

Erfahrungen mit den Hochwasserschutzanlagen in Hamburg bei den Sturmfluten im Januar 1976 und Folgerungen

Von Hugbert Kübler

Zusammenfassung

Im Januar 1976 traten in Hamburg mehrere sehr schwere Sturmfluten ein, darunter am 3. 1. 1976 die höchste bisher bekannte. Die nach der Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 gebauten Hochwasserschutzanlagen haben sich dabei grundsätzlich bewährt, ihre Belastungsprobe bestanden und Hamburg vor einer größeren Katastrophe bewahrt, als sie 1962 eingetreten war.

Diese Ereignisse und die Sturmflutserie vom Herbst 1973 waren Gegenstand eingehender Untersuchungen darüber, ob und welche Konsequenzen zu ziehen sind.

Im folgenden wird hierüber und über die im Januar 1976 mit den neuen Hochwasserschutzanlagen sowie in der Deichverteidigung und dem Katastrophenschutz gemachten Erfahrungen berichtet.

Summary

In January 1976 several severe storm tides occurred in Hamburg, of which that on 3. 1. 1976 was the highest known up to now. The flood protection works built after the storm flood of 16th/17th February 1962 proved themselves fully, they withstood this test of strength and protected Hamburg from a catastrophe which would have been greater than that of 1962.

These events and the storm tides of the autumn of 1973 were investigated in detail to see what, if any, consequences there were for further action.

The report deals with the investigation of the experience in January 1976 with the new flood protection works and discusses the dyke defences and the experience with the emergency defences.

Inhalt

1	Die planerischen Grundlagen für den Bau der Hochwasserschutzanlagen nach 1962	102
2	Sturmfluten zwischen 1962 und 1976 in Hamburg	106
3	Verlauf der Sturmfluten am 3. und 21. 1. 1976 (morgens) in Hamburg	106
4	Grundsätzliche Untersuchungen im Zusammenhang mit den Sturmfluten Januar 1976	108
4.1	Sturmflutkommission des Senats	108
4.2	Unabhängige Kommission Sturmfluten	109
4.3	Sturmflutuntersuchungen Unterelbe	111
5	Folgerungen für die Planung des mobilen und des stationären Hochwasserschutzes aus den Sturmfluten 1973 und 1976	112
5.1	Der Hamburger Sturmflutwarndienst (WADI)	112
5.2	Maßnahmen zur Verbesserung des Sturmflutschutzes im Hamburger Hafen und am nördlichen Elbufer	113
5.3	Sollhöhen der nach 1962 geplanten Hochwasserschutzanlagen	113
6	Schäden an den Hochwasserschutzanlagen, ihre Ursachen und Beseitigung	114
6.1	Schäden im Bereich von Hochwasserschutzwänden	114
6.2	Schäden an Deichen	115
6.3	Schäden an Schöpfwerken und Deichsielen	116
6.4	Schwierigkeiten bei der Entwässerung	117
7	Erfahrungen und Folgerungen für die Praxis	118
7.1	Erfahrungen und Folgerungen für die Hochwasserschutzanlagen	118
7.2	Erfahrungen und Folgerungen für die Verteidigung der Hochwasserschutzanlagen (Deichverteidigung)	119
8	Schriftenverzeichnis	120

1 Die planerischen Grundlagen für den Bau der Hochwasserschutzanlagen nach 1962

Nach der Februar-Sturmflut im Jahr 1962, die in Hamburg den höchsten bis dahin bekannten Scheitelwert mit NN +5,70 m am Pegel St. Pauli erreichte und rund 60 Deichbrüche verursachte, etwa $\frac{1}{6}$ des Hamburger Staatsgebiets unter Wasser setzte sowie 315 Todesopfer forderte (FREISTADT, 1962), wurden die Hochwasserschutzanlagen neu geplant (BAUBEHÖRDE HAMBURG, 1964; DIE BAUVERWALTUNG, 1965). Dabei waren insbesondere in der Innenstadt städtebauliche und verkehrsplanerische Gesichtspunkte zu beachten (SILL, 1964; LAUCHT, 1965, 1966 u. 1968; FREISTADT et al., 1969). Bei der Gestaltung der Deiche (MEENEN u. COUSIN, 1964; FREISTADT, 1965) wurden die von einer „Arbeitsgruppe Küstenbauwerke“ des Küstenausschusses Nord- und Ostsee unter Mitwirkung der vier Küstenländer erarbeiteten Empfehlungen (KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE, 1962) weitgehend berücksichtigt.



Abb. 1. Luftbild der Hamburger Innenstadt vor dem Bau der neuen Hochwasserschutzanlagen aus dem Jahre 1963 – Baubehörde Hamburg – freigegeben durch Luftamt Hamburg, Nr. 880 830

Der Senat der Freien und Hansestadt Hamburg gab sogleich nach der Sturmflut – insbesondere zur Ermittlung des Bemessungswasserstandes – ein wissenschaftliches Gutachten über „Grundlagen für die künftige Gestaltung des Hochwasserschutzes in Hamburg“ mit den Teilgebieten Meteorologie, Ozeanographie/Hydrodynamik, Wasserbau/Hydraulik und mathematische Statistik in Auftrag. Nachdem zuvor Zwischenberichte und Fachgutachten gefertigt worden waren, wurde der zusammenfassende Schlußbericht im Jahre 1965 vorgelegt (DEFANT et al., 1965). Für diese Ausarbeitungen wurde neben dem hydraulischen Elbmodell an der Technischen Universität Hannover (NASNER u.

PARTENSKY, 1977) auch ein hydrodynamisch-numerisches Modell an der Universität Hamburg unter Leitung von Prof. HANSEN eingesetzt (HANSEN, 1966).

Die Untersuchungen ergaben, daß unter Berücksichtigung der in Hamburg auf 96 km verkürzten Linienführung der neuen Hochwasserschutzanlagen und bei deren bruch-sicheren Ausführung eine Sturmflut wie die vom 16./17. Februar 1962 am Pegel Hamburg-St. Pauli einen etwa 4 dm höheren Wasserstand erreichen würde. Sie bestätigten gleichzeitig den bereits im Mai 1962 vorläufig mit NN +6,70 m festgelegten neuen Bemessungs-Wasserstand („maßgebender Sturmflutwasserstand“) für die Hamburger Hochwasserschutzanlagen zwischen Cranz und Bunthaus-Spitze. Bei der Festlegung dieses Wasserstandes wurden auch die Einflüsse der säkularen Wasserstandshebung (2 dm/100 Jahre), Spring-Tide und höhere Oberwasserführung der Elbe ($Q = 2400 \text{ m}^3/\text{s}$) berücksichtigt.

Die Sollhöhen der Hochwasserschutzanlagen wurden entsprechend dem zu erwartenden örtlichen Wellenaufbau und Windstau in dem gesamten Bereich allgemein auf



Abb. 2. Luftbild der Hamburger Innenstadt nach dem Bau der neuen Hochwasserschutzanlagen mit Alsterschöpfwerk, Schaartorschleuse sowie Baumwall- und Nicolai-Sperrwerk (s. Abb. 3) aus dem Jahre 1973 – Baubehörde Hamburg – freigegeben durch Luftamt Hamburg, Nr. 1329/73

mindestens NN +7,20 m festgelegt, mit Abweichungen in Cranz bis Finkenwerder (auf bis zu NN +9,00 m an der westlichen Abdämmung der Alten Süderelbe) und an der Norderelbe. Für die Innenstadt und die Ostseite der Veddel wurde wegen des zu erwartenden geringen Wellenauflaufes eine Höhe von NN +7,00 m für ausreichend angesehen. Deichhöhen entlang der Elbe oberhalb von Bunthaus wurden entsprechend den für eine Oberwasserführung der Elbe von $2400 \text{ m}^3/\text{s}$ im Elbmodell in Hannover gemessenen Wasserständen bis NN +8,40 m unterhalb von Geesthacht angehoben, wobei die vorhandenen Deichhöhen grundsätzlich nicht unterschritten wurden.

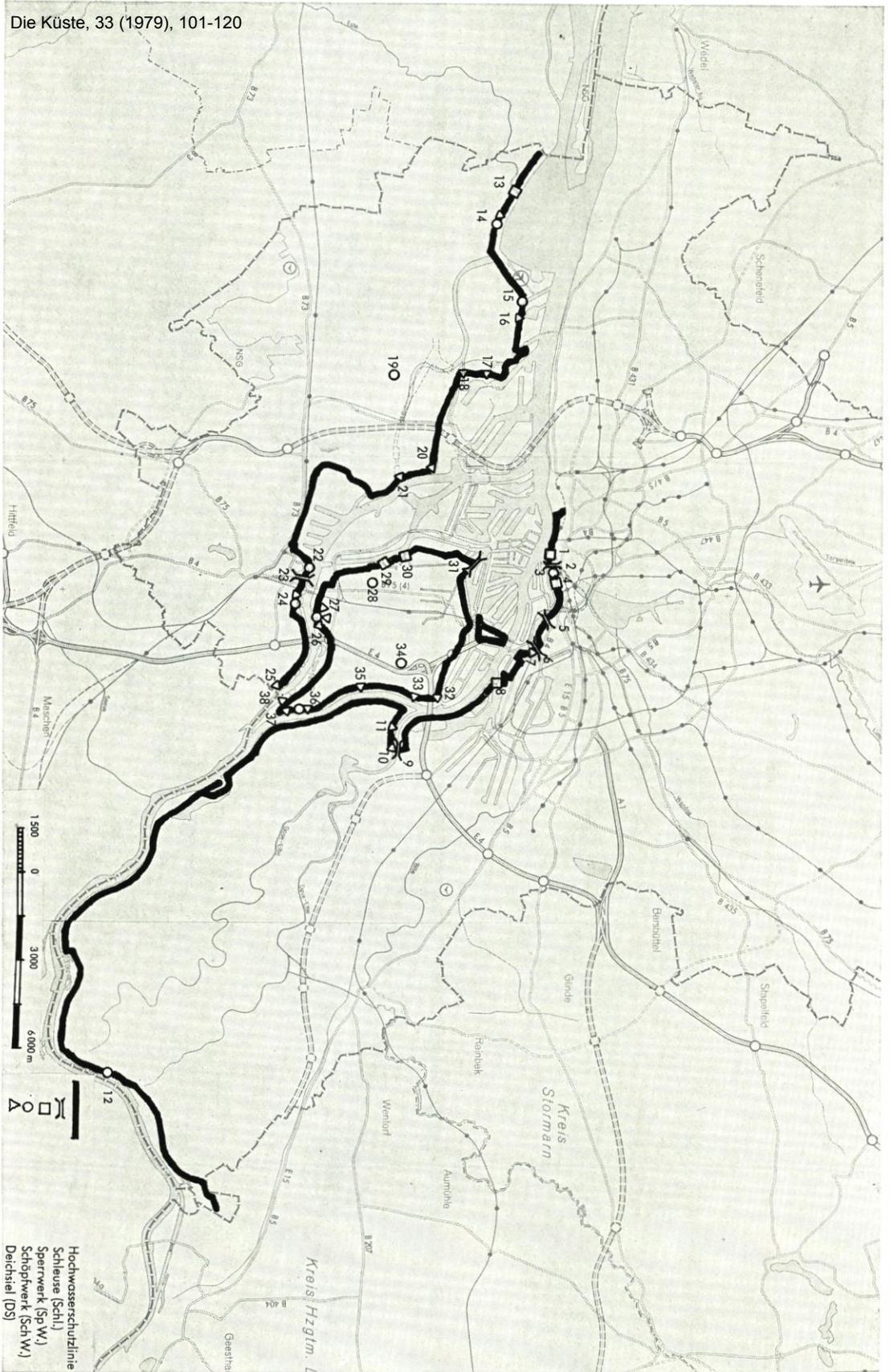


Abb. 3. Hochwasserschutz in Hamburg. Übersichtskarte.

Die Bauhöhen ergaben sich aus den Sollhöhen und einem Zuschlag für zu erwartende Setzungen des Untergrundes und des Sandkörpers sowie für das Schrumpfen des Kleis.

Die wissenschaftlichen Gutachter weisen in ihrem Schlußbericht (DEFANT et al., 1965) ausdrücklich darauf hin, daß es auch nach dem Neubau der Hochwasserschutzanlagen keine absolute Sicherheit gegen die Gefahren der Sturmfluten geben wird. Es müsse

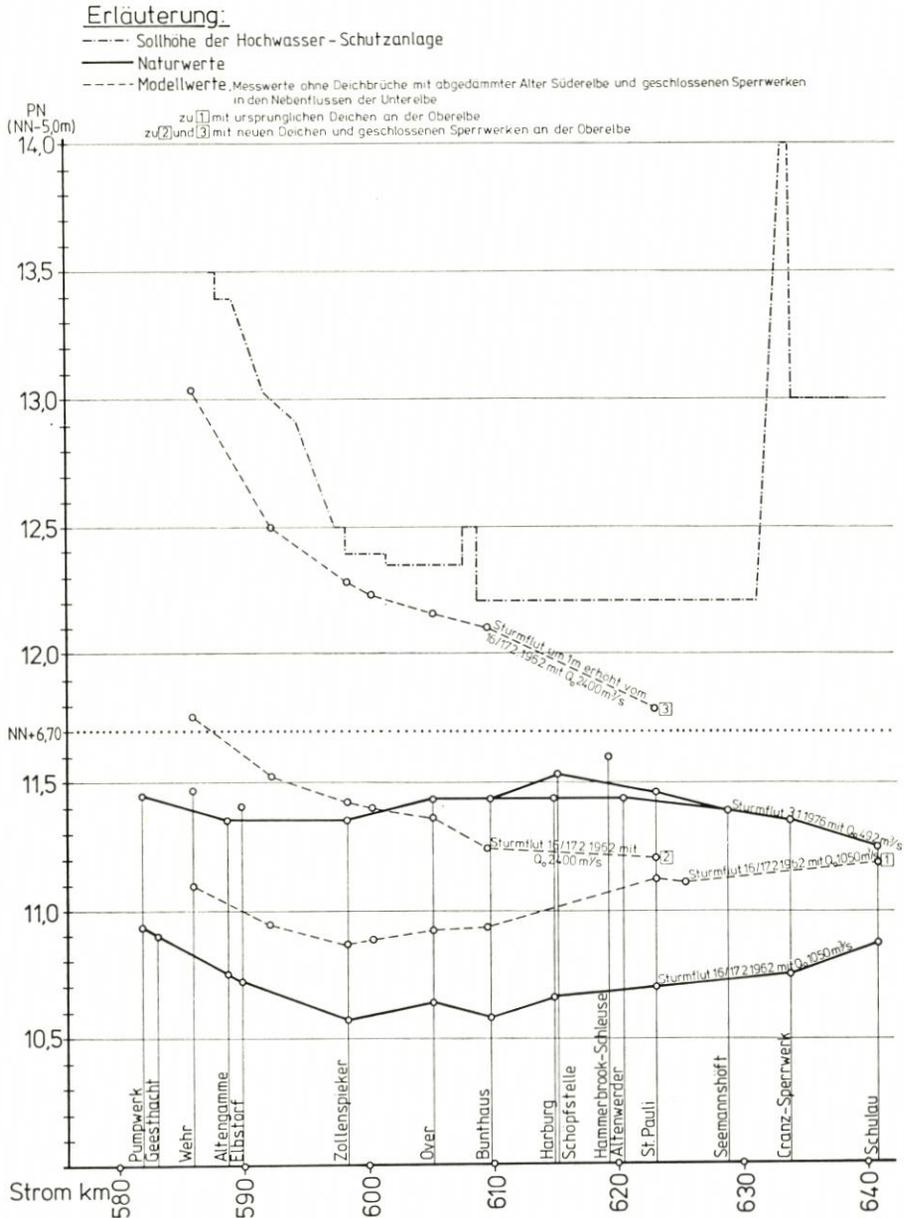


Abb. 4. Scheitelwasserstände in der Elbe; Naturwerte (WASSER- UND SCHIFFAHRTSD. NORD, 1976) und Modellwerte aus dem Elbe-Modell des Franzius-Instituts (NASNER u. PARTENSKY, 1977)

damit gerechnet werden, daß künftige, sehr schwere Sturmfluten, die z. B. aufgrund bestimmter Windverhältnisse über der Nordsee oder des Zusammentreffens besonders ungünstiger Umstände nicht auszuschließen sind, Wasserstände erreichen, bei denen die Schutzwerke überströmt werden.

Aus diesem Grund wurden die Hochwasserschutzwände mit dahinterliegender Flächenbefestigung und die Deiche so gebaut, daß sie zumindest einer kurzfristigen Überströmung und nicht nur dem Überschwappen einzelner extrem hoher Wellen standhalten, ohne zu brechen. Die Gutachter führen in ihrem Bericht weiter aus:

Bei einer eventuellen Überströmung können die Hochwasserschutzanlagen keinen vollen Schutz mehr bieten, so daß es im Hinterland zu Überschwemmungen kommen kann. Um auch dann den Verlust von Menschenleben zu vermeiden und Sachschäden in engen Grenzen zu halten, muß der stationäre Hochwasserschutz in Form von Schutzwerken durch einen mobilen Hochwasserschutz ergänzt werden. Hierzu gehört ein optimales Sturmflutvorhersage- und Warnsystem. Ferner wird empfohlen, die Fortschritte von Wissenschaft und Technik laufend daraufhin zu sichten, inwieweit eine Verbesserung sowohl des stationären als auch des mobilen Hochwasserschutzes vorgenommen werden muß. Darüber hinaus muß eine gut geschulte Deichverteidigungsorganisation in der Lage sein, bei auflaufender Sturmflut eintretende Schäden rechtzeitig zu erkennen und ebenso erfolgreich zu bekämpfen, wie bei ablaufender Sturmflut festgestellte Mängel in kürzester Frist zumindest so weit zu sichern, daß eventuell nachfolgende Sturmfluten nicht zur Katastrophe führen können.

2 Sturmfluten zwischen 1962 und 1976 in Hamburg

Nach der Sturmflut vom 16./17. 2. 1962 wurde der Wasserstand von NN +4,0 m am Pegel Hamburg-St. Pauli bis zur Sturmflutperiode 1972/73 in meist größeren Zeitabständen fünfmal überschritten, wobei die Sturmflut vom 23./24. 2. 1967 mit einem Scheitelwert von NN +4,96 m die höchste war.

Zwischen dem 13. November und 14. Dezember 1973 trat dann erstmals eine Serie von fünf schweren und sehr schweren Sturmfluten auf, die die Kote von NN +4,0 m überschritten und von denen drei Sturmfluten höher aufliefen als die Sturmflut vom 23./24. 2. 1967. Die höchste war die vom 6./7. 12. 1973 mit einem Scheitelwert von NN +5,33 m am Pegel Hamburg-St. Pauli. Im Dezember 1974 und November 1975 lag der Scheitel von vier Sturmfluten knapp über der Höhe von NN +4,0 m. Bemerkenswert aber ist, daß die Sturmflut vom 18. 12. 1974 mit einem Oberwasser-Abfluß der Elbe von rd. 2500 m³/s zusammentraf und daß in dieser Zeit zwei Hochwasserwellen mit $Q_{\max} = 3\,154$ m³/s am 18. 12. 1974 bzw. mit $Q_{\max} = 3\,046$ m³/s am 9. 1. 1975 in Neu-Darchau durchliefen. Dies sind nach bisheriger Beobachtung für die Zeit der Sturmflutperiode sehr hohe Werte.

3 Verlauf der Sturmfluten am 3. und 21. 1. 1976 (morgens) in Hamburg

Wie KRÜHL (1977) ausführt, trat von Anfang Dezember 1975 bis zum 22. Januar 1976 eine Serie von Sturmflutwetterlagen auf, die sechs Sturmfluten – davon am 20.,

21. und 22. 1. 76 vier hintereinander folgende – verursachten, deren Scheitel den Wasserstand von NN +4,0 m am Pegel Hamburg-St. Pauli überschritten.

	Pegel Hamburg- St. Pauli	Pegel Cuxhaven	Differenz
3. 1. 1976	NN +6,45 m	NN +5,10 m	1,35 m
4. 1. 1976	NN +4,19 m	NN +3,62 m	0,57 m
11. 1. 1976	NN +3,11 m	NN +2,41 m	0,70 m
20. 1. 1976	NN +4,06 m	NN +3,10 m	0,96 m
21. 1. 1976 morgens	NN +5,58 m	NN +4,70 m	0,88 m
21. 1. 1976 abends	NN +4,17 m	NN +3,36 m	0,81 m
22. 1. 1976	NN +4,80 m	NN +3,80 m	1,00 m

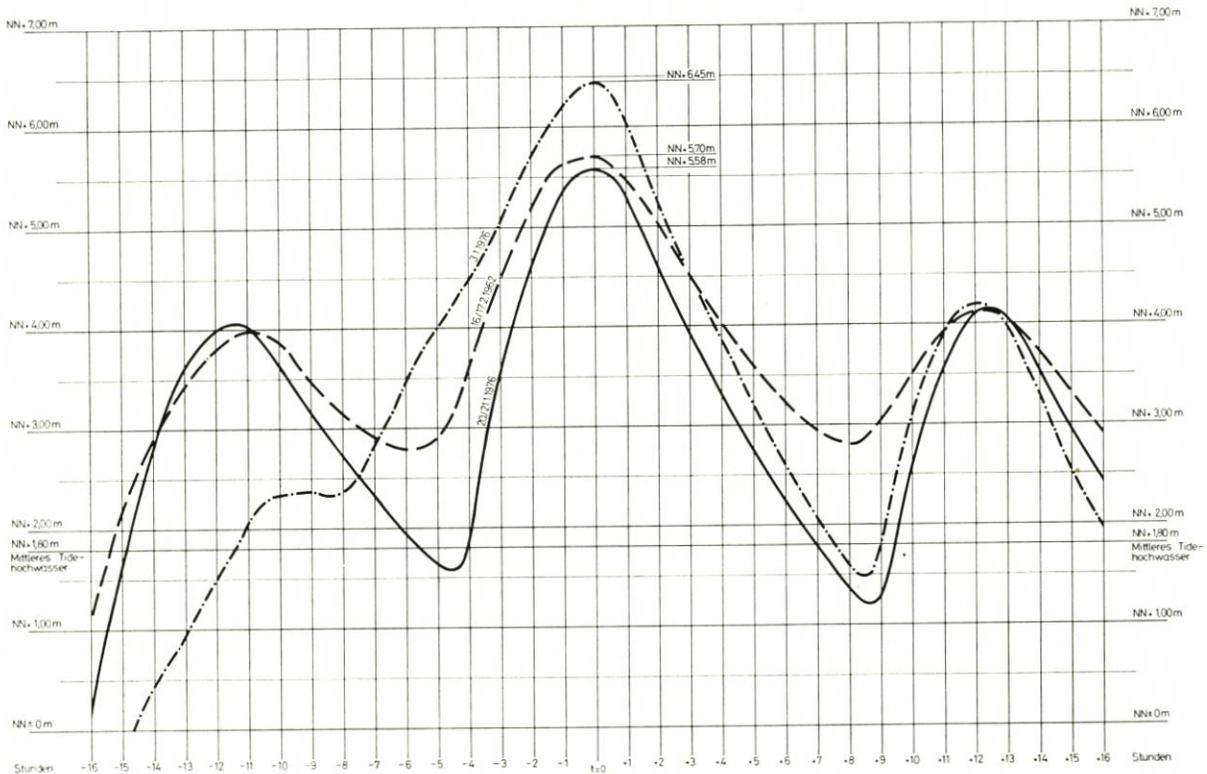


Abb. 5. Vergleich der drei höchsten Sturmfluten am Pegel Hamburg-St. Pauli; zeitverschoben aufgetragen mit maximalem Hochwasser zur Zeit $t = 0$

Die Sturmflut vom 3. 1. 1976 war mit einem Scheitelwert von NN +6,45 m in St. Pauli die höchste, seit Messungen vorliegen, und übertraf die Sturmflut vom 16./17. 2. 1962 somit um 75 cm. Sie traf 1 Stunde 7 Minuten vor dem vorausgerechneten Tidehochwasser (Thw) ein, so daß sich die Laufzeit der Tidewelle von Cuxhaven nach Hamburg von rd. 4 Stunden auf 2 Stunden 50 Minuten verkürzte. Ursache war ein über Jütland nach Südwesten ziehendes Sturmtief (Sturmflut des Jütland-Typs) und ein besonders ungünstiges Zusammentreffen von (maximalem) Windstau mit der Phase

der astronomischen Tide. Am Morgen des 21. 1. 1976 wurde mit NN +5,58 m am Pegel St. Pauli die nach der vom Februar 1962 dritthöchste Sturmflut gemessen, die den Wasserstand von 1825 noch überschritt. Diese Sturmflut ist auf eine kräftige Zyklone über Skandinavien zurückzuführen (Skandinavien-Typ einer Sturmflut). Ihr Verlauf entspricht weitgehend dem der Sturmflut vom 16./17. 2. 1962, einer Sturmflut gleichen Typs.

Bei der Sturmflut vom 3. 1. 1976 ist weder eine zusätzliche Erhöhung aus astronomischen Einflüssen – trotz Springzeit wegen der täglichen Ungleichheit – eingetreten, noch eine (deutliche) Erhöhung infolge einer Fernwelle erkennbar. Dagegen erhöhte sich am Morgen des 21. 1. 1976 der Wasserstand infolge Springtide um vorausberechnete 32 cm und infolge einer Fernwelle um weitere 50 cm, d. h. insgesamt um rd. 80 cm, die nicht auf den Einfluß des Windes über der Nordsee bzw. auch über der Elbe zurückzuführen sind.

Wie die Gegenüberstellung der Scheitelwerte an den Pegeln Hamburg-St. Pauli und Cuxhaven zeigt, ist die Differenz der Werte bei den einzelnen Sturmfluten nicht von deren absoluter Höhe abhängig.

4 Grundsätzliche Untersuchungen im Zusammenhang mit den Sturmfluten Januar 1976

4.1 Sturmflutkommission des Senats

Bei der Sturmflut am 3. 1. 1976, deren Scheitelwert mit NN +6,45 m nur 25 cm unter dem für die Bemessung maßgebenden Sturmflutwasserstand von NN +6,70 m lag, haben sich sowohl der stationäre Hochwasserschutz in Form der Hochwasserschutzanlagen der Hauptdeichlinie („Landeshauptdeiche“) als auch der mobile Hochwasserschutz in Form der Deichverteidigungsorganisation bewährt. Gewisse Mängel zeigten sich dagegen bei der Sturmflutvorhersage und -warnung und organisatorisch z. B. darin, daß sich durch schaulustige Schwierigkeiten bei der Deichverteidigung ergaben. Folgenreich war die Sturmflut – im Gegensatz zu der vom Februar 1962 – für den Hafen, weil der Scheitelwasserstand etwa $\frac{3}{4}$ m höher als die überwiegend im Hafengebiet vorhandene mittlere Geländehöhe eintrat.

Bereits am 6. Januar 1976 setzte der Senat der Freien und Hansestadt Hamburg nach Vorliegen der ersten Erfahrungsberichte eine aus sechs Staatsräten bestehende Sturmflutkommission ein, zu deren Unterstützung eine Arbeitsgruppe aus Fachbeamten gebildet wurde.

Aufgabe war, alle während der Sturmflut gesammelten Erkenntnisse und Erfahrungen sowie Vorschläge für Verbesserungen anzufordern, zusammenzustellen, zu überprüfen und auszuwerten.

Die Vorschläge sollten mindestens die folgenden Bereiche betreffen:

- Organisation
- Wasserstandsvorhersagen
- Warnungen
- Hilfsmaßnahmen
- Nachsorge

Der Bericht der Kommission wurde vom Senat im April 1976 veröffentlicht und war Grundlage für die bis heute in Hamburg getroffenen Maßnahmen zur Verbesserung

der Bekämpfung von Sturmfluten; von der Verbesserung der Wasserstandsvorhersage und der Sturmflutwarnungen über die Verbesserung des Sturmflutschutzes durch bauliche Maßnahmen bis hin zur Vorbereitung eines polizeilichen Eingreifens für die Verkehrslenkung und das Fernhalten von Schaulustigen.

4.2 Unabhängige Kommission Sturmfluten

Bereits am 18. Dezember 1973 hatte der Senat aufgrund der Sturmflutserie vom November/Dezember 1973 beschlossen, eine Unabhängige Kommission Sturmfluten einzusetzen, die klären sollte,

- ob die beim Entwurf der Hochwasserschutzanlagen nach 1962 getroffenen Annahmen über die Höhe und Häufigkeit künftiger Sturmfluten und über die Zusammenhänge zwischen der Größe der tideoffenen Wasserflächen und den erreichten Wasserständen bei Sturmfluten sich bestätigt haben oder korrigiert werden müssen,
- ob von der Planung der Hochwasserschutzanlagen, die den Untersuchungen zugrunde gelegt war, abgewichen wurde und ob Abweichungen auf die Höhe der Sturmflutwasserstände Einfluß haben,
- ob sich seit 1962 meteorologische Veränderungen oder Besonderheiten ergeben haben und
- welche Empfehlungen sich aus neuen Erkenntnissen über die in Hamburg zu erwartenden Sturmfluthöhen und -häufigkeiten ableiten lassen.

Hintergrund des Auftrages waren vor allem in der Bevölkerung laut gewordene Stimmen, wonach Höhe und Häufigkeit der Sturmfluten durch die neuen Hochwasserschutzanlagen in Hamburg, aber auch in Niedersachsen und Schleswig-Holstein, infolge Vordeichung und Sperren der Nebenflüsse sowie durch andere wasserbauliche Maßnahmen, wie z. B. die Eintiefung des Elbe-Fahrwassers, verursacht worden seien.

Die Kommission, deren Vorsitzender Prof. Dr. R. STÖDTER war und der neben mehreren Wissenschaftlern Politiker und andere im öffentlichen Leben stehende Persönlichkeiten angehörten, legte ihren Bericht im Juni 1975 vor. Sie kam u. a. zu folgenden Ergebnissen:

- *Der nach 1962 für Hamburg festgelegte maßgebende Sturmflutwasserstand von NN +6,7 m und die danach bemessene Mindesthöhe der Hochwasserschutzbauwerke von NN +7,0 m bzw. NN +7,2 m in Hamburg sollten auch nach den Sturmfluten im Jahre 1973 unverändert bleiben.*
- *Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die nach 1962 an und in der Tideelbe ausgeführten oder noch in der Planung befindlichen Hochwasserschutzanlagen, Fahrwasservertiefungen, Eindeichungen und Absperrungen nach ihrer Fertigstellung insgesamt eine Erhöhung der Sturmflutscheitelwerte in Hamburg in der Größenordnung bis zu einem Dezimeter hervorbringen können.*
- *Die nach 1962 fertiggestellten Hochwasserschutzanlagen sind durchweg der Planung gemäß ausgeführt. Die geringen Abweichungen in der Linienführung haben keinen Einfluß auf die Sturmflutscheitel in St. Pauli.*
- *Von Oktober bis Dezember 1973 bildete sich eine außerordentlich andauernde und hochreichende Nordwestwindströmung zwischen den Britischen Inseln und der Ostsee aus. Während dieser Zeit sind häufig Tiefdruckgebiete aus dem Raum Island über den Nordostatlantik zur Ostsee gezogen. Darüber hinaus war der Herbst 1973 dadurch gekennzeichnet, daß fünf kurzfristig aufeinanderfolgende*

Sturmtiefs schwere bzw. sehr schwere Sturmfluten in der Deutschen Bucht verursacht haben. Eine derartige Häufung solcher Ereignisse ist außerordentlich selten und weder in diesem noch im vergangenen Jahrhundert beobachtet worden.

Aus den Erkenntnissen ihrer Arbeit gab die Kommission u. a. folgende *E m p f e h - l u n g e n* :

- *Dem stationären und dem mobilen Hochwasserschutz muß ständige Aufmerksamkeit gewidmet werden, da sehr hohe Sturmfluten – wenn auch nur mit äußerst geringer Wahrscheinlichkeit – möglich sind.*
- *Zur Weiterentwicklung der Wasserstandsvorhersagesysteme sollten anfallende Meßergebnisse überregional und ggf. international ausgewertet werden. Speziell die Auswertung der Ergebnisse, die Zustand und Verhalten der Tideelbe betreffen, sind für die praktische Arbeit unerläßlich.*

Unmittelbar nach der Sturmflut vom 3. 1. 1976 beauftragte der Senat die Unabhängige Kommission Sturmfluten, die sich aus dieser Sturmflut ergebenden Fragen zu analysieren und auszuwerten.

In ihrem Bericht kommt die Kommission im wesentlichen zu folgenden *S c h l ü s - s e n* :

- *Auch bei der Sturmflut am 3. 1. 1976 haben die Hochwasserschutzanlagen Hamburgs ihre Aufgaben erfüllt.*
- *Eine Erhöhung des Bemessungswasserstandes wird nicht vorgeschlagen (Abb. 4).*
- *Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen aus Anlaß der Sturmfluten Ende 1973 haben sich vollauf bestätigt. Auch im Januar 1976 haben die nach 1962 errichteten Hochwasserschutzbauten keine nennenswerte zusätzliche Erhöhung der Sturmflutwasserstände gebracht. (Dabei wird von der fehlenden Entlastung durch Deichbrüche, wie sie auch 1962 eintraten, abgesehen.)*
- *Die hohen Wasserstände sind eindeutig auf die ungewöhnlich lange Winddauer aus stauwirksamster Richtung mit Windstärken über 24 m/s in Verbindung mit Orkanböen bis 36 m/s über der Deutschen Bucht und auf das ungünstige Zusammentreffen des Windstaus mit der Tidephase zurückzuführen. Der Anstieg des Wasserstandes in Cuxhaven setzte kurz nach dem der Sturmflut vorausgegangenen Hochwasser wieder ein. Dadurch ergab sich ein sehr hoher Füllungsgrad der Elbe.*
- *Ebenso wie in den Jahren 1962 und 1973 waren auch im Januar 1976 die meteorologischen und hydrologischen Gegebenheiten ausschlaggebend für die extrem hohen Wasserstände an der Nordseeküste und in der Elbe.*

Die vorstehende Aussage wird für die Sturmflutereignisse vom Januar 1976 durch folgende Untersuchungsergebnisse bestätigt:

- *Auch die Sturmflutscheiteldifferenz zwischen Cuxhaven und St. Pauli am 3. 1. 1976 liegt in der Größenordnung der bis dahin gemessenen maximalen Scheiteldifferenz, die im Jahre 1954 – vor Baubeginn des neuen Hochwasserschutzes nach 1962 – aufgetreten ist.*
- *Bei in etwa ähnlichem Verlauf der Windstaukurve in Cuxhaven und deutlich höherem Oberwasser ist die Sturmflut am Morgen des 21. Januar 1976 in Hamburg-St. Pauli niedriger eingetreten als die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962, obwohl im Hamburger Bereich keine Deiche brachen und zwischenzeitlich die Alte Süderelbe abgedämmt und die neue Deichlinie von der Este bis Harburg fertiggestellt war.*
- *Es ist eine Tatsache, daß seit 1953 bis hin zum Jahre 1976 vermehrt sehr schwere*

Sturmfluten an den europäischen Küsten der Nordsee auftraten. Diese wurden dabei eindeutig durch extreme Wetterlagen über der Nordsee hervorgerufen, die besonders sturmflutwirksam waren. Die an der Elbe beobachteten hohen Scheitelwasserstände des Jahres 1973 und vom Januar 1976 sind demnach keine lokale Erscheinung.

Wenn am 3. 1. 1976 in der Elbmündung und in der Elbe vergleichsweise sehr hohe Wasserstände gemessen wurden, so hängt dies mit den für diesen Bereich besonders ungünstigen Windverhältnissen zusammen (vgl. hierzu den obigen Hinweis auf den Füllungsgrad der Elbe).

Die Kommission verweist in ihrem Bericht noch einmal ausdrücklich auf die Aussagen der wissenschaftlichen Gutachter aus den Jahren 1962/65, wonach unter besonders ungünstigen Verhältnissen Scheitelwasserstände extremer Sturmfluten in Cuxhaven den Wert NN +6,00 m und in Hamburg den Wert NN +7,00 m überschreiten können. Wie auch ANNUTSCH (1977) ausführt, reagiert der Wasserstand schon auf geringe Unterschiede der Windgeschwindigkeit, und zwar um so mehr, je größer die Windstärke ist. Ein maximaler Wasserstand, der niemals überschritten wird, kann wegen der sehr komplexen Wechselwirkungen zwischen den meteorologischen und hydrologischen Einflußgrößen nicht angegeben werden. Die Kommission ist weiter der Ansicht:

Die Bemessung von Küstenschutzbauwerken wird somit immer ein Kompromiß zwischen dem verbleibenden Risiko und der – unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten – mit wirtschaftlichen Mitteln noch erreichbaren Sicherheit sein. Ein letztes Risiko wird dem Küstenbewohner gerade im Hinblick auf extreme Sturmfluten auch weiterhin zugemutet werden müssen.

Das Bewußtsein dieses verbleibenden Risikos muß deshalb ständig wachgehalten werden.

Schließlich weist die Unabhängige Kommission noch einmal auf die Verbesserung des Sturmflutwarndienstes einschließlich der Wasserstandsvorhersage hin und schlägt Untersuchungen für Baumaßnahmen an der Elbe unterhalb Hamburgs vor, z. B. für den Bau eines Sperrwerkes, mit dem ggf. der Sturmflutschutz verbessert werden kann.

4.3 Sturmflutuntersuchungen Unterelbe

Inzwischen haben die Länder Hamburg, Niedersachsen und Schleswig-Holstein mit finanzieller Unterstützung des Bundes Aufträge für weitere Untersuchungen am Elbe-Modell an die Außenstelle Rissen der Bundesanstalt für Wasserbau sowie für ein mathematisches Modell an den Lehrstuhl für Strömungsmechanik der TU Hannover erteilt.

Von den denkbaren Möglichkeiten (LAUCHT u. SIEFERT, 1976) wurden inzwischen in Rissen Vorversuche für

- ein Sperrwerk mit einer Schiffsfahrtsöffnung von 400 m (für 3 verschiedene Standorte),
- die Einengung des Mündungstrichters unterhalb von Brunsbüttel mit und ohne Möglichkeit, die Wattflächen als Entlastungspolder zu nutzen,
- das Anlegen von Entlastungspoldern im Raum Hamburg (Haseldorfer Marsch/Altes Land)

gemacht.

Die Vorversuche haben gezeigt, daß es nicht sinnvoll ist, die Lösung Entlastungspolder im Raum Hamburg weiter zu verfolgen, weil Aufwand und Nutzen in keinem vertretbaren Verhältnis stehen.

Dagegen sollen für einen evtl. umfassenden Schutz des Unterelbegebietes vor Sturmfluten die Lösungen Sperrwerk sowie Einengung des Mündungstrichters der Elbe (in Kombination mit einem oder mehreren Entlastungspoldern im Wattgebiet) weiter untersucht werden.

Das Amt für Strom- und Hafenaufbau hat eine Durchführbarkeitsstudie in Auftrag gegeben, in der aufgezeigt wird, wo und unter welchen technischen, hydraulischen, verkehrstechnischen (nautischen) und wirtschaftlichen Voraussetzungen und Bedingungen ein Sperrwerk errichtet werden könnte. Dabei wird möglichen Veränderungen der Ökologie besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

5 Folgerungen für die Planung des mobilen und des stationären Hochwasserschutzes aus den Sturmfluten 1973 und 1976

Die Sturmflut vom 3. 1. 1976 erreichte mit NN +6,45 m am Pegel St. Pauli einen Scheitelwasserstand, der etwa 0,75 m höher war als die Höhe der alten Hochwasserschutzanlagen vor ihrer Erhöhung nach der Sturmflut vom 17. 2. 1962. Ohne diese Erhöhung wären die Niederungsgebiete von Hamburg – einschließlich der Hamburger Innenstadt – bei der Sturmflut vom 3. 1. 1976 demnach weit höher als im Februar 1962 überflutet worden. D. h., es wäre sicher eine Katastrophe eingetreten, die die vom Februar 1962 weit übertroffen hätte. Es darf daher mit Fug und Recht festgestellt werden, daß die bestehenden Hochwasserschutzanlagen sich bei den sehr schweren Sturmfluten vom Januar 1976 hervorragend bewährt haben, da es an keiner Stelle der rd. 100 km langen Hochwasserschutzlinie zu einer Überflutung des Hinterlandes gekommen ist.

Trotzdem haben sich einige Verbesserungen als notwendig erwiesen.

5.1 Der Hamburger Sturmflutwarndienst (WADI)

Nachdem bereits nach der Sturmflutserie von Ende 1973 durch das Amt für Strom- und Hafenaufbau Schritte eingeleitet worden waren, um die Sturmflutvorhersage für Hamburg nach dem Verfahren von SIEFERT (1974) zu verbessern, beschloß der Senat 1976 die Einrichtung des Hamburger Sturmflutwarndienstes (WADI) auf der Basis dieses Verfahrens unter Verwendung der automatischen Datenverarbeitung (SIEFERT, 1977). Die bisher gemachten Erfahrungen haben gezeigt, daß mit diesem Verfahren mindestens sechs Stunden vor Eintritt des Hochwassers in Hamburg – d. h. in einem für die Deichverteidigung eben noch tragbaren zeitlichen Abstand – auch für die Vorhersage von Zwischenwasserständen gute Ergebnisse zu erreichen sind. Wegen der starken Abhängigkeit der Wasserstände von Windstärke und Windrichtung (ANNUTSCH, 1977) bedarf es nach den letzten Erkenntnissen vom Dezember 1977 zur Absicherung der Resultate der Heranziehung von Windwerten über der Elbmündung, was durch die Fernübertragung der Meßwerte von Scharhörn erreicht werden soll.

5.2 Maßnahmen zur Verbesserung des Sturmflutschutzes im Hamburger Hafen und am nördlichen Elbufer

Bereits im Juni 1976 beschloß der Senat das Rahmenkonzept für die Verbesserung des Sturmflutschutzes, dessen finanzielle Auswirkungen von der Bürgerschaft, dem Parlament der Freien und Hansestadt Hamburg, im September 1976 gebilligt wurden (BÜRGERSCHAFTSDRUCKSACHE Nr. 8/1766 vom 17. 8. 1976).

Grundsätzlich handelt es sich dabei um private Maßnahmen, die mit staatlicher Unterstützung gebaut werden. Einen Abriss über die Vorhaben im Hamburger Hafen, auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll, geben KRAUSE et al. (1978).

Am Geesthang des nördlichen Elbufers (außerhalb des bisherigen Hochwasserschutzes) war es – abgesehen von z. T. erheblichen Schäden an tief gelegenen Häusern – stromab von Neumühlen z. T. zu erheblichen Auswaschungen des Hangfußes und zu Hangrutschungen gekommen, von denen in erster Linie staatliche Grundstücke betroffen waren. Infolgedessen mußte die Hangsicherung für große Strecken in das Programm für den Hochwasserschutz aufgenommen werden, um schwerwiegende Folgeschäden zu vermeiden. Um eine möglichst gute Anpassung an die Landschaft des Elbufers zu erreichen, wird weitgehend auf den Bau von Mauern verzichtet und einer Kombination von Steinschüttung und biologischem Schutz der Vorrang gegeben. Dabei kommt es nicht zuletzt auf die richtige Wahl standortgerechter Pflanzen an, die früher nicht ausreichend beachtet wurde.

Bei den privaten Sturmflutsicherungsmaßnahmen am nördlichen Elbufer sind – wie auch im Hafengebiet – grundsätzlich zwei Lösungen möglich:

- Flächenschutz durch Bau von Poldern, in der Regel für mehrere Grundstücke,
- Einzelschutz zur Sicherung von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch entsprechende Abdichtungen.

Zum andern wurde auch das Aussprechen von Wohnverboten und das Abreißen nicht standsicherer Gebäude erforderlich.

Zur Bildung einer Poldergemeinschaft ist es bisher nur in Teufelsbrück gekommen. Vielleicht, daß eine zweite Poldergemeinschaft in Neumühlen folgen wird. Im übrigen Bereich kommt aufgrund der örtlichen Verhältnisse wohl nur ein Einzelschutz in Frage.

5.3 Sollhöhen der nach 1962 geplanten Hochwasserschutzanlagen

Wie ausgeführt, haben die Untersuchungen der Unabhängigen Kommission Sturmfluten ergeben, daß kein Anlaß besteht, in Hamburg den für die Bemessung der Hochwasserschutzanlagen maßgebenden Sturmflutwasserstand von NN +6,70 m zu ändern. Dementsprechend waren auch die Sollhöhen nur für die Bereiche zu berichtigen, für die der Sicherheitszuschlag nach 1962 zu gering bemessen worden war. Dies trifft einmal für den Hochwasserschutz der Innenstadt zu, wo vergleichbar höhere Wasserstände gemessen wurden als erwartet, zum anderen für den Bereich Ochsenwerder (Gauerter Hauptdeich) in den Vier- und Marschlanden oberhalb der Bunthauspitze, wo aufgrund der Fließrichtung der Süderelbe und der vorhandenen großen Wasserflächen bei Nordwest-Sturm ein für die Verhältnisse eines Tidestromes ungewöhnlich hoher Wellenaufbau und örtlicher Windstau auftrat, der örtlich begrenzt zum Überschwappen einzelner Wellen führte.

Während in der Innenstadt die Hochwasserschutzwände durch Stahlwinkel von NN + 7,00 m auf NN + 7,20 m gebracht und Notverschlüsse und Sperrtore entsprechend erhöht wurden, wurden am Gauerter Hauptdeich die Sollhöhe neu auf NN + 7,50 m festgesetzt und der Deich im Hinblick auf mögliche weitere Setzungen um rd. 50 cm durch das Aufbringen von Klei aufgehöhht. Infolge der Scharlage und der Bebauung hinter dem Deich mußten dabei etwas steilere Böschungen als 1:3 in Kauf genommen werden, weil eine Verbreiterung der Basis des Deiches nicht möglich ist.

6 Schäden an den Hochwasserschutzanlagen, ihre Ursachen und Beseitigung

Trotz des außergewöhnlich hohen Wasserstandes am 3. Januar 1976, der im Bereich der Innenstadt nur rd. 0,50 m unter der Höhe der Hochwasserschutzmauern blieb und in den übrigen Gebieten (südliches Elbufer von Neuland bis Cranz, Wilhelmsburg, Veddel sowie nördliches Elbufer vom Sperrwerk Billwerder Bucht bis Zollenspieker) durchweg ebenfalls nur 0,50 bis 1,00 m (an manchen Stellen weniger) unter der Höhe der neuen Deiche lag, haben die HWS-Anlagen überall standgehalten, so daß es nicht zu Deichüberströmungen oder Deichbrüchen kam. Nur an einer Stelle, im Bereich der Brandshofer Schleuse, die sich im Bau befand, wurde die Spundwand der Baugrubenumschließung auf rd. 12 m Breite rd. 0,60 m hoch überströmt. Die Wand hielt dank der bereits eingebrachten Betonsohle, die Auskolkungen in der Baugrube verhinderte, der Überströmung stand, und das überfließende Wasser verursachte in der Bille und ihren Kanälen lediglich einen Aufstau von rd. 15 cm.

An verschiedenen Stellen der Hochwasserschutzanlagen ist es zu Schäden meist geringeren Umfangs gekommen. Es handelte sich im wesentlichen um Undichtigkeiten an Kunstbauwerken, wie Schleusen, Deichsielen und Rohrkreuzungsbauwerken und insbesondere um kleinere Schäden in Form von Ausschlägen und Auswaschungen in den Kleidecken der Deichaußenböschungen.

Darüber hinaus haben sich an den Hochwasserschutzanlagen einige Schwachstellen bemerkbar gemacht, die dringend grundsätzlicher Verbesserungen bedürfen, um diese Gefahrenpunkte zu beseitigen. Auf die Besonderheiten soll im folgenden eingegangen werden.

6.1 Schäden im Bereich von Hochwasserschutzwänden

Hier handelt es sich in erster Linie um Versackungen und Geländeeinbrüche sowie um Quellbildungen hinter den Mauern mit verschiedenen Ursachen.

Eine wesentliche Ursache war die, daß der Hochwasserschutz in der Innenstadt nach 1962 durch Aufsetzen von rd. 1,50 m hohen winkelförmigen Betonmauern auf die alten Schwergewichts-Ufermauern (mit Holzpfahlgründung und Schürzen aus Holzspundwänden) hergestellt worden war.

Es zeigte sich nun, daß die Holzspundwände durchlässig und somit die Mauern unterläufig waren. Infolge des verstärkten Wasserandranges während der Sturmflut dürften Hohlräume im Boden, die sich vermutlich im Laufe von Jahren gebildet hatten, eingestürzt sein und zu den Versackungen geführt haben.

Wie bereits früher in anderen Teilabschnitten geschehen, wird nunmehr auf ganzer

Länge eine Stahlspundwand in ausreichender Tiefe vorgerammt, und es werden Hohlräume, soweit möglich, verfüllt. Z. T. wird nach statischem Erfordernis eine Verankerung der Ufermauern durch Schrägpfähle erforderlich.

Eine ähnliche Erscheinung trat im Bereich des Großmarktes auf, wo eine zwischen 1956 und 1958 erbaute Ufermauer lediglich aufgehöhht worden war.

Diese Mauer hatte, um eine wirtschaftliche Konstruktion zu erreichen, eine durchlässige, mit Entwässerungsöffnungen versehene Spundwandschürze erhalten. Die Hinterfüllung ist zu der vorne liegenden Schürze geböschht. Weiterhin waren beim Bau des Großmarktes Höhenunterschiede des Geländes offenbar überbrückt und nicht verfüllt worden, so daß das Wasser leicht eindringen und wahrscheinlich über eine Änderung des Böschungswinkels der Hinterfüllung Einbrüche verursachen konnte.

Um in Zukunft solche Schäden zu vermeiden oder zumindest einzuschränken, werden in einem 810 m langen Teilabschnitt alle Öffnungen in der Spundwand verschlossen, soweit sie aufgrund einer statischen Nachberechnung entbehrlich sind. Dies geschieht auch mit den nicht unerheblichen Löchern zwischen Spundwandoberkante und dem als Übergang zur Betonkonstruktion eingebauten Abdeckprofil.

Ebenfalls im Gelände des Großmarktes – aber auch an anderen Stellen – zeigte es sich, daß die Anschlüsse zwischen alten und neuen Mauern nicht ausreichend hergestellt worden waren, so daß es z. T. zu erheblichen Quellbildungen, aber auch zu Versackungen infolge Ausspülung kam.

Soweit möglich, wurde versucht, solche Stellen durch Verpressen bzw. Bodenverfestigung zu dichten. Im übrigen ist, wie auch für andere kritische Fälle, Anweisung gegeben, bei Sturmfluten im Rahmen der Deichverteidigung besonders sorgfältig zu beobachten (vgl. Abschn. 7).

Eine weitere Ursache für solche Erscheinungen war z. B. auch das Abreißen eines alten Regenwassersieles NW 600 an der Mauerdurchführung infolge unterschiedlicher Setzungen und unzureichender konstruktiver Ausbildung. Die Rohrleitung wurde nach den Regeln der Technik ausreichend flexibel erneuert.

An anderen Stellen zeigten Dehnungsfugen und Leitungsdurchführungen so geringfügige Undichtigkeiten, daß die Funktion der Hochwasserschutzanlagen nicht in Frage gestellt und daher in der Regel nichts zu unternehmen war.

6.2 Schäden an Deichen

An mehreren Deichen traten binnendeichs – örtlich mehr oder weniger begrenzt – Quellen auf, z. T. mit Sandauswurf. Diese Erscheinung hatte sich an zwei Stellen im Binnendeichgraben wiederholt, obwohl kurz vorher Kiesfilter eingebaut worden waren. Die Quellen können verschiedene Ursachen haben. Einmal treten sie als Unterläufigkeit bei sandigem Untergrund auf, zum anderen, meist verbunden mit einem Aufweichen der Kleiabdeckung, als Folge des Stauwassers im Sandkern der Deiche bei schwer durchlässigem Untergrund.

Bemerkenswert war in zwei Fällen der Wasseraustritt oberhalb der nur rd. 1,5 bis 2,0 m unter der Deichkrone liegenden Deichverteidigungsstraße. In beiden Fällen war der neue Deich mit Sandkern und Kleiabdeckung an den alten Kleideich angelehnt worden. Der relativ kleine Sandkern füllte sich infolge Unterläufigkeit der Kleidecke der Außenböschung schnell mit Wasser, das auf der Binnenböschung zwischen Klei und Hochbord der Straße austrat und z. T. auch eine begrenzte Aufweichung des Kleis ver-

ursachte. Grundsätzlich wurden in diesen Fällen Dränagen mit sorgfältig ausgewähltem Filter eingebaut, wobei u. a. auch Vliese verwandt wurden. Soweit erforderlich, wurde gleichzeitig besser geeigneter Klei als Abdeckung eingebaut. Am Kaltehofe Hauptdeich begnügte man sich mit dem Austausch des verunreinigten und daher durchlässigen Kleibodens.

Trotz intensiver Bekämpfung der Wühltiere mittels Gift waren Auswaschungen an den Außenböschungen in Bereichen mit stärkerem Mäusebefall o. ä. nicht zu vermeiden.

In geringem Umfang traten auch Ausschläge am Übergang des Steindeckwerks zur Grasnarbe auf, in der Regel dann, wenn erst im Laufe des Jahres an der Kleidecke gearbeitet worden war, z. T. aber auch bei älteren Deichen. Für die Sicherung (bzw. auch nach Bauarbeiten) haben sich in Hamburg zur Vermeidung solcher Schäden Jutebahnen, die übergreifend auf das Deckwerk verlegt werden, gut bewährt. Sie werden auf dem Deckwerk mit Sandsäcken beschwert bzw. im Klei mit stählernen Krampen „genagelt“. Nach Bauarbeiten im späten Sommer hat sich die vorherige Ansaat bewährt, die sich im Schutze der Bahnen bis zum Frühjahr gut entwickelt. Die Bahnen müssen dann im März/April des folgenden Jahres abgenommen werden.

Schwere Schäden traten an der Außenböschung des Kaltehofe Hauptdeiches dadurch auf, daß die Grasnarbe durch mehrere Sportboote und einen Container, die quer über die Elbe angetrieben worden waren, stellenweise abgeschält wurde. Bis auf ein besonders schweres Boot konnten die Boote in Erwartung einer weiteren Sturmflut am Morgen des 4. 1. 1976 unter erheblichen Anstrengungen mittels eines Kranwagens von der Außenböschung gehoben werden.

An anderen Stellen hat auch anderes, von den Wellen bewegtes Treibgut, wie z. B. Pfähle, Schäden an der Kleidecke verursacht. Diese Schäden wurden, wie die meisten anderen, mit gefüllten Kunststoffandsäcken gesichert, die bis zum Ende der Sturmflutperiode auf dem Deich blieben. Zum frühest möglichen Zeitpunkt wurden dann im Frühjahr 1976 die Schäden mit Klei ausgebessert und die Flächen neu angesät.

Nicht unerwähnt bleiben soll, daß sich Deiche in größeren Bereichen infolge der Sturmfluten vom Januar 1976 offenbar verstärkt gesetzt haben, auch wenn es sich dabei nicht um einen Schaden im eigentlichen Sinn handelt. Z. T. waren es Deiche, bei denen vorher nach Auswertung der jahrelangen Messungen mittels Zeit-Setzungs-Kurven davon ausgegangen werden konnte, daß weitere Setzungen praktisch nicht mehr zu erwarten waren.

6.3 Schäden an Schöpfwerken und Deichsielen

Neben dem Schöpfwerk Finkenwerder waren an der Binnenböschung des alten Deiches Wasser und Sand ausgetreten. Obwohl die Schutzwand der Hauptdeichlinie mit dem Schützbauwerk des Schöpfwerkes mehr als 50 m entfernt liegt, wurde zunächst eine Umläufigkeit vermutet. Als dann beim Betrieb des Schöpfwerkes während einer anderen Sturmflut ebenfalls Wasser austrat, war der richtige Hinweis gegeben. Die Untersuchung der aus Betonfertigteilen bestehenden, flachgegründeten Rohrleitung zeigte, daß diese sich am Anschluß an das tiefgegründete Schöpfwerksgebäude um rd. 14 cm ungleich gesetzt hatte und abgerissen war. Die Fuge klappte um 1 bis 2 cm. Außerdem hatten sich die Fertigteile in mehreren anderen Fugen verschoben. Grund der Setzungen war eine Klei- und Torfschicht. Die Druckrohrleitung wurde unter Berücksichtigung eines ausreichend flexiblen Anschlusses am Schöpfwerk durch Einziehen eines Kunststoffrohres aus Polyäthylen und Verpressen der Hohlräume saniert.

Unmittelbar vor dem in der Deichkrone liegenden Schützbauwerk des Deichsieles Ruschort hatte sich nach der Sturmflut vom 3. 1. 1976 im Klei eine in Durchmesser und Tiefe etwa 1,5 m große Versackung gebildet, die durch Sandsäcke provisorisch gesichert wurde. Bei den weiteren Untersuchungen stellte sich heraus, daß sich eine Dehnungsfuge des aus Ortbeton hergestellten Sieles aus nicht erklärlichen Gründen geöffnet hatte und das Fugenband gerissen war. Der frühere Versuch, die Fuge mit einem Teerstrick zu verschließen, war gescheitert. Darüber hinaus war das Deichsiel – entgegen der späteren Bauweise – auf Pfählen gegründet worden und hatte lediglich Querwände zum Schutz gegen Unterläufigkeit erhalten, aber keine Längswände. Dadurch konnten sich außerdem infolge der Setzungen des Untergrundes nach Schüttung des Deiches unter dem Sielkörper Hohlräume bilden.

Die Sanierung des Siels erfolgte dadurch, daß die Fuge wieder gedichtet wurde und von innen einen Schutz aus zwei gegenseitig verschieblichen Blechen erhielt. Die Hohlräume wurden vom Inneren des Sieles aus über mehrere Bohrungen verpreßt. Nach zusätzlichen Komplikationen war dies erst möglich, nachdem durch eine Spundwandschürze und eine Betonplombe vor dem Auslauf des Sieles der Austritt des Verpreßgutes verhindert wurde.

6.4 Schwierigkeiten bei der Entwässerung

Besonderheiten im Zusammenhang mit den Hochwasserschutzanlagen in einem städtischen Ballungsraum stellen folgende Fälle dar:

In Moorwerder ist dem Hauptdeich der Polder eines Schullandheimes vorgelagert, dessen Deich am 3. 1. 1976 etwa die Höhe NN +5,70 m hatte und daher überströmt wurde. Obwohl der Kleideich z. T. steilere Böschungen als 1 : 2 hatte und sehr stark von Mäusen befallen war, hielt er der wegen der geringen Größe des Polders kurzfristigen Überströmung bis zur vollständigen Flutung ebenso stand wie dem rd. 36 Stunden anhaltenden Einstau des Polders mit einem Wasserstand über NN +5,0 m. Dieser hielt deshalb so lange an, weil der Schieber des Entwässerungssieles gegen den großen Wasserdruck nicht geöffnet werden konnte. Da – nicht zuletzt wegen der dort aufgetretenen Quellen – vom zuständigen Deichvogt bei länger anhaltender Durchfeuchtung Gefahren für den Hauptdeich gesehen wurden, wurde die Deichkrone durchbaggert, wodurch ein Deichbruch mit einem mehrere Meter tiefen Kolk entstand. Dieser konnte mit herangefahrenem Sand und Klei so durchdämmt und der Deich so weit wiederhergestellt werden, daß die Sturmfluten am 20./22. 1. 1976 keine wesentlichen Schäden mehr anrichteten.

Bei diesen Arbeiten konnten, nicht zuletzt im Hinblick auf die Arbeitsdisposition, für das Schließen eines Deichbruches wertvolle Erfahrungen gesammelt werden.

Eine ähnliche Situation trat in Harburg auf, wo die vor dem Hauptdeich liegende Geländemulde an der Moorburgerstraße nach Überströmen des etwa auf NN +5,7 m aufgehöhten Hafengeländes vollief und sich ein in der Hochwasserschutzanlage liegender Schieber nach Abreißen des Antriebes nicht mehr öffnen ließ. War hier auch die Hochwasserschutzanlage nicht gefährdet, mußte die Mulde doch wegen der Versorgung der Industrie in kürzester Zeit leergepumpt werden.

In beiden Fällen wurden neue Schieber eingebaut, die auch gegen höheren Wasserdruck gefahren werden können. Außerdem wurde an der Moorburgerstraße eine neue, leistungsfähige Entwässerung mit Schieber hergestellt, die ihre Vorflut in dem dort verlaufenden Sammler der Stadtentwässerung hat.

7 Erfahrungen und Folgerungen für die Praxis

Die für die Planung des stationären und mobilen Hochwasserschutzes in Hamburg unmittelbar nach den Sturmfluten im Januar 1976 gezogenen Folgerungen wurden bereits in Abschn. 5 dargestellt.

Darüber hinaus scheint es aber wichtig, Hinweise für die künftige Ausführung und Unterhaltung der Hochwasserschutzanlagen sowie für die Deichverteidigung zu geben.

7.1 Erfahrungen und Folgerungen für die Hochwasserschutzanlagen

Die Neigung von Außen- und Binnenböschung der Deiche hat sich mit 1 : 3 als ausreichend erwiesen.

Die mit verhältnismäßig hohen Kosten verbundenen Arbeiten für den Setzungs- ausgleich an Deichen zeigen, daß es – abgesehen von der Wahl der Bauhöhe aufgrund von Setzungsrechnungen – wichtig ist, die Basis eines Deiches genügend breit anzulegen, um den Umfang solcher Arbeiten möglichst zu begrenzen. Dies kann dadurch erreicht werden, daß bei der Bauhöhe eine Böschungsneigung von 1 : 3 berücksichtigt und die Deichkrone mindestens 3 m breit angelegt wird.

Die Kleidecke auf der Außenböschung sollte weiterhin 1,3 m, die auf der Binnenböschung 1,0 m dick gebaut werden.

Dabei sollte weder zu sandiger noch – wegen der Schrumpfrisse – zu fetter Klei verwandt werden. Es empfiehlt sich besonders für Reparaturarbeiten, auf Deponien abgelagerten, möglichst feinkrümelligen Klei zu verwenden. Der Klei darf bei Transport und Einbau weder durch Sand noch durch Bauschutt verunreinigt werden.

Auf eine geschlossene und feste, zu Beginn der Sturmflutperiode nicht zu kurz gehaltene Grasnarbe ist größter Wert zu legen. Zur Pflege hat sich nach allgemeiner Erfahrung die Schafbeweidung auch im Stadtstaat Hamburg bewährt, wenngleich nicht überall die Schäden durch Mäuse vermieden oder ausgeglichen werden konnten und bei der Bekämpfung der Wühltiere auf die Beweidung durch Schafe Rücksicht genommen werden muß.

Bei Deichen mit Sandkern ist einmal der Einbindung des Sporns der Außenböschung, zum anderen der Entwässerung des Sandkerns nach binnendeichs besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Offenbar ist es nicht zu vermeiden, daß infolge der Rissebildung Niederschlagswasser in den Sandkern eindringt, insbesondere bei hochliegender Deichverteidigungsstraße mit Übergängen von Klei- auf Asphaltdecken, so daß ungenügende Entwässerung Vernässungen des Binnendeichfußes verursachen kann.

Der Filteraufbau der Dränagen ist sorgfältig in Anpassung an die Bodenarten zu wählen und auszuführen, wobei moderne Baumethoden, wie z. B. Vliese, angewandt werden können. In jedem Fall sollte eine Deichdränage – nicht zuletzt auch im Hinblick auf die Gefahr einer Verockerung – so gebaut werden, daß eine schadlose Spülung möglich ist.

Bei Bauwerken im Deich, wie z. B. Deichsielen und Schöpfwerken, muß dem Schutz gegen Um- und Unterläufigkeit besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Nach den in Hamburg gemachten Erfahrungen sollten alle derartigen Bauwerke in Spundwandkästen gegründet werden, um die Bildung schädlicher Hohlräume zu vermeiden.

Bei der Verwendung vorhandener Bauwerke oder Bauwerksteile für den Hochwasserschutz, wie z. B. Ufermauern, ist eingehend – ggf. mittels Aufgrabungen – zu prüfen, ob sie den an sie zu stellenden Anforderungen entsprechen. Besonders zu prüfen ist, ob möglicherweise Hohlräume in der Konstruktion oder deren Hinterfüllung vorhanden sind. Schließlich sind die Anschlüsse neuer Bauwerksteile an vorhandene, nicht zuletzt bezüglich der Dichtigkeit, sorgfältig zu entwerfen und auszuführen.

7.2 Erfahrungen und Folgerungen für die Verteidigung der Hochwasserschutzanlagen (Deichverteidigung)

Die seit vielen Jahren bestehende Deichverteidigungsorganisation der Baubehörde, für die die Hauptabteilung Wasserwirtschaft verantwortlich ist, hat sich bei den Sturmfluten im Januar 1976 ebenso bewährt wie im Herbst 1973.

Zum Teil sind aber organisatorische Regelungen noch klarer zu fassen und ist die Zusammenarbeit der verschiedenen Dienststellen und Stäbe zu verbessern, was durch die jährlich stattfindenden großen Deichverteidigungsübungen ebenso erreicht werden soll wie durch Einsatzübungen und Schulungen. So nützt z. B. die beste Ausrüstung mit Funkgeräten nichts, wenn die Beteiligten, die normalerweise mit dieser Aufgabe nichts zu tun haben, nicht genügend mit diesen Geräten und den Regeln des Funkverkehrs vertraut sind.

Schwierigkeiten hatte es besonders am 3. 1. 1976 durch unklare bzw. unrichtige Meldungen gegeben, deren Urheber z. T. nicht zu ermitteln waren und deren Wahrheitsgehalt daher nur mit großem Zeit- und Arbeitsaufwand überprüft werden konnte. Z. Z. laufen noch Bemühungen, nicht nur grundsätzlich ein einheitliches Meldeformular zu verwenden, sondern auch den Inhalt von Meldungen weitgehend zu schematisieren. In die gleiche Richtung zielt das Bestreben, einen besseren Kontakt der vor Ort eingesetzten Deichwarte der Deichverteidigungsorganisation mit Bevölkerung und Polizei herzustellen. Dieses Problem stellt sich in der Regel dort nicht, wo die Deichwarte Angehörige der Wasser- und Bodenverbände sind.

Nach der Erfahrung der Sturmfluten von 1976 wurde die „Nachsorge“ zur Kontrolle der Hochwasserschutzanlagen und zur Ausbesserung evtl. Schäden nach Abflauen einer Sturmflut organisiert. Hierzu werden Kräfte der unterhaltenden Dienststellen herangezogen, die vorher nicht im Einsatz waren. Außerdem hat es sich als wichtig erwiesen, bei extrem hohen Sturmfluten den höchsten Wasserstand – soweit möglich – und die Treibgutgrenze innerhalb kürzester Zeit so zu markieren, daß sie schnellstmöglich eingemessen und ausgewertet werden können.

Schließlich scheint es sowohl für die Unterhaltung der Hochwasserschutzanlagen als auch für die Deichverteidigung zweckmäßig, fortlaufend genau zu erfassen, wo und welche Schäden aufgetreten sind und wo während eines Jahres welche Arbeiten wann ausgeführt wurden. Daraus ergeben sich ebenso wertvolle Hinweise für die Beobachtung der Hochwasserschutzanlagen während des Jahres und während Sturmfluten wie für die systematische Ermittlung der Schadensursachen und die Deichverteidigung im engeren Sinn. In Hamburg werden zu diesem Zweck alle Hinweise schematisch nach Deich-Kilometern geordnet erfaßt, zu Beginn jeder Sturmflutperiode an die zuständigen Mitarbeiter der Deichverteidigungsorganisation verteilt und während dieser Periode nach Bedarf (abschnittsweise) im Abstand von vier Wochen fortgeschrieben. Die Mitarbeiter sind gehalten, alle Wahrnehmungen der Deichaufsicht bekanntzugeben, die für die Fort-

schreibung dieser Listen der besonders zu beobachtenden Stellen ebenso verantwortlich ist wie für die Überwachung der Sicherung der Schadensstellen und der Beseitigung der Schäden.

8 Schriftenverzeichnis

- ANNUTSCH, R.: Wasserstandsvorhersagen und Sturmflutwarnungen. Der Seewart, Jg. 38, H. 5, 1977.
- BAUBEHÖRDE HAMBURG: Hochwasserschutz in Hamburg. Hamburger Schriften zum Bau-, Wohnungs- und Siedlungswesen, Nr. 39, 1964.
- BAUBEHÖRDE HAMBURG: Planen und Bauen in Hamburg – Der neue Hochwasserschutz. Die Bauverwaltung, Jg. 14, H. 10, 1965.
- DEFANT, F., HANSEN, W., HENSEN, W. u. JENSEN, A.: Wissenschaftliches Gutachten über Grundlagen für die künftige Gestaltung des Hochwasserschutzes in Hamburg. Unveröffentlicht, Hamburg, 1965.
- FREISTADT, H.: Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 in Hamburg. Die Küste, Jg. 10, H. 1, 1962.
- FREISTADT, H.: Asphaltbauweisen beim Bau neuer Hochwasserschutzanlagen in Hamburg. Straßenbau-Technik, H. 6, 1965.
- FREISTADT, H., KÜBLER, H., SCHRAMM, J. u. HÖFT, H.-D.: Sturmflutkatastrophe 1962 und Hochwasserschutzanlagen. Hamburg und seine Bauten 1954–1968, Hammonia-Verlag Hamburg, 1969.
- INSTITUT FÜR MEERESKUNDE: Die Reproduktion der Bewegungsvorgänge im Meere mit Hilfe hydrodynamisch-numerischer Modelle. Mitt. des Inst. für Meereskunde der Universität Hamburg, 1966.
- KRAUSE, O., SCHWAB, R. u. TIMM, G.: Hafenspolder Kamerun-Kaizunge. Ein Bericht über Maßnahmen zur Verbesserung des Sturmflutschutzes im Hamburger Hafen. Hansa, 115. Jg., H. 7, 1978.
- KRUHL, H.: Die Sturmflut-Wetterlagen im Januar 1976. Die Küste, H. 30, 1977.
- KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE, ARBEITSGRUPPE KÜSTENSCHUTZWERKE: Empfehlungen für den Deichschutz nach der Februar-Sturmflut 1962. Die Küste, Jg. 10, H. 1, 1962.
- LAUCHT, H.: Hochwasserschutz im Hafen Hamburg. Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft, 29. Bd., 1964/65 und 30./31. Bd., 1966/68.
- LAUCHT, H. u. SIEFERT, W.: Beiträge zum Verständnis der Sturmfluten und möglicher Hilfsmaßnahmen für den Hafen Hamburg. Berichte und Dokumente aus der Freien und Hansestadt Hamburg, Nr. 485, 1976.
- MEENEN, K. u. COUSIN, B.: Untersuchungen zur Profilstaltung der Hamburger Deiche. Wasser und Boden, Jg. 16, H. 8, 1964.
- NASNER, H. u. PARTENSCKY, H.-W.: Modellversuche für die Tide-Elbe; Strombaumaßnahmen nach 1962 und ihre Auswirkungen auf die Sturmflutwasserstände. Mitt. des Franzius-Inst. der TU Hannover, H. 45, 1977.
- SENAT DER FREIEN UND HANSESTADT HAMBURG: Bericht über die Flut am 3. 1. 1976. Berichte und Dokumente aus der Freien und Hansestadt Hamburg, Nr. 475, 1976.
- SIEFERT, W.: Erste Erfahrungen mit einem neuen Sturmflut-Vorhersageverfahren. Mitt. des Franzius-Inst. der TU Hannover, H. 40, 1974.
- SIEFERT, W.: Hamburger Sturmflut-Warndienst – WADI. Hansa, 114. Jg., H. 5, 1977.
- SILL, O.: Planung und Bau von Hochwasserschutzanlagen in Hamburg nach der Sturmflut vom Februar 1962. Die Wasserwirtschaft, Jg. 54, H. 3, 1964.
- UNABHÄNGIGE KOMMISSION STURMFLUTEN: Bericht über die Herbst-Sturmfluten 1973 (unveröffentlicht). Hamburg, Juni 1975.
- UNABHÄNGIGE KOMMISSION STURMFLUTEN: Schlußbericht. Staatl. Pressestelle Hamburg, 13./21. 11. 1975.
- UNABHÄNGIGE KOMMISSION STURMFLUTEN: Stellungnahme zu den Sturmflutereignissen vom Januar 1976. Berichte und Dokumente aus der Freien und Hansestadt Hamburg, Nr. 496, 1976.
- WASSER- UND SCHIFFFAHRTSDIREKTION NORD — AUSSENSTELLE HAMBURG: Sturmflut am 3. Januar 1976 in der Elbe. Bericht vom 30. 1. 1976, unveröffentlicht.