

# Die Ostseesturmflut vom 20./21. Oktober – Ursachen des vergleichsweise hohen Schadensaufkommens sowie Betrachtung im Hinblick auf mögliche Minimierungsstrategien

Guntram Seiß<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bundesanstalt für Wasserbau, [guntram.seiss@baw.de](mailto:guntram.seiss@baw.de)

## Zusammenfassung

Die Ostseesturmflut vom Oktober 2023 war geprägt durch ein hohes Schadensaufkommen. Ein erheblicher Teil der Schäden betraf Einrichtungen mit einer hohen Sachwertdichte, die saisonbedingt dem Ereignis ausgesetzt waren, insbesondere Campingplätze, Marinas und bewirtschaftete Strände. Für den ausreichenden Schutz solcher Einrichtungen ist im Regelfall der Betreiber oder die Kommune zuständig, soweit er diesen nach geltenden Vorschriften gewährleisten muss. Die Wirkungen der Sturmflut werden dargestellt und mögliche Minimierungsstrategien aufgezeigt. Marinas mit ihrer hohen Sachwertdichte bieten über eine Umrüstung ihrer bestehenden, höhenfesten Festmachereinrichtungen zu dem Wasserstand folgenden Festmachermöglichkeiten ein hohes Potential zur zukünftigen Minimierung der Sachschäden. Konkrete, individuelle Evakuierungspläne können helfen, Schäden auf Campingplätzen zu vermeiden und den Verlust touristischer Infrastruktur auf bewirtschafteten Stränden zu minimieren.

## Schlagwörter

Ostseesturmflut; Schadensanalyse; Risikominimierung; individueller Hochwasserschutz

## Summary

*The Baltic Sea storm surge of October 2023 was characterized by an unusually high level of damage. A significant part of the damage affected facilities with a high density of material assets that were exposed to the event for seasonal reasons, in particular campsites, marinas and managed beaches. The operator or municipality is usually responsible for adequate protection of such facilities, insofar as they are required to do so in accordance with applicable regulations. The effects of the storm surge were presented and possible minimization strategies were shown. Marinas in particular, with their high density of material assets, offer great potential for minimizing future property damage by converting their existing, height-fixed mooring facilities to mooring options that follow the water level. Concrete, individual evacuation plans can help to avoid damage to campsites and minimize the loss of tourist infrastructure on managed beaches.*

## Keywords

*Baltic Sea storm surge; damage analysis; risk minimization; individual flood protection*

## 1 Einleitung

Die Ostseesturmflut vom Oktober 2023 war gekennzeichnet durch ein hohes Schadensaufkommen mit vielfältigen Schadensbildern. Laut Oelerich (2024) betrug der bis heute bezifferte, direkte Schaden ca. 200 Mio. Euro, davon ca. 45 Mio. Euro an Küstenschutz-einrichtungen. Darüber hinaus sind unmittelbar und mittelbar weitere Schäden aufgetreten, durch die auch Institutionen im Umweltmanagement und in der Wasserstraßenverwaltung befasst sind. Begleitende Auswirkungen sind beispielsweise der Austritt umweltgefährdender Betriebsstoffe aus Fahrzeugen und die Behinderung der Schifffahrt durch Treibgut und gesunkene Fahrzeuge.

Aufgrund der vergleichsweise hohen Scheitelwasserstände von teilweise über +2 m NHN kann bei oberflächlicher Betrachtung der Schluss gezogen werden, das hohe Schadensaufkommen allein auf die Hochwasserlage und die begleitende Sturmsituation zurückzuführen. Diese Faktoren sind jedoch nur ein Teilaspekt der Betrachtung. Im Folgenden soll die hydrologische Situation mit ihren wesentlichen schadenswirksamen Komponenten analysiert werden und in einen kausalen Bezug zu den aufgetretenen Schäden gesetzt werden.

Die Betroffenheiten im Revier der Kieler Bucht werden dann im Kontext des Risikos zugeordnet. In der vorliegenden Betrachtung wird die Sturmflut mit anderen aus der Historie bekannten Ereignissen qualitativ und quantitativ verglichen.

Das Schadensaufkommen von Extremereignissen ist abhängig von der Eintrittshäufigkeit des Ereignisses, der Schwere des Ereignisses und dem Schadenspotential, welches vom Sachwert selbst und dem vorhandenen Schutzniveau abhängt.

Die Schäden werden anhand der Betroffenheiten kategorisiert, mögliche Ursachen ermittelt und Strategien zur zukünftigen Vermeidung oder Minimierung aufgezeigt. Hierbei wird auf Erkenntnisse aus dem EU-Projekt RISC-KIT zurückgegriffen.

## 2 Rekapitulation des Sturmflutereignisses

Das Ereignis vom Oktober 2023 wird als eine der schwersten Sturmfluten seit Beginn regelmäßiger Pegelaufzeichnungen betrachtet. Die Darstellung des Ereignisses und seine Wirkungen auf die primär betroffenen Sachwerte wird nachfolgend beschrieben, soweit dies zur Nachvollziehbarkeit der Ausführungen erforderlich erscheint.

### 2.1 Beschreibung der hydrologischen Situation

Die klassische Kategorisierung von Ostseesturmfluten wird anhand des höchsten, während des Ereignisses aufgetretenen Wasserstandes vorgenommen. Nach der offiziellen Kategorisierung des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie 2023) erreicht das Ereignis lokal (an den Pegeln Flensburg, Schleswig und Eckernförde) die höchste Kategorie „sehr schwere Sturmflut“. An diesen Pegeln wurden Wasserstände zwischen 2,1 m und 2,3 m über Normalhöhennull (NHN) erreicht (Oelerich 2024). Vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie wurde das Ereignis regional übergreifend jedoch in die Kategorie „schwere Sturmflut“ eingeordnet (Perlet-Markus 2023).

Neben dem Scheitelwasserstand ist die Dauer der Sturmflut ein für die Bewertung des Schadenspotentials wichtiger Parameter. Diese berechnet sich nach der Dauer der Überschreitung eines Wasserstandes von einem Meter über NHN. Für den Pegel Flensburg kann beispielsweise aus der Zeitreihe des Bundespegels eine Sturmflutdauer von 52 Stunden und 11 Minuten abgeleitet werden. Da der Verlauf der Wasserstände in der gesamten Region der Kieler Bucht vergleichbar ist, kann für die gesamte Region von einer Sturmflutdauer von um oder über 50 Stunden ausgegangen werden (Perlet-Markus 2023), was Oeleich (2024) bestätigt.

Auch die Steiggeschwindigkeit und die Fallgeschwindigkeit während des Ereignisses und danach kann hinsichtlich der Resilienz ein relevanter Aspekt für die Praxis sein. In Tabelle 1 sind die aus den Pegeldaten abgeleiteten, mittleren und maximalen Steig- und Fallgeschwindigkeiten für fünf Pegel der westlichen Ostsee aufgeführt. Demnach waren die höchsten Steig- und Fallgeschwindigkeiten an den Pegeln Eckernförde und Flensburg zu beobachten. Die höheren Werte an diesen Pegeln lassen sich durch das zusätzliche Auftreten lokaler Eigenschwingungen von Teilsystemen (z. B. der Flensburger Förde), die eine höhere Frequenz als das Tidesignal und die windbedingten Ostseeseiches besitzen, plausibel erklären. Der Pegel Schleswig ist während des Ereignisses ausgefallen, so dass die Werte, insbesondere der Fallgeschwindigkeit, nicht plausibel ermittelt werden konnten.

Tabelle 1: Steig- und Fallgeschwindigkeiten an 5 Pegeln in der Kieler Bucht und angrenzenden Gewässern während der Sturmflutdauer (Wasserstand über +1 m NHN).

<b>Pegel</b>	<b>mit. Steiggeschwindigkeit (m/h)</b>	<b>max. Steiggeschwindigkeit (m/h)</b>	<b>mit. Fallgeschwindigkeit (m/h)</b>	<b>max. Fallgeschwindigkeit (m/h)</b>
Flensburg	0.09	0.67	0.10	0.52
Schleswig	0.06	0.20	0.02	0.08
Eckernförde	0.15	1.04	0.14	1.09
Kiel-Holtenau	0.06	0.36	0.06	0.29
Heiligenhafen	0.06	0.34	0.06	0.32

Ebenfalls von erheblicher Relevanz für die Bewertung des Ereignisses sind Windstärken, Windrichtung und die daraus resultierende Höhe des Seegangs und der Wellenrichtung. Während des Ereignisses herrschte nach der Wetterstation Schönhagen eine Windrichtung zwischen Ostsüdost und Ostnordost. Dabei wurden an dieser Wetterstation Windgeschwindigkeiten von bis zu 22,7 m/s (gemittelt), entsprechend 9 Bft gemessen. An der im Rahmen des Ausbaus des Nord-Ostsee-Kanals eingerichteten Messstelle M2 in der Kieler Bucht nördlich des Stollergrundes wurde eine signifikante Wellenhöhe von 2 m bis 3 m während des Ereignisses gemessen (WNA Nord-Ostsee-Kanal 2024).

Die Sturmflut zeigt eine sehr lange Periode des Anstiegs von mehreren Tagen bis zum Erreichen des Scheitelwasserstandes. Bereits am 19.10.2023 wurde ein Wasserstand von 1 m über NHN überschritten. Zum Vergleich der zeitlichen Verläufe werden in Abbildung 1 zwei weitere historische Sturmhochwasser gemeinsam mit dem aktuellen Ereignis exemplarisch für den Pegel Kiel-Holtenau dargestellt:

- Das Sommerhochwasser vom 28./29.08.1989 (Neemann 1994), welches hinsichtlich des resultierenden Schadensaufkommens sehr gut dokumentiert wurde (WSA Lübeck 1990).

- Das Hochwasser vom 04.11.1995 (Krasemann 2009), welches in Holtenau eine vergleichbare Scheitelhöhe erreichte wie das aktuelle Ereignis.

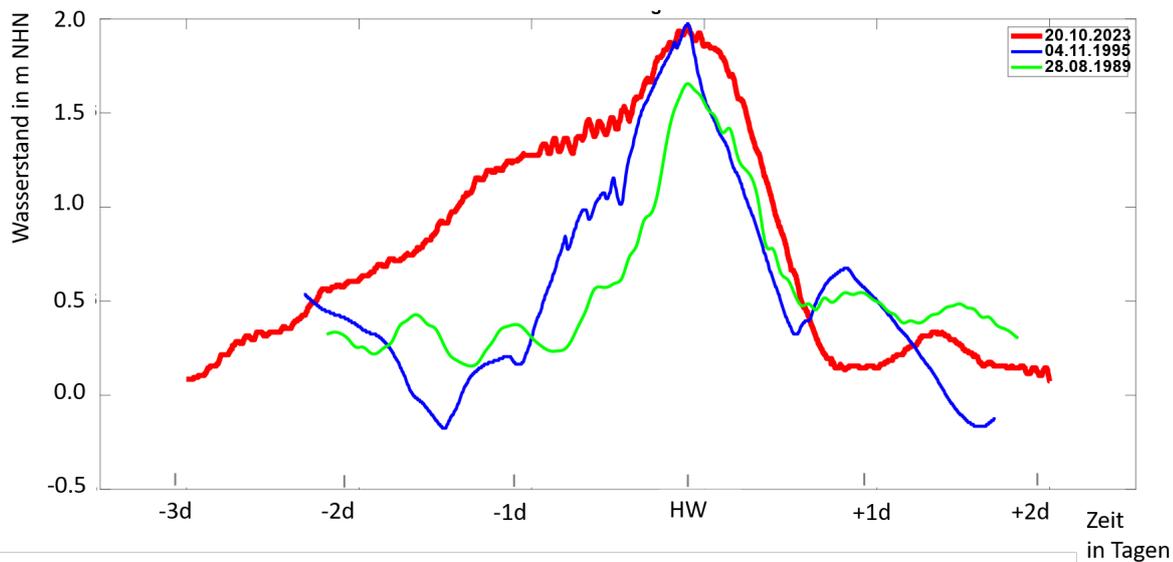


Abbildung 1: Der Verlauf der Sturmflut vom 20./21.10.2023 im Vergleich zu den Sturmflutverläufen vom 04.11.1995 und vom 28.08.1989 am Pegel Kiel Holtenau. Die HW-Scheitel der drei Ereignisse wurden zeitlich übereinander projiziert.

Um einen Eindruck von den unterschiedlichen Charakteristiken der Verläufe zu bekommen, wurden die Kurven auf den Zeitraum des Oktoberhochwassers übertragen und zwar so, dass die Hochwasserscheitel der Ereignisse zeitlich zusammenfallen. Den beiden historischen Ereignissen ist gemeinsam, dass der Anstieg deutlich steiler verläuft und somit die Sturmflutdauer kürzer ist. Während das Ereignis 1989 in der touristischen Hauptsaison lag, fällt das Hochwasser 1995 auf den Beginn der Wintersaison.

Allen drei Ereignissen ist gemeinsam, dass vergleichbare Schadensbilder auftraten, wenn auch in unterschiedlicher Intensität.

## 2.2 Beschreibung der aufgetretenen Schadensbilder

Zunächst muss bei den aufgetretenen Schadensbildern eine Differenzierung in Bezug auf die örtlichen Gegebenheiten vorgenommen werden. Demnach sind zu unterscheiden:

- Schäden in Gebieten, die innerhalb der von Hochwasserschutzanlagen geschützten Flächen aufgrund von Versagen des Bauwerks aufgetreten sind, sowie Schäden an Küstenschutzbauwerken.
- Schäden, die im Gebiet außerhalb der Hochwasserschutzlinie aufgetreten sind. Gemeint ist hier das Gebiet, welches die Bemessungshöhen des Landeshochwasserschutzes nicht erfüllt und der geschlossenen Deich-/Dünenschutzlinie mit Bemessungshöhe vorgelagert ist.

In der weiteren Betrachtung sollen erstere nicht weiter diskutiert werden, da hier die Ursache der Schäden trivialerweise auf eine konstruktionsbedingt verminderte Resilienz eines Küstenschutzbauwerkes zurückzuführen ist. Auch sollen natürliche Veränderungen der

Küstenlinie wie Sandverlagerung an Stränden oder Erosion von Steilküsten nicht als Schäden im engeren Sinn betrachtet werden, sondern nur Folgen dieser Veränderungen auf menschengemachte Sachwerte.

In die zweite Kategorie fallen daher unter anderem die folgenden Schäden:

- Folgeschäden an erodierten Ufern, z. B. Uferpromenaden, Uferwegen
- Sandverluste an künstlich angelegten oder verbreiterten Strandabschnitten
- Schäden an touristischer Infrastruktur (Servicegebäude, DLRG-Stationen, Seebrücken, weitere Strandinfrastruktur)
- Schäden an mariner Infrastruktur (Marinas, sonstige Hafenanlagen, Anlegebrücken)
- Schäden an Wassersportfahrzeugen in mariner Infrastruktur
- Schäden auf den vor den Hochwasserschutzeinrichtungen in Überflutungsgebieten gelegenen Campingplätzen

Die Schadensbilder der zweiten Kategorie sind, abgesehen von den Folgeschäden von Ufererosionen, in der Historie der jüngeren Sturmfluten nur bei einem Ereignis in vergleichbarem Ausmaß aufgetreten: dem Sommerorkan vom 28./29. August 1989 (WSA Lübeck 1990). So wurden allein in der Marina Wendtorf damals 99 gesunkene Fahrzeuge gemeldet, was in etwa der Größenordnung der im Oktober 2023 gesunkenen Fahrzeuge der Häfen Damp und Schilksee zusammen entspricht (WSA Lübeck 1990). Die Schäden an den Steganlagen selbst waren in Wendtorf 1989 und Schilksee 2023 qualitativ vergleichbar.

Auch das Schadensmuster auf den tiefgelegenen Campingplätzen bei Waabs und Damp trat im August 1989 auf einigen Plätzen qualitativ in ähnlicher Form auf wie im Oktober 2023.

Verluste von Strandinfrastruktur wie Strandkörben sind ebenfalls vergleichbar, allerdings war die Größenordnung für das Ereignis 1989 deutlich besser dokumentiert.

### **2.2.1 Folgeschäden an erodierten Ufern**

Der Erosionsprozess an Steilufern ist ein natürlicher Vorgang. Da jedoch aufgrund touristischer Nutzung vielfach Uferwege entlang der Steilküsten angelegt wurden, sind hier lokale Folgeschäden entstanden, die mittelfristig jedoch auch bei einem späteren Ereignis eintreten mussten.

Auch an Uferpromenaden innerhalb von Ortschaften waren Schäden zu verzeichnen. Oft handelt es sich dabei um aufwändig gestaltete, gepflasterte Wege. Im Allgemeinen ist nicht davon auszugehen, dass die Einwirkung erosiver Kräfte durch Seegang bei der Anlage dieser Wege ausreichend berücksichtigt wurde. Daher können sich beispielsweise Pflastersteine aus dem Verbund lösen und weiterer Erosion den Weg bereiten.

Der materielle Schaden ist im Regelfall überschaubar, sieht man von den entstehenden Arbeitskosten für die Wiederherstellung ab. Ein Teil des abgetragenen Pflastermaterials kann zur Wiederherstellung der Funktionalität zunächst direkt wiederverwendet werden. Anders verhält es sich bei geteerten Wegen, da hier der abgetragene Belag recycelt werden muss.

### 2.2.2 Schäden an touristischer Infrastruktur

Hier handelt es sich im Regelfall um Schäden an Infrastruktur, die in exponierten Küstenbereichen errichtet wurden und daher zwangsläufig einer schweren Sturmflut ausgesetzt sind. Schäden entstehen hier überwiegend dann, wenn das Objekt nicht für die aufgetretene Einwirkung des Seegangs (Einwirkdauer und -intensität) ausgelegt wurde. Generell ist bei solchen Objekten ein Schaden nicht zu vermeiden, soweit sie immobil ausgelegt sind, d. h. ein rechtzeitiges Entfernen des Objektes nicht möglich ist.

Ein größerer Schaden in Höhe von ca. 1,8 Mio. Euro war beispielsweise an den neugestalteten Molen des Ferienzentrums Olpenitz zu verzeichnen (Karbe 2024).

Bei mobiler Infrastruktur (z. B. einem mobilen Verkaufsstand oder Strandkorb) war es durchaus möglich, den Schaden zu vermeiden, wenn eine rechtzeitige Evakuierung erfolgt ist. Dennoch wurden auch bei mobiler Infrastruktur Schäden verzeichnet.

### 2.2.3 Schäden an mariner Infrastruktur

Für Hafenanlagen gelten ähnliche Bedingungen wie für touristische Infrastruktur. Im Regelfall sind diese jedoch so ausgelegt, dass sie eine klassische Wintersturmflut überstehen können, sofern sie winterfest gemacht werden. Da Wintersturmfluten mit Höhen zwischen 1,5 und 1,8 m in den letzten 10 Jahren zweimal aufgetreten sind, ohne dass erhebliche Schäden an Hafenanlagen und Marinas zu verzeichnen waren, kann generell davon ausgegangen werden, dass die Anlagen selbst ausreichend stabil ausgelegt sind, um auch höheren Wasserständen und Wellenunruhe standzuhalten, solange die Liegeplätze nicht belegt sind, oder dass die potentiell auftretenden, geringen Schäden wirtschaftlich in Kauf genommen werden können.

Tatsächlich können die massiven Schäden an Steganlagen, die in einigen Marinas auftraten (beispielhaft sind hier die Häfen Damp und Schilksee genannt) im Zusammenhang mit der Tatsache gesehen werden, dass die Häfen noch relativ stark genutzt waren, da die Sommersaison hier erst Ende Oktober endet. So teilte der Hafen Sonderburg beispielsweise eine Belegung von ca. 25 % mit (Brock 2024). Schäden an Steganlagen waren u. a. Folge davon, dass Wasserfahrzeuge sich losrissen und auf die Anlagen konstruktiv nicht eingeplante Belastungen ausübten (Kollision, Stranden). Die Schadenssumme belief sich in dem letztgenannten Hafen auf geschätzt 3 Mio. Kronen oder 0,4 Mio. Euro, im Yachthafen Damp sogar auf 4,4 Mio. Euro (Brock 2024). Ein Großteil dieser Schäden wäre vermutlich vermeidbar, sofern das Losreißen von Fahrzeugen und die damit auftretenden Folgen effektiv unterbunden werden könnten. So hatten Marinas mit Schwimmstegen generell eine deutlich günstigere Schadensbilanz (Bolle und Müller 2023). Eine Schilderung der sehr geringen Schäden der Marina Wendtorf durch den Betriebsleiter bestätigt diese Auffassung (Krüger 2024). Dort kann nur das Losreißen einer Belegklampe mit der Hochwasserlage oder der Wellenunruhe erklärt werden. Auch in der Marina Olpenitz, die trotz der Exposition nach Osten durch die hohen Schutzmolen des ehemaligen Marinehafens gegen Wellenunruhe ausreichend geschützt erscheint und ebenfalls Schwimmstege besitzt, wurden keine Schäden verzeichnet (Öchsle 2024, Karbe 2024).

## 2.2.4 Schäden an Wasserfahrzeugen

In der Größenordnung übersteigen die Schäden in den betroffenen Ostsee-Marinas untergebrachten Wasserfahrzeugen alle übrigen, außerhalb der Küstenschutzlinie aufgetretenen Schadensaufkommen der Sturmflut. Allein in den beiden Häfen Schilksee und Damp wurden bereits kurz nach dem Ereignis ca. 60 Boote als Totalschäden registriert (NDR 2023). Der Yachthafen Sonderburg meldete 10 gesunkene und etwa 30 schwer beschädigte Boote (Brock 2024). Es ist daher davon auszugehen, dass die Gesamtzahl der Total- und Teilschäden in den Häfen der Kieler Bucht sich auf deutlich über 100 Fahrzeuge beläuft. Allein der Versicherer Pantaenius kalkuliert um die 100 Totalschäden durch die Sturmflut ein (NDR 2023). Verglichen mit August 1989 liegt diese Zahl niedriger, was auf die geringere Belegung der Häfen und seitdem erfolgten Maßnahmen in einzelnen Häfen zurückgeführt wird.

Die Entstehung der Schäden beruht darauf, dass sich die Fahrzeuge durch Überlastung von Leinen oder Festmachebeschlügen auf Drift gingen und dann durch Kollision mit Stegen oder anderen Fahrzeugen schwer beschädigt wurden.

Die Überlastung der Festmacheeinrichtungen hat im Wesentlichen drei Ursachen:

1. Werden die Leinen bei steigendem Wasserstand nicht regelmäßig angepasst, kann die auf das Fahrzeug wirkende Auftriebskraft die Bruchlast der Leinen oder der Festmachebeschlüge überschreiten. Ist das Fahrzeug nicht mehr ausreichend vertäut, kann es mit seinen Nachbarn kollidieren und die Schäden führen im Extremfall zu Leckagen.
2. Auch bei häufigen, ruckartigen Belastungen durch ungewöhnlich starke Wellenunruhe können Leinen oder Festmacheeinrichtungen brechen.
3. Bei schon relativ gering erhöhtem Wasserstand wird der Zugwinkel der stegseitigen Leinen so ungünstig, dass die Stegbeschlüge falsch belastet werden und brechen oder die Leinen slippen. Wo sogenannte „Leinenfänger“ an den Pfählen fehlen, können die Leinen zudem bei zu geringer Pfahlhöhe slippen.

Neben den unmittelbaren Schäden an Fahrzeugen ergeben sich mögliche Folgeschäden:

- Aus gesunkenen Fahrzeugen können Betriebsstoffe in das Wasser austreten.
- Das Bergen eines gesunkenen Fahrzeugs kann mit erheblichen Kosten verbunden sein.
- Manche Schäden werden über Versicherungen abgewickelt, was weitere Kosten in Form von Gutachten und Schadensabwicklung verursacht.

Auch die aufgetretenen Schäden an Wasserfahrzeugen sind saisonbedingt. Während der Wintersaison ist die Anzahl der im Wasser liegenden Fahrzeuge überschaubar gering.

Eine Sicherung der Boote während des Sturmhochwassers war kaum möglich ohne hohe Risiken einzugehen, da die Stege unter Wasser lagen und somit nicht mehr sicher begehbar waren.

Aufgrund der hohen Dichte von hochwertigen, mobilen Objekten stellten offensichtlich Marinas, die während des Ereignisses noch belegt waren, ein hohes Schadenspotential dar.

### 2.2.5 Schäden auf Campingplätzen

Einige küstennahe, exponierte Campingplätze waren durch Überflutung betroffen, unter anderem Waabs, Damp und Langballigau. Dabei entstanden an Vorzelten sowie Wohnwägen und deren Einrichtungen meist Totalschäden. Es fielen große Abfallmengen an, die von der kommunalen Müllentsorgung zusätzlich zum Regelbetrieb entsorgt werden mussten. Diese Folgekosten wurden vom Individuum auf die kommunale Gemeinschaft übertragen. Zusätzlich entstanden möglicherweise Versicherungsansprüche, die weitere Kosten für die Versichertengemeinschaft verursachen.

Bei den Betroffenen handelte es sich zu einem erheblichen Teil um mobile Sachwerte, die bei einer ausreichenden Vorlaufzeit aus der Gefahrenzone entfernt werden können.

## 3 Rahmenbedingungen für die Entwicklung von Minimierungsstrategien

Die Entwicklung von Strategien im Umgang mit Sturmfluten wird von der potentiellen Lebensdauer der Objekte, deren Wiederbeschaffungswert und der Wahrscheinlichkeit bestimmt, mit der die Objekte einer Sturmflut ausgesetzt werden. Bei den Betroffenen der Sturmflut 2023 handelt es sich überwiegend um Objekte, deren Nutzung mittel- bis langfristig angelegt ist. Die geplante Nutzungsdauer reicht hier von mindestens einem Jahrzehnt bei Wohnwagen bis hin zu mehreren Jahrzehnten bei Booten, touristischer Infrastruktur und Marinas. Dies lässt sich daraus ableiten, dass Landfahrzeuge, die der Entsorgung zugeführt werden (mit Ausnahme von Unfallfahrzeugen) üblicherweise älter als zehn Jahre sind. Für Wohnmobile werden sogar bis zu 30 Jahre Lebensdauer angegeben (Garic 2015). Die überwiegende Zahl der Wasserfahrzeuge erreicht dagegen aufgrund der Verwendung von verrottungsfesten, salzwasserbeständigen Materialien für Rumpf und wesentliche Bauteile leicht ein Alter von 30 bis 50 Jahren. Bei Häusern deutet schon die gesetzlich festgelegte steuerliche Abschreibungsrate von 50 Jahren auf eine Haltbarkeit in dieser Größenordnung oder mehr hin.

Bei der Entwicklung einer Strategie zur Minimierung wirtschaftlicher Schäden spielen daher die Betrachtung von Eintrittswahrscheinlichkeit des Ereignisses und die Mobilität der Objekte oft eine wesentliche Rolle.

### 3.1 Bedeutung der Eintrittswahrscheinlichkeit für Minimierungsstrategien

Für die Entwicklung von zukünftigen Minimierungsstrategien ist es erforderlich, das mögliche Schadensrisiko vergleichbarer Sturmfluten abzuschätzen und in Relation zum Aufwand zu setzen, der zu erbringen wäre, um den Schaden zu vermeiden.

Oft wird Extremereignissen eine Eintrittshäufigkeit in der Form „einmal in X Jahren“ zugeordnet. Ein mit der Oktobersturmflut vergleichbares Ereignis stellt die Silvestersturmflut von 1904 dar. Es ist daher naheliegend, die Eintrittshäufigkeit auf „geringer als einmal in 100 Jahren“ festzusetzen.

Daraus lässt sich die Eintrittswahrscheinlichkeit für eine bestimmte Betroffenheit ableiten, indem die Existenz der Betroffenheit mitberücksichtigt wird. Dies lässt sich am besten durch folgende Beispiele erläutern:

1. Angenommen, die Lebensdauer einer Steganlage ist 20 Jahre. Die Eintrittshäufigkeit der Sturmflut wird vereinfacht mit 1:100 angenommen. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Sturmflut also in den nächsten 100 Jahren wieder auftritt, ist 100 %! Die Wahrscheinlichkeit, dass die Steganlage (die 20 Jahre halten soll) betroffen ist, ist demnach 20 %, unter der Annahme, dass der Eintritt des Ereignisses gleichverteilt ist.
2. Eine Hafenumma wurde auf eine Lebensdauer von 100 Jahren ausgelegt. In diesem Fall ist die Rechnung einfach: die Wahrscheinlichkeit, dass die Anlage von einem „100-jährigen“ Ereignis betroffen sein wird, ist 100 %, nur der Zeitpunkt steht nicht fest.
3. Die Rechnung unter 1. sieht jedoch für einen Hafenumma-Betreiber anders aus, wenn auf die für 20 Jahre ausgelegte Anlage regelmäßig ein Ersatz erfolgen soll oder die Anlage über die Lebensdauer der Erstinvestition auf einem nutzbaren Erhaltungszustand gehalten wird. Dann ist die Wahrscheinlichkeit nicht auf die Lebensdauer der Anlage, sondern auf die geplante Betriebsdauer des Hafens zu beziehen. Die Periode, die für den Hafenumma-Betreiber relevant sein könnte, wäre dann z. B. 40 oder gar 60 Jahre, wodurch die Eintrittswahrscheinlichkeit des „hundertjährigen Ereignisses“ innerhalb dieses Zeitraums auf 40 % oder 60 % steigt.

Wenn also mit Eintrittswahrscheinlichkeiten bei der Risikovorsorge argumentiert wird, wird diese nicht allein von der Häufigkeit des Ereignisses selbst, sondern auch der Zeitdauer bestimmt, in der ein gegebenenfalls betroffenes Objekt dem Überflutungsraum vor der Hochwasserschutzanlage ausgesetzt ist. Bei Einrichtungen, deren Betrieb auf unbestimmte Zeit (also im Idealfall dauerhaft, vorgesehen ist, ist die Wahrscheinlichkeit, dass während der Lebensdauer eine Sturmflut auftritt, 100 %. Bei temporären Bauwerken, z. B. einer Baustelleneinrichtung, kann wie oben gezeigt, eine niedrigere Wahrscheinlichkeit angenommen werden.

Marinas, Campingplätze und andere touristische Einrichtungen können nur unter bestimmten, eingeschränkten Nutzungsbedingungen dauerhaft exponiert werden, da sie als Dauereinrichtungen auf unbestimmte Zeit vorgesehen sind. Die wichtigsten Einschränkungen werden hierbei durch die meteorologischen und hydrologischen Randbedingungen gesetzt.

Hier spielt die saisonale Komponente an der Ostseeküste eine wesentliche Rolle: die touristische Nutzung der Küste. Die typische Tourismusperiode beginnt Anfang April bzw. mit den Osterferien und endet Ende Oktober. Daraus ergibt sich ein zeitabhängiger Risikomultiplikator, der als Schätzwert zu verstehen ist.

Dieser setzt sich wiederum aus zwei Faktoren zusammen:

1. Einem Schätzwert, der den Anteil der in den Überflutungsbereich gebrachten, gefährdeten Sachwerte beschreibt. Dieser ist im Winter sehr klein (faktisch 0). Im Sommer ist er 100 % und in den Übergangsmonaten kann er als monoton steigend/fallend angenommen werden. Der Wert in der Tabelle stellt einen Schätzwert dar, der zumindest von den für die Recherche zur Schadensbilanz angeschriebenen Marinas in etwa bestätigt wurde und auch der persönlichen Erfahrung nach plausibel ist.

2. Einer Funktion, die die Wahrscheinlichkeit einer schweren Sturmflut im jahreszeitlichen Verlauf beschreibt. Eine solche Funktion wurde hier aus den Sturmflutereignissen rekonstruiert, die sicher bekannt sind. Hierzu wurden sämtliche seit Beginn moderner Pegelaufzeichnungen bekannten Hochwasserereignisse in der Kieler Bucht mit einem Scheitelwasserstand über 1,5 m NHN monatsweise eingeordnet und der prozentuale Anteil an der Gesamtzahl dieser Ereignisse ermittelt.

Durch die tabellarische Darstellung in Tabelle 2 wird verdeutlicht, dass ein Risiko hoher Schäden durch Ostseesturmfluten in den Übergangsmonaten zur Saison im Frühjahr und Herbst vorhanden ist.

Tabelle 2: Monatliche Differenzierung der Schadenswahrscheinlichkeit, abgeleitet aus dem Anteil der mobilen, gefährdeten Objekte und der jahreszeitlichen Verteilung der Sturmflutereignisse.

Monat	Anteil gefährdeter mobiler Objekte (%)	Anteil Ereignisse >1,5 m ü. NHN (%)	Kombinierte „Schadenswahrscheinlichkeit“
Januar	~0	35	0
Februar	~0	10	0
März	~25	8,33	2,08
April	~50	1,67	0,83
Mai	~100	0	0
Juni	~100	0	0
Juli	~100	0	0
August	~100	1,67	1,67
September	~75	0	0
Oktober	~25	1,67	0,42
November	~5	21,67	1,08
Dezember	~0	20	0

Die letzte Spalte der Tabelle stellt die Wahrscheinlichkeit dar, dass in dem jeweiligen Monat gefährdete, mobile Objekte durch eine Sturmflut beschädigt werden können.

Auch wenn die Statistik der Ereignisse nur einen relativ geringen Zeitraum umfasst, lässt sich ableiten, dass die Schadenswahrscheinlichkeit in den Wintermonaten nur deswegen gering ist, weil saisonbedingt die gefährdeten, mobilen Objekte (Boote, Campingfahrzeuge, Strandinfrastruktur) aus dem Gefahrenbereich außerhalb der Hochwasserschutzlinie entfernt, d. h. evakuiert, werden. Das relativ hohe Schadensrisiko im November erklärt sich durch die hohe Anzahl der Sturmflutereignisse, das Schadensrisiko im August (oder September) dagegen durch die volle Belegung der touristischen Bereiche.

### 3.2 Bedeutung der Mobilität für Minimierungsstrategien

Für die Entwicklung von Minimierungsstrategien bezogen auf den Verlust von Sachwerten stellt die Mobilität derselben einen wichtigen Faktor dar. Die Oktobersturmflut war ein Ereignis, das in seiner Entwicklung sehr gut vorhergesagt wurde, auch wenn die vorhergesagten Scheitelwasserstände zum Teil geringfügig übertroffen wurden. Die Vorlaufzeit von mehreren Tagen ist angesichts der Mobilität mancher der betroffenen Werte (Wohnmobile,

Wohnanhänger, Zelte, Kleinboote) aus praktischer Sicht für eine Evakuierung/oder Sicherung ausreichend gewesen.

Die betroffenen Sachwerte können bei der Entwicklung von Vermeidungs- und Minimierungsstrategien in drei Kategorien unterteilt werden:

1. Sachwerte mit immobilem Charakter, dazu zählen z. B. feste Gebäude, Hafenanlagen, Verkehrswege, Küstenschutzbauwerke.
2. Sachwerte mit mobilem Charakter, deren Evakuierungskosten, gemessen am Sachwert, hoch sind oder/und deren Evakuierung nicht zeitnah realisierbar ist.
3. Sachwerte mit mobilem Charakter, deren Entfernungskosten, gemessen am Sachwert, gering sind oder deren Evakuierung zeitnah zu realisieren ist.

Für die erste Kategorie ist eine Sicherung nur dadurch möglich, dass das Objekt den Kräften, denen es während der Sturmflut ausgesetzt wird, widerstehen kann. Bei den Herstellungskosten ist dies schon in der Planung zu berücksichtigen, wenn das Objekt eine lange Lebens-/Betriebsdauer besitzen muss. Ist das Objekt anhand der Bemessung oder aufgrund von Alterung der Belastung nicht gewachsen, sind weitere Maßnahmen vor Ort zu ergreifen, wie z. B. der Schutz eines Deiches mit Sandsäcken.

Bei mobilen Sachwerten ist die Strategie des Ausweichens (rechtzeitige Evakuierung) die vorzugsweise zu wählende Strategie. Ist jedoch der Wert des zu evakuierenden Objektes einschließlich möglicher Folgekosten eines Verlustes deutlich geringer als der Kostenaufwand für eine Sicherung desselben, kann die Inkaufnahme des Verlustes oder der Beschädigung die favorisierte Variante sein. Werte, die zwar wertvoll sind, deren Evakuierung jedoch praktisch schwer realisierbar ist, sind dagegen wie immobile Objekte zu behandeln, d. h. eine Sicherung ist durch geeignete Bemessung und konzeptionelles Design der Infrastruktur zu bewerkstelligen.

## **4 Praktische Minimierungsstrategien**

Da wie in Kapitel 2.2 beschrieben, neben den direkten, individuell zuzuordnenden Schäden weitere, schwer kalkulierbare Folgekosten, auftreten können, die in der Regel auf die Gemeinschaft zurückfallen, ist die Minimierung derartiger Schäden sinnvoll, soweit geeignete Maßnahmen bekannt sind und der Aufwand verhältnismäßig ist.

Während des EU-Projektes RISC-KIT (van Dongeren et al. 2018) wurden verschiedene Methoden der Risikominimierung für Extremereignisse in Küstenregionen erarbeitet. Diese sind derzeit noch verfügbar auf <https://www.coastal-management.eu/> auch wenn die Aufbewahrungsfrist von 5 Jahren bereits abgelaufen ist. Nachfolgend werden die wesentlichen Empfehlungen aufgeführt, die für die Region der Kieler Bucht zur Anwendung kommen können.

### **4.1 Schadensvorsorge auf Campingplätzen**

Campingplätze, die im Einflussbereich schwerer Sturmfluten liegen, sind zusammenhängende Einheiten mit aufgrund hoher Sachwertdichte hohem Schadenspotential, aber auch hoher Mobilität.

Daher können die nachfolgend genannten Maßnahmen maßgeblich zur Schadenminimierung beitragen:

1. Jeder Campingplatz im Hochwassergebiet sollte einen funktionierenden Notfallplan haben, der vorsieht, bei welchen Situationen vorsorglich eine Evakuierung von Sachwerten zu erfolgen hat und wie diese abzulaufen hat. Dieser Notfallplan ist an die Besucher zu kommunizieren und sollte von der zuständigen Genehmigungsbehörde vorgeschrieben werden.
2. Gegebenenfalls sind regelmäßige, praktische Übungen abzuhalten, um sicherzustellen, dass die Evakuierung in der Praxis geordnet ablaufen kann.
3. Auf immobile Einrichtungen sollte vor der Hochwasserschutzlinie weitestgehend verzichtet werden. Sanitäre Einrichtungen und andere Gemeinschaftsräumlichkeiten können ebenso gut mobil bereitgestellt werden.
4. Auf das Errichten von festen Vorzelten, die sich nicht in angemessener Zeit (d. h. wenigen Stunden) abbauen lassen, sollte auf Standorten mit Höhenlagen unter 3 m NHN verzichtet werden.
5. Alle Standplatzinhaber sind über das Verhalten im Sturmflutfall in Kenntnis zu setzen.

## 4.2 Schadensvorsorge in Marinas

Marinas sind während der Saison ebenfalls Bereiche mit einer hohen Sachwertdichte. Anders als bei Campingplätzen ist eine zeitnahe Entfernung der hohen Sachwerte jedoch aus praktischen Gründen nur eingeschränkt möglich. Da das Wetter meist schon vor der Sturmflut für das Verlassen des Hafens Risiken birgt und geeignete Alternativhäfen nur in unzureichendem Maße vorhanden sind, können die Boote im Regelfall das Ereignis nur vor Ort abwettern. Daher bietet sich hier an, vor Ort geeignete Einrichtungen zu schaffen:

1. Ein bedeutender Faktor für die Schadensminimierung ist, dass die Boote dem Wasserstand folgen können. Dies kann im Idealfall durch Schwimmstege erreicht werden, die konstruktiv für den vollen Bereich der Variabilität des Wasserstandes ausgelegt sind, Voraussetzung ist eine ausreichende Länge der Haltepfähle oder Ankerketten gemäß dem lokalen Bemessungswasserstand. Dieser beträgt an der Ostsee von ca.  $-2,5$  m bis  $+2,8$  m, lokal auch bis 4 m bezogen auf NHN, wenn eine Sicherheit von einigen Dezimetern eingeplant wird. Von Bolle und Müller (2023) wird bestätigt, dass Schwimmstege ein deutliches Plus an Sicherheit bieten.
2. Da jedoch eine Umrüstung bestehender Anlagen recht teuer werden kann, bieten sich auch Nachrüstungen an, die es erlauben, das Schiff an einem festen Steg so zu vertäuen, dass ein begrenztes Ausgleichen des erhöhten Wasserstandes möglich ist. Dies sind:
  - a. Mit Gewichten beschwerte Festmacher, die über Rollen am Steg die Länge der Vorleinen variabel halten. Öfter sieht man diese Konstruktionen an Heckdalben für Kleinstboote, bei denen schon Änderungen des Wasserstandes von weniger als einem Meter kritisch sein können. Da die Verbindungsleinen zum Steg jedoch die kürzesten Leinen sind, sind dort die flexiblen Festmachereinrichtungen besser platziert.
  - b. Am Steg auf- und abgleitende, schwimmende Festmachereinrichtungen (Bojen), wie sie auch in RISC-KIT als Konzept vorgeschlagen werden (<https://www.coastal-management.eu/measure/example-concept-flood-proof-mooring-marina-ger.html>).

- c. Sogenannte „Leinenfänger“ an den Heckpfählen. Diese bestehen aus gebogenem, ca. 1 cm dickem Edelstahldraht, in dem sich die Heckleinen verfangen, bevor sie über den Pfahl rutschen.
3. Neben dem erhöhten Wasserstand trug auch eine starke Wellenunruhe in exponierten Häfen zu den dortigen Schäden bei. Ruckartige Belastungen der Festmacher können die Leinen und Beschläge überlasten und so Fahrzeuge zu unkontrolliert treibendem Gefährdungspotential für ihre Nachbarn werden lassen. Ausreichenden Schutz bieten hier entsprechend hoch ausgelegte Hafenschutzbauwerke oder vorgelagerte Flachwasserbereiche, die den Seegang vor Erreichen der Mole brechen. Diese können als lokale Vorspülung ausgeführt sein.
4. Vertäuung der Boote mit über Kreuz gelegten, langen, sogenannten Springleinen kann an festen Stegen akut während großer Schwankungen des Wasserstandes helfen, diese wenigstens teilweise auszugleichen.
5. Ähnlich wie auf Campingplätzen kann zudem ein geeigneter, individueller Notfall- und Evakuierungsplan unterstützen, um rechtzeitig vor einer Sturmflut die Eigentümer der Boote zu informieren und geeignete Zusatzmaßnahmen wie eine zusätzliche sturmsichere Vertäuung der Boote zu gewährleisten.
6. Alle Liegeplatzinhaber sind über das Verhalten im Sturmflutfall in Kenntnis zu setzen.

### 4.3 Risikovorsorge an Stränden

Auch wenn die Kosten von Sachwerten auf Stränden im Einzelfall eher gering sind, können sich die Schäden leicht zu größeren Summen addieren. Beispielhaft sei eine Strandkorbvermietung genannt. Auch wenn jeder einzelne Strandkorb für sich einen verhältnismäßig geringen Wiederbeschaffungswert darstellt, können auf einen einzelnen Strandabschnitt leicht über 1000 Objekte platziert sein. Da eine Überflutung von Stränden schon bei niedrigeren Sturmfluten wahrscheinlich ist, ist eine umfangreiche Risikoanalyse durch den Betreiber sinnvoll. Im Rahmen von RISC-KIT hat sich Gerull (2015) mit den Risikofaktoren befasst und eine Möglichkeit zur Risikoreduzierung ohne Evakuierung der Objekte über die Art der Belegung des Strandes diskutiert.

Aus dieser Arbeit lässt sich ableiten, dass das Risiko verringert wird, wenn die Belegungsdichte umso höher sein darf, je höher der Strandbereich liegt. Dies hat auch bei einer notwendigen Evakuierung den Vorteil, dass aufgrund kürzerer Evakuierungswege im Ernstfall mehr Objekte in der zur Verfügung stehenden Zeit entfernt werden können.

## 5 Fazit

Die Ostseesturmflut vom 20./21. Oktober 2023 war ein seltenes Ereignis, dessen Schadensbild zeigt, dass der klassische Sturmflutschutz, der bis auf wenige Ausnahmen durch das Land Schleswig-Holstein erfolgt, für das Hinterland überwiegend gut funktioniert hat. Die wenigen, aber beträchtlichen Schäden hinter Deichen betrafen Gebiete, in denen der Küstenschutz bisher durch die Kommunen zu leisten war und die auf konstruktives Versagen von Bauwerken oder zu niedrige Bemessung zurückgeführt werden können. Beispielhaft sei hier der Schaden in der Gemeinde Arnis genannt. In der Betrachtung der Zahl der individuellen Schadensereignisse wurde die Schadensbilanz von Objekten dominiert, für

die ein individueller, privater Schutz seitens der Betreiber der betroffenen Anlagen und der Eigentümer vorzunehmen ist. Vor allem exponierte Sportboothäfen, aber auch niedriggelegene Campingplätze in Ufernähe und die touristisch genutzten Strände sowie kommunale Uferpromenaden waren hier betroffen.

Vergleichbare Schäden waren bereits bei früheren Ereignissen, insbesondere im August 1989, aufgetreten. Daher haben einzelne Einrichtungen, wie die Marina Wendtorf bereits aus diesem Ereignis Konsequenzen für eine Neuausrichtung der Infrastruktur gezogen.

Eine einfache Risikobetrachtung zeigt, dass ein Schadensrisiko für diese Art Schäden vor allem in den Übergangsmonaten März/April und Oktober/November besteht.

Auf Campingplätzen kann durch einen individuellen Evakuierungsplan der überwiegende Teil der aufgetretenen Schäden verhindert werden. Eine Umsetzung ist jederzeit möglich und erfordert wenig Investitionen.

In Marinas können Schäden unter Einsatz von dem Wasserstand folgende Festmacheinrichtungen (Schwimmstege, geführte Festmachebojen) minimiert werden. Auch hier kann ein Evakuierungsplan unterstützend eingesetzt werden. Den Seegang dämpfende Maßnahmen wie Vorspülungen können an exponierten Stellen mit verfügbaren Sedimenten aus Baggerarbeiten realisiert werden.

In bewirtschafteten Strandbereichen kann das Verlustrisiko durch individuelle Belegungspläne und unterstützende Evakuierungsmaßnahmen minimiert werden.

## 6 Literaturverzeichnis

Bolle, L.; Müller, K. (2023): Schäden an der Infrastruktur – ist die Saison 2024 in Gefahr? Hg. v. Delius Klasing. Online verfügbar unter <https://www.boote-magazin.de/reise-und-charter/marina/ostsee-sturmflut-riesige-schaden-an-der-infrastruktur/>, zuletzt geprüft am 21.06.2024.

Brock, K. (2024): Sturmhochwasser 20./21.10.2023 – Schadensbilanz Yachthafen Sonderburg, 26.05.2024. E-Mail an G. Seiß. PDF.

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (2023): Sturmfluten. Berichte zu Sturmfluten und extremen Wasserständen. Online verfügbar unter [https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Wasserstand\\_und\\_Gezeiten/Sturmfluten/sturmfluten\\_node.html](https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Wasserstand_und_Gezeiten/Sturmfluten/sturmfluten_node.html), zuletzt geprüft am 25.04.2024.

Garic, J. (2015): Camping als Lebensgefühl. In: Handelsblatt, 29.08.2015. Online verfügbar unter <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/dienstleister/caravan-salon-camping-als-lebensgefuehl/12249440.html>, zuletzt geprüft am 01.11.2024.

Gerull, H. (2015): Entwicklung und Anwendung einer Methodik zur Durchführung einer Risikoanalyse für einen Strandabschnitt mit touristischer Nutzung am Beispiel der Strandkorbvermietung in deutschen Ostseebädern. Projektarbeit. Technische Universität Hamburg-Harburg, Hamburg. Institut für Wasserbau.

Karbe, P. (2024): Sturmhochwasser 20./21.10.2023 – Schadensbilanz Marina Olpenitz, 05.07.2024. E-Mail an G. Seiß.

Krasemann, H. (2009): Hochwasser Kieler Förde / Heikendorf November 1995. Online verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=YEvY09wqw3Y>.

Krüger, T. (2024): Sturmhochwasser 20./21.10.2023 - Schadensbilanz Marina Wendtorf, 23.05.2024. E-Mail an G. Seiß.

NDR (Hg.) (2023): Beschädigte Boote nach Ostsee-Sturmflut: Etwa 100 Totalverluste. Online verfügbar unter <https://www.ndr.de/nachrichten/schleswig-holstein/Beschae-digte-Boote-nach-Ostsee-Sturmflut-Etwa-100-Totalverluste,bootsversicherung100.html>, zuletzt geprüft am 31.05.2024.

Neemann, V. (1994): Beschreibung des Sommerhochwassers an der westlichen Ostseeküste von Schleswig-Holstein am 28.08.1989 mit Vergleich anderer Hochwasser. In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hg.): Gewässerkundliches Jahrbuch 1989, 2–14.

Öchsle, Ch. (2024): Wiederaufbau nach Sturmflut: Viele Häfen in SH sind startklar. Hg. v. Norddeutsche Rundfunk. Online verfügbar unter <https://www.ndr.de/nachrichten/schleswig-holstein/Wiederaufbau-nach-Sturmflut-Viele-Haefen-in-SH-sind-startklar,sturmflut2146.html>, zuletzt geprüft am 31.05.2024.

Oelerich, J. (2024): Nachhaltiger Küstenschutz an der Ostsee. Jahrestagung des BWK-Nord. Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau Nord. Kiel, 14.06.2024.

Perlet-Markus, I. (2023): Schwere Sturmflut vom 20. Oktober 2023. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. Rostock. Online verfügbar unter [https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Wasserstand\\_und\\_Gezeiten/Sturmfluten/\\_Anlagen/Downloads/Ostsee\\_Sturmflut\\_20231020.pdf](https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Wasserstand_und_Gezeiten/Sturmfluten/_Anlagen/Downloads/Ostsee_Sturmflut_20231020.pdf), zuletzt geprüft am 26.04.2024.

van Dongeren, A.; Ciavola, P.; Martinez, G.; Viavattene, Ch.; Bogaard, T.; Ferreira, O. et al. (2018): Introduction to RISC-KIT: Resilience-increasing strategies for coasts. In: Coastal Engineering 134, 2–9. DOI: 10.1016/j.coastaleng.2017.10.007.

WNA Nord-Ostsee-Kanal (Hg.) (2024): Start der Nassbagger-Arbeiten an der NOK-Oststrecke. Online verfügbar unter [https://www.wna-nord-ostsee-kanal.wsv.de/Webs/WNA/WNA-NOK/DE/4\\_Presse/2\\_Pressemitteilungen/DE/20240415\\_AbO\\_Nassbagger\\_PM.html?nn=2943462](https://www.wna-nord-ostsee-kanal.wsv.de/Webs/WNA/WNA-NOK/DE/4_Presse/2_Pressemitteilungen/DE/20240415_AbO_Nassbagger_PM.html?nn=2943462), zuletzt geprüft am 25.06.2024.

WSA Lübeck (1990): Die Sommersturmflut vom 27./28.08.89 in der südwestl. Ostsee. Untersuchungsbericht des WSA Lübeck. Lübeck. Akte Az.:221.3/45.