1 hervorgeht. Es sind dies die sogenannten Meldepegel, deren Wasserstandsbeobachtungen — sobald ein Grenzwert überschritten wird (MHTw)* — nach einem festgelegten Meldeverfahren unverzüglich

*) Eine Erläuterung der Bezeichnungen befindet sich am Schluß des Aufsatzes.

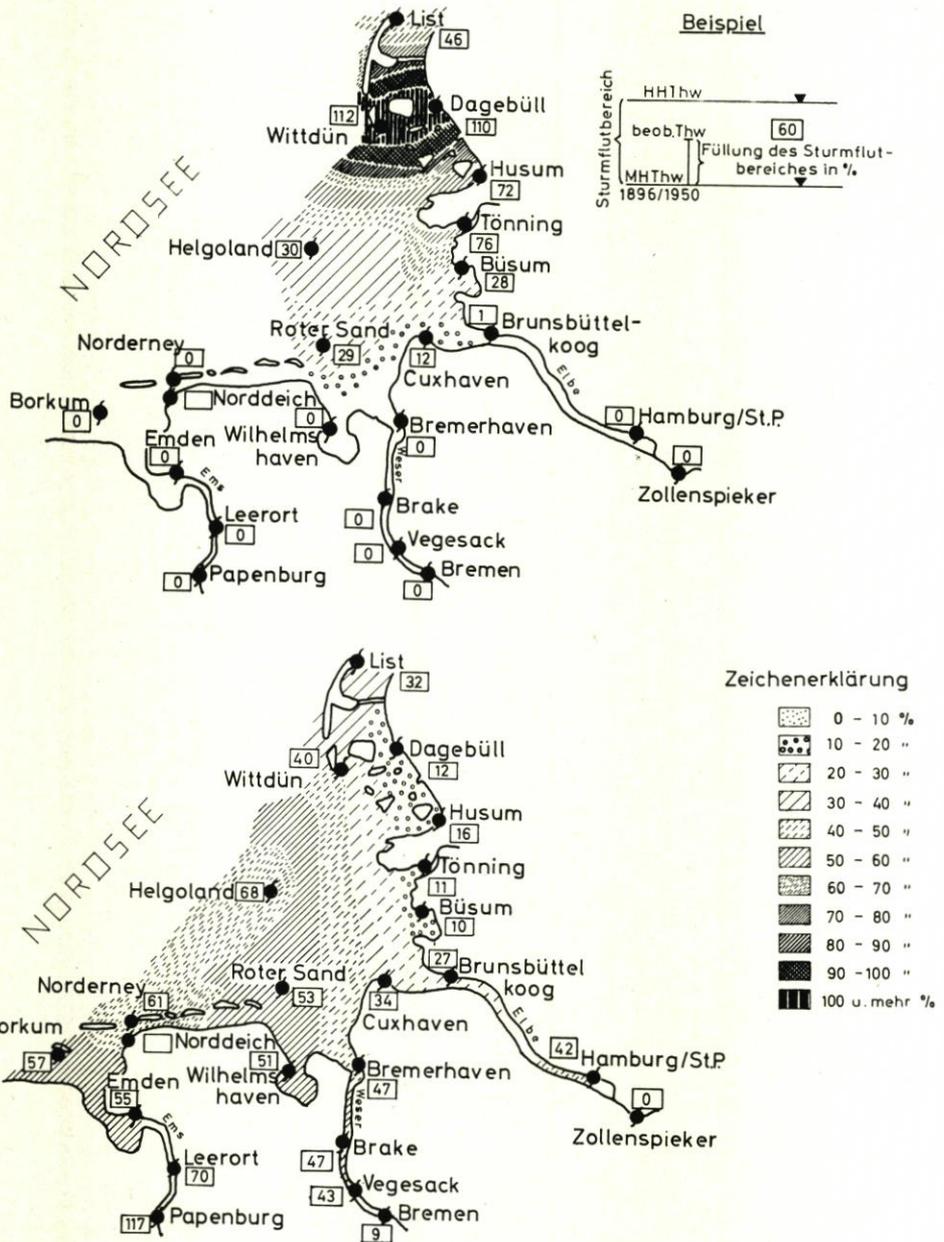


Abb. 2a. Beispiele für zwei Sturmfluttypen am 24. November 1938 (oben) und 22. Dezember 1954 (unten)

an bestimmte Stellen des Bundes und der Küstenländer gemeldet werden. Das zur Charakterisierung der Sturmfluten entwickelte Verfahren beruht auf den Angaben dieser Meldepegel. Es sei hier kurz beschrieben:

An jeder Pegelstation ist ein Sturmflutbereich festgelegt, der nach unten durch das MHThw und nach oben durch das HHThw begrenzt ist. In diesen Bereich dringt jede neue

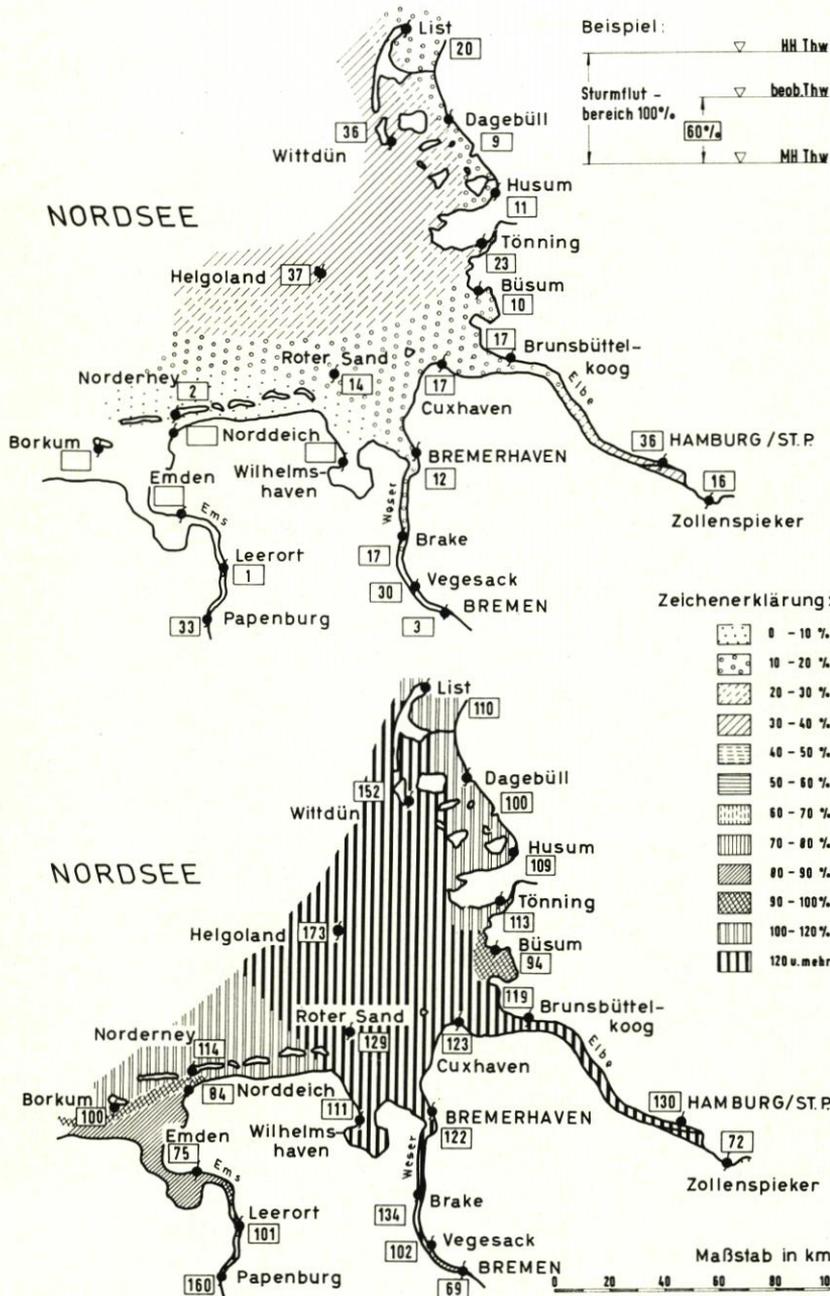


Abb. 2b. Füllungsgrade in der Deutschen Bucht am 12./13. (oben) und 16./17. Februar 1962 (unten)

Sturmflut in einem gewissen Umfang ein. In seltenen Fällen überschreitet sie das bis dahin bekannte HHThw. Bei der Februarflut 1962 trat die außergewöhnliche Erscheinung ein, daß das bekannte HHThw an 16 von 22 Meldepegeln überschritten wurde (Tabelle 2). Wird der Sturmflutbereich, der an jedem Pegel eine andere absolute Größe hat, = 100 % gesetzt, so füllt die betrachtete Flut diesen Wert zu einem gewissen Prozentsatz aus. Beträgt der Sturm-

flutbereich z. B. 2 m und dringt die Flut um 1 m in diesen Bereich ein, so ist der Füllungsgrad 50 %. Werden diese Werte für alle Meldepegel in einen Lageplan eingetragen und durch Schraffuren verschiedener Schwärzungsgrade regional dargestellt, so ergibt sich ein anschauliches Bild von den wesentlichen Merkmalen der Flut. In Abbildung 2a sind Beispiele für zwei Sturmfluttypen angegeben; bei der vom November 1938 liegt der Schwerpunkt ziemlich konzentriert ganz im Norden der Deutschen Bucht, die andere zeigt das Schwergewicht über einen ausgedehnten Raum verteilt mehr im Westen des Beobachtungsgebietes. Als weiteres Beispiel sei die Hollandsturmflut aus dem Jahre 1953 angeführt, deren Schwerpunkt an der holländischen Küste lag und deren Einfluß im deutschen Bereich an der Emsmündung endete. Abbildung 2b gibt nach der gleichen Darstellungsmethode gezeichnet ein Bild der beiden Februar-Sturmfluten 1962. Man sieht, daß es sich bei der ersten Flut um ein verhältnismäßig harmloses Ereignis gehandelt hat, bei dem Füllungsgrade zwischen 0 und maximal 37 % aufgetreten sind und bei dem der westliche Teil der Deutschen Bucht nur verhältnismäßig gering betroffen war. Ein ganz anderes Bild ergibt sich für die Katastrophenflut. Es sind nur fünf Pegel, bei denen der Füllungsgrad unter 100 % liegt. Bei allen übrigen ist ein Füllungsgrad von über 100 % vorhanden, mit einem Maximum von 173 % in Helgoland. Man sieht, daß die gesamte Deutsche Bucht mit über 100 % Füllung betroffen ist und daß im wesentlichen nur in der unteren Ems, bei Bremen, oberhalb Hamburgs und bei Büsum geringere Werte vorhanden waren. Oberhalb Hamburgs hat sich die Entlastung durch die Überflutung der längs der Elbe im Hamburger Raum vorhandenen Tiefgebiete, insbesondere auch des Stadtteils Wilhelmsburg, wasserstands-senkend bemerkbar gemacht.

Besonders hervorgehoben sei, daß den Kartendarstellungen keine Synchro-nwerte zugrunde liegen, sondern daß die Maximalwerte unabhängig von ihrer Eintrittszeit während des Sturm-flutereignisses verwendet werden. Ebenso entstammen die HHThw-Werte verschiedenen Zeit-punkten.

Von großem Interesse ist auch die Beantwortung der Frage, ob es sich bei der zweiten Februar-Flut tatsächlich um ein „säkulares“ Ereignis gehandelt hat. Zu diesem Zweck wurden alle Sturmfluten seit 1900 untersucht und für jede ein mittlerer Füllungsgrad errechnet (Abb. 3). Da bei dieser Untersuchung — anders als bei Abbildung 2b — bereits die HHThw-Stände der Katastrophenflut 1962 als obere Begrenzung des Sturmflutbereichs benutzt worden sind, treten keine über 100 % liegenden Werte auf. Ganz deutlich zeichnet sich aber die über-ragende Stellung der Katastrophenflut mit einem mittleren Füllungsgrad von 95 % ab. Die erste Februarflut hat demgegenüber nur einen mittleren Füllungsgrad von 15 % erreicht.

III. Wasserstandsverlauf an den Hauptpegeln

Für die Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Wasserstände sind in den Anlagen 1 bis 5 die Tidekurven von 24 Pegeln für den Zeitraum vom 16. Februar 0.00 Uhr bis zum 18. Februar 1962 24.00 Uhr aufgetragen. Die Pegelstationen sind zu fünf Gruppen zusammen-gefaßt, und zwar

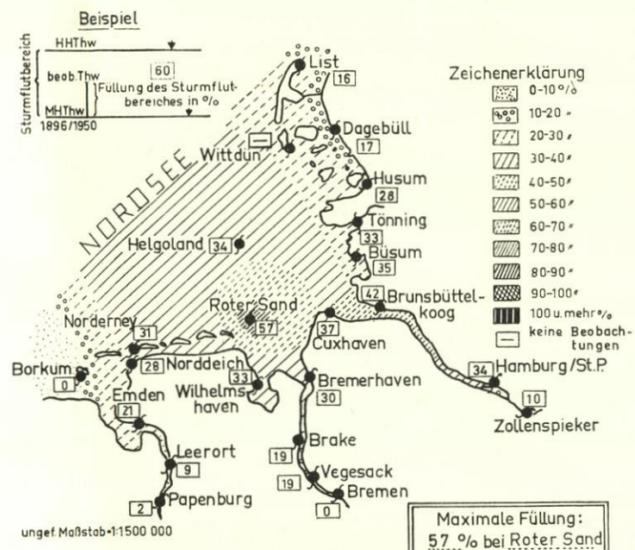
die Küstenpegel Borkum, Norderney, Wilhelmshaven, Bremerhaven, Cuxhaven, Tönning, Wittdü, List (Anlage 1),

die Eiderpegel Tönning, Friedrichstadt, Nordfeld (Anlage 2),

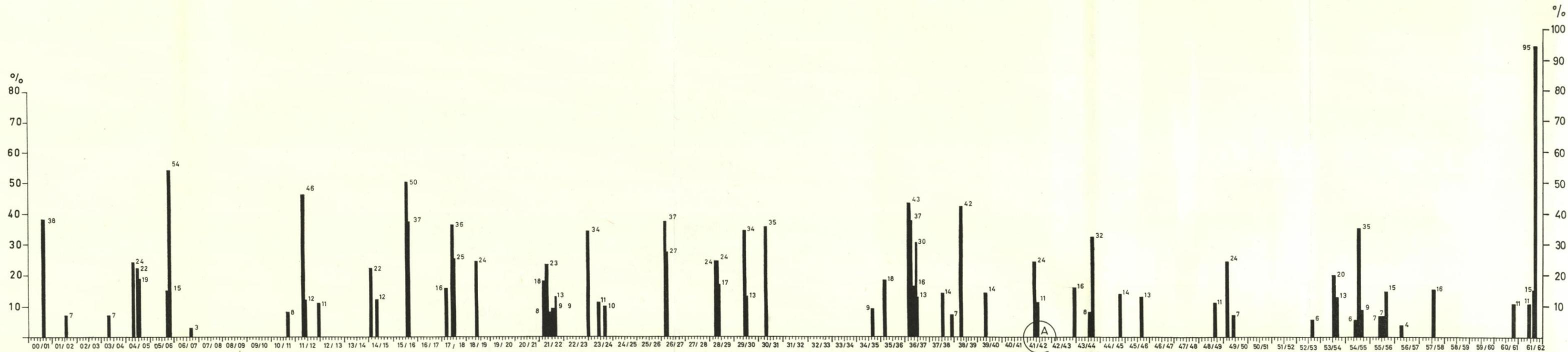
Muster einer Sturmflutdarstellung

Sturmflut an der deutschen Nordseeküste
am: 12.10.1926

Dargestellt durch den Füllungsgrad des Sturmflutbereiches an den Meldepegeln



Pegel	HHThw	MHThw 1896/1950	MThw 1941/1950	Sturmflut Thw	Eintrittszeit	Richtung	Wind Stärke
List	865	740	569	760	7,10	NW	8
Tönning	1021	913	653	913	6,59	NW	7
Helgoland	860	720	-	757	5,06	NW	9
Cuxhaven	996	840	638	897	4,52	W	7
Hamburg St.P.	1070	870	656	937	7,02	W	6
Bremerhaven	1035	860	661	912	4,12	NW	7
Bremen	1281	900	722	895	6,05	N	6
Borkum /S	882	760	592	-	-	-	-
Emden	1018	850	631	885	2,10	W	7
Leerort	1005	840	641	855	1,52	W	6



Berücksichtigt sind nur Fluten, bei denen der Wasserstand an mehr als 3 Meldepegeln in den Sturmflutbereich eingedrungen ist.*

* Die Größe einer Sturmflut ist durch das Mittel der Füllungsprozente aller Meldepegel charakterisiert.

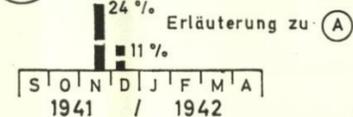


Abb. 3. Sturmfluten an der deutschen Nordseeküste
Zeitliche Verteilung und Größe der Sturmfluten von 1900 bis 1962

- die Elbepegel Cuxhaven, Otterndorf, Brokdorf, Stadersand, Schulau, Hamburg-St. Pauli, Bunthaus, Zollenspieker (Anlage 3),
 die Weserpegel Roter Sand, Bremerhaven, Brake, Vegesack, Bremen (Anlage 4),
 die Emspegel Borkum, Emden, Leerort, Papenburg (Anlage 5).

Hiermit ist der Verlauf der Wasserstände in den durch die Pegelreihen gekennzeichneten Längsschnitten wiedergegeben. Bei Elbe, Weser und Ems sind die Oberwasserzuflüsse als Tagesmittelwerte angegeben. Im einzelnen ist folgendes zu bemerken:

1. Küste

Der höchste Stand mit + 1035 cm NN — 5,00 m wurde am Pegel Bremerhaven erreicht. Die Wasserstände an den Pegeln Wilhelmshaven und Tönning lagen etwa 1½ Dezimeter unter diesem Stand. Der niedrigste Wasserstand trat am Pegel List mit + 865 cm NN — 5,00 m auf.

An den meisten Pegeln wurde die Dauer der der Sturmflutide unmittelbar vorausgehenden Ebbe erheblich gegenüber dem Normalwert verkürzt. Bei List ergab sich eine Verkürzung um rund drei Stunden, in Cuxhaven, Bremerhaven und Norderney um rund 2½ Stunden und am Pegel Borkum um knapp 3½ Stunden. Diese durch den erheblichen Windstau bedingte Verkürzung der Ebbdauer verhinderte weitgehend eine Entleerung der Fluträume. Auf Abbildung 4 ist für die beiden Sturmfluttage der Verlauf des Windstaus an den Pegeln Borkum, Wilhelmshaven und List im Maßstab der Tidekurven eingetragen.

2. Eider

In der Eider wurde der Höchststand von + 1050 cm NN — 5,00 m im Unterwasser des Sperrwerks Nordfeld erreicht. Der höchste Wasserstand am Pegel Tönning lag rund 30 cm, in Friedrichstadt 15 cm niedriger. Die Verkürzung der Ebbdauer in Tönning betrug 36 Minuten. Der Windstauverlauf an den beiden Sturmfluttagen ist auf Abbildung 5 im Maßstab der Tidekurven eingetragen.

3. Elbe

Der höchste Sturmflutwasserstand auf der Elbe wurde am Pegel Schulau mit + 1087 cm NN — 5,00 m registriert. Anhand von Sturmflutmarken ist festgestellt worden, daß dieser hohe Wasserstand sich bis in das Gebiet von Finkenwerder erstreckte; bei Neuenfelde ist der höchste Wasserstand im Hamburger Bereich mit 1098 cm NN — 5,00 m ermittelt worden. Am Pegel Hamburg-St. Pauli wurde der Höchststand mit + 1070 cm NN — 5,00 m gemessen. Die Ebbdauer vor der Sturmflutide wurde in Hamburg um rund 2¼ Stunden und in Cuxhaven um rund 2½ Stunden verkürzt. Der Verlauf des Windstaus ist für den Pegel Cuxhaven für die Zeit vom 16. Februar bis 18. Februar, für den Pegel Hamburg-St. Pauli für die Sturmflutide dargestellt.

Der Oberwasserzufluß betrug zur Zeit der Sturmflutide rund 1040 m³/s, das sind rund 150 % des MQ. Ein Einfluß dieses Zuflusses auf die Höhe der Sturmflutspitzen im Elbeästuar ist nicht feststellbar.

4. Weser

Der höchste Wasserstand mit + 1041 NN — 5,00 m wurde in Bremen beobachtet. Am Pegel Bremerhaven betrug der Höchststand + 1035 cm NN — 5,00 m, während der Pegel Roter Sand in der Wesermündung den höchsten Stand um 117 cm niedriger mit + 918 cm NN — 5,00 m anzeigte. Die Verkürzung der Ebbdauer betrug in Bremen rund $2\frac{1}{4}$ Stunden, in Bremerhaven knapp $2\frac{1}{2}$ Stunden. Der Windstauverlauf ist für den Pegel Bremerhaven für die Zeit vom 16. Februar bis 18. Februar, für den Pegel Bremen im Bereich der Sturmflutide auf Anlage 4 angegeben.

Zur Zeit der Sturmflut führte die Weser an der Tidegrenze das Vierfache des mittleren Jahresabflusses (rund $1200 \text{ m}^3/\text{s}$), wodurch die Wasserstände am Pegel Bremen und etwas weiter unterhalb mit beeinflusst sein dürften.

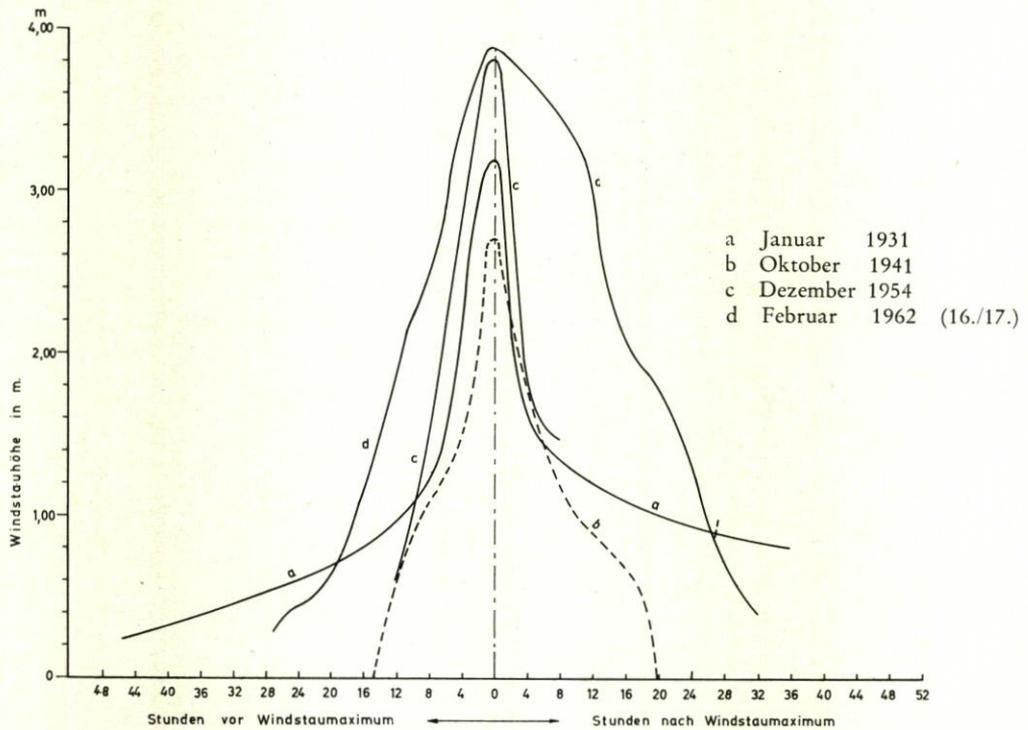


Abb. 4. Windstauverlauf am Pegel Cuxhaven
a—b entnommen aus LEPPIK (1950)

5. Ems

Der höchste Wasserstand auf der Ems war am Pegel Leerort mit + 1006 NN — 5,00 m zu verzeichnen. Unterhalb und oberhalb von Leerort traten wesentlich niedrigere Spitzenwerte auf, so in Papenburg 897 cm, in Emden 976 cm NN — 5,00 m. Der Windstauverlauf ist für Emden an den beiden Sturmfluttagen auf Anlage 5 angegeben.

Der Oberwasserabfluß betrug etwa das $6\frac{1}{2}$ fache des mittleren Jahresabflusses (rd. $480 \text{ m}^3/\text{s}$).

IV. Windstauverhältnisse

Mit Windstau wird hier, wie allgemein üblich, der Unterschied zwischen dem vorausgerechneten astronomisch bedingten Wasserstand und dem zur gleichen Zeit eingetretenen bezeichnet. Auffallend ist die große Höhe des Windstaus bei der Sturmflut am 16./17. Februar,

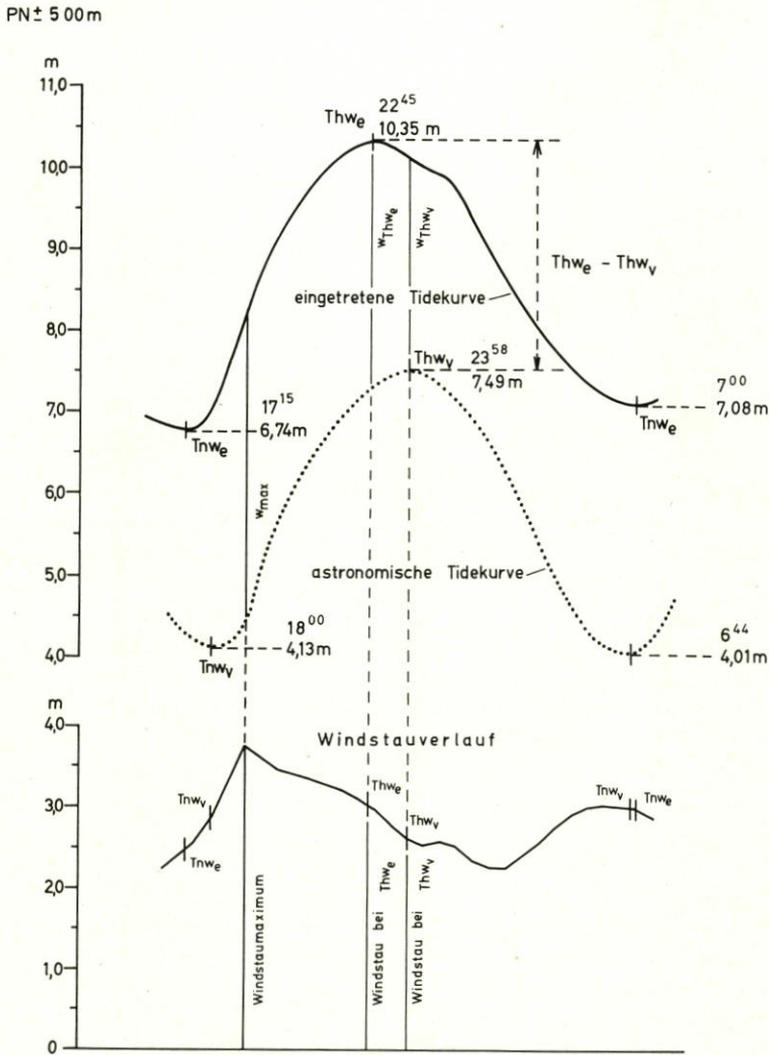


Abb. 5. Erläuterung des Windstaubegriffes

der in der Größenordnung von 3 bis 4 m längere Zeit vorhanden war. Die Windstaukurve der Katastrophenflut ist sehr füllig und unterscheidet sich erheblich von dem oft vorhandenen Typ mit ausgesprochen schlanker und hoher Spitze. Abbildung 4 zeigt den Windstauverlauf für den Pegel Cuxhaven während der Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 und als Vertreter des Spitzentyps den Windstauverlauf bei den Sturmfluten vom Januar 1931, Oktober 1941

und Dezember 1954 (LEPPIK 1950). Zur Charakterisierung der Entwicklung des Windstauverlaufs wurden für die Pegel Cuxhaven und Bremerhaven die Windstauwerte für den Zeitraum vom 16. bis 18. Februar aufgezeichnet (Anlagen 3 u. 4).

Die Erhöhung des Sturmfluthochwassers über den astronomisch bedingten Stand geht aus Tabelle 2 (Zeile 7) hervor. Es handelt sich hierbei um einen rein rechnerischen Wert, der nicht als Windstau zu bezeichnen ist, da zwei nicht gleichzeitig eingetretene Werte miteinander verglichen werden. Wie aus Abbildung 5 ersichtlich, gehört zu jedem Wasserstand der Tidekurve ein bestimmter Windstauwert. Das Maximum dieses Wertes pflegt im allgemeinen weder bei Thw_e noch bei Thw_v aufzutreten, sondern liegt entweder vor oder nach diesen Zeitpunkten.

V. Zusammenstellung der Hauptwerte der Meldepegel

Die Hauptwerte der Beobachtungen an den Meldepegeln sind in Tabelle 2 für die Sturmflut vom 16./17. Februar zusammengestellt. Nur an fünf Pegeln wurde das bisher bekannte HHThw nicht überschritten. Ordnet man die Pegel nach dem Maß der Erhöhung des Sturmflut-Thw über den astronomisch bedingten Wert ($Thw_e - Thw_v$), so hat der Pegel Zollenspieker an der Elbe mit 251 cm den niedrigsten und der knapp 25 km unterhalb gelegene Pegel Hamburg-St. Pauli mit 400 cm den höchsten Wert. Auch hierin dürfte die durch die umfangreichen Überflutungen im Hamburger Raum eingetretene Entlastung zum Ausdruck kommen. Zweifellos wäre die Flut an der Elbe bei Hamburg und oberhalb der Stadt höher aufgelaufen, wenn die Deiche standgehalten hätten.

Aus der Tabelle 2 geht deutlich hervor, daß das Schwergewicht der Sturmflut im Hamburger Elbabschnitt lag, womit die eingetretene Katastrophe ihre Begründung findet. Die Stauanlage Geesthacht wurde vom Unterwasser her überstaut, so daß die Tidegrenze bis in die Gegend von Blekede hinaufrückte.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß durch die Sturmflut eine Reihe von Pegelanlagen beschädigt oder außer Betrieb gesetzt worden ist, so daß an einigen Punkten die höchsten Wasserstände und der Verlauf der Tidekurven ergänzt werden mußten.

Hierzu konnten Hochwassermarken und Aufzeichnungen benachbarter Pegel verwendet werden, so daß die Wasserstände als zuverlässig angesehen werden können.

VI. Zur Frage des maßgebenden höchsten Wasserstandes

Die Frage, welche maßgebenden höchsten Wasserstände den Schutzmaßnahmen zugrunde gelegt werden sollen, steht nach dieser Sturmflut wieder im Vordergrund der Überlegungen. Den aus der Häufigkeitsstatistik abgeleiteten Wahrscheinlichkeitswerten, von denen oft der Wert 0,01, d. h. „einmal in 100 Jahren“ gewählt wird, ist nicht anzusehen, wann sie erreicht werden. Vielleicht steht der Eintritt eines Wertes mit noch geringerer Wahrscheinlichkeit aber um so größerer Höhe kurz bevor. Man sollte den aus der Wahrscheinlichkeitsbetrachtung gewonnenen Werten keine so maßgebliche Bedeutung zumessen, um so weniger als eine solche Betrachtung voraussetzt, daß das verursachende System über den ganzen Wahrscheinlichkeitsbereich von gleichartiger Wirkung ist.

Geht man von den volkswirtschaftlich vertretbaren Kosten aus, die für Schutzmaßnahmen aufgewendet werden können, so gelangt man zu gewissen Grenzwerten. Diese wirtschaftliche Betrachtungsweise hat aber wohl nur dann Berechtigung, wenn man den Verlust von Menschenleben ausschließen kann.

Tabelle 2

Sturmflut am 16./17. Februar 1962
an der deutschen Nordseeküste
(alle Wasserstände in cm über NN — 5,00 m)

List	Nordfriesisches Küstengebiet						Elbe			Weser			Jade			Ostfriesisches Küstengebiet			Ems				
	Wittün	Husum	Tönning	Büsum	Helgoland	Cuxhaven	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Jahr	1898	1914	1867	1867	1870	1909	1841	—	1841	1875	1854	1926	1879	1855	1866	1854	1890	1892	1929	1855	1896	1895	
1. Wasserstandaufzeichnungen vorhanden seit:	865	914	1021	1021	994	860	996	1027	1070	1057	918	1035	1029	1022	1041	1022	912	940	882	976	1006	897	
2. Thw _e am 16./17. 2. (eingetretene Wasserstände), neue HHThw-Werte sind kursiv gedruckt	1916	1938	1916	1825	1936	1825	1825	1825	1875	1906	1825	1855	1855	1855	1855	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1954
3. HHThw vor dem 16./17. 2. 1962	854	865	1009	1002	1005	801	966	1015	1024	1117	893	1004	987	1017	1105 ^a	1006	896	969	882	1018	1005	857	
4. Thw _v (auf astronomischer Grundlage vorausgerechnete Wasserstände) (1)	572	599	633	642	637	569	630	670	806	614	645	670	695	715	652	606	608	576	624	641	642	642	
5. MHThw 1896/1950	740	770	870	860	850	720	840	840	870	900	790	860	860	850	900	860	780	790	760	850	840	790	
6. MThw 1941/1950	569	602	648	653	647	—	638	638	666	707	611	661	679	698	722	662	611	615	592	631	644	649	
7. Thw _e - Thw _v	293	315	388	379	357	291	366	397	400	251	304	390	359	327	326	370	304	332	307	352	365	255	
8. Verfrühung (-) oder Verspätung (+) des Sturmflut-Thw in Minuten	-45	+13	-55	-47	-26	+44	-53	-12	-38	-71	-18	-73	+8	+23	+39	-62	-75	-11	+12	-21	-42	-78	

- Erläuterungen:
1. Sofern für die Pegel keine ausführlichen Vorausberechnungen in der Gezeiten tafel 1962 vorhanden sind, wurden die vorausgerechneten Wasserstände mit Hilfe der Bezugstafel nach Teil II der Gezeiten tafel ermittelt. Hierbei wurden die für die Nippzeit geltenden Differenzhöhen zu den Anschlußorten benutzt.
 2. Das HHThw des Pegels Bremen aus dem Jahre 1881 ist kein Sturmflut-Thw. Es wurde daher das nächsthöhere Thw aus dem Jahre 1855 gewählt, das im Verlauf einer Sturmflut entstanden ist.
 3. Die Sturmflut-Thw_e und -zeiten sind von den Wasser- und Schiffsahrtsdirektionen amtlich festgestellte Werte.
 4. Für die Thw_v sind die neuesten SKN-Werte zugrunde gelegt.

Bei Modellversuchen, die ebenfalls für Sturmflutuntersuchungen in Betracht zu ziehen sind, besteht die Schwierigkeit, die Fortpflanzung der Wasserstände längs der untersuchten Strecke richtig abzubilden. Es ist bekannt, daß bei Sturmfluten anders als bei normaler Tidebewegung Erscheinungen maßgeblichen Einfluß gewinnen, die den Schwingungs- und Strömungsablauf erheblich ändern können, die bisher aber nicht ausreichend erkannt sind und im Modell daher nicht dargestellt werden können.

Es ist ferner der Vorschlag gemacht worden, von der meteorologischen Seite an die Dinge heranzugehen, ein „Pessimum“ der Wetterlage zu konstruieren, das maximale Sturmflutlagen erzeugt. Aber gerade die Februarsturmflut hat gezeigt, daß außer den meteorologischen Verhältnissen auch Schwallerscheinungen (external surges), die vom Atlantik einlaufen und sich dem Windstau überlagern können, werden in Betracht gezogen werden müssen. Insoweit hat diese Flut neue Fragen aufgeworfen und damit der Forschung starke Impulse verschafft.

Erläuterung der verwendeten Bezeichnungen

MThw	Mittlerer Tidehochwasserstand in einem betrachteten Zeitraum
MTnw	mittlerer Tideniedrigwasserstand in einem betrachteten Zeitraum
MHThw	mittlerer höchster Wasserstand des Tidehochwassers in einem betrachteten mehrjährigen Zeitraum
HHThw	der überhaupt bekannte tatsächlich eingetretene Höchststand des Tidehochwassers
Thw _v	} vorausgesagtes Tidehochwasser (Tideniedrigwasser)
Tnw _v	
Thw _e	} eingetretenes Tidehochwasser (Tideniedrigwasser)
Tnw _e	
MQ	mittlerer Abfluß in einem betrachteten Zeitraum

Literaturangaben

1. SCHULZ, HEINZ: Die Charakterisierung von Sturmfluten an den Küsten von Tidemeeren. Wasser und Boden 8. Jahrg., Heft 10, 1956.
2. LEPPIK, EGON: Die Sturmfluten in der Elbemündung in der 1. Hälfte des 20. Jahrhunderts. Besondere Mitteilungen zum Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch, Nr. 1, Hamburg 1950.