



# Sturmflutschutz in Hamburg gestern - heute - morgen

Berichte des Landesbetriebes Straßen, Brücken und Gewässer Nr. 10/2012



LSBG  
Landesbetrieb Straßen,  
Brücken und Gewässer  
Hamburg



Hamburg



# Sturmflutschutz in Hamburg gestern - heute - morgen

Berichte des Landesbetriebes Straßen, Brücken und Gewässer Nr. 10/2012





Foto: LSBG (Archiv)

Der Schutz vor Hochwasser und Sturmfluten ist eine der herausragenden generationenübergreifenden Daueraufgaben der Freien und Hansestadt Hamburg. Die schweren Sturmfluten von 1825, 1855 und für Hamburg ganz besonders die von 1962 haben zahlreichen Menschen das Leben genommen und Hab und Gut zerstört. Gerade in diesen Tagen, in denen sich die Flutkatastrophe von 1962 zum 50. Mal jährt, sind uns die Bilder der Überflutungen, die Schicksale der Menschen, aber auch die schnelle Hilfe deutlich vor Augen. Seit damals ist klar, dass sich eine solche Katastrophe in Hamburg nicht wiederholen darf.

Dieses Engagement der Stadt war seitdem erfolgreich. Die bisher höchste Flut in Hamburg lief 1976 auf. Damals wehrten die ertüchtigten Hochwasserschutzanlagen der Hauptdeichlinie die Flut erfolgreich ab, erhebliche Sachschäden waren im ungeschützten Hafengebiet zu verzeichnen.

Wir haben viel geschafft. Mehr als 600 Mio. EUR wurden seit 1990 in den Ausbau und die Erhöhung der öffentlichen Hochwasserschutzanlagen investiert. Insgesamt 8 Sturmfluten – die seither höher als 1962 aufgelaufen sind – belegen, dass wir eine hohe Sicherheit zum Schutz der Bevölkerung und der Sachwerte erreicht haben.

Der Ausbau der Hochwasserschutzanlagen prägt unser Stadt- und Landschaftsbild. Besonders die Gestaltung der Maßnahme im Bereich zwischen den Landungsbrücken und der Alstermündung zeigen, dass Architektur und Hochwasserschutz einander ergänzen können. Jede Maßnahme des Hochwasserschutzes wirkt auf An-, Ober- und Unterlieger. Die Chance der gemeinsamen Lösung hilft allen Fachdisziplinen. So leistet der Hochwasserschutz einen umfassenden Beitrag zum Ausbau der Infrastruktur für unsere Stadt.

Niemand vermag genau zu sagen, wie sich die Wasserstände zukünftig entwickeln werden. Gerade deshalb ist es wichtig, das Gedenken an die Opfer vergangener Sturmfluten aufrechtzuerhalten und die Gefahr im Bewusstsein zu behalten. Denn neben dem technischen Hochwasserschutz leisten Vorhersagedienste, Betriebs- und Unterhaltungsstellen, Katastrophendienststäbe und weitere Aufgabenträger einen wehrhaften Beitrag zum umfassenden Hochwasserschutz.

Die Freie und Hansestadt Hamburg besitzt aufgrund ihrer Stadtgeografie und städtischen Entwicklung einen vielgestaltigen Hochwasserschutz mit Deichen und Hochwasserschutzwänden einschließlich der Sonderbauwerke wie Schleusen, Sperrwerken oder Tore, weiterhin Objektschutzeinrichtungen, Polder und das Warftenkonzept im Stadtteil HafenCity. Die Fachschrift vermittelt einen weitreichenden Überblick über die vielfältigen Aspekte des Hochwasserschutzes in unserer Stadt. Alle diese Bauwerke sind nicht ohne die notwendigen Personen zu managen. Ich danke allen Menschen für ihren Einsatz und Beitrag zum Hochwasserschutz.

Hamburg kann mit Freude und Stolz seinen Hochwasserschutz präsentieren.

Jutta Blankau  
 Senatorin der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt  
 Freie und Hansestadt Hamburg

## INHALT

Vorwort . . . . .	4
Einleitung . . . . .	6
Hamburgs Deiche brechen . . . . .	8
Die Folgen von 1962 . . . . .	10
Gefahr aus Westnordwest . . . . .	14
Erst Warften, dann Deiche . . . . .	16
Leben mit der Flut . . . . .	18
Recht & Ordnung . . . . .	22
Am Wasser gebaut . . . . .	24
Herausragende Bedeutung . . . . .	28
Schöner Schutz . . . . .	32
Schließübungen für den Notfall . . . . .	36
Gut organisierte Verteidigung . . . . .	40
Zwischen Vergangenheit und Zukunft . . . . .	42
Bedarf auch für Private . . . . .	46
Wichtige Berechnungen . . . . .	48
Klima im Wandel . . . . .	52
Gut aufgestellt . . . . .	56
Glossar . . . . .	58
Literaturverzeichnis . . . . .	60
Impressum . . . . .	62



Wilhelmsburg unter Wasser: Viele Menschen, die auf die Dächer ihrer Häuser geflohen waren, wurden aus der Luft gerettet. Über 150 Hubschrauber befanden sich im Dauereinsatz.

Foto: LSBG (Archiv)

Sehr geehrte Damen und Herren,

seit Jahrhunderten leben wir Hamburger im Schutz unserer Deiche. Ohne sie wäre unsere Stadt nicht zu dem geworden, was sie heute ist. Dennoch haben in der Vergangenheit Sturmfluten häufig großes Leid über die Bewohner der Hansestadt gebracht. erinnert sei hier besonders an die schwere Sturmflut im Jahr 1962. Wer aus Erzählungen von Zeitzeugen etwas über die Tage und Nächte voller Angst erfährt, kann sich ein Bild von der zerstörerischen Kraft des Wassers machen. In den 100 Jahren vor dieser Katastrophe gab es keine großen Sturmfluten und die Menschen wägen sich in trügerischer Sicherheit. Aus diesem Irrtum haben wir seitdem unsere Lehren gezogen.

Auch heute ist es so, dass ohne unsere Deiche und eine schlagkräftige Deichverteigungsorganisation viele Bereiche unserer Stadt unbewohnbar wären. Beispielsweise würde die Elbinsel Wilhelmsburg ohne diese Schutzwälle zweimal täglich unter Wasser stehen. Weil die Deiche uns Menschen ebenso wie unser Hab und Gut schützen, hat die Deichsicherheit daher stets oberste Priorität. Deswegen sind wir mit unseren modernen Hochwasserschutzanlagen heute sehr gut auf schwere Sturmfluten vorbereitet und uns ebenso der kommenden Herausforderungen bewusst. So birgt zum Beispiel der Klimawandel Gefahren, auf die wir heute schon reagieren müssen, da eine Erhöhung der Deiche Jahrzehnte dauern kann. Es kommt also darauf an, aus der Vergangenheit zu lernen und zugleich weit vorausschauend zu handeln, um auch weiterhin „an der Waterkant“ in Sicherheit wohnen und leben zu können.

Ihr  
 Hennig Cordes  
 Deichvogt  
 Deichverband Wilhelmsburg



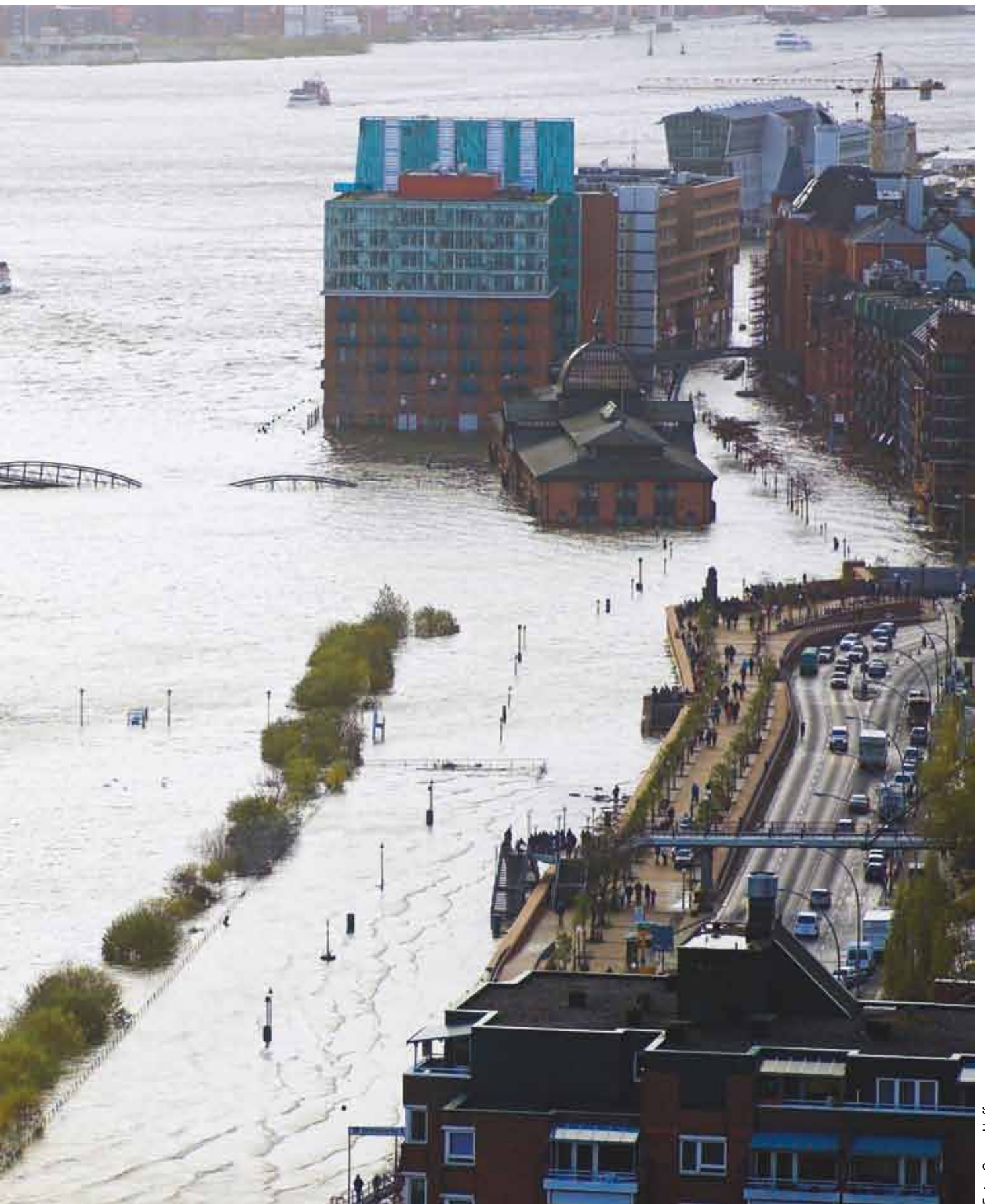


Foto: Georg Hoff

# Hamburgs Deiche brechen

Wie in einem Albtraum brach in der Nacht vom 16. auf den 17. Februar 1962 die Sturmflut über Hamburg herein. Sie war höher als alle ihre Vorgängerinnen, traf früher ein als erwartet und überströmte die Deiche mehrere Stunden lang, sodass diese an zahlreichen Stellen brachen. Allein in dem am schwersten betroffenen Stadtteil Wilhelmsburg schloss das Hochwasser 60.000 Menschen ein.

Bis zur Nacht vom 16. auf den 17. Februar 1962 vertrauten die Hamburger ihren Deichen und fühlten sich sicher. Die letzte schwere Sturmflut lag bereits 107 Jahre zurück. Seitdem hatte es in der Freien und Hansestadt Hamburg keine Schäden mehr durch Sturmfluten gegeben. Das führte dazu, dass die Menschen nicht viel Aufwand in die Unterhaltung der Deiche investierten und diese in einem schlechten Zustand waren. Außerdem war es üblich, beim Bau sowie bei der Erhöhung von Deichen Rücksicht auf bestehende Gebäude und andere Anlagen zu nehmen. Teilweise wurden sogar die Deiche selbst bebaut und bewirtschaftet. So boten zum Beispiel Treppen und Bäume Angriffspunkte für Wellen oder strömendes Wasser und erhöhten dadurch das Risiko von Deichbrüchen. Darüber hinaus wiesen viele Deiche zu steile Böschungen auf, weil bei den vorangegangenen Deicherhöhungen nicht gleichzeitig eine Verbreiterung des Deichfußes vorgenommen worden war. Alle diese

Sachverhalte erzeugten eine mangelnde Standsicherheit. Weiterhin hatten alle Deiche eine einheitliche Höhe von NN + 5,70 Meter. Die Zustände führten zum Überströmen der Deiche, die der in dieser Nacht über Hamburg hereinbrechenden Sturmflut nicht lange widerstehen konnten und brachen.

Verursacht wurde die Sturmflut durch einen lang anhaltenden Sturm über der Nordsee mit Windrichtung Westnordwest und einer Windstärke von 9 Beaufort. Zusätzlich erhöhte eine Fernwelle aus dem Atlantik die Sturmflut am Pegel St. Pauli fast um einen Meter. Mit einem dort gemessenen Wasserstand von NN + 5,70 Metern überstieg dieser den bisher höchsten aus dem Jahr 1825 um 46 Zentimeter.

Die Sturmflut hatte in Hamburg aber nicht nur eine außergewöhnliche Höhe erreicht. Auch ihr Scheitelwasserstand trat 40 Minuten vor dem für 3:46 Uhr berechneten Tide-

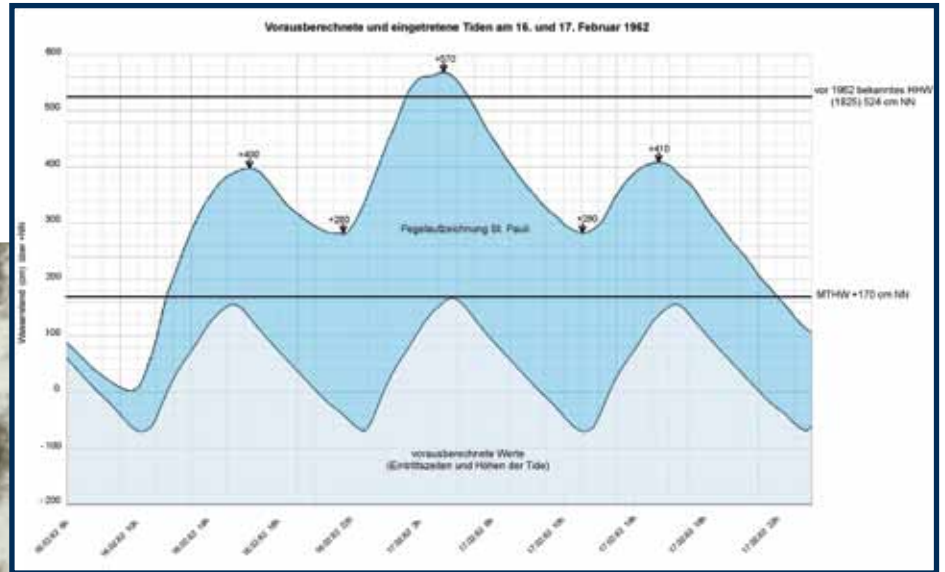


Karte: Y. Uchneytz/LSBG

Land unter in Hamburgs Süden: Insgesamt wurden 12.500 Hektar Land und damit etwa ein Sechstel des hamburgischen Staatsgebietes überflutet. In Neuenfelde (großes Foto) kam es schon um kurz nach Mitternacht zu den ersten Deichbrüchen.



Viel schlimmer als erwartet: Prognostiziert wurde in der Nacht vom 16. auf den 17. Februar 1962 ein mittleres Tidehochwasser von NN + 1,70 Meter. Tatsächlich erreichte der Wasserstand eine Höhe von NN + 5,70 Meter.



Grafik: Y. Uchneytz/LSBG

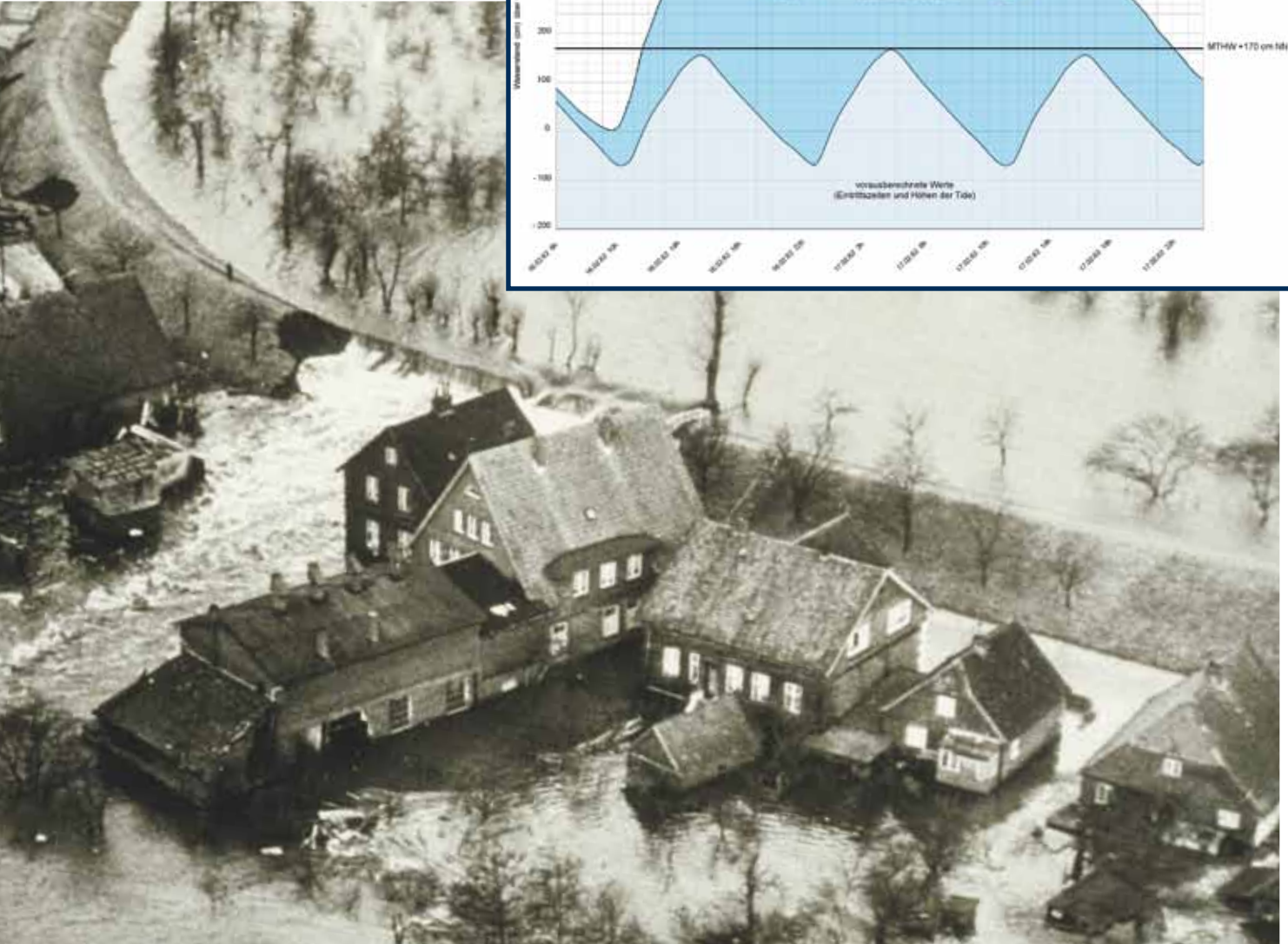


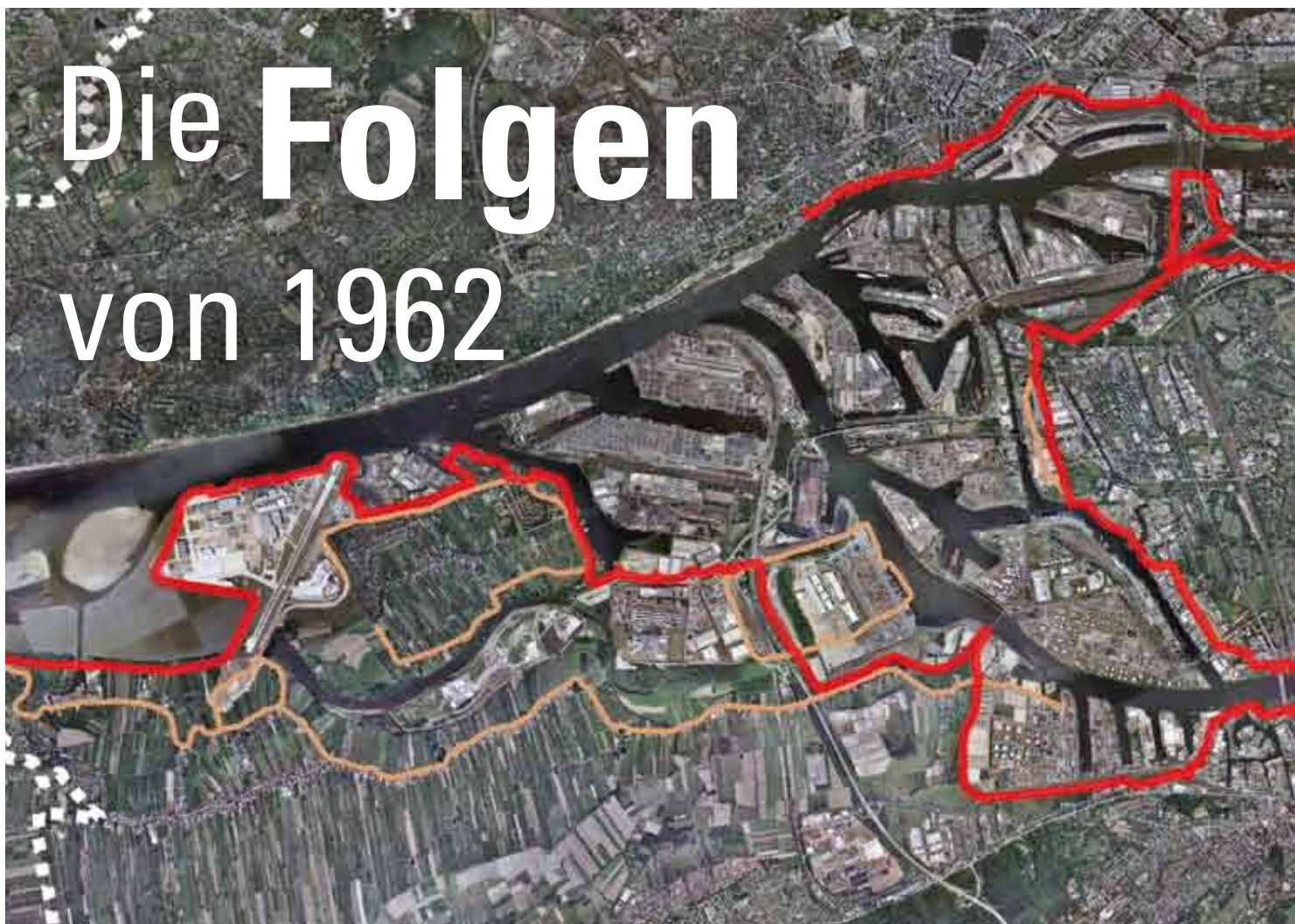
Foto: LSBG (Archiv)

hochwasser ein. Schon um 1:10 Uhr hatte der Wasserstand den Wert von NN + 5,20 Meter – seit 1825 das Maß für die Deichsicherheit – erreicht und überschritt diesen für mehr als 3,5 Stunden. Ein großer Teil der Deiche war der langanhaltenden Belastung durch die überströmende Flut nicht gewachsen. Es kam zu über 60 Deichbrüchen mit einer Gesamtlänge von etwa 1,5 Kilometern, in deren Folge insgesamt 12.500 Hektar Land, das entspricht einem Sechstel des hamburgischen Staatsgebietes, überflutet wurden. Ein Bruch des 32,5 Ki-

lometer langen Deichs in den Vier- und Marschlanden und damit die Überflutung von 12.000 Hektar Hinterland konnte jedoch dank der Verteidigungsmaßnahmen verhindert werden.

**In Hamburg kostete diese Sturmflut 315 Menschen das Leben.** Rund 8.000 Menschen wurden in Sicherheit gebracht und mindestens 2.000 davon aus unmittelbarer Lebensgefahr gerettet. Besonders betroffen war die Elbinsel Wilhelmsburg, als um 2 Uhr nachts der Damm des Berliner Ufers am Wil-

helmsburger Spreehafen brach. Das Wasser ergoss sich mit gewaltiger Kraft in das tiefliegende Schrebergartengelände mit seinen zahlreichen Behelfsheimen. Allein hier kamen über 200 Menschen ums Leben. Viele von ihnen wurden im Schlaf überrascht, weil eine Warnung bereits nach den ersten Deichbrüchen aufgrund des Ausfalls von Strom- und Telefonleitungen nicht mehr möglich war. Immerhin konnten über 1.000 Menschen von den Dächern ihrer von den Fluten eingeschlossenen Häuser per Hubschrauber gerettet werden.



# Die Folgen von 1962

Nach der Sturmflutkatastrophe 1962 kam es in Hamburg zu weitreichenden Veränderungen im Deichrecht. So gilt der Hochwasserschutz seitdem als staatliche Aufgabe, die neu errichteten Deiche wurden dem modernen Deichbau angepasst und die Schutzanlagen mehrmals erhöht sowie optimiert. Auch der Hafen ist den Sturmfluten inzwischen nicht mehr schutzlos ausgeliefert.

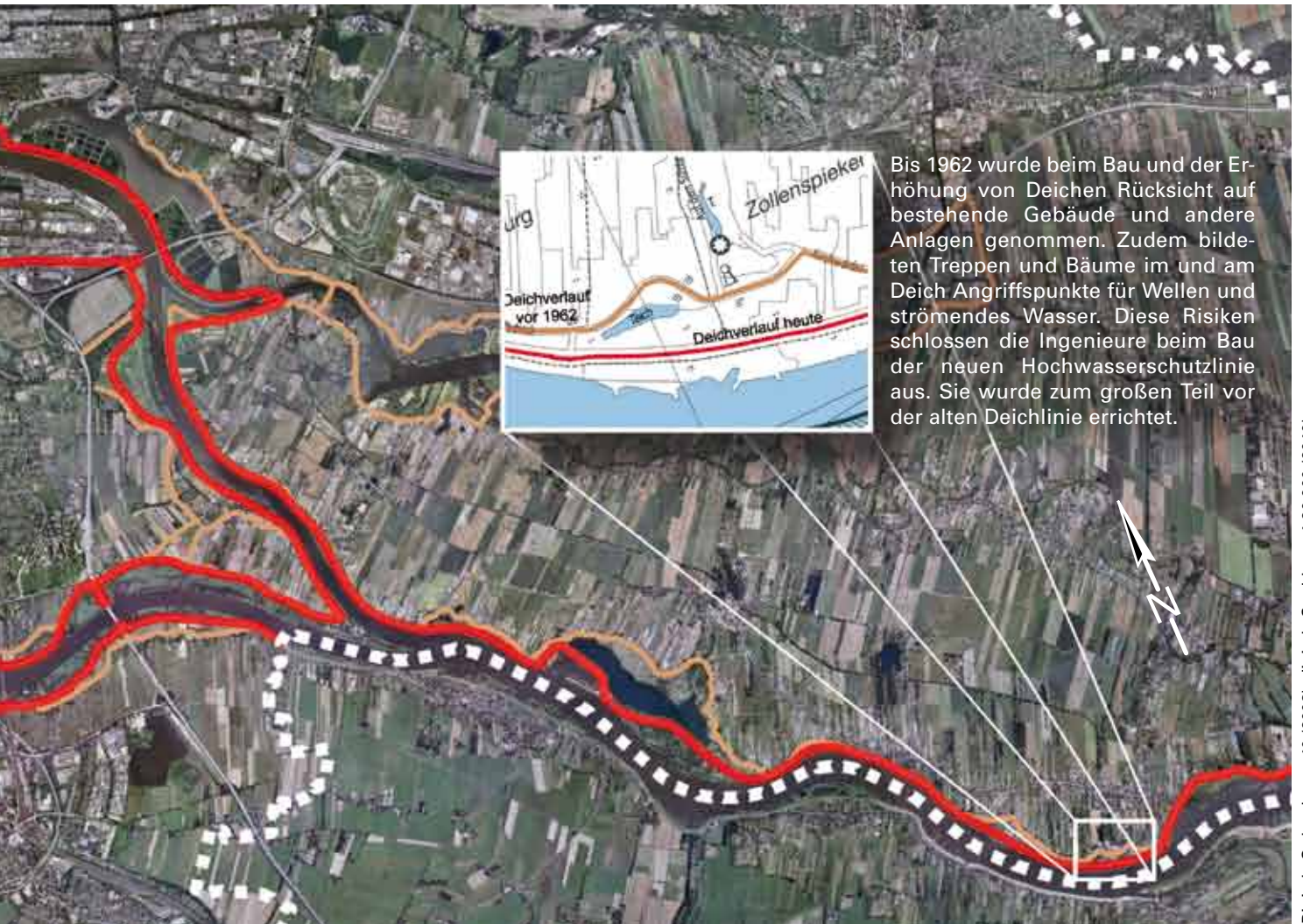
Vor 1962 waren die Menschen, die hinter den Deichen lebten, für ihren Deichabschnitt verantwortlich. Sie engagierten sich ehrenamtlich in Deichverbänden, die traditionell seit Jahrhunderten für den Bau und die Pflege der Deiche zuständig waren. Das änderte sich nach der großen Flut: Mit dem neuen Deichrecht gingen sämtliche Deiche in das Eigentum der Freien und Hansestadt Hamburg über, und die Han-

sestadt übernahm damit die Kosten für die Errichtung, die Verteidigung sowie die Unterhaltung der Deiche.

## Riskante Brüche

Unmittelbare Folge der Sturmflutkatastrophe war die Auflage eines Programms, das den Bau zahlreicher neuer Deiche vorsah. Ein großer Teil von ihnen wurde wegen der Bebauung der vorhandenen Schutz-

wälle vor der alten Deichlinie neu errichtet. Ein weiterer Grund, warum eine bloße Instandsetzung der alten Deiche nicht infrage kam, waren die vielen Deichbrüche während der letzten großen Sturmflut. Der Zusammenhalt der alten und neuen Deichstrecken wäre nicht mehr sicher gewesen. Zudem erhöhte Hamburg jetzt entsprechend dem zugrunde gelegten Bemessungswasserstand<sup>1</sup> von NN + 6,70 Meter



Bis 1962 wurde beim Bau und der Erhöhung von Deichen Rücksicht auf bestehende Gebäude und andere Anlagen genommen. Zudem bildeten Treppen und Bäume im und am Deich Angriffspunkte für Wellen und strömendes Wasser. Diese Risiken schlossen die Ingenieure beim Bau der neuen Hochwasserschutzlinie aus. Sie wurde zum großen Teil vor der alten Deichlinie errichtet.

Digitale Orthophotos 40 (2008), digitale Stadtkarte 1:20.000 (2010).  
Vervielfältigung mit Erlaubnis der Freien und Hansestadt Hamburg, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung

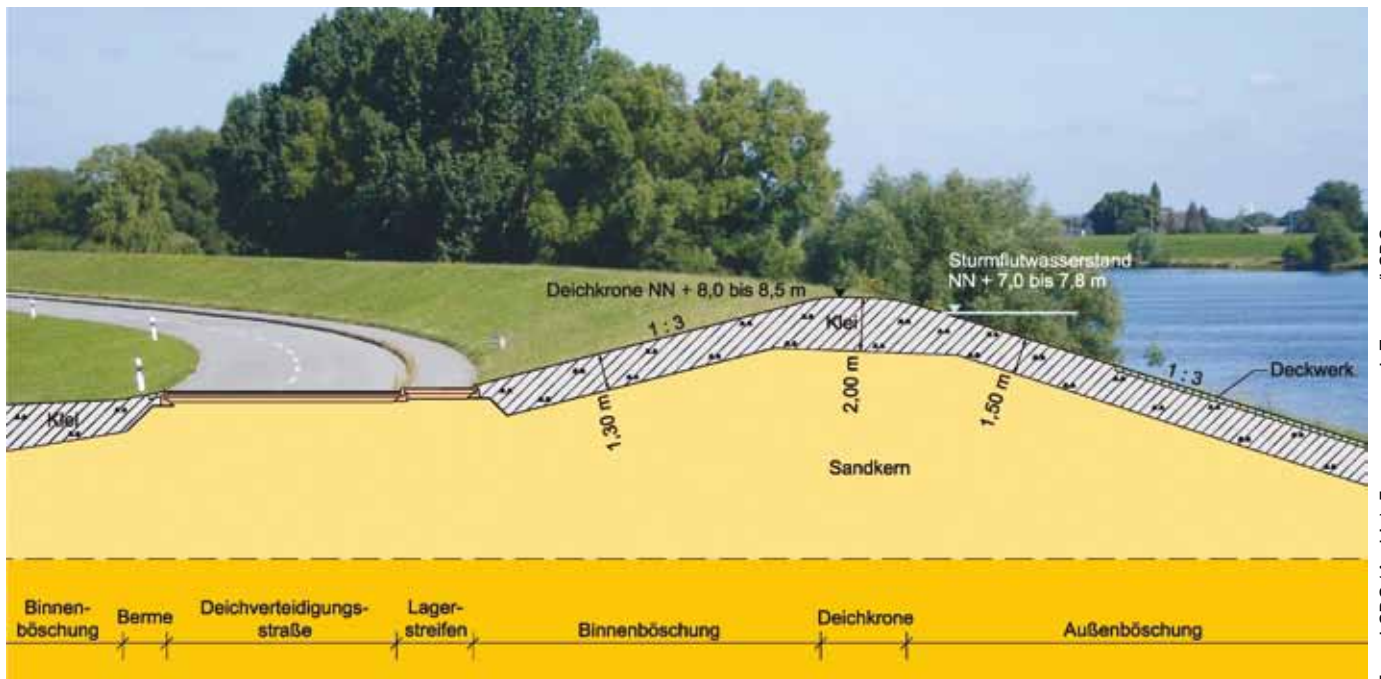


Foto: LSBG (Archiv), Fotomontage: J. Zornow/LSBG

Der Querschnitt durch den Moorwerder Hauptdeich zeigt anschaulich die wesentlichen Konstruktionsmerkmale.



<sup>1</sup>Bemessungswasserstand: Er dient der Festlegung der tatsächlich notwendigen Deichhöhe. Als Grundlage hierfür werden in regelmäßigen Abständen (alle 10 Jahre) die Daten der schwersten Sturmfluten und Hochwasserereignisse ausgewertet.

Fotos: ddp images, LSBG (Archiv)

die Deiche und verbreiterte gleichzeitig die Deichfüße, sodass eine flachere Böschungsneigung entstand. Mit Sandkern und Kleiabdeckung entsprachen sie nun auch erstmals dem modernen Deichaufbau.

**Ihre ersten großen Bewährungsproben mussten die neuen Deiche 1967 und vor allem 1973 bestehen.** Im Februar 1967 betrug der Scheitelwasserstand am Pegel St. Pauli NN + 4,96 Meter. Noch mehr Wasser brachten die Sturmfluten im November und Dezember 1973 nach Hamburg. Die höchste von ihnen erreichte am 7. Dezember NN + 5,33 Meter und blieb nur 37 Zentimeter unter dem Sturmflutwasserstand

von 1962. Die verbesserten Hochwasserschutzanlagen hielten jedoch, was sich die Fachleute von ihnen versprochen hatten: In die eingedeichten Gebiete drang kein Wasser ein. Anders sah es dagegen im Hafen aus, hier verursachte die Flut auf niedrig gelegenen Flächen Schäden an gelagerten Gütern.

**Den bisher höchsten in Hamburg gemessenen Scheitelwasserstand erzielte die Sturmflut Anfang Januar 1976.** Mit NN + 6,45 Meter am Pegel St. Pauli übertraf sie die 5,70 Meter von 1962 deutlich und lag nur 25 Zentimeter unter dem neuen Bemessungswasserstand. Auch dieser großen Belastung hielten die Deiche ausnahmslos stand. Da allerdings im Hafen große Schäden auftraten, war es an der Zeit, dieses Gebiet ebenfalls vor Sturmfluten zu schützen. Die Lösung, für die sich die Freie und Han-

sestadt Hamburg entschied, bestand aus insgesamt 60 Poldern<sup>2</sup> und Objektschutzanlagen, die bis 1983 im Hafen errichtet wurden.

**Auch der Bemessungswasserstand kam angesichts der schweren Sturmflut von 1976 wieder auf den Prüfstand.** Der Hamburger Senat folgte der Empfehlung der „Unabhängigen Kommission Sturmfluten“, die Sollhöhen der Hochwasserschutzanlagen anzuheben, und beschloss, das seit 1984 laufende Programm zur Verbesserung der Deichsicherheit aus aktuellem Anlass umzustellen. Ursprünglich sollte damit die bauliche Qualität der Deiche verbessert werden, ohne ihre Höhe zu verändern. Vorgesehen waren dafür zum Beispiel eine Abflachung der Böschungsneigungen sowie die Entfernung von Gebäuden und Bewuchs. Stattdessen sollten die Mittel nun dafür einge-

setzt werden, in einem Übergangsprogramm die besonders gefährdeten Deichabschnitte um bis zu 80 Zentimeter zu erhöhen.

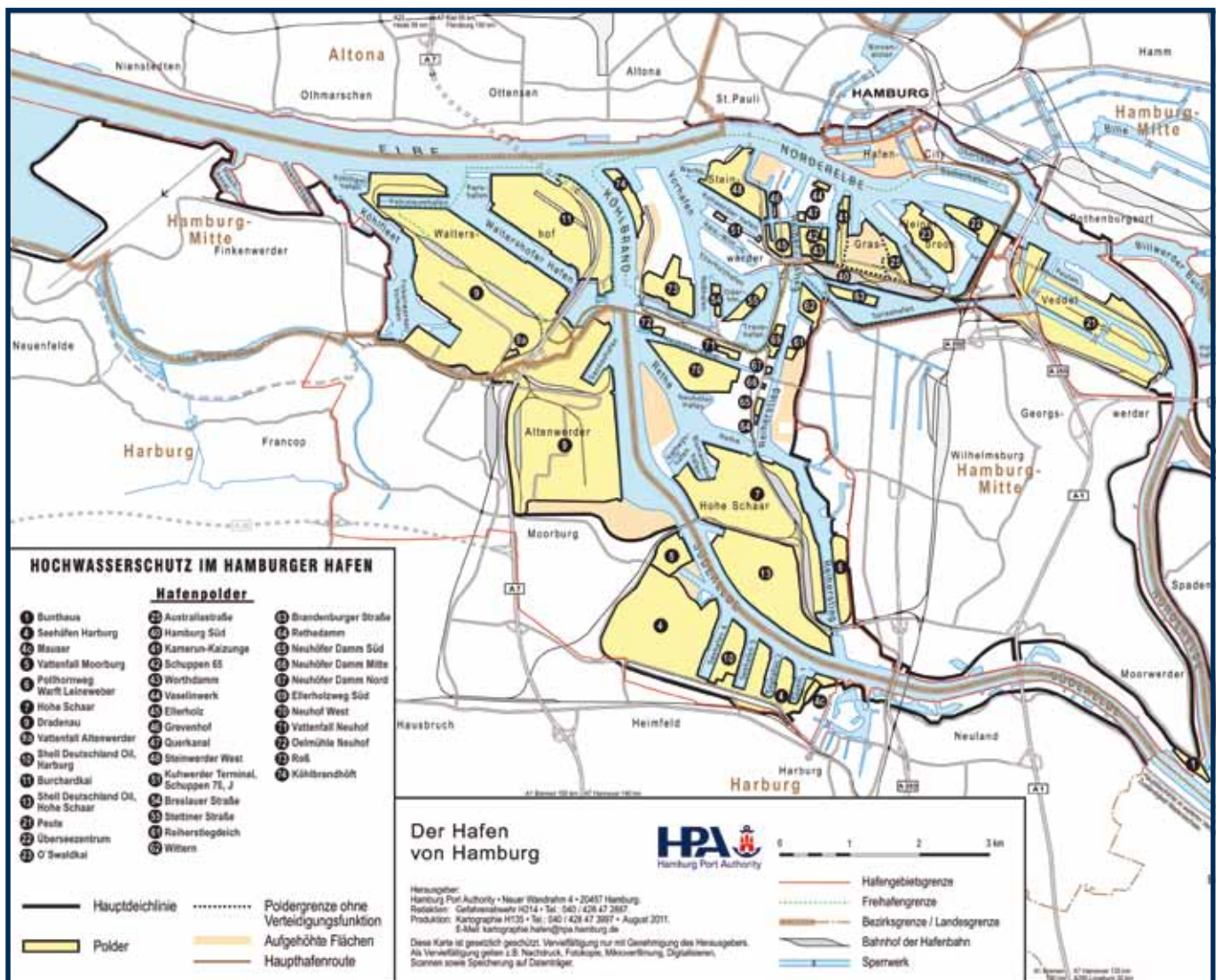
Gleichzeitig suchten die Hamburger nach Möglichkeiten für eine langfristige Verbesserung des Hochwasserschutzes. Dafür boten sich zum einen Lösungen auf dem Gebiet der Freien und Hansestadt an, wie etwa Sperrwerke in Norder- und Süderelbe oder die Erhöhung der bestehenden Hochwasserschutzanlagen. Zum anderen waren auch Maßnahmen außerhalb Hamburgs denkbar, zum Beispiel

ein Sperrwerk bei Brokdorf. Es zeigte sich aber schnell, dass über dieses Vorhaben keine Einigung mit den benachbarten Bundesländern möglich war. Abgesehen von den ungelösten Fragen bei der technischen Umsetzung eines Sperrwerks hätte dieser Bau eine Erhöhung der Sturmflutwasserstände elbabwärts bewirkt und somit Deicherhöhungen an einigen Stellen erfordert.

### Sollhöhen nach Bedarf

Mitte der 90er-Jahre begann die Umsetzung des „Bauprogramms Hochwasserschutz“, in dessen

Rahmen die gesamte Hochwasserschutzlinie durchschnittlich um rund einen Meter erhöht wird. Heute beträgt der Bemessungswasserstand am Pegel St. Pauli NN + 7,30 Meter. Anders als früher werden die Sollhöhen der Hochwasserschutzanlagen für große Bereiche nicht mehr einheitlich vorgegeben, sondern mit Hilfe von Modellrechnungen für einzelne Deichabschnitte berechnet. Unter Berücksichtigung der lokalen hydrologischen Bedingungen wie Wellenauflauf weisen die Hochwasserschutzanlagen nun Höhen von NN + 7,50 Meter bis NN + 9,25 Meter auf.



Ausschnitt aus der Hafenkarte 1:50.000 (HK 50) Hafen von Hamburg  
Präsentiert mit Genehmigung von Hamburg Port Authority, Hamburg

<sup>2</sup>Polder: Im Hamburger Hafen und am nördlichen Elbufer im Bezirk Altona werden sturmflutgefährdete Bereiche durch private Hochwasserschutzanlagen gesichert. Diese geschützten tief liegenden Gebiete werden Polder genannt. Eigentümer dieser Flächen bilden Poldergemeinschaften, die unter fachlicher Anleitung regelmäßig Übungen durchführen, um zum Beispiel die Funktionstüchtigkeit von Toren und Schiebern der Schutzanlagen zu testen.

# Gefahr aus Westnordwest



Wenn über die Nordsee ein Sturm fegt, ist bei bestimmten Windrichtungen auch das 100 Kilometer entfernte Hamburg betroffen. Denn Wind und Flut drücken gewaltige Wassermassen durch das Elbästuar in die Tideelbe hinein und weiter hinauf bis vor die Tore der Freien und Hansestadt. Der Stand von Sonne und Mond kann die Gefahr einer Sturmflut zusätzlich erhöhen.

Fotos: D. Ackermann/LSBG, watermarkrb; Satellitenbild: Deutscher Wetterdienst/EUMETSAT; Karte: Y. Uchneytz/LSBG





Der <sup>4</sup>Oberwasserzufluss ist das von der Elbe stromabwärts fließende Wasser. Vor allem starke Niederschläge und Schneeschmelze können dazu führen, dass das an Hamburg vorbei in Richtung Nordsee strömende Oberwasser deutlich höher ansteigt.



Als <sup>2</sup>Zyklon wird eine starke Luftbewegung bezeichnet, die über 117 km/h erreicht. Sie kann im Binnenland schwerste Verwüstungen anrichten. Über der Deutschen Bucht erzeugen starke Winde einen erhöhten Windstau und führen so zu Sturmfluten an der deutschen Nordseeküste.

Als <sup>1</sup>Ästuar wird die trichterförmige Mündung eines zum Meer hin offenen und den Gezeiten unterworfenen Flusses bezeichnet. Wenn Stürme über der Nordsee aus der westnordwestlichen Windrichtung <sup>3</sup>290° kommen, werden große Wassermassen in das Elbe-Ästuar gedrückt und mit der Flut die Tideelbe hinauf bis nach Hamburg geschoben.



Sturmfluten sind **extreme Erhöhungen des Wasserstands an Küsten und in Ästuaren**<sup>1</sup>. Hauptsächlich werden sie durch starken Wind hervorgerufen, der das Wasser in Richtung Küste schiebt, so dass dort der Wasserstand steigt. In der Nordsee werden Sturmfluten durch außertropische Zyklone<sup>2</sup> ausgelöst, die im Winterhalbjahr über den Nordatlantik nach Nordwesteuropa ziehen. Diese Tiefdruckgebiete entstehen aufgrund des Temperaturgegensatzes zwischen den kalten polaren und den wärmeren subtropischen Luftmassen. Die Stärke des entstehenden Windes hängt vom Luftdruckgefälle und damit von der Temperaturdifferenz zwischen den Luftmassen ab.

### Kritisch bei 290°

Für jeden Ort an der Küste gibt es eine bestimmte Windrichtung, die dort eine sehr schwere Sturmflut auslösen kann. Diese Richtung liegt für Cuxhaven zwischen 270° und 300°, für die Elbe bei 290°<sup>3</sup>. Der Wind aus Westnordwest drückt das Wasser der Nordsee verstärkt in das trichterförmige Elbästuar. Die Folge sind hohe Sturmflutwasserstände in der gesamten Tideelbe und somit auch im 100 Kilometer von der Nordsee entfernten Hamburg.

Neben der Stärke und der Richtung des Windes hängt die Höhe des Sturmflutwasserstands besonders von der Tide ab. Diese aus Flut-Ebbe-Flut bestehende Ge-

zeitenphase wird durch astronomische Einflüsse ausgelöst und dauert in der Nordsee 12 Stunden und 25 Minuten. Hohe Sturmfluten sind besonders dann zu erwarten, wenn starke Winde über mehrere Stunden hinweg andauern und sich mit dem eintretenden Tidehochwasser überlagern. Bei Neu- und Vollmond stehen Sonne und Mond auf einer Linie, sodass sich ihre Gezeitenwellen addieren und es zu einem höheren Tidehochwasser kommt, der sogenannten Springtide. Trifft diese mit einer Sturmflut zusammen, fällt der Wasserstand besonders hoch aus.

### Gegen die Uhr

Sturmflutwasserstände können außerdem durch Fernwellen ansteigen. Dabei handelt es sich um lange Wellen, die durch meteorologische Einflüsse über dem Nordatlantik entstehen und in die Nordsee einlaufen. Diese durchlaufen sie entgegen dem Uhrzeigersinn mit einer Geschwindigkeit, die etwa der einer Tidewelle entspricht. In Cuxhaven erreichen die Fernwellen Höhen bis zu 1,10 Meter. Zusätzlich wird der Sturmflutwasserstand im Elbästuar durch den Oberwasserzufluss<sup>4</sup> beeinflusst. Gemessen am Pegel Neu Darchau beträgt dieser durchschnittlich 720 m<sup>3</sup>/s, durch starke Niederschläge oder Schneeschmelze kann er aber erheblich höher ausfallen. So wurden während einer Sturmflut schon 2.600 m<sup>3</sup>/s gemessen. Zum Vergleich: Durch eine Erhöhung des Oberwasserzuflusses um 1.000 m<sup>3</sup>/s kann der Scheitelwasserstand am Pegel St. Pauli um etwa 10 Zentimeter ansteigen, bis nach Geesthacht sogar um 25 Zentimeter.

Trotz seiner scheinbar sicheren Distanz zur Nordsee: Hamburg ist aufgrund seiner Lage im Stromspaltungsgebiet der Elbe mit seinen tief liegenden Marschen in großen Teilen sturmflutgefährdet. In diesem Gebiet, das fast die Hälfte der Stadtfläche umfasst, leben mehr als 325.000 Menschen.

# Erst Warften, dann D

Die Nähe zum Wasser begünstigte zwar die Entwicklung Hamburgs seit Ende des ersten Jahrtausends. Zugleich mussten die frühen Siedler aber auch bereits damals Lösungen finden, wie sie sich und ihren Lebensraum vor dem Hochwasser der Tideelbe schützen können.

Vermutlich schon vor 4.000 Jahren hielten sich die ersten Menschen im Stromspaltungsgebiet der Elbe auf. Also dort, wo sich der Fluss in Norder- und Süderelbe teilt und den Bereich umschließt, auf dem sich heute ein großer Teil des Hafens sowie die Stadtteile Wilhelmsburg und Veddel befinden. Eine dauerhafte Nutzung der fruchtbaren, niedrig gelegenen Marschen wurde aber erst durch die Anlage von Warften<sup>1</sup> und den Bau von Deichen möglich.

Die Besiedlung der Marsch begann im 9. Jahrhundert in direkter Nähe eines neu erbauten befestigten Klosters, der Hammaburg (ham = Ufer, Marsch). Dort, auf der Nordseite eines Priels zwischen Alster und Bille, errichteten Schiffskaufleute, Handwerker und

Fischer eine Anlegebrücke und verbanden diese mit dem Kloster. Das Bauland auf der gegenüberliegenden Seite des Priels wurde mit 70 Meter langen, bis zu 8 Meter breiten und 1,5 Meter hohen Kästen aus Holzpfählen trockenengelegt. Die Parzellen zur Bebauung wurden mit Klei und Dung aufgefüllt. Zwischen ihnen dienten schmale unverfüllte Streifen als Entwässerungs- und Entsorgungsgräben, die die Flut regelmäßig durchspülte.

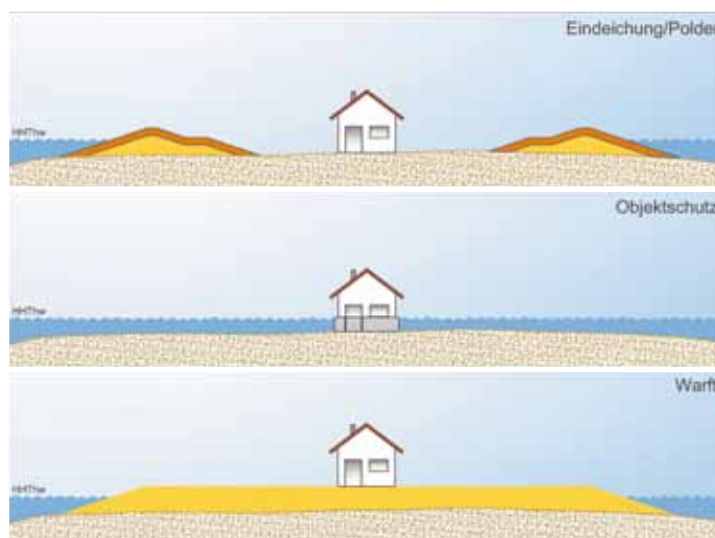
## Neue Burg

Nachdem feindliche Stämme die Hammaburg 845 und 983 zerstört hatten, wurde Ende des 11. Jahrhunderts ein erster Ringdeich errichtet. Er entstand anlässlich des Baus der „Neuen Burg“. Der Fuß dieser auch als Wall genutzten An-

lage war mit parallel zur Flussrichtung aufgeschichteten Baumstämmen gegen Strömungen und Wellen geschützt. Gleichzeitig dienten sie als Unterbau für eine Anlegestelle.

Als Obotriten (slawischer Stammesverband) die Stadt in der zweiten Hälfte des 11. Jahrhunderts erneut zerstörten, wurde Hamburg am Ende des 12. Jahrhunderts auf Initiative von dort ansässigen Schiffskaufleuten neu gegründet. Es entwickelte sich ein bedeutendes Handelszentrum mit einem Hafen, in dem jetzt auch größere Schiffe anlegen konnten. Das Areal der ehemaligen Neuen Burg wurde mit einem Deich gesichert und mit Boden aufgefüllt. Auf dem so gegen Hoch-

<sup>1</sup>Warften sind künstlich aus Erde aufgeschüttete Siedlungshügel, die vor Sturmfluten schützen. Sie entstanden bereits im 3. Jh. v. Chr. und wurden lange vor dem Deichbau als Hochwasserschutz genutzt. Verbreitet sind sie zum Beispiel in den westdeutschen Marschgebieten, auf den Halligen und in den Niederlanden.





# eiche

wasser geschützten Platz wurde die Nicolaikirche gebaut und eine neue Stadt errichtet. Nun begann die planmäßige Besiedlung und Kultivierung der Marschgebiete. Es wurden Flee- te zur Entwässerung der Grund- stücke ausgehoben und das da- durch gewonnene Material konnte zur Errichtung von Deichen sowie dem Bau von Straßen ge- nutzt werden.



Grafiken: J. Zornow/LSBG; Zeichnung: Stiftung Historische Museen Hamburg/Archäologisches Museum Hamburg, Fotoarchiv Bodendenkmalpflege

Zur Trockenlegung von Bauland dienten im Marschgebiet zwischen Alster und Bille früher 70 Meter lange, bis zu 8 Meter breite und 1,5 Meter hohe Kästen aus Holzpfählen. Die dazwischen liegenden schmalen Entwässerungs- und Entsorgungsräben wurden regelmäßig von der Flut durchspült.

# Leben mit der Flut

Nachdem Anfang 1219 eine Sturmflut große Flächen im Elbegebiet überschwemmt hatte, schütteten die Siedler um 1240 den Stadtdeich auf und schlossen ihn an den Hammerbrooker Deich an. Dabei entstand der kanalartige Oberhafen, der später zur Spülung des hier befindlichen Hafens mit der Elbe verbunden wurde. Ebenso erforderte die fortschreitende Besiedlung der Region eine Ausdehnung des Schutzes auf neue Areale, wie zum Beispiel entlang des Alsterlaufes. Dort entstanden Deiche, an deren Außenböschungen Schiffe an hölzernen Vorsetzen anlegen konnten. Das aus Alt- und Neustadt zusammengewachsene Hamburg wurde später durch eine auf der Deichkrone errichtete Stadtmauer befestigt.

Bis heute ist das Hamburger Stadtbild entscheidend durch eine Baumaßnahme geprägt, die bereits vor rund 400 Jahren erfolgte: Bei der Errichtung der Stadtbefestigung zwischen 1616 und 1625 wurde die 1245 vor dem Oberdamm aufgestaute Große Alster in Binnen- und Außenalster geteilt. Da die Stadt sich stetig weiter in die Marsch ausdehnte, wurden damals immer größere Teile Hamburgs von hohen Elbwasserständen überschwemmt. Die Entwicklung des Hochwasserschutzes konnte mit dieser Ausdehnung nicht Schritt halten. Eine

Obwohl Hamburg 1976 mit der höchsten dort jemals gemessenen Sturmflut zu kämpfen hatte, hielten die Deiche der Belastung stand. Dieser Erfolg war auch das Ergebnis eines jahrhundertelangen Lernprozesses angesichts immer wiederkehrender Sturmfluten mit oft katastrophalen Folgen. Ein Rückblick auf rund 800 Jahre Hochwasserschutz.



Hamburg Anfang des 18. Jahrhunderts: Der historische Grundriss des Kartografen Johann Baptist Homann zeigt, dass die Vierlande bereits eingedeicht sind und die



Foto: LSBG (Archiv); Karte: Johann Baptist Homann/Historic-Maps



Elbinseln noch nicht ihre heutige Form haben.

Auch der Deich in Cranz hielt der Sturmflut 1962 nicht stand. Bereits kurz nach dem Deichbruch war der im Alten Land an der Unterelbe gelegene Ort völlig überflutet.

Übersicht der im Laufe der Jahrhunderte in den Chroniken vermerkten Sturmfluten enthält der Infokasten auf Seite 21.

## Warnendes Klopfen

Seit etwa 1660 gibt es für einzelne Sturmfluten Angaben über die Höhe des Wasserstandes in Hamburg. Um diese Zeit wurde am alten Waisenhaus, das auf dem alten Rödingsmarkt am Hafen stand, ein Flutmesser eingerichtet. Diese Pegellatte war ursprünglich als Orientierung für die Schifffahrt angebracht worden, sodass es zunächst keine regelmäßigen Wasserstandszeichnungen gab. Dennoch sind einzelne Sturmflutsscheitelhöhen bekannt, von denen vermutet wird, dass sie an diesem Flutmesser ermittelt wurden. Auch das Ende des 17. Jahrhunderts zur Schadensbegrenzung eingeführte Warnsystem dürfte sich an diesem Pegel orientiert haben. Ende des 18. Jahrhunderts gab es in Hamburg bereits 18

Flutmesser, an denen der Wasserstand abgelesen wurde, sodass bei Erreichen bestimmter Pegelhöhen die Bewohner niedriggelegener Häuser gewarnt werden konnten. Dieses erfolgte durch Klopfen mit der Lanze und durch Hochwasserrufe. Bei weiter steigendem Wasser wurden Böllerschüsse abgefeuert.

Unter der Vielzahl an Sturmfluten, von denen Hamburg betroffen war, sind fünf aufgrund ihrer besonderen Bedeutung hervorzuheben.

**Die Weihnachtsflut 1717:** Am 25.12. richtete eine Sturmflut an der Unterelbe schwere Schäden an. Im Amt Ritzebüttel, bis 1937 ein hamburgischer Außenposten an der Elbmündung auf dem heutigen Gebiet der Stadt Cuxhaven, kamen 306 Menschen ums Leben, rund 1.200 Rinder, 580 Schafe und über 600 Schweine ertranken, 127 Gebäude wurden zerstört. Ein Deichbruch

bei Stade bewahrte die Stadt Hamburg weitgehend vor Überschwemmungen. Diese Flut war der Anlass, sich im deutschen Küstengebiet wissenschaftlich mit Wasserständen, Sturmfluten und Deichbau zu beschäftigen. Eine Zeitung veröffentlichte sogar zweimal wöchentlich die Wasserstände in Hamburg sowie zusätzlich Angaben über das Wetter, den Wind, Luftdruck und Lufttemperatur.

**3./4. Februar 1825:** An diesen beiden Tagen wurden Hamburg und die gesamte deutsche und niederländische Nordseeküste von einer verheerenden Sturmflut heimgesucht. Insgesamt starben dabei 789 Menschen, davon allein 142 in den Elbmarschen. Auf Neuwerk wurden alle Gebäude bis auf den Turm zerstört, die Deiche bei Kirchwerder und Moorburg brachen, ebenso der Hamburger Stadtdeich bei der Sägemühle. Hier rissen die Fluten sechs Häuser fort und machten rund 100 Menschen obdachlos. Von nun an war der Scheitelwasserstand von NN + 5,24 Meter maßgebend für die Sicherheit in Hamburg, und die auf NN + 5,70 Meter festgelegte Höhe der Deiche galt bis 1962.

**Am 1./2. Januar 1855** erreichte der Wasserstand am Pegel St. Pauli eine Höhe, die nur 13 Zentimeter unter der von 1825 lag. Mehrere Deichbrüche führten in den Vierlanden, in Bergedorf, in Moorburg, bei Harburg und in Winsen (Luhe) zu Überschwemmungen, Wilhelmsburg wurde völlig überflutet. Nachdem das Wasser auch noch die Alsterschleusen überflutet hatte, stieg die Alster so hoch, dass selbst Straßen in Hamburg und in der Vorstadt St. Georg überschwemmt wurden, die sonst nie von Sturmfluten betroffen waren. Vier Menschen ertranken.

**16./17. Februar 1962:** Seit 1855 war Hamburg von einer schweren Sturmflut verschont geblieben, nun aber traf es die Stadt umso schlimmer. Mit einem Wasserstand von NN + 5,70 Meter am Pegel St. Pauli überstieg dieser den bisher höchsten aus dem Jahr 1825 um 46 Zentimeter. Es kam zu über 60 Deichbrüchen mit einer Gesamtlänge von etwa 1,5 km, in deren Folge insgesamt 12.500 ha Land, etwa ein Sechstel des hamburgischen Staatsgebietes, überflutet wurde. In Hamburg kostete diese Katastrophe 315

Menschen das Leben. Besonders in den tief gelegenen Behelfsheimen Wilhelmsburgs überraschte die Flut viele im Schlaf, als um 2 Uhr nachts der Damm des Berliner Ufers am Wilhelmsburger Spreehafen brach. Seit dieser „Jahrhundertflut“ gilt der Hochwasserschutz in Hamburg als staatliche Aufgabe (öffentlicher Hochwasserschutz). So wurden unter anderem die Hochwasserschutzanlagen wiederholt erhöht und ausgebaut, Katastrophenpläne erarbeitet und die Informationen für die Bevölkerung verbessert.

**3./4. Januar 1976:** Mit einem Scheitelwasserstand von NN + 6,45 Meter am Pegel St. Pauli verzeichnete Hamburg die höchste Sturmflut seit Beginn der regelmäßigen Aufzeichnungen. Sie war noch einmal um 0,75 Meter höher als die Flut von 1962. Zwar hielten die Deiche dieser Belastung ausnahmslos stand, aber fast alle Kai- und Industrieanlagen im Hafen und im Vordeichland standen unter Wasser. Zahlreiche Güter verdarben, sodass Schäden in Millionenhöhe entstanden. Um auch den Hafen künftig vor Hochwasser zu schützen, wurden daraufhin 60 Polder errichtet.

Auf die wachsende Anzahl der Sturmfluten mit Wasserständen über NN + 4,00 Meter hat der Hochwasserschutz in Hamburg reagiert und die Hauptdeichlinie kontinuierlich erhöht. Um auch vor künftigen extrem hohen Fluten gewappnet zu sein, erreichen die Deiche an einigen Stellen eine Höhe von NN + 9,25 Meter, über dreieinhalb Meter mehr als noch 1962.

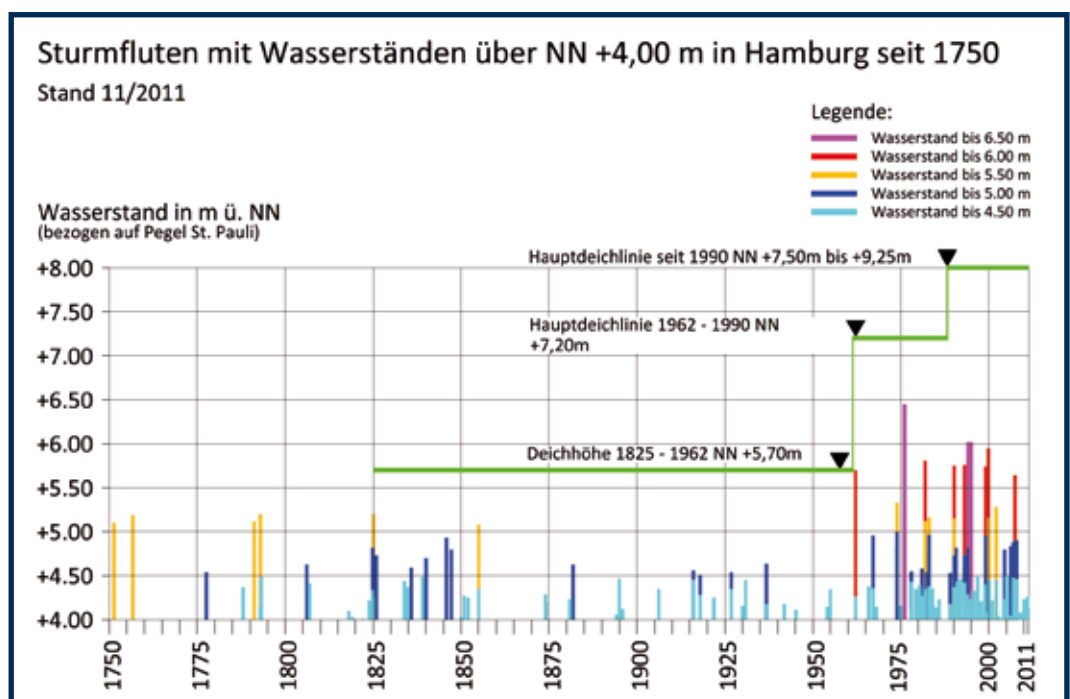




Foto: LSBG (Archiv)

In der Nacht vom 16. auf den 17. Februar 1962 wird Hamburgs Süden von einer Flutkatastrophe heimgesucht, der 315 Menschen zum Opfer fallen. Etwa 15.000 Hamburger werden obdachlos.

## Chronologie der Sturmfluten in Hamburg

### 13. Jahrhundert

- Januar 1219: Überflutung großer Flächen im Elbegebiet.
- Dezember 1248: Eine Sturmflut zertrennte die Hamburger Elbinsel Gorieswerder in mehrere Inseln, viele Menschen kamen ums Leben.

### 14. Jahrhundert

- Januar 1362

### 15. Jahrhundert

- November 1412

### 16. Jahrhundert

- November 1570

### 17. Jahrhundert

- Februar 1625: Während dieser Sturmflut soll das Wasser bis auf den Hopfenmarkt gestanden haben.
- Weitere Sturmfluten ereigneten sich im Januar 1661, Oktober 1663, November 1685, Oktober 1688, Dezember 1693, September 1697, November 1699. Die höchsten Wasserstände wurden bei den Sturmfluten 1663 mit NN 4,74 Meter oder 4,81 Meter und 1697 mit NN + 4,86 Meter oder 4,93 Meter erreicht.

### 18. Jahrhundert

- Oktober 1701, Februar 1702, Dezember 1703, März 1715, Dezember 1717 (siehe Text).
- 1751 und 1756: Sturmfluten mit jeweils neuen Höchstwasserständen in Hamburg.
- 1792 und 1793: Eine Häufung schwerer Sturmfluten, die zu erheblichen Schäden führten.

### 19. Jahrhundert

- Februar 1825 (siehe Text).
- Januar 1855 (siehe Text).

### 20. Jahrhundert

- Februar 1962 (siehe Text).
- Februar 1967: Der gemessene Scheitelwasserstand am Pegel St. Pauli betrug NN + 4,96 Meter.
- Zwischen November und Dezember 1973 traten in Hamburg 28 Sturmfluten ein, darunter 2 schwere und 4 sehr schwere Sturmfluten. Die höchste erreichte am 7. Dezember NN + 5,33 Meter und lag damit nur 0,37 Meter unter dem Sturmflutwasserstand von 1962. Da die neuen Hochwasserschutzanlagen bereits fertiggestellt waren, gab es in den eingedeichten Gebieten kaum Schäden, umso größere dagegen an Gebäuden und gelagerten Gütern im Hafen.
- Januar 1976 (siehe Text).

# Recht & Ordnung

Der Hochwasserschutz ist für Hamburg von so existenzieller Bedeutung, dass umfassende Gesetze und Vorschriften erforderlich sind. Die Gesamtheit dieser Rechtsnormen wird in Hamburg als „Deichrecht“ bezeichnet.

Nach der Sturmflut 1962 war es erforderlich, den Hochwasserschutz in Hamburg neu zu konzipieren. Eine Konsequenz aus der Katastrophe bestand darin, per Deichordnungsgesetz vom April 1964 die bestehenden und neu zu errichtenden Hochwasserschutzanlagen zu öffentlichem Eigentum zu erklären. Die Zuständigkeit für deren Bau und Unterhaltung ging von den ehrenamtlich geführten Deichverbänden auf die Freie und Hansestadt Hamburg über, da der erforderliche moderne Hochwasserschutz die Möglichkeiten der Deichverbände bei Weitem überstieg. Den Verbänden verblieb – soweit sie nicht aufgelöst wurden – insbesondere die Mitwirkung an der Deichverteidigung.

Als „Deichrecht“ wird in Hamburg die Gesamtheit der Rechtsnormen bezeichnet, die sich auf die Hochwasserschutzanlagen beziehen.

## Bundes- und Europarecht

Laut Grundgesetz ist der Küstenschutz Gegenstand der konkurrierenden Gesetzgebung. Das heißt, dass die Bundesländer zur Gesetz-

gebung befugt und verpflichtet sind, soweit sie nicht durch den Bund erfolgt. Der Küstenschutz umfasst alle Maßnahmen, die zur Erhöhung der Sicherheit gegen Sturmfluten an den Küsten und im Tidegebiet beitragen. Dazu gehören auch die Errichtung, Unterhaltung sowie die Verteidigung der Hochwasserschutzanlagen.

Mit dem novellierten Wasserhaushaltsgesetz hat der Bund zum 1. März 2010 erstmals von seiner Gesetzgebungskompetenz für den Küstenschutz Gebrauch gemacht, indem er die Regelungen der EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (EG-HWRM-RL) nahezu unverändert in Deutsches Bundesrecht überführte. Ziel dieser Richtlinie ist eine europaweite systematische Erfassung und Bewertung der Risiken durch die verantwortlichen Behörden, die zugleich auch Möglichkeiten zur Verringerung der Gefahren benennen sollen. Unmittelbar geltende Auswirkungen hat die EG-HWRM-RL aber nicht, sie beschränkt sich im Wesentlichen auf formale Instrumente und verzichtet auf materielle Zielsetzungen oder Maßnahmen zur Gefahrenabwehr.

Das neue Wasserhaushaltsgesetz sieht sowohl für den Binnenhochwasserschutz als auch für den Küstenschutz ein gestuftes System des Hochwasserrisikomanagements mit konkreten zeitlichen Vorgaben vor. Dazu gehört zunächst die Bewertung von Hochwasserrisiken und die Bestimmung von Risikogebieten, dann die Erstellung von Gefahren- und Risikokarten, auf deren Grundlage schließlich die Risikomanagementpläne entwickelt werden.

Die Vorschriften des Wasserhaushaltsgesetzes gelten nun unmittelbar für die Herstellung, wesentliche Umgestaltung und Beseitigung von Bauten des Küstenschutzes. Da der Bund nach wie vor auf materielle Regelungen zum Bau, zur Unterhaltung sowie zur Verteidigung von Küstenschutzanlagen verzichtet, behält die Freie und Hansestadt Hamburg die Regelungsbefugnis. Weil es sich laut Grundgesetz beim Küstenschutz um eine „Gemeinschaftsaufgabe des Bundes und der Länder“ handelt, beteiligt sich der an den entstehenden Kosten.



## Das Hamburgische Wassergesetz

Anders als in Niedersachsen wird das Deichrecht in Hamburg nicht in einem eigenen Gesetz, sondern im Hamburgischen Wassergesetz und hieraus abgeleiteten Verordnungen (Deichordnung, Polderordnung, Flutschutzverordnung HafenCity) geregelt. Es bestimmt den Bau und die Unterhaltung von Hochwasserschutzanlagen einschließlich ihrer Verteidigung, die Deichschauen sowie spezielle Rechtsgrundlagen für Maßnahmen bei konkreter Gefahr durch Hochwasser. Weiterhin gibt es Beschränkungen für den Aufenthalt in den durch Tidehochwasser gefährdeten Gebieten, insbesondere das Wohnen ist davon betroffen.

In Hamburg wird öffentlicher und privater Hochwasserschutz unterschieden. Öffentliche Hochwasserschutzanlagen werden auf Grundlage wasserrechtlicher Planfeststellungs- oder Plangenehmigungsverfahren errichtet oder umgebaut. Private Hochwasserschutzanlagen werden in der Regel durch bauordnungsrechtliche Baugenehmigungsverfahren errichtet oder verändert.

### Deichordnung

Welche baulichen Mindestanforderungen an öffentliche Hochwasserschutzanlagen gestellt werden, welche Abmessungen sie haben dürfen und was bei ihrer Unterhaltung und Überwachung zu beachten ist, das alles regelt die Deichordnung. Und da diese Anlagen in der Zuständigkeit und im Eigentum der Freien und

Hansestadt Hamburg liegen, richtet sie sich primär an die verantwortlichen Behörden. Für jedermann spürbar sind die ebenfalls in der Deichordnung detailliert aufgeführten Nutzungsbeschränkungen für die in der Regel allgemein zugänglichen Hochwasserschutzanlagen.

**Umfangreiche Verbote bestehen jedoch nicht nur auf dem öffentlichen Deichgrund – auch die unmittelbaren Nachbarn haben zahlreiche Einschränkungen im Interesse der Hochwassersicherheit hinzunehmen.** Besonders für bauliche Anlagen, bestimmte Bepflanzungen sowie die Lagerung von Gegenständen gilt, dass hier ein Abstand zum Deich einzuhalten ist. Weitere Beschränkungen bestehen für das Deichvorland.

### Polderordnung

Einen ähnlichen Inhalt wie die Deichordnung hat die Polderordnung, die sich an Private richtet. Hier sind die Regelungen für den Bau, den Betrieb und die Unterhaltungsvorschriften sowie die Verteidigung und die Verteidigungsvorsorge jedoch sehr viel detaillierter, um den ausschließlich privaten Betreibern rechtssicheres Handeln zu ermöglichen. Auch diese Hochwasserschutzanlagen unterliegen der staatlichen Überwachung.

## Flutschutzverordnung HafenCity

In den sturmflutgefährdeten Gebieten außerhalb der öffentlichen Hauptdeichlinien gelten strenge Maßstäbe, die zum einen das Bauen selbst und zum anderen die Nutzung der Gebäude betreffen. So ist im Tidegebiet der Elbe grundsätzlich die Genehmigung der Wasserbehörde erforderlich, wenn Anlagen erstellt, verändert oder beseitigt werden sollen. Für Gebiete zwischen Elbe und öffentlichen Hochwasserschutzanlagen gilt ein generelles Wohnverbot. Mit der Planung der HafenCity musste ein neues Hochwasserschutzsystem entwickelt werden, da eine Eindeichung aus städtebaulichen und finanziellen Gründen nicht in Frage kam. Ziel war es, das Wohnen im Tidegebiet unter Beibehaltung der erforderlichen Hochwassersicherheit für die Betroffenen zu ermöglichen.

Mit der Flutschutzverordnung-HafenCity wurde für das „Warften-Konzept“ der rechtliche Rahmen geschaffen. Zur Gewährleistung der Hochwassersicherheit werden sowohl bauliche als auch organisatorische Anforderungen an die Personen in der HafenCity gestellt. Dazu gehören bestimmte bauliche und betriebliche Anforderungen an die den Sturmfluten unmittelbar ausgesetzten Gebäudesockel, die Erreichbarkeit der Gebäude auch im Sturmflutfall, die Bestellung von Flutschutzbeauftragten, die Vorhaltung von Unterhaltungs- und Flutschutzplänen sowie die Durchführung von Übungen für den Sturmflutfall. Auch hier führt der Staat über die ausschließlich privaten Handelnden die Aufsicht.



# Am Wasser gebaut

Mit der HafenCity entsteht erstmals ein ganzer Stadtteil, der vor der öffentlichen Hochwasserschutzlinie liegt. Um das attraktive Leben am Wasser zu ermöglichen, den dort wohnenden und arbeitenden Menschen aber trotzdem genügend Sicherheit zu bieten, entwickelte Hamburg ein besonderes Hochwasserschutzkonzept.



Hochwasserschutz auch ohne Deich: Um die wasserseits der Hauptdeichlinie gelegene HafenCity (kleines Foto) vor den Gefahren von Überflutungen zu sichern, wurde das Gelände im Rahmen des Warftenkonzepts auf eine Mindesthöhe von NN + 7,50 Meter erhöht.



Im Jahre 2000 wurde auf Grundlage des Masterplanes HafenCity Hamburg mit der Umwandlung eines Hafengebietes in einen neuen Stadtteil mit einer Mischung von Arbeits- und Wohnnutzung, Einzelhandel, Freizeit, Gastronomie und Kultur begonnen. In der HafenCity werden als Erweiterung der Hamburger Innenstadt auf einer Fläche von 157 ha rund 5.800 Wohnungen für 12.000 Menschen und Flächen für über 45.000 Arbeitsplätze direkt an der Elbe geschaffen.

Die HafenCity befindet sich im tide-

beeinflussten Bereich der Elbe und vor der Hamburger Hauptdeichlinie. Die ursprünglichen Geländehöhen von rund NN + 4,50 Meter bis NN + 6,50 Meter bieten keinen ausreichenden Schutz vor Sturmfluten. Die Eindeichung des neuen Stadtgebietes hätte den großen Nachteil gehabt, dass der erforderliche bauliche Vorlauf die Entwicklung des Gebietes über mehrere Jahre verzögert hätte. So wurde ein sogenanntes Warftenkonzept entwickelt, das die Aufhöhung der Flächen und Erschließungswege auf eine Geländehöhe von mindestens NN + 7,50

Meter vorsieht. Diese Erhöhung betrifft öffentliche Straßen, Plätze und Promenaden sowie die Sockelgeschosse der Hochbauten. Der Bereich zwischen der Kaianlage und der hoch liegenden Warft entlang der Wasserfläche kann weitestgehend als öffentlich zugänglicher Raum genutzt werden.

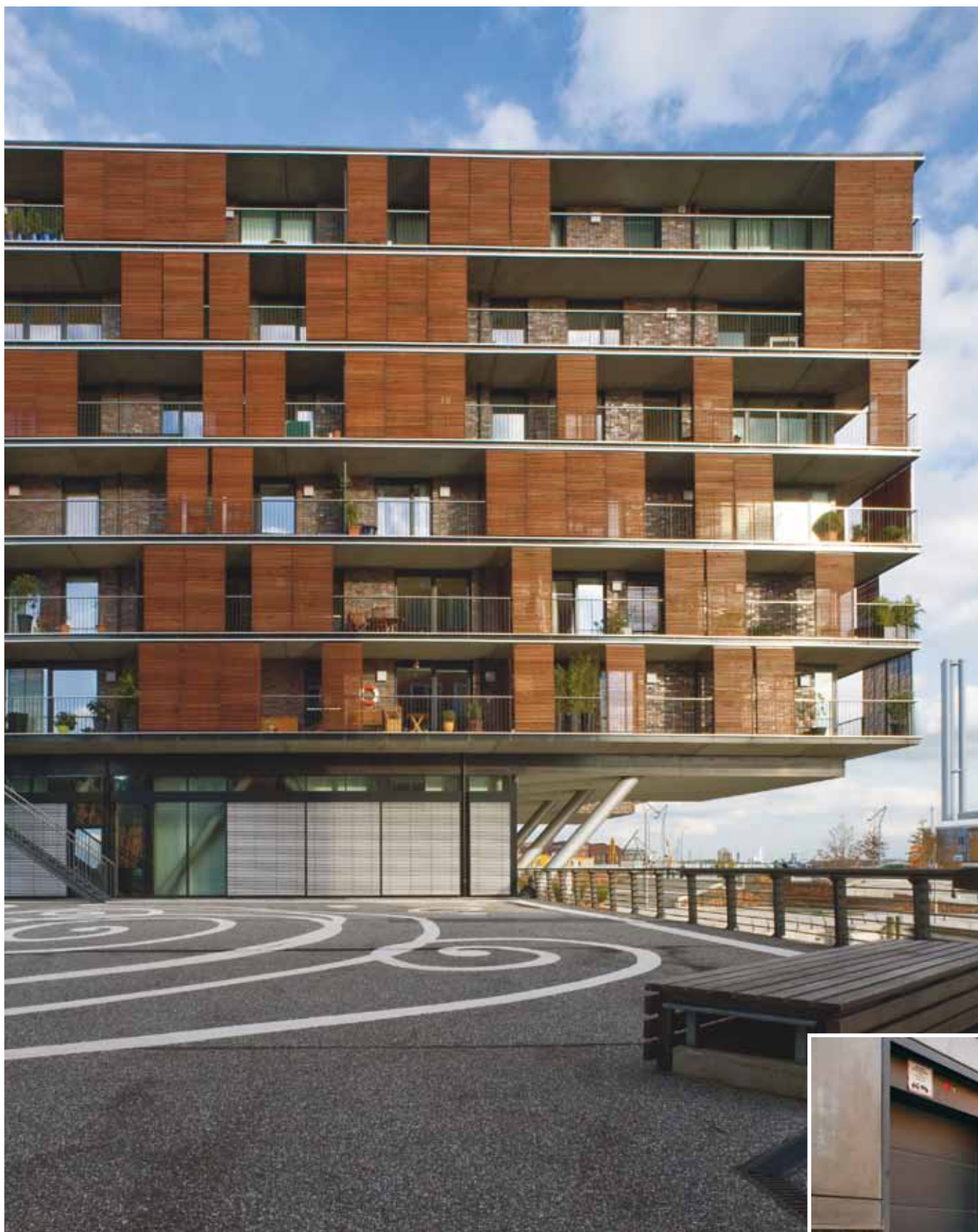
## Diverse Auflagen

Während die Herstellung der Schutzmaßnahmen an den privaten Gebäuden den privaten Bauherren obliegt, wird die neue hö-



Foto: goldhafen; Luftbild: Fotofrizz; Illustration: Michael Korol; Quelle: HafenCity Hamburg GmbH; bearbeitet durch den LSBG

Der Stadtteil HafenCity besteht aus dem Gebiet der alten Speicherstadt und den neuen Quartieren.



Fotos: goldhafen, heyoka, K. Sossidi/LSBG

Selbst während einer Sturmflut kann das tägliche Leben in der Hafencity mit nur geringen Einschränkungen weiterlaufen. Dazu tragen höher gelegene Wohnbereiche und Wegeverbindungen sowie Einrichtungen des Objektschutzes bei.

her gelegene Infrastruktur mit ihren Straßen und Parkanlagen durch die Stadt erstellt. So konnte die Entwicklung und Nutzung des Gebiets bereits im Jahre 2000 beginnen und schrittweise von West nach Ost und von Nord nach Süd weiterentwickelt werden, ohne dass der gewünschte enge Bezug zu den Wasserflächen durch Deiche oder Hochwasserschutzwände verloren ging. Das Warftenkonzept ist hinsichtlich der Hochwassersicherheit dem öffentlichen Hochwasserschutz gleichwertig.

Die beschriebenen baulichen Maßnahmen zum Schutz der HafenCity vor Hochwasser erfordern umfangreiche organisatorische Aufgaben. So bedingen die trotz des Warftenkonzepts teilweise erforderlichen Öffnungen unterhalb der Schutzhöhe Auflagen für entsprechende Sicherungsmaßnahmen und Einschränkungen in der Nutzung. Die Tiefgarageneinfahrten und Gebäudeeingänge, zum Beispiel an den Straßen „Am Sandtorkai“ und „Brooktorkai“ oder an den tief liegenden Promenaden „Am Kaiserkai“, müssen rechtzeitig vor einer Sturmflut gesichert werden. Bei Sturmfluten, die die tief liegenden Straßen oder Promenaden überfluten, muss eine Einstellung des Betriebs der Einzelhandels-, Kultur- und Gastronomienutzungen sowie deren Räumung erfolgen.

Zur Erledigung dieser Aufgaben sind die Eigentümer der Gebäude verpflichtet, sachkundige Personen als sogenannte Flutschutzbe-

auftragte zu bestellen. Diese beraten Gebäudeeigentümer oder die Flutschutzgemeinschaft. Außerdem sind sie berechtigt und verpflichtet, die Einhaltung der Anforderungen an den Flutschutz zu überwachen. Eine wesentliche Aufgabe ist es, die Eigentümer und Nutzer über Gefahren von Sturmfluten aufzuklären und das Gefahrenbewusstsein zu stärken.

## Wichtige Planungshilfe

In der HafenCity entsteht erstmals ein ganzer Stadtteil außerhalb der öffentlichen Hochwasserschutzlinie. Rechts- und Planungssicherheit für die Eigentümer und Nutzer wie auch für die zuständigen Behörden erforderten allgemein gültige Regelungen baulicher und organisatorischer Art. Diese wurden in der Verordnung zum Schutz vor Sturmfluten im Gebiet der HafenCity im Jahr 2002 erlassen. Alle wesentlichen Anforderungen an den Bau, die Nutzung und die Verteidigung von Grundstücken und Gebäuden sind in dieser Verordnung zusammengefasst.

Um den Bauherren und den planenden Ingenieuren bei der Gestaltung der architektonisch und städteplanerisch besonders wichtigen Uferbereiche eine Hilfestellung zu geben, hat der Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer (LSBG) den Leitfaden „Sollhöhen und Lastannahmen für den Stadtteil HafenCity“ herausgegeben. Dieser enthält technische Vorgaben für die Gebäude an den Warfrändern.

Bei den Hochbauprojekten werden die Belange des Flutschutzes im Rahmen der Baugenehmigungsverfahren oder bei Einzelanträgen durch den LSBG geprüft und entsprechende Genehmigungen, Ausnahmen und Befreiungen erteilt. Zwar liegt der Sturmflutschutz in der HafenCity in der Verantwortung der privaten Grundeigentümer, der LSBG führt jedoch die Aufsicht über die Einhaltung der Anforderungen des Flutschutzes während der Planung, der Bauphase und nach Fertigstellung der Gebäude. Ebenso überwacht er während der Nutzung der Gebäude die für den Betrieb erforderlichen technischen und organisatorischen Maßnahmen und setzt diese bei Bedarf auch gegenüber den verantwortlichen Eigentümern durch.

Trotz ihrer Insellage mit direktem Wasserbezug hat die HafenCity dank technischer und organisatorischer Maßnahmen zum Flutschutz ein hohes Schutzniveau. Auch während einer Sturmflut kann das tägliche Leben und der Betrieb in der HafenCity mit nur geringen Einschränkungen weiterlaufen. Es wurde ein zukunftsorientierter Stadtteil entwickelt, der die gleiche Sicherheit gegen Sturmfluten bietet wie Gebiete im Schutz öffentlicher Hochwasserschutzanlagen. Hoch liegende Wegeverbindungen gewährleisten auch bei sehr schweren Sturmfluten die Anbindung an die restliche Stadt. Wohnungen, Büros und Gewerbeeinheiten bleiben auch im Sturmflutfall jederzeit unter Umgehung der tief liegenden Bereiche wie der Speicherstadt erreichbar.





Foto: K. Sossidi/LSBG

# Herausragende Bedeutung

Sturmfluten stellen seit Gründung der Stadt eine reale Bedrohung für die Bewohner dar. Daher haben die Schutzbauwerke eine ebenso lange Geschichte und stete Fortentwicklung erlebt wie die Stadt selbst. Auch in Zukunft wird die Verstärkung des Hochwasserschutzes eine Daueraufgabe bleiben.

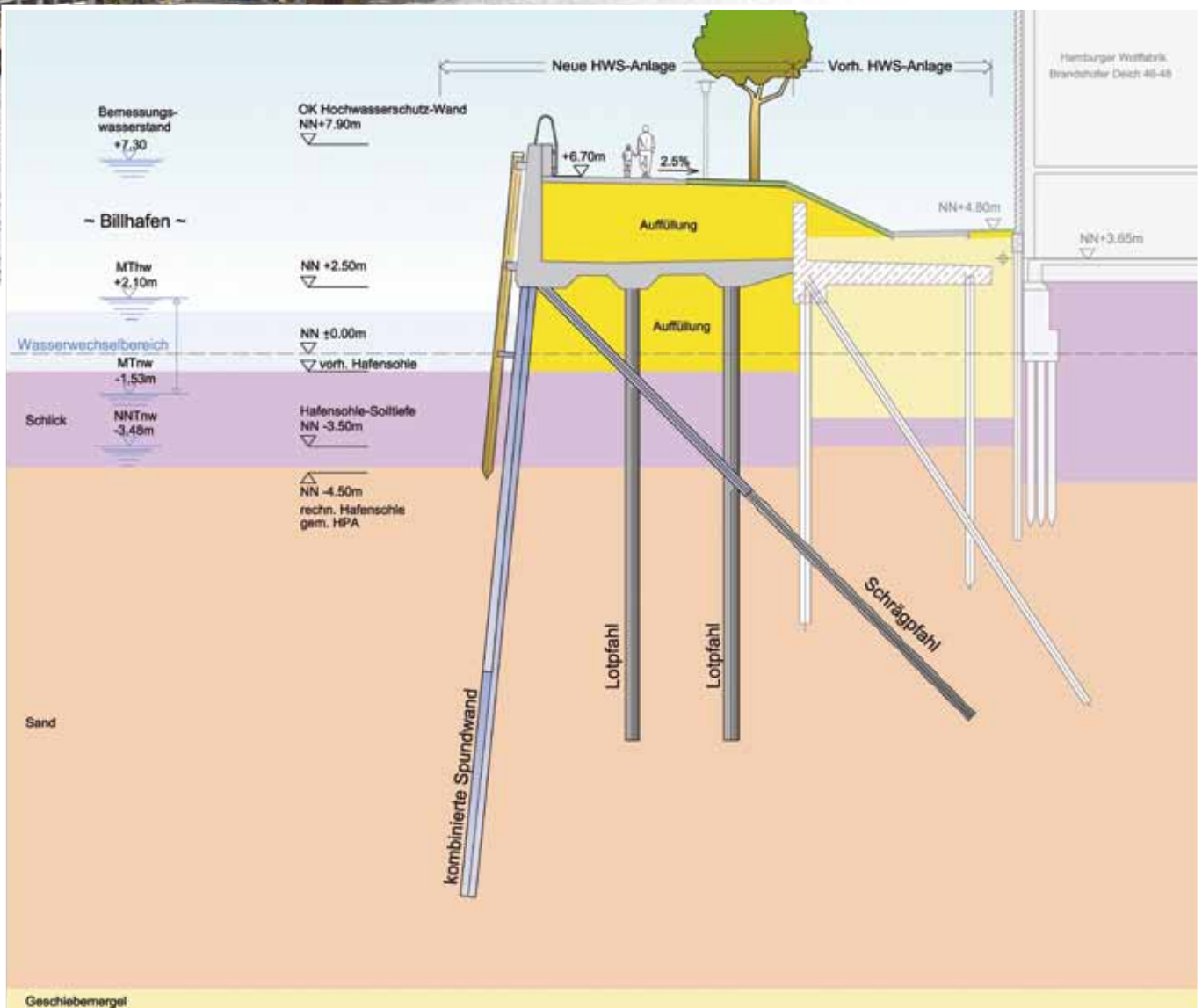
Hamburg kann heute fast alle Varianten des technischen Hochwasserschutzes vorweisen: Deichlinien, Warftenkonzept, Polder, Objektschutz – und in Ausnahmefällen das „Leben mit dem Wasser“, also das Fluten von Bauwerken, bei dem keine Menschenleben gefährdet sind.

Die bauliche Gestaltung dieser Schutzeinrichtungen wird durch den rechtlichen Status wesentlich beeinflusst. So werden öffentliche Hochwasserschutzanlagen auf Grundlage wasserrechtlicher Planfeststellungs- oder Plan genehmigungsverfahren errichtet oder umgebaut. Sie liegen im sogenannten „öffentlichen Grund“ und die Flächen sind damit dem freien Grundstücksverkehr entzogen. Private Hochwasserschutzanlagen werden dagegen in der Regel auf Ba-



Links: Die Hochwasserschutzwand vor den Deichtorhallen ist im traditionellen Stil mit roten Klinkersteinen errichtet. Fertiggestellt wurde sie im Jahr 2007.

Unten: Der Querschnitt einer typischen Hamburger Hochwasserschutzwand. Diese Bauwerke stehen dort, wo der Platz für einen Erddeich nicht ausreicht, wie zum Beispiel in der Innenstadt. Damit sie sich in die städtische Architektur einfügen, werden die Deichverteidigungsstraßen als Promenaden für Fußgänger und Radfahrer angelegt.





Fotos: K. Sossidi/LSBG

Die Hochwasserschutzwand am St. Pauli Fischmarkt: Ihre Abschlusssteine an der Oberkante haben die Funktion, Wellen abzuweisen.



sis von Baugenehmigungsverfahren errichtet oder verändert. Die öffentliche Hauptdeichlinie umfasst in Hamburg 78 Kilometer Erddeiche, 25 Kilometer Hochwasserschutzwände und 77 Kreuzungsbauwerke (Schleusen, Sperrwerke, Deichsiele, Schöpfwerke, Tore). Seit Anfang der 90er-Jahre werden diese Anlagen für einen Bemessungswasserstand von NN + 7,30 Meter in St. Pauli durchschnittlich um 1,0 Meter erhöht. Bis Ende 2011 hatte die Hansestadt 98 Prozent der Gesamtlinie verstärkt, und bis 2015 sollen auch die Arbeiten für den Neubau von 2 Kilometer im Bereich der Innenstadt umgesetzt sein.

### Mit Ausbaureserve

Nach Abschluss dieser Arbeiten sind die Hochwasserschutzanlagen rund 2,5 Meter höher als 1962, außerdem ist bei fast allen neu errichteten Hochwasserschutzwänden bereits eine Ausbaureserve für eine weitere Erhöhung um 80 Zentimeter berücksichtigt worden. Seit 1962 hat Hamburg nahezu durchgehend an der Verstärkung der Hochwasserschutzanlagen gearbeitet. Die noch laufenden Verstärkungen seit 1993 werden insgesamt rund 700 Mio. Euro kosten. Die Baumaßnahmen werden durch den Bund und in einigen Fällen auch durch die EU finanziell unterstützt. Allein in den letzten

20 Jahren erhielt Hamburg über 220 Millionen Euro Fördermittel für den Hochwasserschutz.

**Diese Investitionen haben sich gelohnt:** Seit 1962 gab es bereits acht Sturmfluten, deren Scheitelwasserstände höher waren als die der Katastrophensturmflut. Dennoch waren die Menschen hinter den Hauptdeichen sicher geschützt. Auch zukünftig bleibt die Verbesserung des öffentlichen Hochwasserschutzes eine herausragende Aufgabe für Hamburg. Der Bund hat sich durch Zusage von Sonderfördermitteln bis zum Jahr 2025 bereits zur Unterstützung der Finanzierung verpflichtet.

## Hochwasserschutzwände

Hochwasserschutzwände werden gebaut, wenn der Platz für einen Erddeich nicht ausreicht, wie im Bereich der Innenstadt. Da diese Anlagen Teil des Stadt- und Landschaftsbildes sind, orientieren sie sich an der städtischen Architektur. So werden die Deichverteidigungsstraßen als Promenaden angelegt, um Synergien für den Fuß- und Radverkehr zu ermöglichen.

## Deiche

Mehr als drei Viertel der öffentlichen Hamburger Schutzlinie bestehen aus Erddeichen. Neben

den 78 Kilometer langen Hauptdeichen gibt es weitere 39 Kilometer Deiche, die als zweite Deichlinie hinter Sperrwerken liegen, sowie den rund 4 Kilometer langen Ringdeich um Neuwerk. Die Elbe-Deiche sind anspruchsvolle technische Bauwerke. Anders als tidefreie Flussdeiche werden sie nur kurzzeitig belastet, wenn die Sturmflut ihren Scheitel erreicht, dafür sind sie aber zusätzlich dem Wellenangriff ausgesetzt.

### Typische Konstruktionsmerkmale der Hamburger Hauptdeiche:

- Das Vorland: Neigung von maximal 1:3, teilweise durch Steinschüttungen befestigt.
- Der Außendeichweg: 3 Meter Breite, mindestens 1 Meter über dem mittleren Tidehochwasserstand (MThw), zur Treibselabfuhr und Deichunterhaltung.
- Die Außenböschung: Neigung 1:3, mindestens 1,5 Meter starke Kleiabdeckung.
- Die Deckwerksteine auf der Außenböschung: Bis etwa 3,5 Meter über MThw wird der Deich mit Deckwerksteinen geschützt. Das Deckwerk schützt vor allem vor Eisgang im Winter.
- Die Deichkrone: Breite mindestens 3 Meter; 2 Meter Kleiabdeckung.
- Die Deichverteidigungsstraße: Breite größer 5,5 Meter und min-

destens 2 Meter breiter Lagerstreifen (Gehweg), Höhenlage oberhalb des MThw.

- die Binnenböschung – Neigung 1:3, Kleiabdeckung mindestens 1,3 Meter.
- Der Binnendeichgraben: zur Ableitung von Niederschlags- und Überlaufwasser und Deichkernentwässerung.

## Kreuzungsbauwerke

An insgesamt 77 Stellen kreuzen Verkehrswege und Gewässer die Hamburger Hauptdeichlinie. Dort befinden sich sechs Schleusen, sechs Sperrwerke, 27 Deichsiele und Schöpfwerke sowie 38 Tore in Straßen, Wegen und Gleistrassen. An die Kreuzungsbauwerke werden hohe Anforderungen gestellt, da sie in der sturmflutgefährdeten Jahreszeit jederzeit und uneingeschränkt funktionsfähig sein müssen. Alle für den Verschluss der Öffnung erforderlichen Bauteile und Aggregate sind zweimal vorhanden.

**Bewegliche Anlagen stellen aufgrund der erhöhten technischen Versagenswahrscheinlichkeit und der Möglichkeit von Fehlbedienungen ein Risiko dar.** Es wird deshalb versucht, ihre Anzahl zu begrenzen und wenn möglich, die Verkehrswege über die Hochwasserschutzlinie hinweg zu führen.

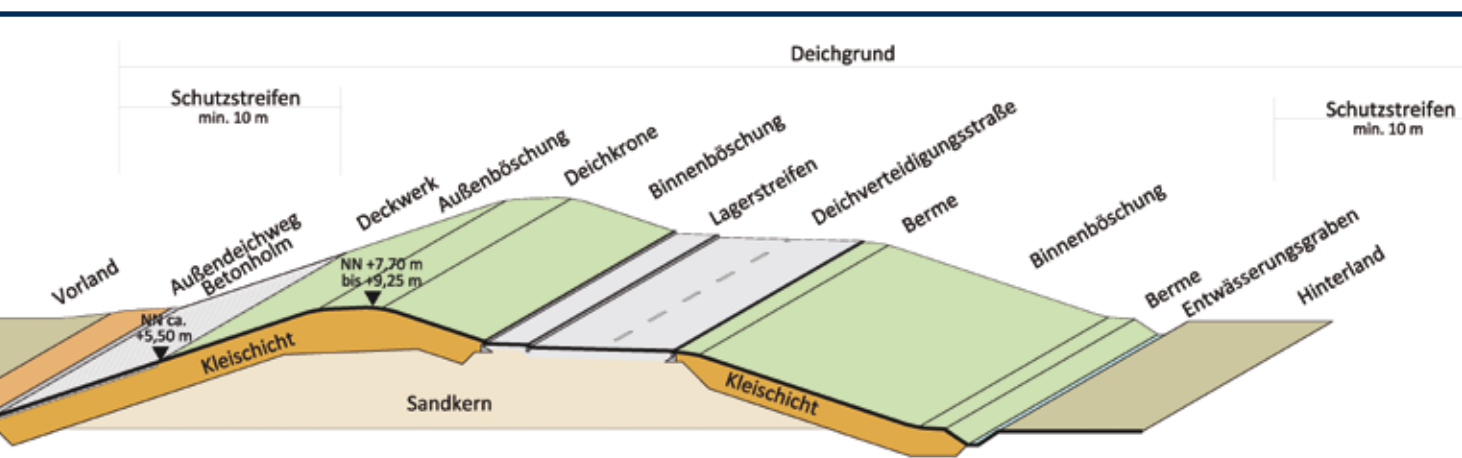


Illustration: Y. Uchmeytz/LSBG

Um die Standsicherheit eines Deiches zu gewährleisten, müssen bestimmte im Deichrecht verankerte Voraussetzungen erfüllt sein. Dazu gehört zum Beispiel ein bestimmtes Verhältnis von der Deichhöhe zur Breite des Deichfußes. Auch bezüglich baulicher Anlagen und Bepflanzungen in und am Deich sind strenge Auflagen einzuhalten.

# Schöner Schutz

Wo es möglich ist, sollen Hochwasserschutzanlagen nicht nur ihre ursprüngliche Funktion erfüllen, sondern zudem das Stadtbild bereichern und einen attraktiven Aufenthaltsort für Einwohner und Touristen bieten. Die architektonischen Lösungen in Finkenwerder, am Niederhafen und Binnenhafen sind geglückte Beispiele für diesen Ansatz.

Deiche und andere Hochwasserschutzanlagen sind notwendig, um die Bevölkerung und die Werte in der Stadt zu sichern. Dass die Hochwasserschutzanlagen meist recht einheitlich gestaltet erscheinen, liegt an den fachlichen Erfordernissen, die in der Deichordnung vorgegeben sind. An vielen Stellen gibt es umfangreiche Zugangsmöglichkeiten auf die Hochwasserschutzanlagen. Orte, an denen dieses bereits in der Vergangenheit gelungen ist, lassen sich beispielsweise in Finkenwerder finden. Dort stellt die Hochwasserschutzanlage gleichzeitig einen Anziehungspunkt für Einwohner und Touristen dar.

Zukünftig werden auch die Promenade und die Hochwasserschutzwand im Bereich des Niederhafens und des Baumwalls



mit architektonisch anspruchsvollen Treppen zur Land- und Wasserseite versehen sein. Derartige Gestaltungsmaßnahmen können jedoch nur unter der Bedingung erfolgen, dass die Funktion der Anlage für den Hochwasserschutz sichergestellt ist. Im Vergleich mit Flutschutzwänden oder grünen Deichen, die ausschließlich dem Hoch-

wasserschutz dienen, sind mehrfach genutzte Anlagen mit höheren Investitionen verbunden. Bei der Planung ist ein Ausgleich zwischen den Interessen aller Betroffenen und Wirtschaftlichkeitsaspekten zu finden.

Am Beispiel von Niederhafen und Binnenhafen, deren aus den



Der künftige Elb-Boulevard aus der Vogelperspektive: Auf einer Länge von 625 Metern ist die Verbindung von Hochwasserschutz und städtebaulich anspruchsvoller Architektur vorbildlich gelungen.



Die Hochwasserschutzanlage Finkenwerder dient nicht nur der Sicherheit, sondern ist darüber hinaus ein willkommener Aussichtspunkt für Spaziergänger, die von dort den Blick auf die Elbe genießen können.



Foto: K. Sossidi/LSBG



Zwischen Landungsbrücken und Niederhafen entsteht eine moderne Hochwasserschutzwand, die zugleich als attraktive Flaniermeile mit Blick auf Elbe und Hafen gestaltet ist. Entworfen wurde die Gestaltung des Neubaus vom Büro der internationalen Star-Architektin Zaha Hadid.

Bildmontagen: ON3 Studio; Luftbild: LGV, Bildmontage: Zaha Hadid Architects

1960er-Jahren stammenden Anlagen zur Zeit erneuert werden, lässt sich dieses Spannungsfeld verdeutlichen. Die Anlagen schützen weite Teile der Hamburger Innenstadt vor hohen Wasserständen, ein Versagen hätte im Sturmflutfall katastrophale Folgen. Besonders die Hochwasserschutzanlage Niederhafen wird jedoch kaum als technisches Bauwerk wahrgenommen. Vielmehr gilt die auf der Anlage verlaufende Promenade als touristische Attraktion. Sie verbindet die St.-Pauli-Landungsbrücken mit der Speicherstadt sowie der Hafencity und gewährt den Ausblick auf die Elbe, den Hafen und die Elbphilharmonie. Parkplätze sowie ein Restaurant sind in die Anlage integriert.

Aufgrund der städtebaulichen Bedeutung und der exponierten Lage des Standorts wurde von Beginn an großer Wert auf die Gestaltung der Hochwasserschutzanlage am Niederhafen gelegt. Gleich zu Planungsbeginn hat die Freie und Hansestadt Hamburg deshalb einen Wettbewerb im Rahmen der Architekturolympiade Hamburg 2006 ausgerichtet. Unter anderem hatten die Entwürfe folgende Anforderungen zu erfüllen: „Im Ergebnis soll an exponierter Lage innerhalb Hamburgs zusätzlich zum Hochwasserschutz eine attraktive Promenade entwickelt werden, die den vielfältigen Nutzungen gerecht wird, als hochwertige Wegeverbindung fungiert, zahlreiche Anschlusspunkte

generiert und zugleich stadtbildprägend ist.“ Prämiert wurde der Gestaltungsentwurf des Büros Zaha Hadid Architects aus London, der nun auch umgesetzt wird.

## Zum Wasser öffnen

Zentraler Ansatz der Planung ist, die neue Hochwasserschutzanlage und Promenade im übertragene Sinn zum städtischen Umfeld und zum Wasser zu öffnen. Dazu wurden, versetzt entlang der Anlage, Treppen und Rampen gewählt, die zwischen der Geländeebene der Stadt und der deutlich höher liegenden Hochwasserschutzebene der Promenade vermitteln. Das Ergebnis ist eine Reduzierung der Barriere-

wirkung und die Verbesserung der Zugänglichkeit. Landseitig werden ein Restaurant und Kioske integriert, deren Erdgeschoss von der Straßenebene erschlossen wird. Außerdem sind im Bauwerk eine Parkgarage sowie öffentliche Toiletten geplant. Die vorhandene Anlage wird für den Neubau zurückgebaut, der als massives, tief gegründetes Bauwerk vorgesehen ist. Da die neue Anlage insgesamt höher und breiter wird und landseitig kein Platz zur Verfügung steht, erfordert sie einen Vorbau in die Elbe. Das Vorbaumaß liegt zwischen 4,00 und 7,50 Meter.

## Weniger Tore

Zum erweiterten Plangebiet im Rahmen der Architekturolympiade gehörte ebenfalls der Binnenhafen. Da ein einheitliches Gestaltungskonzept für beide Maßnahmen entwickelt werden sollte, wurde auch dessen Gestaltung durch das Büro Zaha Hadid Architects entworfen. Die neue Hochwasserschutzanlage verläuft ungefähr in der gleichen Linie wie die bestehende Anlage. Brücken, Schartorschleuse und das Alsterschöpfwerk werden an die neue Situation angepasst, die Hochwasserschutzwände müssen dagegen überwiegend neu hergestellt werden.

Hochwasserschutzttore an den Niederbaumbrücken sind aufgrund des Straßenniveaus, das rund 1,30 Meter unter der zukünftigen Schutzhöhe liegt, unvermeidbar. Im geöffneten Zustand finden die Schiebetore ihre Parkposition zwischen den Niederbaumbrücken und innerhalb der Promenade Richtung Landungsbrücken.

Grundsätzlich ist es besser, verschließbare Öffnungen zu vermeiden, da sie logistischen Aufwand und den aktiven Einsatz von Deichverteidigungskräften erfordern. Mit der vorliegenden Planung werden drei Hochwasserschutzttore entfallen, zwei am Alsterwanderweg und eines am Anleger Baumwall.





Am Baumwall werden in einer komplexen Baumaßnahme die Hochwasserschutzanlagen auf einer Länge von 650 Metern erneuert. Hierbei werden die Promenade sowie Hochwasserschutzwände erhöht, drei Tore an den Niederbaumbrücken neu errichtet und die Binnenhafenbrücken sowie Schaartorschleuse und Alsterschöpfwerk angepasst.



Fotomontagen: Blunck+Morgen, ON3 Studio

Im Abschnitt zwischen Baumwall und Landungsbrücken entsteht mit der neuen Hochwasserschutzwand eine zehn Meter breite Promenade, die überall dort Treppenanlagen erhält, wo Straßen und Wege auf sie treffen. Außerdem trägt ein Platz an der U-Bahnstation Baumwall zur attraktiveren Gestaltung des Fußgängerbereichs bei, und die Anbindung zur HafenCity wird durch einen breiteren Gehweg verbessert.



Foto: D. Fauter/LSBG

An einigen Stellen in Hamburg ist die Verwendung von Flutschutztoren aus Gründen der Infrastruktur unvermeidbar. Um bei einer Sturmflut das Risiko eines menschlichen oder technischen Versagens zu minimieren, gelten für diese meistens elektrisch betriebenen Tore besonders hohe Sicherheitsstandards.



Gut verborgen, aber bei Bedarf schnell einsatzbereit ist das elektrische Schiebetor an der Brooksbrücke, die über den Zollkanal führt und die Innenstadt mit der Speicherstadt verbindet. Durch das 1,10 Meter hohe Tor wird im gesamten Bereich der Hochwasserschutzanlage Zollkanal die erforderliche Schutzhöhe von NN + 7,60 Meter erfüllt.

Flutschutztore sind für den Hochwasserschutz immer nur die zweitbeste Lösung, da sie bei Hochwasser, anders als Deiche oder Hochwasserschutzwände, erst geschlossen werden müssen. Dennoch sind an manchen Stellen Tore unvermeidbar. Dazu gehören Durchfahrten für den Autoverkehr und Bahnverkehr, Zugänge für den Fuß- und Radverkehr zu den einseitig liegenden Brücken zur HafenCity oder die Durchgänge im Landungsbrückengebäude zu den Pontonanlegern der Hafenfähren. Diese müssen so lange wie möglich offen bleiben, um Personen und Verkehr aus dem Überflutungsgebiet evakuieren zu können.

Im engen Stadtgebiet können Wegeverbindungen nicht immer über die Hochwasserschutzlinie hinweggeführt werden. Weil an einigen Stellen die Verwendung von Flutschutztoren also unvermeidbar ist, unterliegen sie besonderen Sicherheitsbestimmungen. So müssen die Tore kurzfristig und unter allen Umständen einsatzbereit sein, um die dahinter liegenden Gebiete vor dem Hochwasser zu schützen.

## Doppelter Antrieb

Im Einzelfall müssen Untersuchungen durchgeführt werden, wie dieser Sicherheitsstandard technisch und logistisch erreicht werden kann. Es wird geprüft, welche Konsequenzen sich für die baulichen Konstruktionen ergeben und wie sich diese auf den Betrieb sowie die Wartung der Tore auswirken. Alle Erkenntnisse sind in den Konstruktionsgrundsätzen der Hamburger Flutschutztore zusammengefasst:

- Flutschutztore werden elektrisch oder hydraulisch angetrieben. Diese Antriebe sind zur Sicherheit doppelt vorhanden. Ausnahmen bilden kleinere Verschlüsse, die per Hand geschlossen werden.
- Die Tore werden geschlossen, wenn der Wasserstand eine Höhe 0,5 Meter unterhalb der Tor-schwellen erreicht.

- Die Bedienung erfolgt durch eine Person direkt am Tor, die das Schließen per Knopfdruck startet. Der weitere Ablauf wird automatisch gesteuert. Um die Bedienung zu vereinheitlichen, befindet sich an allen elektrisch betriebenen Toren eine gleichartig aufgebaute Bedientafel.
- Die elektrotechnischen Einrichtungen sind in eigenen Betriebsräumen untergebracht. Sie sind mit einer Notstromversorgung ausgestattet.
- Alle Öffnungen sind zusätzlich mit einem Notverschluss aus Aluminium-Dammbalken ausgerüstet, um bei Bedarf eine zweite Schutzlinie schnell aufbauen zu können. Die Dammbalken sind in unmittelbarer Nähe zum Tor gelagert. Für eine Vereinfachung des Aufbaus basieren alle Notverschlüsse auf einem einheitlichen System.
- Die Bedienung der Tore und der Aufbau des Notverschlusses werden regelmäßig, sechsmal im Jahr, geübt.
- Die Flutschutztore werden fernüberwacht, um auftretende Störungen kurzfristig erkennen und beseitigen zu können.
- Für einen möglichst geringen Betriebs- und Wartungsaufwand werden die Teile der Ausrüstung und der Anlagen standardisiert, ebenso das Bedienkonzept.

Insgesamt befinden sich je nach Lage und Umgebung fünf verschiedene Typen im Einsatz. Am häufigsten gebaut wurden in Hamburg zuletzt Schiebetore mit Elektromotoren. Das größte Schiebetor mit 16 Meter Breite und 4,3 Meter Höhe steht im Bezirk Harburg an der Moorburger Straße, das längste mit einer Öffnungsbreite von 25 Metern ist das Tor Sachsenbrücke auf der Veddel.

## Kaum wahrnehmbar

Klapp- und Drehtore sind unter anderem im Bereich des Landungsbrückengebäudes einge-

**baut.** Die Klappstore fügen sich in geöffneter Position harmonisch in das denkmalgeschützte Gebäude ein. So nehmen die meisten Besucher der Stadt die Klappstore nur als Vordach wahr und bemerken ihre Hauptfunktion erst, wenn die Tore geschlossen werden. Es werden aber nicht nur Straßen und Gehwege durch Hochwasserschutzstore gesichert, sondern auch Gleiskreuzungen der Deutschen Bahn AG oder der Hafenbahn der Hamburg Port Authority (HPA). Bei Gleiskreuzungen kommen Drehtore und Dammbalken zum Einsatz.

**Am Landungskai der Flugzeugwerft in Finkenwerder schützt das Flutschutztor mit den in Hamburg größten Abmessungen das dahinter liegende Gelände.** Mit einer Breite von 43 Metern und einer Höhe von 3,5 Metern wird das einzige Hubtor im öffentlichen Hochwasserschutz bei Anlieferung von Flugzeugbauteilen abgesenkt, um die Durchfahrt vom Kai zur Flugzeugwerft freizugeben. Dieses Tor ist ständig geschlossen und wird nur bei Bedarf geöffnet. Kleine Öffnungen in der Hochwasserschutz-

linie werden mit Dammbalken verschlossen.

**Durch die langjährige Erfahrung mit den neuen Flutschutzstoren ist ein hohes Sicherheitsniveau erreicht.** Das ist von besonderer Bedeutung, weil der Wasserspiegel bei einer Sturmflut mit einer Geschwindigkeit von rund 1,5 Meter pro Stunde ansteigt und eine zutreffende Sturmflutwarnung unter ungünstigen Umständen erst wenige Stunden vor Erreichen des höchsten Wasserstandes gegeben wird. Zudem müssen die Ausfahrten aus tief liegenden Gebieten vor dem Deich lange offen gehalten, die Tore also so spät wie möglich geschlossen werden.

### Schneller Verschluss

Zur hohen Sicherheit tragen vor allem die sorgfältige Wartung, erfahrenes Bedienpersonal und ein an allen Anlagen vorhandener Notverschluss bei. Darüber hinaus sind nur geringe Vorarbeiten für den Schließvorgang notwendig. Das Schließen der elektrisch angetriebenen Tore dauert nur wenige Minuten.



Das Flutschutztor am Bahnhof Alte Süderelbe kreuzt die Gleise der Hafenbahn auf der Strecke nach Hamburg-Finkenwerder.

Kreuzungsbauwerk mit Klappstore: die zur Hafen-City führende Kibbelstegbrücke.



Fotos: LSBG (Archiv), O. Müller/F. Reiche/K. Sossidi/LSBG



Im geöffneten Zustand dienen die Klapptore über der neuen Promenade des Landungsbrückengebäudes als Vordach. Droht eine Sturmflut, können sie innerhalb von acht Minuten verschlossen und zusätzlich mit Dammbalken gesichert werden.



43 Meter lang und 3,5 Meter hoch ist das Flutschutztor am Landungskai der EADS in Finkenwerder. Im Gegensatz zu allen anderen Toren in Hamburg ist es ständig geschlossen und wird nur bei der Anlieferung von Flugzeugbauteilen abgesenkt.

Um bestmöglich auf den Ernstfall vorbereitet zu sein, werden in Hamburg nicht nur die Deiche kontinuierlich gepflegt, sondern auch zahlreiche Übungen und Schulungen abgehalten, Infobroschüren an Bürger verteilt und die reibungslose Kommunikation unter den Einsatzkräften geprobt.

Sicherheit geht vor und üben tut Not! Deswegen hat die Unterhaltung und Überwachung der Deiche in Hamburg immer Priorität. So wird der Zustand der Hochwasserschutzanlagen regelmäßig durch die Deichaufsicht geprüft. Unter anderem geschieht das im Rahmen der Deichsichten, die jedes Jahr vor Beginn und nach Ende der Sturmflutzeit stattfinden.

Im Hamburgischen Wassergesetz und in der Deichordnung ist die Unterhaltung und Verteidigung der Deiche und Anlagen durch die Wasserbehörde geregelt. Diese Aufgabe nimmt der Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer wahr. Zur effektiven Deichverteidigung gehört neben der kontinuierlichen technischen Inspektion und Instandhaltung auch die Aufstellung des Deichverteidigungsplans (DV-Plan). Dieser Plan enthält alle erforderlichen Angaben, die im Sturmflutfall nötig sind: Die Aufgaben der Mitglieder der Deichverteidigungsorganisation, Einsatzwasserstände, das Benachrichtigungsschema, Verantwortlichkeiten sowie Karten und Übersichten.

# Gut organisierte Verteidigung



Die Deichverteidiger, von denen es in Hamburg mehr als 300 gibt, werden im Schulungs-Zentrum für Deichverteidigung ausgebildet und auf ihren Einsatz vorbereitet. Ihre Schulung umfasst sowohl theoretische Einweisungen als auch praktische Übungen. So wird an verschiedenen Stationen zum Beispiel das Setzen eines Dammbalkenverschlusses und das Sandsacklegen zur Deichsicherung geübt. Jedes Jahr finden rund 30 Alarmierungs- und Deichverteidigungsübungen statt. Damit auch die Kommunikation aller Beteiligten untereinander sichergestellt ist, sind die Mitglieder, für den Fall ei-

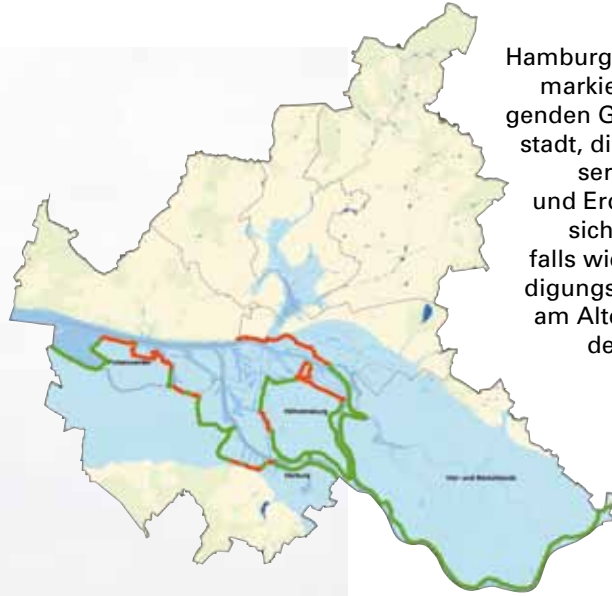
nes Ausfalls des Telefonnetzes, mit Digitalfunk ausgerüstet. Deswegen wird während der Übungen geprobt.

## Jederzeit bereit

Um für jeden Fall gerüstet zu sein, stehen in Elbnähe 12 über Hamburg verteilte Sandsackdepots mit insgesamt 210.000 gefüllten Sandsäcken bereit. Diese werden transportbereit auf Paletten zu je 70 Stück gelagert. Ebenfalls vorrätig ist zusätzliches Material wie etwa Werkzeuge und Geotextilien, die der Erosionssicherung von Deichen dienen.



g



Hamburg schützt sich: Blau markiert sind die tief liegenden Gebiete der Hansestadt, die durch Hochwasserschutzwände (rot) und Erddeiche (grün) gesichert werden. Ebenfalls wichtig: Deichverteidigungsübungen wie hier am Altengammer Hauptdeich (großes Foto).



werk (THW), der Helfervereinigung Deichwacht und weiteren Helfern insbesondere staatlicher Einrichtungen. In besonders bedrohlichen Situationen wird auf die Bundeswehr zurückgegriffen.

Das verantwortliche Krisenmanagement erfolgt durch den Zentralen Katastrophendienststab der Behörde für Inneres und Sport (BIS). Dieser wird von den Krisenstäben der Bezirke unterstützt, die bei vorhergesagten Wasserständen von mehr als NN + 4,50 Meter ihre Arbeit aufnehmen. Sie ermitteln laufend die aktuelle Lage und beschließen Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung.



In insgesamt zwölf deichnahen Depots lagern insgesamt 210.000 gefüllte Sandsäcke sowie Material zur Erosionssicherung.

Um die Anwohner der sturmflutgefährdeten Gebiete auf den Ernstfall vorzubereiten, erstellt die Behörde für Inneres und Sport in Zusammenarbeit mit den Bezirksämtern Hamburg-Mitte, Altona, Bergedorf und Harburg Informationsunterlagen und verteilt sie an die betroffenen Haushalte. Neben einer Broschüre, in der allgemeine Hinweise zum Verhalten bei einer Sturmflut enthalten sind, gibt es für die einzelnen gefährdeten Gebiete Sturmflutmerkbücher mit Informationen zu Evakuierungsgebieten, Sammelstellen und Notunterkünften.

Ist eine Sturmflut angekündigt, werden nach dem im DV-Plan festgelegten Meldeschema die Deichverteidigungs- und Einsatzkräfte alarmiert, in Bereitschaft oder in den Einsatz versetzt. Je nach Erfordernis werden Deichöffnungen verschlossen.

Die gesamte Hochwasserschutzlinie ist in Deichwartabschnitte eingeteilt und wird im Ernstfall von den Deichwarten besetzt. Diese Abschnitte umfassen eine Länge von 0,5 bis über 4 Kilometer. Die Deichwarte prüfen in ihrem Bereich das Bauwerk und alle Ver-

schlüsse auf den ordnungsgemäßen Zustand, melden Schäden oder Probleme und fordern bei Bedarf zusätzliche Berater oder Einsatzkräfte und Deichverteidigungsmaterial an. Außerdem übernehmen sie vor Ort die Leitung notwendiger Sicherungsmaßnahmen. Unterstützt wird die Deichverteidigungsorganisation von den Einsatzkräften der Feuerwehr, dem Technischen Hilfs-

# Zwischen **Vergangen**

Die Küstenbevölkerung ist schon immer der Gefahr von Sturmfluten und den damit verbundenen Überschwemmungen ausgesetzt gewesen. Mit jeder Überflutung haben die Menschen dazugelernt, so dass die Verteidigungsstrategien gegen das Hochwasser immer effektiver wurden. Das bloße Reagieren auf die Naturgewalten wich mehr und mehr einem vorausschauenden Handeln.

Mit welchen Folgen ist zu rechnen, wenn bei Hochwasser ein Deich überströmt wird oder ein Tor nicht geschlossen werden kann? Obwohl solch eine Situation sehr unwahrscheinlich ist, müssen auch für diesen Notfall Vorkehrungen getroffen werden, um in Hamburg die Risiken für Anwohner, Umwelt und Industrie zu reduzieren. Es werden verschiedene Zukunftsbilder oder Szenarien entworfen, um die Auswirkungen von möglichen Überschwemmungen besser abschätzen zu können und somit auch auf etwas noch nicht Dagewesenes vorbereitet zu sein.



Das Foto oben zeigt die Hochwasserschutzanlage Niederhafen im gegenwärtigen Zustand. Auf der Abbildung darunter ist der Entwurf des Neubaus mit erhöhter Flanier-

# heit und Zukunft



Foto/Fotomontage: Büro Zaha Hadid Architects

meile zu sehen, wie er sich nach Abschluss der von 2012 bis 2015 dauernden Bauarbeiten präsentieren wird. Aufgrund ihrer massiven Bauweise stellte die Hochwasserschutzanlage hohe Anforderungen an die mit der Gestaltung beauftragten Architekten.

Das Sturmflut-Sperrwerk Billwerder Bucht spielt eine zentrale Rolle, um die Hamburger Hafenanlage und das Kraftwerk Tiefstack vor Hochwasser zu schützen. Die insgesamt acht Tore sind jeweils zwischen 30 und 35 Meter lang, mindestens 13 Meter hoch und rund 200 Tonnen schwer. Trotz ihrer Größe kann jedes von ihnen innerhalb weniger Minuten von zwei Hydraulikzylindern geöffnet oder geschlossen werden, bei Stromausfall steht ein Diesel-Notstromaggregat zur Verfügung.



Foto: K. Sossidi/LSBG

**Der technische Hochwasserschutz** – vor allem bestehend aus Deichen, Wänden und Sperrwerken – bietet bis heute die Grundlage dafür, dass das Leben und Arbeiten in den tief liegenden Gebieten Hamburgs möglich ist. Der einwandfreie Zustand dieser Anlagen hat für die Verantwortlichen hohe Priorität.

Für die Menschen, die in von Hochwasser betroffenen Gebieten leben, ist es darüber hinaus wichtig, sich der möglichen Gefahren bewusst zu sein und rechtzeitig informiert zu werden. Das gilt in besonderem Maße, wenn unerwarte-

te Ereignisse eintreten oder Schutzbauwerke versagen sollten.

Nach den schweren Überschwemmungen 1997 an der Oder und 2002 an der Elbe hat die Europäische Union 2007 die Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie erlassen. Die grenzübergreifenden Auswirkungen dieser Ereignisse zeigten, dass auch das Hochwasserrisikomanagement grenzüberschreitend zu koordinieren ist. Das in der Richtlinie vorgesehene dreistufige Verfahren enthält folgende Punkte: die Bewertung des Hochwasserrisikos, die Darstellung der Risiken und Gefahren

sowie die Entwicklung eines Hochwasserrisikomanagementplans mit entsprechenden Schutzmaßnahmen. Dabei bezieht sich die Richtlinie sowohl auf Binnenhochwasser als auch auf die Überflutung von Küstengebieten durch Sturmfluten.

## Gefahren- und Risikokarten

Bei der Bewertung des Hochwasserrisikos werden vergangene und mögliche zukünftige Hochwasser untersucht und deren Folgen abgeschätzt. Es wird ermittelt, welche Auswirkungen das Hochwasser



anschließend ein Hochwasserrisikomanagementplan erstellt, in dem Maßnahmen zur Verringerung des Hochwasserrisikos definiert werden. Beispielsweise kann es erforderlich sein, dass auf den betroffenen Flächen nicht weiter gebaut wird oder die Gebäude der Hochwassergefahr baulich angepasst werden.

Auch für den Bereich der Tideelbe im Hamburger Stadtgebiet wurde bereits eine Bewertung des Hochwasserrisikos vorgenommen. Neben der Berücksichtigung vergangener Sturmfluten aus den Jahren 1717, 1825, 1962 und 1976 wurde dort ebenfalls ein Zukunftsszenario betrachtet. Was würde passieren, wenn der aktuell geltende Bemessungswasserstand tatsächlich eintreten und es gleichzeitig zum Versagen von Hochwasserschutzbauwerken an verschiedenen Stellen kommen würde? Dass beispielsweise ein Tor nicht geschlossen werden kann, ist zwar äußerst unwahrscheinlich, aber nicht unmöglich. In diesem Fall wären dahinter liegende Gebiete von Überschwemmungen betroffen.

## Besserer Schutz

Nach der Sturmflutkatastrophe von 1962 hat die Freie und Hansestadt Hamburg zum einen den technischen Hochwasserschutz massiv verbessert und zum anderen umfangreiche Pläne zur Durchführung von Notfallmaßnahmen im Falle eines Versagens der Hochwasserschutzbauwerke erstellt. Bei der Sturmflut im Jahr 1976 wurden erheblich höhere Wasserstände gemessen als bei der Katastrophenflut 1962. Abgesehen von Sachschäden insbesondere im Hafen ist Hamburg bei diesem Hochwasserereignis jedoch von größeren Verlusten verschont geblieben. Sowohl der Ausbau der öffentlichen Hochwasserschutzlinie, als auch die optimierte Organisation des Katastrophenschutzes sorgen dafür, dass Hamburg besser geschützt ist.

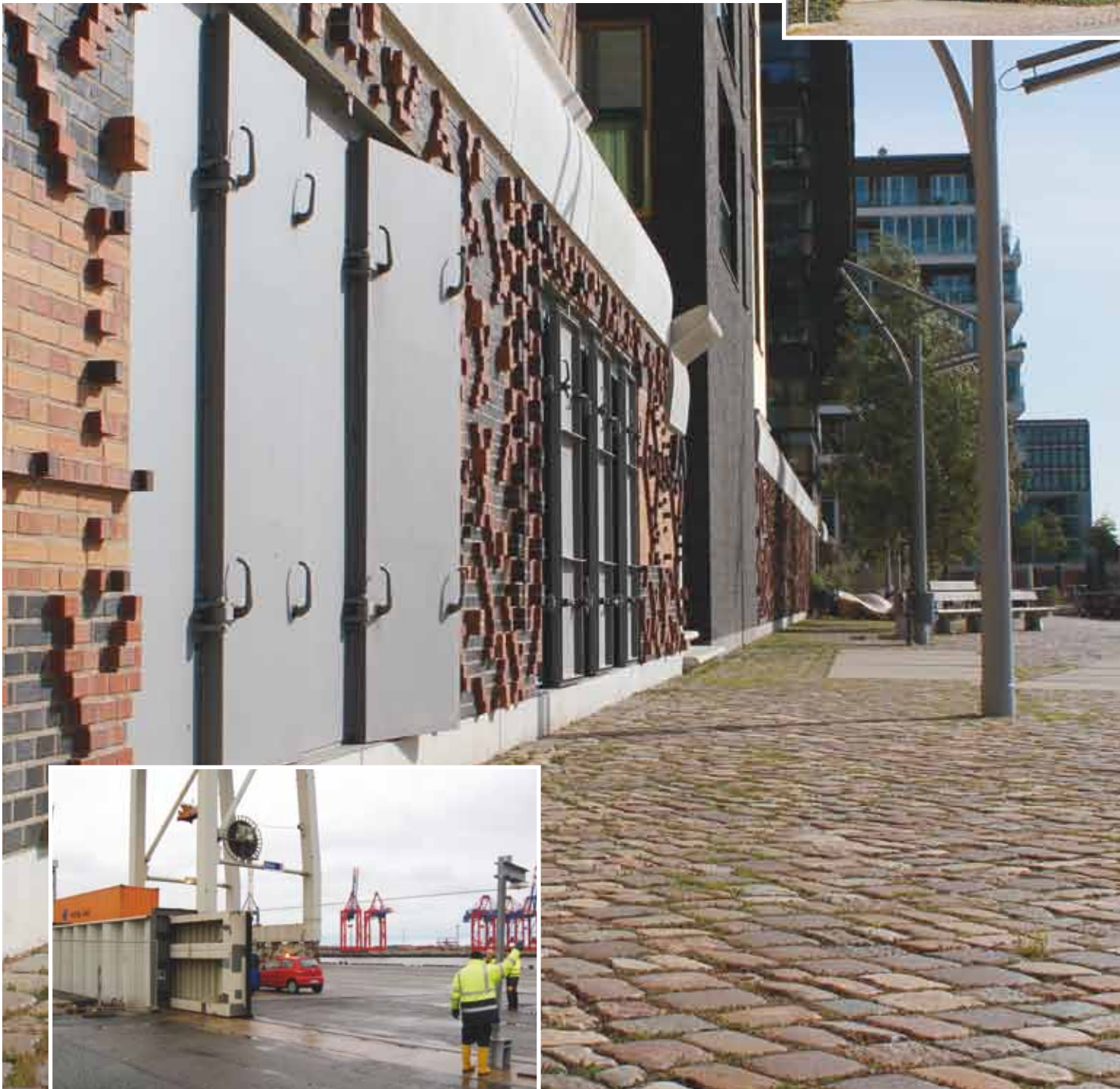
auf den Menschen, die Umwelt, die Wirtschaft oder das Kulturerbe hatte oder haben könnte. Werden diese Auswirkungen als erheblich eingestuft, so gelten die betroffenen Flächen als Risikogebiet. Bei diesen Betrachtungen werden auch zukünftige Entwicklungen wie beispielsweise der Klimawandel oder eine veränderte Flächennutzung einbezogen. Die Bewertung sowie die daraus resultierende Einstufung des Hochwasserrisikos wird veröffentlicht und alle sechs Jahre überprüft.

Für alle Risikogebiete werden in einem zweiten Schritt Karten an-

gefertigt, die über Hochwassergefahren und -risiken informieren. Die Gefahrenkarten zeigen, welche Flächen bei ausgewählten Hochwasserereignissen überschwemmt wären und wie hoch das Wasser stehen würde. Die Risikokarten geben Auskunft darüber, ob beispielsweise Wohn- oder Gewerbegebiete betroffen wären, wie viele Einwohner in dem Gebiet leben, ob wichtige Industrieunternehmen betroffen wären oder sich eine große Gefahr für die natürliche Umwelt und Kulturgüter ergäbe.

Basierend auf diesen Karten wird

# Bedarf auch für Private



Fotos: Hamburg Port Authority, K. Sossidi/LSBG





Der Polder Teufelsbrück wird durch private Hochwasserschutzanlagen geschützt (Bild oben). In der Hafencity müssen die Gebäude am Rand der Warft zusätzlich durch Objektschutz gesichert werden. Ein Schieber sichert den 7. Liegeplatz des Containerterminals Burchardkai am Parkhafen bei Waltersshof (Bild unten).



Als Konsequenz aus der Sturmflut 1976, die im Hamburger Hafengebiet große Schäden verursachte, wurde die Errichtung von Poldern in dem Gebiet gefördert. Die Stadt übernahm 75 Prozent der Kosten; der Rest musste von den Firmen aufgebracht werden, die sich innerhalb der Polder befanden.

Neben den öffentlichen Hochwasserschutzanlagen, die den überwiegenden Teil des Hamburger Stadtgebietes sichern, gibt es auch Hochwasserschutz von privater Seite. Dazu gehören Polder, Warften und der Objektschutz an Gebäuden.

Tief liegende Gebiete, die durch private Hochwasserschutzanlagen eingedeicht werden, heißen Polder. Vier der insgesamt 44 bestehenden Polder liegen im Bezirk Altona am nördlichen Elbufer, in denen sich Wohn- und Geschäftshäuser befinden. Diese Polder verfügen aufgrund ihrer Lage am Geesthang über Rettungswege in höher gelegene Bereiche, sodass auch während einer Sturmflut das Verlassen der Polder jederzeit gewährleistet ist.

Weitere 40 Polder werden im Hamburger Hafen durch private Hochwasserschutzanlagen geschützt. Die Anforderungen des privaten Hochwasserschutzes sind gegenüber dem öffentlichen Hochwasserschutz geringer. Zum Beispiel werden die Tore nur mit einer einfachen Sicherheit verschlossen. Weiterhin bestehen keine ausreichenden Rettungswege in höher gelegene bzw. geschützte Bereiche. Deshalb wird der Hafen bei einem vorhergesagten Wasserstand von NN + 6,50 Meter vollständig geräumt.

Die Errichtung von Poldern im Hafengebiet wurde in den Jahren nach der Sturmflut 1976, die hohe Schäden im Hafen verursacht hatte, gefördert. Instand gehalten und betrieben werden sie von

den Hafenfirmer. Da es in der Elbe eine Tendenz zu höheren Sturmflutwasserständen gibt, wird zurzeit im Rahmen des „Förderprogramms Privater Hochwasserschutz“ die Anpassung bestehender privater Hochwasserschutzanlagen an die gültigen Bemessungswasserstände von der Freien und Hansestadt Hamburg finanziell unterstützt.

Auch Warften sind Teil des privaten Hochwasserschutzes. Beispiele dieses künstlich aufgeschütteten Baugrunds finden sich in der Hafencity oder im Altenwerder Containerterminal. Der Objektschutz bezeichnet jene baulichen Maßnahmen an Gebäuden, die vor der öffentlichen Hochwasserschutzlinie liegen. Um dem Wasserdruck standzuhalten, müssen die Gebäudeaußenwände abgedichtet und verstärkt sein. Die gefährdeten Untergeschosse sind als wasserundurchlässige Stahlbetonwanne mit ausreichender Sicherung gegen Auftrieb und Aufbrechen herzustellen. Für die Sicherung der in den Untergeschossen verbleibenden Öffnungen stehen im Fall einer Sturmflut mobile oder teilmobile Hochwasserschutzvorrichtungen zur Verfügung. Diese bestehen aus Flutschutztoren oder Dammbalkenverschlüssen.

Polder sind wie öffentliche Anlagen nach Hamburgischem Wassergesetz planfeststellungs- oder plangenehmigungsbedürftig. Bei den in den privaten Bereich fallenden Objektschutz werden die Belange des Flutschutzes im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens geprüft.



# Wichtige Berechnungen

Ob die Hochwasserschutzanlagen im Ernstfall einer Sturmflut standhalten, wird in Hamburg regelmäßig überprüft. Dafür sind umfangreiche Berechnungen notwendig, in die sowohl abgelaufene Sturmfluten als auch künftige, zum Beispiel durch den Klimawandel verursachte Entwicklungen mit einfließen.

Die Schutz- oder Sollhöhe von Hochwasserschutzanlagen in Hamburg richtet sich nach einem aus Beobachtung, Vorausschau und durch Computersimulationen errechneten Bemessungswasserstand in der Elbe zuzüglich Wellenauflauf. Grundlage ist der für einen vorgegebenen Zeitraum zu erwartende höchste Wasserstand. Durch lokale Windeinwirkung

ergibt sich ein Wellenauflauf am Hochwasserschutzbauwerk. Für die Ermittlung der Sollhöhe des Bauwerks wird zu dem Bemessungswasserstand ein Freibord addiert, der diese Wellenhöhe berücksichtigt.

Als Ausgangspegel zur Bestimmung der Bemessungswasserstände in der Elbe für Hamburg,

Niedersachsen und Schleswig-Holstein wird der Pegel Cuxhaven herangezogen. Für diesen Pegel liegt eine kontinuierliche Wasserstandszeitreihe vor, die bis ins Jahr 1901 zurückreicht, Einzelereignisse sind sogar seit 1788 erfasst. Vom Pegel Cuxhaven aus werden die Bemessungswasserstände für das Hamburger Elbgebiet über mathematische Modelle berechnet.





Fotos: weible1980, Wasser- und Schifffahrtsamt Cuxhaven

Unscheinbar, aber als Ausgangspegel zur Bestimmung der Bemessungswasserstände in Hamburg unverzichtbar: der Pegel Cuxhaven. Seit 1901 wird hier kontinuierlich der Wasserstand abgelesen, einzelne Daten reichen sogar bis 1788 zurück.

Hierbei wird auch der Einfluss des Oberwasserzuflusses auf den Wasserstand in Hamburg berücksichtigt. Dieser ist allerdings vergleichsweise gering: Eine Zunahme des Oberwasserzuflusses um  $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$  hat in Hamburg einen Anstieg des Wasserstandes um etwa 10 Zentimeter zur Folge.

Die Berechnung eines Bemessungswasserstandes kann auf zwei grundsätzlich unterschiedliche Arten erfolgen: durch das deterministische und das statistische

Verfahren. In der Praxis werden beide auch kombiniert.

## Deterministische Verfahren

Bei den deterministischen Verfahren wird ein Bemessungswert auf Basis tatsächlich abgelaufener Ereignisse ermittelt. Hamburg verwendet das sogenannte deterministische Stauverfahren, das den Gegebenheiten im Ästuar besonders gut Rechnung trägt. Es überlagert unter Beachtung der physi-

kalischen Zusammenhänge die Einzelfaktoren einer Sturmflut in ihrer höchsten Ausprägung, die aus dem Verlauf historischer Sturmfluten ermittelt wurde. Deterministische Verfahren sind somit keine Extrapolationsverfahren, sondern werten tatsächlich abgelaufene Ereignisse hin aus. Zudem wird nicht nur die Höhe, sondern auch der zeitliche Ablauf schwerer Sturmfluten bei den Berechnungen berücksichtigt. Das Verfahren hat somit eine hohe physikalische Plausibilität.

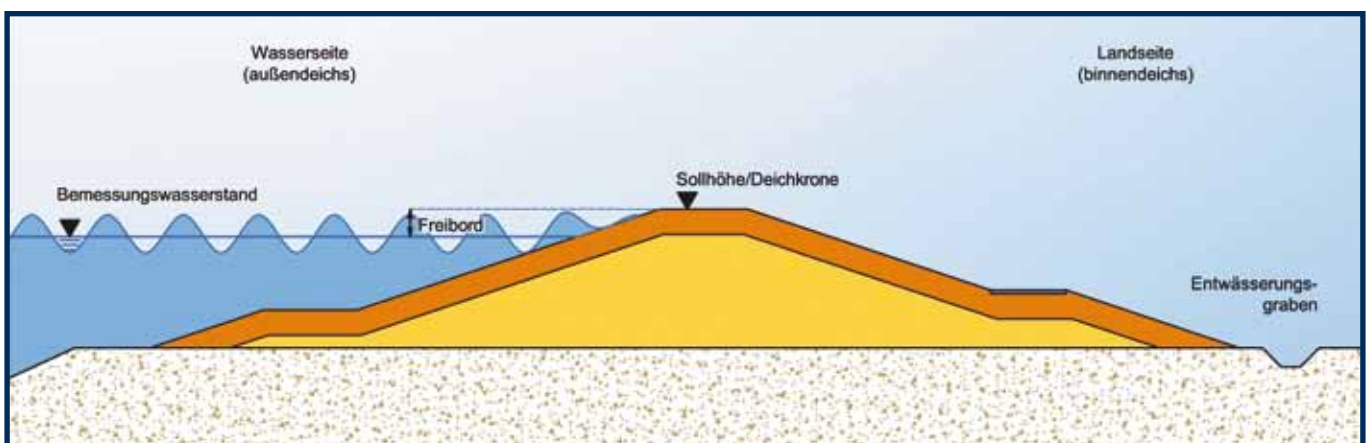


Illustration: J. Zornow/LSBG

Die Eingangsparameter für die Sollhöhenenermittlung an einer Hochwasserschutzanlage werden mit Hilfe komplexer mathematischer Verfahren und aufwendiger Simulationsmodelle ermittelt.

Das deterministische Stauverfahren von Hamburg basiert auf der Bestimmung einer maßgeblichen Sturmidekurve für die Elbmündung beim Pegel Cuxhaven. Das Verfahren ist in den letzten beiden Jahren fortgeschrieben worden und überlagert folgende Einzelfaktoren:

- Mittleres Tidehochwasser (MThw),
- Windstau infolge eines Sturmes über der Nordsee,
- Springtideerhöhung,
- Fernwelle aus dem Nordatlantik
- Oberwasserzufluss der Elbe
- den Meeresspiegelanstieg für einen vorgegebenen zukünftigen Zeitraum.

Dabei zeigt sich, dass der Windstau mit einer Höhe von mehreren Metern den größten Einfluss auf den Sturmflutwasserstand hat. Das mittlere Tidehochwasser, das in Cuxhaven eine Höhe von NN + 2,09 Meter aufweist, kann zusätzlich durch eine Springtide erhöht werden, was ebenfalls einen Einfluss auf den Wasserstand in der Größenordnung einiger Dezimeter hat. Fernwellen können den Wasserstand am Pegel Cuxhaven noch einmal um rund 1 Meter erhöhen.

Die maximalen Werte der beschriebenen Einzelkomponenten können aufgrund ihrer Wechselwirkung untereinander nicht einfach zu einem Sturmflutwasserstand addiert werden. Daher werden umfangreiche Analysen der nicht-linearen Interaktion zwischen den Einzelkomponenten durchgeführt, um die maßgebliche Sturmidekurve am Pegel Cuxhaven zu ermitteln. Diese Kurve ist die Grundlage für die Ermittlung der Bemessungswasserstände in Hamburger Elbgebiet. Aus Gründen der Vergleichbarkeit erfolgt eine Kombination mit statistischen Verfahren.

## Statistische Verfahren

Der Bemessungswasserstand wird bei statistischen Verfahren über



Die Elbinsel Wilhelmsburg gehört zu den tiefliegenden Marschengebieten und würde durch das ganz normale Tidegeschehen zweimal am Tag weitgehend überflutet. Und wäre die Entwässerung nicht durch Deichsiele und Schöpfwerke sichergestellt, könnte das Niederschlagswasser nicht ablaufen.

die Überschreitungswahrscheinlichkeit definiert. Dabei wird der Wasserstand oder der Windstau als Ganzes betrachtet, unabhängig davon, wie groß die Einzelkomponenten sind, aus denen sich dieser zusammensetzt. Um Aussagen zu Ereignissen mit geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten machen zu können, müssen die Verteilungsfunktionen der für einen Pegel vorhandenen Wasserstandsbeobachtungen extrapoliert werden.

Metropolen wie Hamburg sind gegen Ereignisse mit sehr klei-

nen Überschreitungswahrscheinlichkeiten, also sehr hohe Wasserstände, zu schützen. Angaben hierzu können mit Ungenauigkeiten verbunden sein. Über das deterministische Stauverfahren wird ein Wert ermittelt und anschließend die zugehörige Überschreitungswahrscheinlichkeit berechnet. Zur Beurteilung der Größenordnung dieser Überschreitungswahrscheinlichkeit für eine Metropolstadt wie Hamburg wird zum Vergleich der Sicherheitsstandard in verschiedenen europäischen Gebieten analysiert. Er liegt für Metropolstädte in Europa zwischen 1 : 1.000 und 1 : 10.000.

## Probabilistische Verfahren

Bei der probabilistischen (wahrscheinlichkeitsbezogenen) Bemessung wird die Versagenswahrscheinlichkeit eines Hochwasserschutzbauwerks ermittelt. Dieses Vorgehen dient nicht in erster Linie der Festlegung von Schutzhöhen der Hochwasserschutzanlagen in Hamburg, sondern vielmehr dem Aufspüren möglicher Schwachstellen in der Hauptdeichlinie. Das schwächste Glied in der Kette von Schutzbauwerken bestimmt die Belastbarkeit des gesamten Schutzkonzeptes. Diese Schwachstellen gilt es – wo immer sie entdeckt werden – zu beseitigen. Der Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer betreibt gegenwärtig umfangreiche Studien am Beispiel Wilhelmsburg, um die Eignung wahrscheinlichkeitbasierter Bemessungsverfahren für die praktische Anwendung zu testen.

Die Bemessung und Auslegung von Hochwasserschutzanlagen kann mithilfe von Risikoanalysen durchgeführt werden. Sie setzen sich im Wesentlichen aus der Versagenswahrscheinlichkeit der Bauwerke und dem im Falle eines Versagens entstehenden Schaden im Hinterland zusammen. Im Ergebnis werden alle theoretisch denkbaren Versagensformen der Bauwerke betrachtet und die jeweilige Wahrscheinlichkeit für die Anlage bestimmt. Bei der Berechnung der Versagenswahrscheinlichkeit eines Hochwasserschutzbauwerks wird die zu erwartende Belastung durch Wasserstand und Seegang dem Widerstand des Bauwerks gegenübergestellt. Beide Größen können sowohl deterministische – also fest definierte – als auch statistische Parameter enthalten. Deterministische Parameter können z.B. die Höhe eines Hochwasserschutztores oder die Erdbeschleunigung sein, als statistische Parameter werden beispielsweise der Wasserstand oder die Bodeneigenschaften angenommen.

Aus technischer Sicht wird der Grad der Sicherheit eines Hochwasserschutzbauwerkes in erster Linie über die Eintrittswahrscheinlichkeit der maßgebenden Belastungsgrößen wie Wasserstand, Wind und des Auftretens bestimmter Versagensmechanismen definiert. Die Versagenswahrscheinlichkeit einer Anlage liefert zudem die Möglichkeit, das Schutzniveau verschiedener Hochwasserschutzbauwerke miteinander zu vergleichen.

Welchen Nutzen haben die Ergebnisse einer Risiko- und Sicher-

heitsbetrachtung für die Entscheidungsträger? Die Kombination verschiedener Arten von Deichversagen mit den zu erwartenden Schäden gibt Auskunft über das durch Überschwemmungen zu erwartende Risiko innerhalb eines definierten Gebietes. Hiermit können die Behörden den Hochwasserschutz weiter optimieren und zielgerichtete Maßnahmen ergreifen. Darüber hinaus können die Ergebnisse verwendet werden, um Überprüfungs- und Entwurfsprozesse zu verbessern und ggf. Prioritäten bei Investitionen zu setzen.

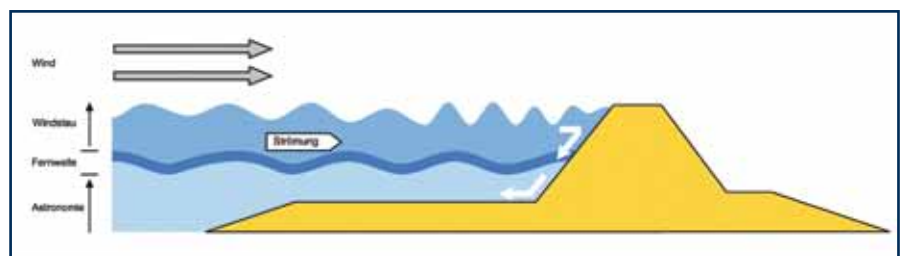
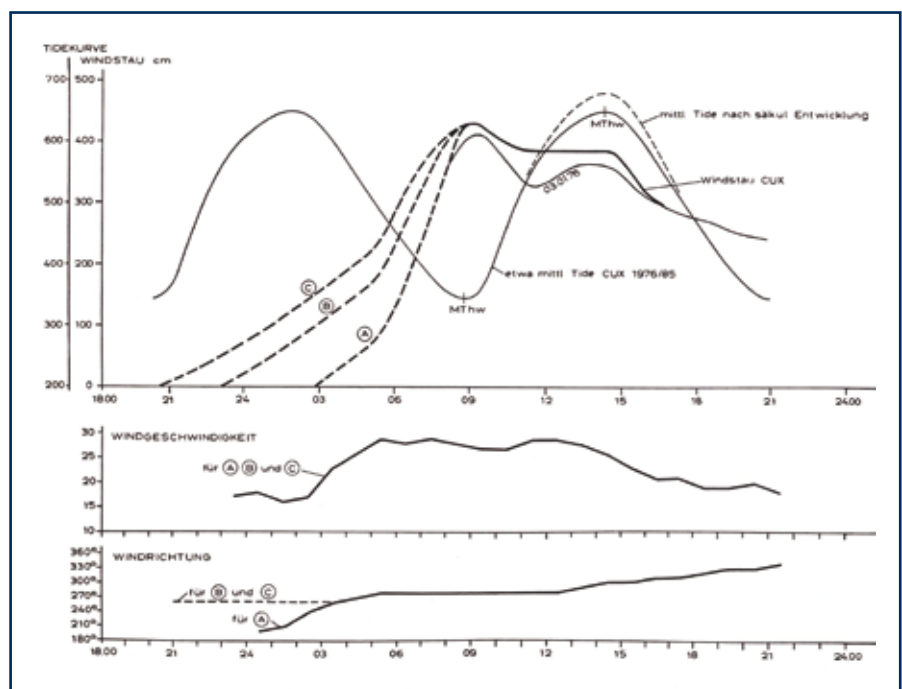


Illustration: J. Zornow/LSBG

Derzeit wird mit einem spezifischen Verfahren untersucht, wie sich die Höhe einer Sturmflut verändert, wenn der höchste bisher eingetretene Windstau von einer Springtide und einer Fernwelle mit einer Höhe von 0,8 bis ein Meter überlagert wird.



Grafik: Siefert (1998)

Die Höhe des Bemessungswasserstandes unterliegt einem deterministischen Bemessungsverfahren, das sich an den vergangenen Entwicklungen der Sturmflut- und Meeresspiegelstände orientiert. Das Bemessungshochwasser muss kontinuierlich an die veränderten Bedingungen angepasst und neu berechnet werden.

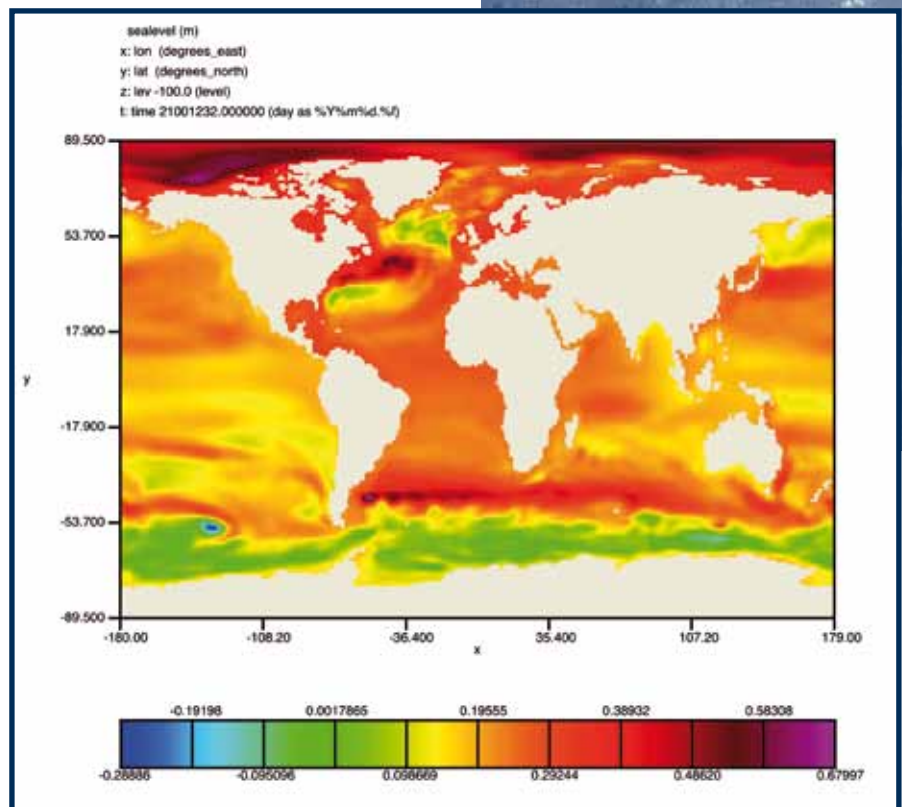
# Klima im Wandel

Seit jeher ist der Küstenschutz mit den Auswirkungen eines steigenden Meeresspiegels konfrontiert. Allerdings stellen die derzeitigen und zukünftigen Klimaänderungen eine besondere Herausforderung dar und müssen bei der Bemessung von künftigen Hochwasserschutzanlagen berücksichtigt werden.

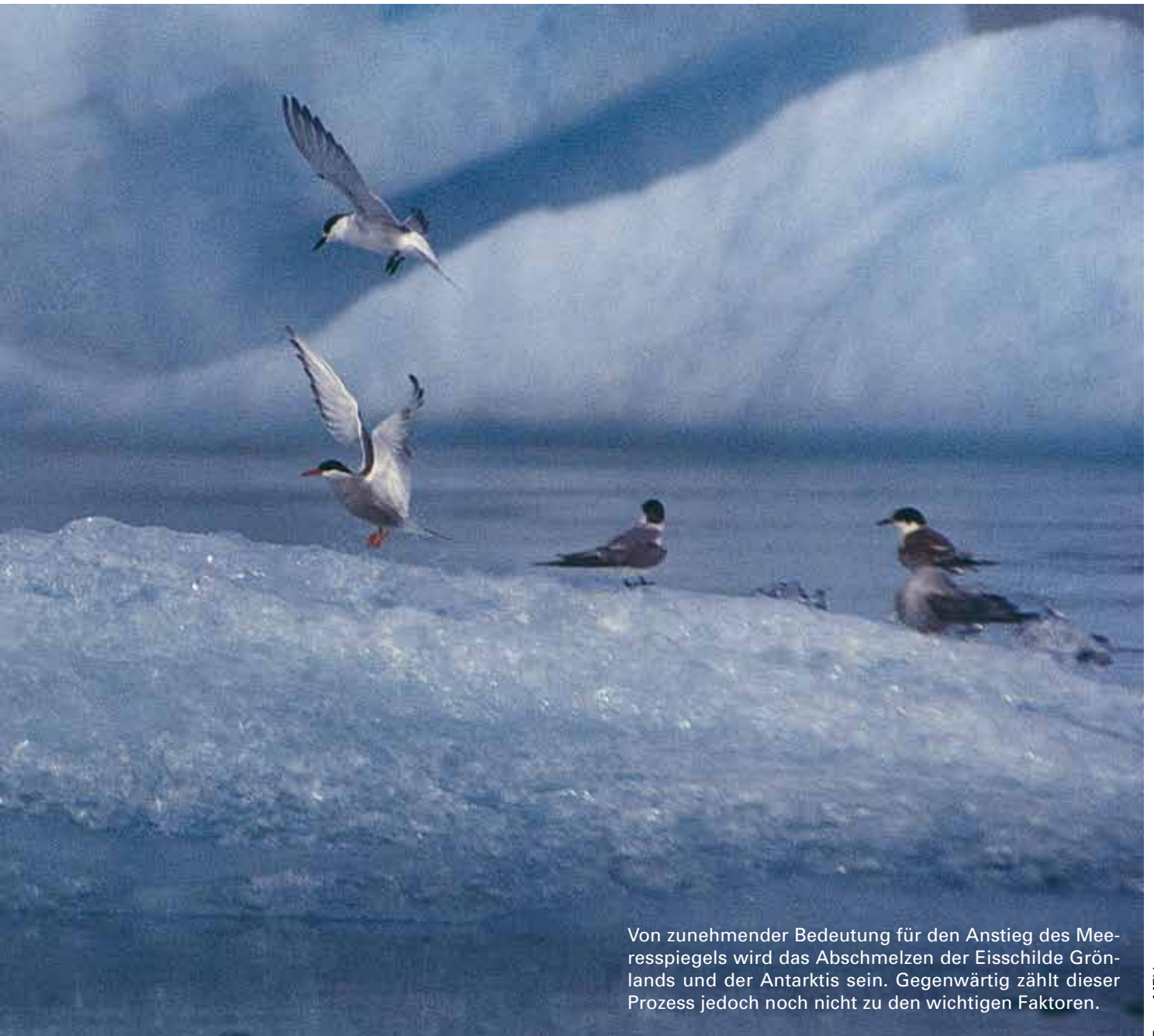
Der Anstieg des Meeresspiegels ist nicht ausschließlich ein Phänomen der letzten Jahrzehnte. Seine Schwankungen sind das Ergebnis der weltweiten Klimaänderungen, denen die Erde seit Millionen Jahren in Form von Eis- und Warmzeiten unterliegt. Nach Ende der letzten Eiszeit vor etwa 11.000 Jahren begann ein stetiger Anstieg des Meeresspiegels infolge der erneuten Erwärmung des Klimas. Die Wassermassen, die während der Eiszeit in Form von Gletschern und Eisschilden gebunden waren, tauen und ließen den Wasserstand in den Ozeanen ansteigen.

Der heutige weltweite Meeresspiegelanstieg wird auf verschiedene Ursachen zurückgeführt:

- thermische Ausdehnung des Wassers,
- Abschmelzen der Gletscher und Poleiskappen,
- Abschmelzen des grönländischen und antarktischen Eisschildes,
- Auftauen des Dauerfrostbodens.



Der künftige Meeresspiegelanstieg ist sehr schwer zu bestimmen. Das Szenario des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) geht bis zum Jahr 2100 von einem globalen Anstieg zwischen 18 und 59 Zentimetern aus.



Von zunehmender Bedeutung für den Anstieg des Meeresspiegels wird das Abschmelzen der Eisschilde Grönlands und der Antarktis sein. Gegenwärtig zählt dieser Prozess jedoch noch nicht zu den wichtigen Faktoren.

Foto: MEV

Daten von: Lautenschlager, 2006: Climate Simulation with CLM. Data Stream 3: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate.

Den zurzeit größten Beitrag zum weltweiten Meeresspiegelanstieg liefert die Erwärmung des Meerwassers, weil sich durch diese „thermische Ausdehnung“ das Wasservolumen erhöht. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Zunahme der Wassermenge der Ozeane. Diese wird vor allen Dingen durch das Tauwasser der Gletscher und Eiskappen verursacht, das über die Flüsse in die Ozeane gelangt. Ebenfalls zur Erhöhung des Meeresspie-

gels führt das Abschmelzen der Eisschilde Grönlands und der Antarktis. Gegenwärtig sind deren Beiträge dazu zwar noch gering, ihre Bedeutung wird jedoch zunehmen. Auch das Süßwasser, das beim Auftauen von Dauerfrostböden freigesetzt und den Ozeanen zugeführt wird, wirkt sich bisher nicht gravierend aus. Um zu klären, wie groß sein Anteil zum weltweiten Meeresspiegelanstieg sein wird, bedarf es weiterer Forschungen.

## Verstärktes Abschmelzen

Neben den Faktoren, die zum weltweiten Meeresspiegelanstieg führen, gibt es auch solche, deren Wirkung auf kleinere Teilgebiete des Ozeans beschränkt bleibt. Sie treten beispielsweise im Falle eines verstärkten Abschmelzens von Gletschern auf. Bei diesem Vorgang schwinden die von den Eismassen ausgehenden Gravitationskräfte. Diese ziehen das Wasser

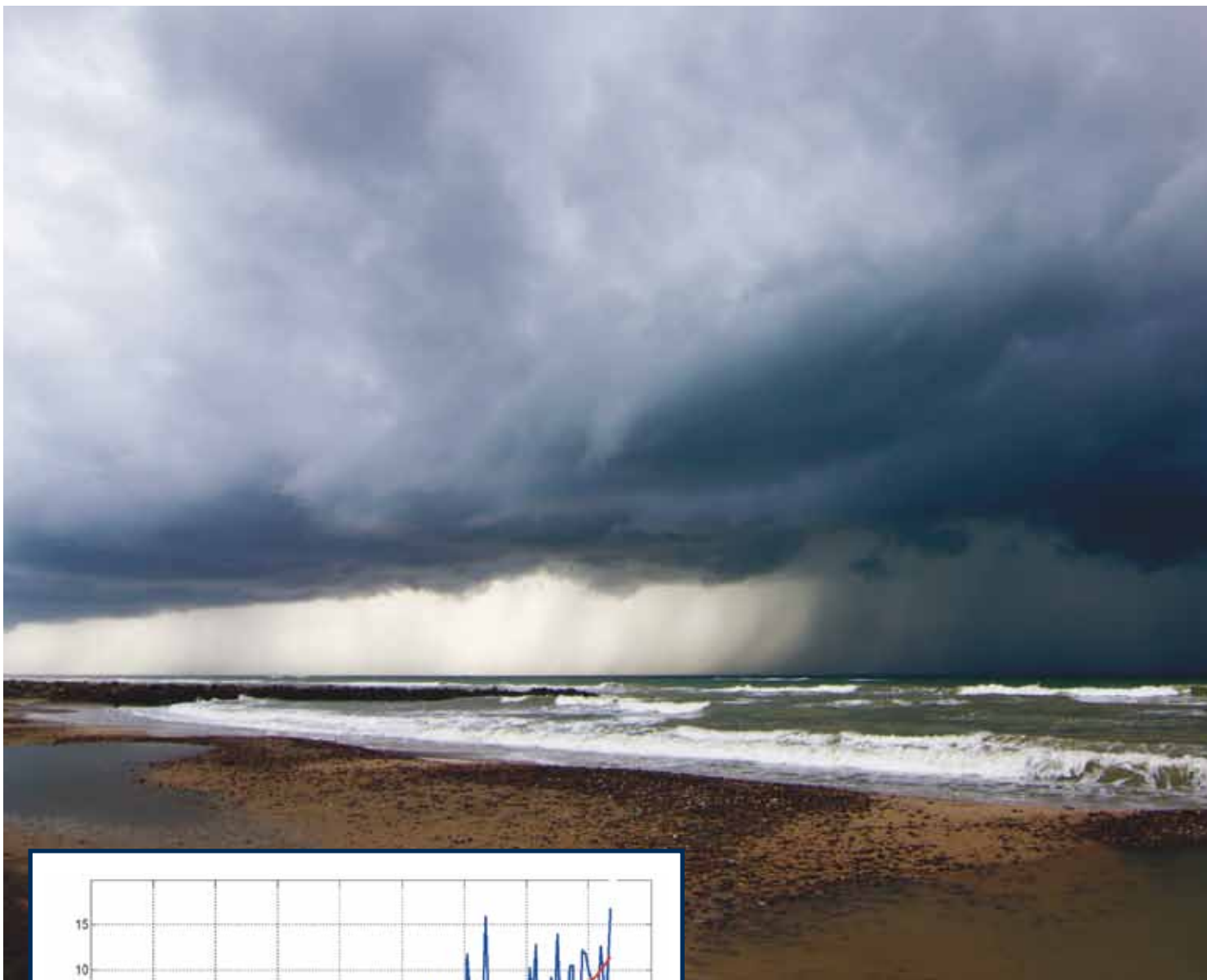
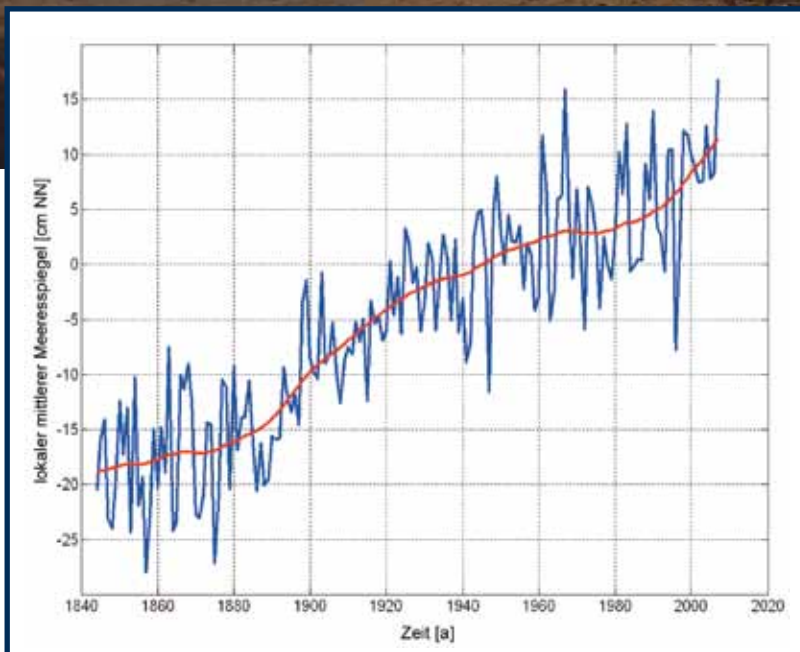


Foto: erikwkolstadt



Grafik: Gönner et al. (2010)

Die Grafik zeigt exemplarisch für den Pegel Cuxhaven die Anstiegsrate des Meeresspiegels und deren Schwankungen. Für den Zeitraum von 1844 bis 2008 wurde ein Trend von jährlich 2,4 Millimeter ermittelt, im mittleren Tidehochwasser ein Anstieg von 2,5 Millimeter.

des Ozeans an, wodurch es im Umfeld der Eiskappen zu einer Erhöhung des Meeresspiegels kommt. Durch das Abschmelzen wird diese Wirkung verringert, sodass der Meeresspiegel im Bereich des Gletschers leicht absinkt und es zu einer Umverteilung von Wassermassen kommt. Dieser Effekt führt dazu, dass der Anstieg des Meeresspiegels im Bereich der Nordsee, verglichen mit dem globalen Anstieg, niedriger ausfällt.

Wichtige Grundlagen für Projektionen des künftigen Meeresspiegelanstiegs sind die Wasserstandsdaten aus regelmäßigen Messungen



Unwetter an der Nordseeküste: Bis Ende des 21. Jahrhunderts wird die Intensität der Stürme zunehmen und zusammen mit dem häufigeren Auftreten von Starkwindlagen künftige Sturmfluthöhen beeinflussen.

an einem Pegelstandort sowie Daten aus Satellitenmessungen. Anhand der vorliegenden Pegeldaten gibt Holgate den globalen Meeresspiegelanstieg in einer Größenordnung von 1,7 Millimeter/Jahr an. Örtlich können große Unterschiede auftreten. Für das Gebiet der Nordsee ermittelt Woodworth eine niedrigere Anstiegsrate von 1,4 Millimeter/Jahr. Aus diesem Grund ist es wichtig, Beobachtungen an regionalen Pegelmessstationen vorzunehmen. Für die Nordsee wird dazu unter anderem der Pegel Cuxhaven herangezogen, bei dem im Zeitraum 1844 – 2008 ein Trend des Meeresspiegelanstiegs von jährlich 2,4 Millime-

ter ermittelt wurde. Im mittleren Tidehochwasser betrug der Anstieg 2,5 Millimeter/Jahr.

**Die Analyse des in Zukunft zu erwartenden Meeresspiegelanstiegs ist ein komplexer Vorgang.** Für seine Abschätzung können unterschiedliche Methoden angewendet werden, die jeweils ihre Vor- und Nachteile haben. Vor allen Dingen ist zu beachten, welche Unsicherheiten bei der verwendeten Methode vorliegen. Für alle Methoden gilt, dass sie lediglich mögliche Veränderungen in Form von Projektionen darstellen können.

## Klimaabhängigkeit

**Die Abschätzung des zukünftigen Meeresspiegelanstiegs kann auf der Grundlage von Beobachtungswerten vorgenommen werden.** Dabei wird zumeist angenommen, dass die Anstiegsrate über den gesamten Berechnungszeitraum konstant bleibt. Eine weitere Möglichkeit bietet die Verwendung von Modellrechnungen. Da der zukünftige Meeresspiegelanstieg maßgeblich von der Entwicklung des globalen Klimas abhängt, müssen die Wissenschaftler zunächst Annahmen über dessen Verlauf und die Größenordnung definieren. Dafür werden zum Beispiel die mögliche Temperaturzunahme bis zum Jahr 2100 zugrunde gelegt. Mit Hilfe von computergestützten mathematischen Modellen können aus diesen Szenarien dann verschiedene Projektionen abgeleitet werden.

**Besonders aufgrund der ungewissen gesellschaftlichen Entwicklungen in Industrie-, Schwellen- und Entwicklungsländern, ist es zurzeit nicht möglich, die zukünftigen Veränderungen sicher zu berechnen.** Ein Bericht des von den Vereinten Nationen einberufenen zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) prognostiziert bis zum Jahr 2100 einen globalen Meeresspiegelanstieg von 18 bis 59 Zentimeter. Wegen ihrer um-

fassenden Detailfülle gilt diese Studie als besonders fundiert und dient häufig als Basis für politische Entscheidungen. Andere Forschungsergebnisse liegen für den Zeitraum bis 2100 im Bereich von –5 Zentimeter bis +140 Zentimeter.

**Für eine räumlich begrenzte Projektion sollten allerdings regionale Ergebnisse miteinbezogen werden.** So umfassen die Auswertungen unterschiedlicher Autoren für Meeresspiegelanstieg der Nordsee eine Spannweite von –5 Zentimeter bis +115 Zentimeter bis 2100. Für die Obergrenze wurden hier jedoch extreme Klimaveränderungen angenommen. Projektionen auf der Grundlage einer gemäßigten Klimaentwicklung gehen von 40 bis 59 Zentimeter bis zum Jahr 2100 aus.

**In der Diskussion um das mögliche Ausmaß des Meeresspiegelanstiegs gibt es auch Meinungen, die eine globale Erhöhung um bis zu 2 Meter für möglich halten.** Die Methode, die diesen Ergebnissen zugrunde liegt, wird teilweise als zu stark vereinfacht angesehen, da sie die hoch komplexen Vorgänge im Klimasystem nicht ausreichend berücksichtigt. Grundsätzlich gilt, dass diese globalen Angaben nicht ohne detailliertere Betrachtung auf die Nordseeregion übertragen werden können.

## Mehr Stürme

**Die Meeresspiegelerhöhung hat nicht nur Einfluss auf die mittleren Wasserstandsverhältnisse, sie wird sich auch im Fall von Sturmfluten bemerkbar machen.** Es ist davon auszugehen, dass Sturmfluten durch den erhöhten Wasser Spiegel größere Höhen erreichen können. Zusätzlich zur Meeresspiegelerhöhung könnte auch die Intensität der Stürme bis Ende dieses Jahrhunderts um bis zu 10 Prozent zunehmen und zusammen mit dem häufigeren Auftreten von Starkwindlagen Einfluss auf künftige Sturmfluthöhen nehmen.

# Gut aufgestellt

Um künftige Risiken zu reduzieren, müssen in die Hochwasserschutzmaßnahmen sowohl Erfahrungen aus der Vergangenheit als auch weit vorausschauende Prognosen einfließen.





Wie hoch der Meeresspiegel in den kommenden Jahrzehnten ansteigen wird, kann niemand genau vorhersagen. Sicher ist aber, dass Hamburg die Voraussetzungen für einen effektiven Hochwasserschutz geschaffen hat und diesen weiter optimieren wird. Dafür bedarf es eines intensiven Austausches mit den Nachbarländern.



Mit dem Abschluss der 1990 begonnenen Verstärkung der öffentlichen Hochwasserschutzanlagen ist im Jahr 2015 zu rechnen. Dann wird der Schutz vor Sturmfluten in Hamburg eine Qualität erreicht haben, die es in der jahrhundertelangen Geschichte der Stadt bisher nicht gegeben hat. Trotzdem bleibt neben der laufenden Pflege und Instandhaltung dieser Anlagen auch die weitere Verstärkung eine Daueraufgabe. So ist die fortlaufende Risikoreduzierung für die vielen in den tief liegenden Gebieten lebenden Menschen und ihre Werte von existenzieller Bedeutung. Das gleiche gilt für Hunderttausende von Arbeitsplätzen in der gesamten Region.

Insbesondere der mit Sicherheit eintretende Meeresspiegelanstieg wird den Hamburger Hochwasserschutz vor neue Herausforderungen stellen. Die Prognosen über das Ausmaß sind allerdings insgesamt noch mit großen, auch künftig bestehenden Unwägbarkeiten behaftet. Ebenso sind die Auswirkungen des Klimawandels und des Meeresspiegelanstiegs auf die Sturmflutwasserstände weiter zu untersuchen.

Bei den seit 1990 neu errichteten Hochwasserschutzwänden wurden durch die Ausbaureserve bereits kommende Erhöhungsbedarfe berücksichtigt. Die Ausbaureserve kann bei diesen Anlagen aktiviert werden, ohne größere Eingriffe in die vorhandene Bausub-

stanz vorzunehmen. Eine besondere Herausforderung stellt die Integration weiter erhöhter Schutzbauwerke in die enge Stadtlandschaft dar. Der Schwerpunkt der Verstärkungsmaßnahmen wird allerdings zunächst beim weiteren Ausbau der Erddeiche liegen müssen. Diese sind, anders als die Hochwasserschutzwände, bei Eintritt einer extremen Sturmflut und Überströmung durch ein Totalversagen bedroht.

In Anerkennung des bestehenden Handlungsbedarfs hat der Bund den Küstenländern seine Unterstützung zugesagt und erhöhte Fördermittel bei der Finanzierung von Hochwasserschutzmaßnahmen bereitgestellt.

Küstenschutzmaßnahmen an der Tideelbe setzen eine enge Abstimmung mit den Nachbarländern Schleswig-Holstein und Niedersachsen voraus. Vor diesem Hintergrund hat sich die Gemeinsamkeit beim Vorgehen und insbesondere bei der Vereinbarung der Bemessungsgrundlagen seit vielen Jahren bewährt. Künftig werden die Folgen des Klimawandels aber eine Intensivierung dieses Austauschs erfordern. So ist vor allem die langfristige Option auf ein Elbesperrwerk zum Schutz vor Sturmfluten nur dann aufrechtzuerhalten, wenn jedes der drei Länder (Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Hamburg) und der Bund seine Vorteile daraus ziehen können.

# Glossar

**Ästuar:** Das Elbästuar ist der trichterförmige Wasserkörper an der Mündung des Flusses. Das Ästuar umfasst den Übergangsbereich zwischen salzhaltigem Wasser und dem Süßwasser.

**Außertropische Zyklone:** Als Zyklon wird eine starke Luftbewegung bezeichnet, die über 117 km/h erreicht. Sie kann im Binnenland schwerste Verwüstungen anrichten. Über der Deutschen Bucht erzeugen starke Winde einen erhöhten Windstau und führen so zu Sturmfluten an der deutschen Nordseeküste.

**Beaufort:** Beaufort (Bft) ist das Maß für die Intensität eines Windes. Basierend auf der 1806 von Admiral François Beaufort entwickelten Skala kann anhand der Auswirkungen des Windes die Windstärke geschätzt werden. Die Maßzahl Bft ist abhängig von der Windgeschwindigkeit. Beispiel: Gemessene Windgeschwindigkeiten zwischen 89 und 102 km/h entsprechen einer Windstärke 10 Bft.

**Bemessungswasserstand:** Er dient der Festlegung der Deichhöhe. Als Grundlage hierfür werden in regelmäßigen Abständen (alle 10 Jahre) die Daten der schwersten Sturmfluten und Hochwasserereignisse ausgewertet.

**Damm balken:** Balken aus Aluminium oder Holz, die übereinandergestapelt eine Öffnung in einer Hochwasserschutzanlage verschließen.

**Deichlinie:** (siehe Hochwasserschutzlinie)

**Deichschar:** Sie finden zweimal im Jahr statt, vor Beginn und nach Ende der Sturmflutsaison (September bis April). Hierbei wird der Zustand der Deiche geprüft. Schäden oder Auffälligkeiten werden in Protokollen dokumentiert und später von den zuständigen Dienststellen (LSBG, Bezirke, HPA) beseitigt. Hierdurch kann der ordnungsgemäße Zustand der Hochwasserschutzanlagen sichergestellt werden.

**Fernwelle:** Auf die Wasseroberfläche wirkende meteorologische Druckunterschiede können Meeresswellen auslösen. Diese Fernwellen gelangen oft über Tausende von Kilometern vom Atlantischen Ozean her in die Nordsee. Dabei können die Wellen mehr als einen Meter hoch werden.

**Hochwasserschutzlinie:** Der Hochwasserschutz in Hamburg, bestehend aus Deichen und Hochwasserschutzwänden, ist als durchgehende Linie konstruiert. Daher wird hier von der Hochwasserschutzlinie gesprochen.

**Kleiabdeckung:** Klei bezeichnet den aus dem Schllick bzw. Sinkstoffen des Meeres und des Tideflusses entstandenen schwachfeinsandigen bis stark tonigen Schluff. Dieser Klei wird als Abdeckmaterial mit einer Dicke von 1,5 bis 2 Meter über dem Sandkern des Deiches eingebaut. Der Kleiboden ist für den Deichbau besonders wichtig wegen seiner geringen Wasserdurchlässigkeit, sei-



nes hohen Widerstandes gegenüber Wassererosion und Austrocknung, sodass die ebenfalls schützende Grasnarbe sehr gut gedeihen kann.

**Normalnull:** Die amtlich festgelegte unveränderliche Bezugsebene für die Höhenmessungen ist das Normalnull (NN). Referenzgröße ist der Amsterdamer Pegel. Die Niveaufläche entspricht gewöhnlich dem mittleren Wasserstand an der Küste eines Landes. In Deutschland fällt Normalnull ungefähr mit dem mittleren Meeresspiegel der Nordsee zusammen.

**Oberwasserzufluss:** Er ist das von der Elbe stromabwärts fließende Wasser. Da die Elbmündung in der Deutschen Bucht vom Tidegeschehen beeinflusst ist und bei Flut Wasser aus der Nordsee flussaufwärts strömt, kommt es zuweilen zu einem Stau des Oberwasserabflusses.

**Polder:** Zum Schutz vor Überflutung und Sturmfluten eingedeich-

te Niederung. Im Hamburger Hafen gibt es zahlreiche Polder, mit denen sich die Betriebe vor Hochwasser schützen. Auch am nördlichen Elbufer gibt es einige private Polder.

**Springtide:** Sie entsteht durch die Massenanziehung des Mondes und der Sonne. Stehen Mond und Sonne in einer Achse zur Erde, addieren sich bei Neumond die Kräfte zur Springtide.

**Sturmflut-/Scheitelwasserstand:** Die Höhe des Wasserspiegels wird mit dem Begriff Wasserstand angegeben. Der Wasserstand wird entweder auf das Höhensystem Normalnull (NN) oder auf andere Höhenangaben wie etwa bestimmte Pegel (PN) oder mittlere Wasserstände bezogen. Der höchste Wasserstand einer Sturmflut wird als Sturmflutscheitel bezeichnet.

**Tideelbe:** Auf einer Strecke von 142 Kilometer Länge von Geesthacht bis zur Mündung in die Nord-

see bei Cuxhaven wird die Elbe von Gezeiten beeinflusst. Diese Einheit von Ebbe und Flut wird auch als Tide bezeichnet. Sonne und Mond lassen durch ihre Anziehungskräfte Ebbe und Flut entstehen. Die Eintrittszeiten ändern sich täglich und können berechnet werden. Der Gezeitenzyklus dauert etwa 12 Stunden und 25 Minuten.

**Tidehochwasser, mittleres Tidehochwasser:** Der höchste Wert einer Tidekurve wird Tidehochwasser genannt und mit Thw abgekürzt. Der Mittelwert des Tidehochwassers eines bestimmten Zeitraums wird mit MThw abgekürzt.

**Warften:** Durch Geländeaufhöhung werden Flächen und Häuser auf Warften vor Sturmfluten geschützt.

**Windstau:** Verursacht wird ein Windstau durch die Schubkraft des Windes, der einen „Wasserberg“ erzeugt und so den Wasserstand bei Sturmflut erhöht.

# Literaturverzeichnis

---

## Seiten 8/9

---

**Aschenberg, H.** (1987): Sturmfluten und Hochwasserschutz in Hamburg. Hamburg

**Bütow, H.** (ca. 1962): Die große Flut 1962. Eine Chronik der Katastrophe vom Februar 1962. Hamburg

**Eismann, M. & Mierach, M.** (2002): Wenn die Flut kommt ... Erinnerungen an die Katastrophe von 1962 und heutiger Hochwasserschutz. Hamburg

**Freistadt, H.** (1962): Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 in Hamburg. In: Die Küste, Jg. 10, Heft 1, S. 81–92

**Mainusch, M.** (1999): Hochwasserschutz in Hamburg. In: Albers, J. et al. (Hrsg.): Recht und Juristen in Hamburg, Band II. Köln, S. 253–267

**Schütt, Christian Ernst** (1991): Die Chronik Hamburgs. Dortmund

---

## Seiten 10-13

---

**Aschenberg, H.** (1987): Sturmfluten und Hochwasserschutz in Hamburg. Hamburg

**Aschenberg, H. & Kroker, G.** (1992): Sturmfluten und Hochwasserschutz in Hamburg. Ein Abriß der Geschichte des Deichbaus und der Binnenentwässerung im Stromspaltungsgebiet der Elbe

**Senatsdrucksache** Nr. 95/0356 vom 17.03.1995 – Entscheidung über den langfristigen Hochwasserschutz in Hamburg

---

## Seiten 16/17

---

**Aschenberg, H. & Kroker, G.** (1992): Sturmfluten und Hochwasserschutz in Hamburg. Ein Abriß der Geschichte des Deichbaus und der Binnenentwässerung im Stromspaltungsgebiet der Elbe

**Mainusch, M.** (1999): Hochwasserschutz in Hamburg. In: Albers, J. et al. (Hrsg.): Recht und Juristen in Hamburg, Band II. Köln, S. 253–267

**Reinstorf, E.** (1955): Geschichte der Elbinsel Wilhelmsburg. Hamburg

---

## Seiten 18-21

---

**Aschenberg, H.** (1987): Sturmfluten und Hochwasserschutz in Hamburg. Hamburg

**Aschenberg, H. & Kroker, G.** (1992): Sturmfluten und Hochwasserschutz in Hamburg. Ein Abriß der Geschichte des Deichbaus und der Binnenentwässerung im Stromspaltungsgebiet der Elbe

**Bütow, H.** (ca. 1962): Die große Flut 1962. Eine Chronik der Katastrophe vom Februar 1962. Hamburg

**Eismann, M. & Mierach, M.** (2002): Wenn die Flut kommt ... Erinnerungen an die Katastrophe von 1962

und heutiger Hochwasserschutz. Hamburg

**Freistadt, H.** (1962): Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 in Hamburg. In: Die Küste, Jg. 10, Heft 1, S. 81–92

**Hübbe, H.W.C.** (1869): Einige Erläuterungen zur historisch-topographischen Ausbildung des Elbstromes und der Marscheninseln bei Hamburg. Hamburg

**Kramer, J. & Rohde, H.** (1992): Historischer Küstenschutz. Deichbau, Inselschutz und Binnenentwässerung an Nord- und Ostsee. Stuttgart

**Mainusch, M.** (1999): Hochwasserschutz in Hamburg. In: Albers, J. et al. (Hrsg.): Recht und Juristen in Hamburg, Band II. Köln, S. 253–267

**Petersen, M. & Rohde, H.** (1991): Sturmflut. Die großen Fluten an den Küsten Schleswig-Holsteins und in der Elbe. Neumünster

**Schütt, Christian Ernst** (1991): Die Chronik Hamburgs. Dortmund

---

## Seiten 46-47

---

**Kludas, A., Maass, R., Sabisch, S.** (1988): Hafen Hamburg. Die Geschichte des Hamburger Freihafens von den Anfängen bis zur Gegenwart. Hamburg

---

## Seiten 48-51

---

**Gönnert, G.; Niemeyer, H.; Probst, B.; Buß, T.; Schaller, D.; Strotmann,**

T. (2007): Bemessungssturmflut 2085A an der Elbe. Überprüfung nach 10 Jahren. Ergebnis der Länderarbeitsgruppe (unveröffentlicht)

**Gönnert, G.; Bremer, J.-A.; Müller, J.-M.** (2010b): Internationaler Vergleich der Bemessungsverfahren im Küstenschutz (unveröffentlicht)

**Siefert, W.** (1998): Bemessungswasserstände 2085A entlang der Elbe. Ergebnisse einer Überprüfung durch die Länderarbeitsgruppe nach 10 Jahren (1995/96). In: Die Küste, Heft 60, Heide

---

**Seiten 52-55**

---

**Deltacommissie** (2008b): Exploring high-end climate change scenarios for flood protection of the Netherlands. International Scientific Assessment, Carried out a request of the delta committee

**Gönnert, G.; Niemeyer, H.; Probst, B.; Buß, T.; Schaller, D.; Strotmann, T.** (2007): Bemessungssturmflut 2085A an der Elbe. Überprüfung nach 10 Jahren. Ergebnis der Länderarbeitsgruppe (unveröffentlicht)

**Gönnert, G., Jensen, J., von Storch, H., Thumm, S., Wahl, Th., Weisse, R.** (2010): Der Meeresspiegelanstieg – Ursachen, Tendenzen und Risikobewertung. In: Die Küste, H. 76

**Holgate, S. J.** (2007): On the decadal rates of sea level change during the twentieth century, Geophysical Research Letters, 34, L01602, doi:10.1029/2006GL028492

**Katsman, C. A.; Hazeleger, W.; Drijfhout, S. S.; van Oldenborgh, G. J.; Burgers, G.**(2008): Climate scenarios of sea level rise for the northeast Atlantic Ocean: a study including the effects of ocean dynamics and gravity changes induced by ice melt. Climatic Change

**Katsman, C. A.; Sterl, A.; Beersman, J. J.; van den Brink, H. W.; Church, J. A.; Hazeleger, W.; Kopp, R. E.; Kroon, D.; Kwadijk, J.; Lammersen, R.; Lowe, J.; Oppenheimer, M.; Plag, H.-P.; Ridley, J.; von Storch, H.; Vaughan, D. G.; Vellinga, P.; Vermeersen, L. L. A.; van de Wal, R. S. W.; Weisse, R.** (2011): Exploring high-end scenarios for local sea level rise to develop flood protection strategies for a low-lying delta: The Netherlands as an example. Climatic Change, doi:10.1007/s10584-011-0037-5

**KNMI** (2006): van den Hurk, B. J. J. M.; Klein Tank, A. M. G.; Lenderink, G.; van Ulden, A. P.; van Oldenborgh, G. J.; Katsman, C. A.; van den Brink, H. W.; Keller, F.; Bessembinder, J. J. F.; Burgers, G.; Komen, G. J.; Hazeleger, W. and Drijfhout, S. S.: KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands. Technical report WR-2006-01, KNMI, www.knmi.nl/climatescenarios

**MPI-M** (2006): Max-Planck-Institut für Meteorologie: Klimaprojektionen für das 21. Jahrhundert, Hamburg

**PIK** (2007): Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke, Ausblicke. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V.

**Pfeffer, W.T.; Harper, J.T.; O’Neal, S.** (2008): Kinematic constraints on glacier contributions on 21st-century sea-level rise. In: Science, Vol 321, S. 1340–1343

**Sterr, H.** (2007): Klimawandel an der Nordsee: Was bedeutet das für die Region NF und die Inseln & Halligen? Vortrag im Rahmen der Insel- und Hallig-Konferenz vom 13.06.2007 in Dagebüll

**Storch, Hans von, Woth, K.** (2008): Storm surges: perspectives and options. Sustainability Science 3, S. 33–44, doi:10.1007/s11625-008-0044-2

**Vermeer, M., Rahmstorf, S.,** (2010): Global sea level linked to global temperature. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 106: S. 21, 527–21, 532, doi:10.1073/pnas.0907765106

**Wahl, T.; Jensen, J.; Frank, T.** (2010): On analyzing sea level rise in the German Bight since 1844, Natural Hazards and Earth System Sciences, 10, S. 171–179

**Woodworth, P. L.; Teferle, F. N.; Bingley, R. M.; Shennan, I.; Williams, S. D. P.** (2009): Trends in UK mean sea level revisited. In: Geophysical Journal International, Jg. 176, Heft 22, S. 19–30

**Herausgeber und Vertrieb:**

Freie und Hansestadt Hamburg  
Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer  
(LSBG)  
Sachsenfeld 3 – 5  
20097 Hamburg

im Auftrag der Behörde für Stadtentwicklung  
und Umwelt (BSU)/Amt für Umweltschutz

**V. i. S. d. P.:**

Helga Lemcke-Knoll

**Verfasser:**

Thomas Buß, Nicole Drücker, Birgit Gerkenmeier,  
Gabriele Gönnert, Christian Hüwing, Jörg-Uwe Krohn,  
Jan-Moritz Müller, Frauke Reichel, Michael Schaper,  
Kristina Sossidi, Arne Spangenberg (alle LSBG),  
Michael Mainusch (BSU)

**Graphiken:**

Yvonne Uchneytz, Jaqueline Zornow

**Redaktion:**

Thomas Buß, Olaf Müller, Frauke Reichel,  
Kristina Sossidi

**Auflage:**

3.000 Stück  
Gedruckt auf 80% Recyclingpapier

**Stand:**

Februar 2012

**Redaktionelle Produktion:**

salaction public relations GmbH, Hamburg

**Titelbild:**

Hochwasser am Hamburger Fischmarkt am 9.11.2007,  
ddp images/dapd

ISSN 1867-7959 (Print)

**Anmerkungen zur Verteilung**

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Senats der Freien und Hansestadt Hamburg herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während des Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Europa-, Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel.

Untersagt ist ebenfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl dem Empfänger diese Schrift zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es jedoch gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung der eigenen Mitglieder zu verwenden.

Bisher erschienene Berichte:

- Nr. 1/2009 Hochwasserschutz in Hamburg, Baumaßnahmen 2009
- Nr. 2/2009 Sturmfluten zur Bemessung von Hochwasserschutzanlagen
- Nr. 3/2009 Hochwasserschutz für die Hamburger Binnengewässer
- Nr. 4/2009 Hochwasserschutz in Hamburg, SchulungsZentrum Deichverteidigung 2009
- Nr. 5/2009 Proceedings of the SAWA-Mid-term, Conference in Gothenburg
- Nr. 6/2011 Hochwasser an Hamburgs Binnengewässern am 6. und 7. Februar 2011
- Nr. 7/2011 Hochwasserschutz in Hamburg, Anleitung Deichverteidigung
- Nr. 8/2011 Planungswerkstatt Lichtsignalanlagen am 17.09.2011 – Dokumentation
- Nr. 9/2012 Proceedings of the Flood Risk Management Conference – North Sea Region. SAWA Final Conference, Hamburg, 17-18 November 2011



