

Die Ostseesturmflut im Oktober 2023: Schäden an Küstenschutzanlagen und Konsequenzen für den Küstenschutz in Schleswig-Holstein

Jacobus Hofstede¹ und Jan Aufderbeck²

¹ *Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein; jacobus.hofstede@mekun.landsh.de*

² *Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz*

Zusammenfassung

Vom 19.10. bis zum 21.10.2023 wurde die Ostseeküste von Schleswig-Holstein von einer schweren bis sehr schweren Sturmflut heimgesucht. Die sehr hohen Wasserstände haben in Kombination mit zwei Tagen andauerndem Sturmseegang gravierende Schäden an öffentlichen und privaten Infrastrukturen verursacht. Die Küstenschutzanlagen unterlagen extremen hydraulischen Belastungen. Während die Landesschutzdeiche die Sturmflut gekehrt haben, versagten acht von insgesamt 35 Regionaldeiche infolge von Deichbrüchen, Überlauf und Umströmung. An 10 Regionaldeichen traten mittlere bis starke Schäden auf und an 20 Regionaldeichen wurden Wiederherstellungsmaßnahmen erforderlich.

Aufgrund einer Analyse der Folgen der Oktoberflut 2023 lassen sich die nachfolgenden für den künftigen Küstenschutz an der Ostseeküste von Schleswig-Holstein relevanten Schlussfolgerungen ableiten. Die Sturmflut hat zu starken Schäden an und Versagen von Regionaldeichen an der Festlandsküste geführt. Sie sind – bis auf wenige Ausnahmen – nicht auf eine solche Sturmflut ausgelegt. Für die bisher für die Regionaldeiche an der Festlandsküste zuständigen kleinräumig strukturierten Wasser- und Bodenverbände stellt die langfristige Gewährleistung eines adäquaten Küstenhochwasserschutzes, insbesondere der dichter besiedelten Küstenniederungen, eine enorme finanzielle und personelle Herausforderung dar. Schließlich hat die Sturmflut in mehreren bisher ungeschützten Küstenorten zu größeren Überflutungen und signifikanten Schäden geführt. Ohne Schutzmaßnahmen werden die Schadenserwartungen in diesen Küstenorten infolge des stärkeren Meeresspiegelanstieges im Vergleich zum ruralen Bereich überproportional steigen. Als wesentliche Konsequenz der Oktoberflut 2023 hat das Land angeboten, auf Antrag die Zuständigkeit für den Küstenhochwasserschutz in dichter besiedelten Küstenniederungen, die aktuell durch Regionaldeiche geschützt werden, zu übernehmen. Der Landesfokus liegt dabei auf dem Schutz von Siedlungen im übergeordneten öffentlichen Interesse.

Schlagwörter

Sturmflut, Schleswig-Holstein, Ostseeküste, Küstenschutz



Summary

From October 19 to October 21, 2023, a severe to very severe storm surge hit the Baltic Sea coast of Schleswig-Holstein. The extreme water levels, combined with two days of stormy seas, caused serious damage to public and private infrastructure. The coastal flood defense structures were subject to extreme hydraulic loads. While the State dikes were able to withstand the storm surge, eight of 35 regional dikes failed as a result of dike breaches, overflow and bypassing. Ten regional dikes suffered moderate to severe damage and restoration measures were required on 20 regional dikes.

Based on an analysis of the consequences of the October 2023 storm surge, the following conclusions relevant to future coastal protection on the Baltic Sea coast of Schleswig-Holstein can be drawn. The storm surge caused severe damages to and failure of regional dikes on the mainland coast. With a few exceptions, they are not designed to withstand such a storm surge. For the small Water and Soil Associations that are responsible for the regional dikes on the mainland coast, ensuring long-term, adequate coastal flood protection, particularly in the more densely populated coastal lowlands, represents an enormous financial and personnel challenge. Finally, the October 2023 storm surge led to flooding and significant damages in several unprotected coastal towns. Without proper flood defense measures, the damage expectations in these coastal towns due to stronger sea-level rise will increase disproportionately compared to rural areas. As a main consequence of the October 2023 flood, the state has offered to take over responsibility for coastal flood protection in densely populated coastal lowlands that are currently protected by regional dikes. The state's focus is on protecting settlements.

Keywords

Storm surge, Schleswig-Holstein, Baltic Sea coast, coastal flood defense and protection

1 Einleitung

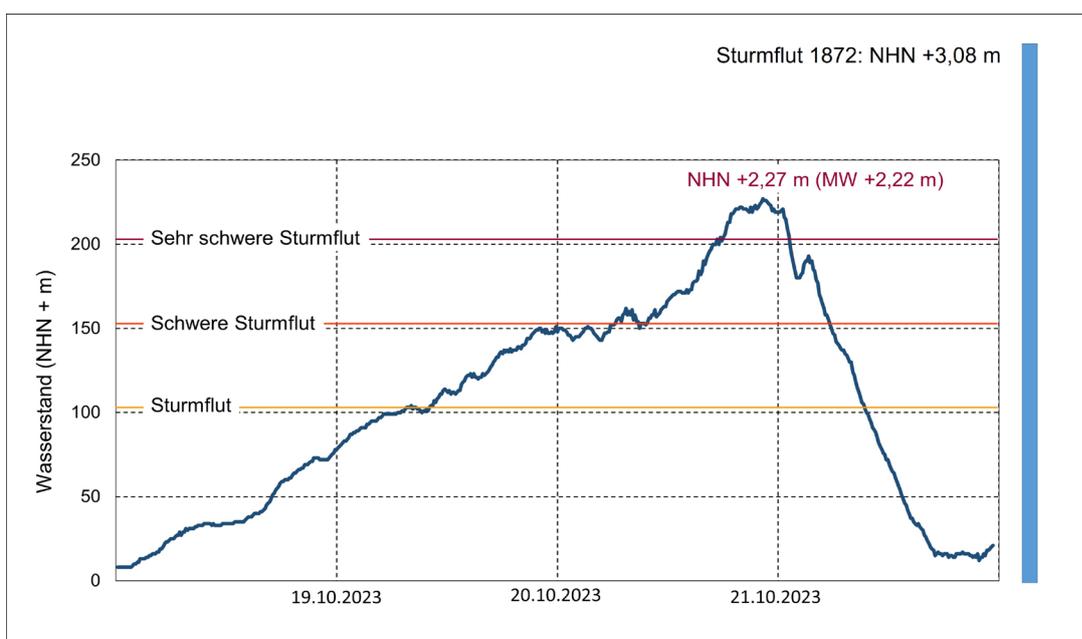


Abbildung 1: Sturmflutkurve Pegel Flensburg vom 18.10.2023 bis zum 22.10.2023. Zum Vergleich ist der Höchstwasserstand der Sturmflut von 1872 dargestellt.

Vom 19.10 bis 21.10.2023 wurde die schleswig-holsteinische Ostseeküste nach der Klassifikation des für Wasserstandvorhersagen an den Küsten zuständigen Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrologie von einer schweren ($> 1,5$ m über mittlerem Wasserstand MW) bis sehr schweren ($> 2,0$ m über MW) Sturmflut heimgesucht. Besonders im Nordwesten und in der Schlei traten extreme Wasserstände auf. In Schleswig, Flensburg (Abbildung 1) und Eckernförde wurden die höchsten Wasserstände seit der Katastrophenflut von November 1872 (Abbildung 1, KFKI 2022) beobachtet. Neben der Höhe war mit bis zu 54 Stunden auch die Dauer der Sturmflut (Wasserstand $> 1,0$ m über MW) extrem (Holfort, dieses Heft). Entsprechend lang unterlagen vor allem die nach Osten exponierten Küsten einem sehr starken Sturmseegang (Hirschhäuser et al. 2024). An etwa zwei Tagen herrschten Sturmwinde um 20 m/s (Beaufort 9) aus östlichen Richtungen vor.

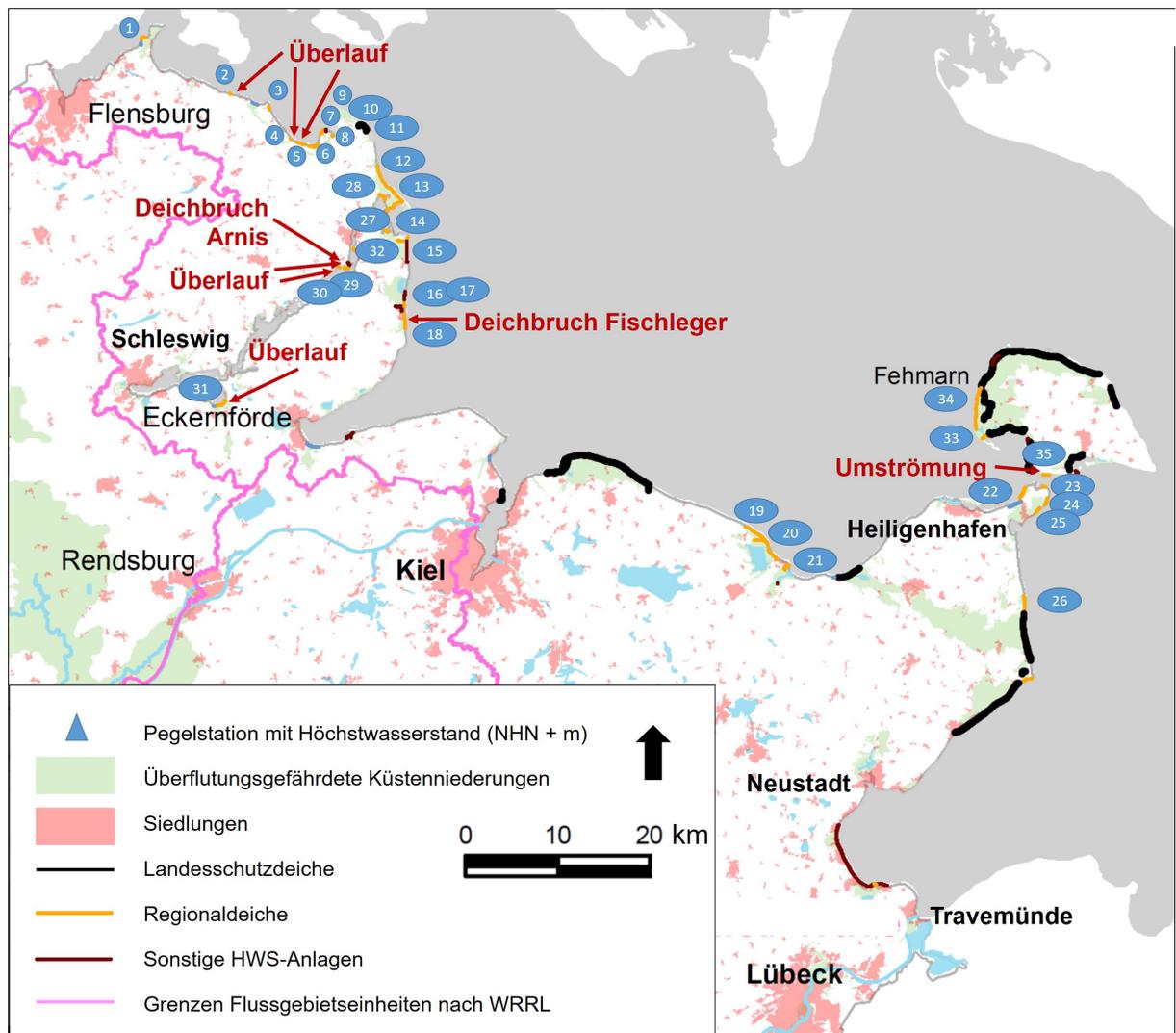


Abbildung 2: Übersicht über die Ostseeküste Schleswig-Holsteins mit Küstenniederungen (in grün) und Küstenhochwasserschutzanlagen. Die Pfeile in der Karte zeigen auf Regionaldeiche, die versagt haben. Die Nummerierung in der Karte verweist auf die Regionaldeiche in Tabelle 1.

Die Sturmflut hat entsprechend sehr hohe Schäden an öffentlichen und privaten Anlagen verursacht. Die Schätzungen unmittelbar nach der Sturmflut lagen bei etwa 200 Mio. €, davon etwa 45 Mio. € an Küstenschutzanlagen. In mehreren Küstenorten wie Flensburg,

Arnis und Eckernförde kam es zu Überflutungen. Insbesondere Regionaldeiche der Wasser- und Bodenverbände und der Kommunen wurden vielerorts in Mitleidenschaft gezogen, mehrere versagten (Abbildung 2). Nach einer Ermittlung des LKN.SH (Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz des Landes Schleswig-Holstein) wurden insgesamt etwa 5.740 ha Land überflutet. Drei Förderrichtlinien hat das Land Schleswig-Holstein zur Schadensbehebung erlassen, eine davon zur Notsicherung und Wiederherstellung von beschädigten Küstenschutzanlagen der Wasser- und Bodenverbände und der Kommunen. Insgesamt wurden 49 Anträge auf Förderung nach dieser Richtlinie mit einem Gesamtvolumen von fast 36 Mio. € gestellt.

In diesem Beitrag werden die in Schleswig-Holstein eingetretenen Schäden an Küstenhochwasserschutzanlagen sowie deren Notsicherung und Wiederherstellung beschrieben. Ziel ist die Veröffentlichung und damit Sicherung von Daten und Informationen von diesem extrem seltenen Ereignis, unter anderem für künftige Forschung. Anschließend werden Lehren und Konsequenzen aus der Sturmflut für den Küstenschutz des Landes vorgestellt und diskutiert. Der Beitrag schließt mit Schlussfolgerungen aus der Sturmflutkatastrophe für den Küstenschutz und einem Ausblick ab.

2 Die Schäden an Küstenhochwasserschutzanlagen

An der Ostseeküste Schleswig-Holsteins schützen 71,0 km Landesschutzdeiche, 46,7 km Regionaldeiche, 7,1 km Dämme und 23,4 km sonstige Küstenhochwasserschutzanlagen vor Meerwasserüberflutungen (Hofstede 2022). Darüber hinaus bieten an mehreren Küstenabschnitten Strandwälle, die teilweise durch Deckwerke und Promenaden befestigt sind, einen gegenüber technischen Anlagen eingeschränkten Hochwasserschutz. Für die Landesschutzdeiche und die Regionaldeiche auf Fehmarn (6,6 km) ist das Land zuständig; für die anderen Küstenhochwasserschutzanlagen die örtlichen Wasser- und Bodenverbände sowie Kommunen. In den Monaten nach der Sturmflut hat der LKN.SH eine umfassende Bestandsaufnahme der Schäden an den Landesschutz- und Regionaldeichen durchgeführt, dessen Ergebnisse nachfolgend dargestellt werden.

Die Landesschutzdeiche, die Dämme und die sonstigen Küstenhochwasserschutzanlagen haben die Sturmflut ohne größere Schäden gekehrt. An den Landesschutzdeichen gab es nur an zwei Stellen auf Fehmarn, bei Presen und bei Burgstaaken stärkere Schäden an der Außenböschung (Abbildung 3).



Abbildung 3: Schäden am Asphaltdeckwerk des Landesschutzdeiches Presen (linkes Foto) und an der Außenböschung des Landesschutzdeiches Burg (rechtes Foto) auf Fehmarn (Foto: LKN.SH).

In Tabelle 1 sind die 35 Regionaldeiche an der Ostseeküste Schleswig-Holsteins, getrennt für die Regionen Festlandsküste, Schlei und Fehmarn, mit der jeweils festgestellten Schadenskategorie aufgelistet.

- Leichte Schäden: kleinere Schadstellen, die jedoch die Wehrhaftigkeit des Deiches nicht beeinflussen und im Rahmen der Deichunterhaltung beseitigt werden können.
- Mittlere Schäden: größere Schadstellen wie Ausspülungen oder auch Auskolkungen, deren Beseitigung über den Umfang der Deichunterhaltung hinausgehen und die ggf. notgesichert werden müssen.
- Starke Schäden: gravierende Schadstellen, welche aufgrund ihres größeren Ausmaßes (Fläche, Tiefe) die Wehrhaftigkeit des Deiches einschränken und Sofortmaßnahmen erfordern.

An zwei Regionaldeichen bei Arnis und Damp (Regionaldeich Fischleger) traten jeweils etwa 40 m lange Deichbrüche auf (Abbildung 4). Sieben weitere Regionaldeiche mit einer Gesamtlänge von 12,5 km wiesen starke sturmflutbedingte Schäden auf, weitere drei Regionaldeiche mit einer Gesamtlänge von 3,5 km zeigten mittlere Schäden. Die starken und mittleren Schäden traten dabei zumeist nicht über die gesamte Deichstrecke, sondern in Abschnitten (von wenigen bis mehrere 100 Meter Länge) auf. An weiteren 11 Regionaldeichen (9,9 km) gab es nur leichte Schäden und 14 Regionaldeiche (20,9 km) zeigten keine Schäden (Tabelle 1). Starke und mittlere Schäden traten vor allem an scharliegenden, nach Osten exponierten Deichabschnitten auf. Beispiele sind die Regionaldeiche vor Oehe und um Damp (Abbildung 4). Diese Abschnitte waren dem starken Sturmseeang etwa zwei Tage lang direkt ausgesetzt. An Deichabschnitten ohne starken Seeang und/oder durch vorgelagerte Strandwälle geschützten Deichabschnitten wie bei Behrendorf und in der Schlei traten dagegen kaum bzw. nur geringe Schäden auf. In Behrendorf wurde der Seeang bereits weitgehend am vorgelagerten Strandwall dissipiert, wobei dieser stark erodiert wurde. Als Teil des örtlichen Küstenschutzsystems (gemeinsam mit dem Regionaldeich) wurde der Strandwall mit Landesförderung wiederhergestellt.

Tabelle 1: Regionaldeiche (RD) an der Ostseeküste von Schleswig-Holstein mit Schadenskategorie (Erläuterung im Text).

	Regionaldeich	Länge	Mittl. Höhe	Einwohner	Schäden	Bemerkungen
		km	NHN + m			
Festland						
1	Holnis	0,6	2,5	78	leichte	
2	Neukirchen/Mühlendamm	0,2	2,5	0	mittlere	Überströmung
3	Habernis	0,4	2,5	2	leichte	
4	Ohrfeldhaff	0,2	1,9	0	keine	Überströmung
5	Koppelheck	1,0	2,9	12	leichte	
6	Ohrfeld	1,2	2,0	20	leichte	Überströmung
7	Gelting	0,6	2,9	0	leichte	
8	Grahlenstein	0,2	3,9	174	keine	
9	Nieby	0,4	2,7	0	keine	
10	Basrot	0,1	3,2	0	keine	
11	Gammeldamm	1,3	3,7	0	leichte	
12	Kronsgaard	1,2	3,0	9	leichte	
13	Oehe Ostsee	4,6	3,6	674	starke	
14	Olpenitz (einschl. Port)	1,5	3,6	0	leichte	
15	Weidefeld	2,3	3,2	331	starke	
16	Schwansener See	2,5	2,7	9	mittlere	starker Wellenüberlauf
17	Schuby	0,8	3,3	9	leichte	
18	Fischleger	1,7	2,5	0	starke	Deichbruch
19	Behrendorf	2,9	2,8	67	keine	Strandwall vor RD erodiert
20	Lippe (einschl. Flügeldeich)	3,4	3,6	25	keine	
21	Hohwacht	0,9	3,0	72	mittlere	
22	Großenbrode NW	1,6	2,6	4	keine	
23	Rethsollskamp	0,7	2,8	5	starke	
24	Großenbroder Moor	0,9	3,5	1231	starke	
25	Rethwiese	0,6	3,0	1231	leichte	
26	Süssau	1,7	3,3	3	starke	
Schlei						
27	Oehe/Maasholm	2,82	2,7	674	keine	
28	Wormshöft	2,26	2,4	674	keine	
29	Arnis (einschl. Flügeldeich)	0,65	1,9	330	starke	Deichbruch, Überströmung
30	Watestelle	0,15	1,4	0	keine	Überströmung
31	Fleckeby	0,68	2,1	17	keine	Überströmung
32	Rückeberg	0,25	2,9	13	keine	
Fehmarn						
33	Flügge	1,05	2,4	15	keine	
34	Wallnau	4,83	3,0	15	keine	
35	Fehmarnsund	0,76	3,1	41	leichte	Umströmung



Abbildung 4: Deichbruch im Regionaldeich Fischleger südlich von Damp (Foto: J. Hofstede/MEKUN). Der stark erodierte (grüne) Deich ist fast vollständig durch Geröll überdeckt, was auf eine sehr starke Einwirkung durch brechende Wellen hinweist.

Fünf Regionaldeiche wurden wegen zu geringer Kronenhöhe lokal überströmt (Tabelle 1) und die dahinterliegende Küstenniederung überflutet. Obwohl diese Deiche zumeist keine oder nur leichte Schäden aufwiesen, haben sie somit trotzdem in ihrer Funktion versagt. Auch der Regionaldeich bei Arnis, in dem ein Deichbruch auftrat, wurde wegen zu geringer Höhe lokal überströmt. In Arnis lief das Wasser darüber hinaus über den Straßendamm, über den Regionaldeich Watestelle und über eine niedrige Stelle in der Ortslage in die Küstenniederung (Abbildung 5). In der durch die Regionaldeiche geschützten Küstenniederung wohnen 36 Menschen; weitere 105 Menschen wohnen ohne Schutzanlagen in der zentralen Ortslage im Höhenbereich zwischen NHN +2,0 und NHN +2,5 m.

Der Regionaldeich Fehmarnsund auf Fehmarn wurde während der Sturmflut umströmt, wodurch die Küstenniederung dahinter überflutete und weshalb auch dieser Deich entsprechend versagte. Schließlich wurde auch die Küstenniederung hinter dem Regionaldeich Gelting überflutet, allerdings nicht wegen eines Deichversagens. Diese Küstenniederung wird zusätzlich zum Regionaldeich durch einen nicht als Hochwasserschutzanlage gewidmeten Wall, die sogenannte Verwaltung Nordschau, geschützt. Mit teilweise geringeren Höhen als NHN +2,0 m wurde dieser Wall überströmt.

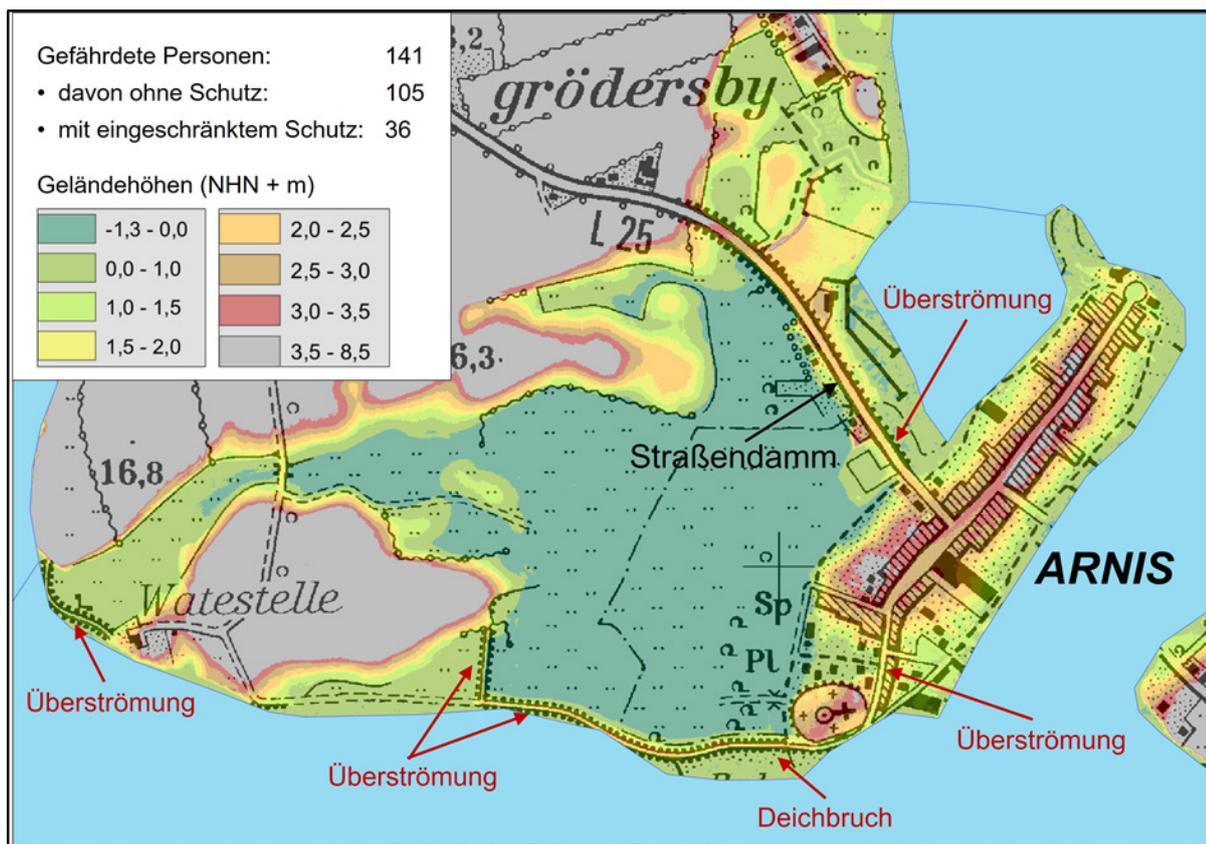


Abbildung 5: Geländehöhen in der Küstenniederung der Stadt Arnis mit Angabe der Deichbruchstelle sowie der Überströmungen am Straßendamm, in der Ortslage und an den Regionaldeichen in der Oktoberflut 2023.

Schließlich trat am Regionaldeich Schwansener See nördlich von Damp ein sehr starker Wellenüberlauf auf, wodurch die dahinterliegende Küstenniederung teilweise überflutet wurde. Hier kann entsprechend von einem Teilversagen gesprochen werden. Nicht in der Tabelle aufgenommen sind zwei ehemalige Regionaldeiche, die in 2009 (Geltinger Birk) und 2022 (Dahmer Moor) entwidmet wurden, weil sie ihre Bedeutung zum Schutz von Menschenleben und hohen Sachwerten verloren hatten. Damit werden sie zwar formal nicht mehr als Hochwasserschutzanlage geführt, können ihre Wirkung aber durchaus noch über kurze oder längere Zeit behalten. Der ehemalige 8,0 km lange Regionaldeich um die Geltinger Birk wurde in der Sturmflut an mehreren Stellen zerstört und die Küstenniederung großflächig überflutet. Am ehemaligen 1,2 km langen Regionaldeich Dahmer Moor waren starke Beschädigungen zu verzeichnen.

3 Notsicherung und Wiederherstellung der Küstenschutzanlagen

Bereits während der Sturmflut bzw. des Katastropheneinsatzes wurden durch die vielen professionellen und ehrenamtlichen Einsatzkräfte tausende Sandsäcke an den gefährdeten Deichstrecken ausgelegt. Diese Maßnahmen gingen am 21. Oktober nach Beendigung des Katastropheneinsatzes fließend in die Notsicherungen über. Der LKN.SH stellte im Rahmen des Katastropheneinsatzes und der unten beschriebenen Notsicherungen über 200.000 Sandsäcke, 1.350 Big Bags, 600 Sandcontainer und 2.500 Tonnen Eisensilikatsteine zur Verfügung. Wie wichtig diese Notsicherungen waren, zeigte sich während einer nachfolgenden Sturmflut am 09. Februar 2024. Trotz Wasserständen von bis zu NHN +1,28 m

(Pegel Flensburg) und starkem Sturmseegang aus dem Osten (Abbildung 6) gab es keine Überflutungen. Auf die Notsicherungen folgten wiederum die Wiederherstellungsmaßnahmen.



Abbildung 6: Notgesicherter Regionaldeich Fischleger südlich von Damp während der Sturmflut am 09.02.2024 (Foto: J. Hofstede/MEKUN).

Für insgesamt 20 Regionaldeiche wurden Anträge auf Förderung der Notsicherung und Wiederherstellung gestellt. An einigen Regionaldeichen wie in Fleckeby (Schlei) oder Glücksburg (Holnis) waren nur kleinere Schadstellen auszubessern. Andere Regionaldeiche wie bei Damp (Fischleger) und Oehe (Ostseedeich) waren bzw. sind fast über die gesamte Länge wiederherzustellen. Dies schlägt sich auch in den Kosten der einzelnen Maßnahmen nieder, die zwischen knapp 20.000 € und fast 10 Mio. € schwanken. Bis Ende 2024 hat der LKN.SH für die Notsicherung und Wiederherstellung von Regionaldeichen insgesamt 30,5 Mio. € bewilligt, davon über 20 Mio. € für die vier am stärksten betroffenen Regionaldeiche Oehe (Ostsee), Weidefeld, Fischleger und Arnis.

3.1 Notsicherungsmaßnahmen

An vier Regionaldeichen (Arnis, Weidefeld, Oehe Maasholm und Süssau) in der Zuständigkeit von Wasser- und Bodenverbänden wurden Notsicherungsmaßnahmen unter Anleitung von Personal des LKN.SH umgesetzt. An zwei Landesschutzdeichen auf Fehmarn (Burg-Burgstaaken, Presen) in der Zuständigkeit des Landes wurden zudem Notsicherungsmaßnahmen in Eigenregie des LKN.SH bzw. durch ein beauftragtes Bauunternehmen durchgeführt. Hier betraf es zumeist kleinräumige Schäden wie Erosionsstellen an der Deichaußenböschung, Schäden am Deckwerk oder Sickerstellen am inneren Deichfuß. Nachfolgend werden die Notsicherungsmaßnahmen an den vier oben genannten Regionaldeichen und an den Landesschutzdeichen beschrieben.

Regionaldeich Arnis

Der Regionaldeich Arnis erfuhr im Zuge des Sturmflutereignisses erhebliche Beschädigungen bzw. brach an einer Stelle. Die Wiederherstellung einer geschlossenen Deichlinie war das Ziel der Notsicherungsmaßnahme (Abbildung 7).



Abbildung 7: Notsicherung der Deichbruchstelle bei Arnis (Foto: J. Hofstede/MEKUN).

Aufgrund der Durchströmung und Überströmung des Regionaldeiches stand zudem die Entwässerung der überfluteten Flächen mit Pumpen im Vordergrund des Einsatzes vor Ort. Um eine geschlossene Deichlinie übergangsweise herzustellen wurden Sandcontainer und Big Bags verwendet, welche in einem Geotextil eingeschlagen wurden. Insbesondere die Verwendung der Sandcontainer bewies sich aufgrund der Größe und der Möglichkeit, die Sandcontainer miteinander zu verbinden, als eine stabile Konstruktion. Die Übergangsbereiche im Bereich der Bresche wurden zudem mit Sandsäcken abgedeckt, sodass ein geschlossener Anschluss an den Bestand sichergestellt werden konnte.

Regionaldeich Oehe (Ostsee)

Auf der gesamten Länge des Ostseedeichs Oehe kam es im Zuge der Sturmflut zu starken Ausspülungen im Deichkörper. Des Weiteren wurden die Deckwerksflächen beschädigt bis zerstört, wobei es zu Materialumlagerungen und Unterspülungen mit einer Tiefe von bis zu fünf Metern kam. Die Ausspülungen im Deichkörper wurden mittels Vlies als Unterlage und Sandsäcken sowie Big Bags ausgebessert. In einem weiteren Schritt wurden die Sandsäcke/Big Bags mit Lehm Boden abgedeckt. Im Bereich der Deckwerke wurden 2.500 Tonnen Eisensilikatsteine zur Verstärkung der beschädigten Bereiche als Vorschüttung installiert.

Regionaldeich Weidefeld

Der Regionaldeich Weidefeld wurde durch die Sturmflut stark beschädigt. In einem etwa 600 m langen besonders betroffenen Teil wurde der Deichkörper in Rahmen der Notsicherung wiederaufgebaut. Dabei wurde in einem ersten Schritt ein Geotextil als Untergrund eingebaut. Mittels Sandcontainer als Basis und Lehmboden wurde dann die Außenböschung aufgebaut. Basierend auf vorhandenen Deckwerksteinen wurden zur Fußsicherung zudem Deckwerkssteine im Deichfußbereich verbaut.

Regionaldeich Süssau

Der Regionaldeich Süssau wies starke Schäden auf. Auf ca. 600 m wurden der Deichfuß, das Deckwerk und die Außenböschung des Deiches zu großen Teilen abgetragen. Als Notsicherungsmaßnahme wurde die Außenböschung des Deiches durch in Vlies eingeschlagene Big Bags gesichert. Diese wurden zweilagig (1. Lage: 2 Big Bags, 2. Lage: 1 Big Bag) eingebaut. Die aufgewählten Deckwerksteine wurden zu einer Fußsicherung zusammengeschieben, sodass die eingeschlagenen Big Bags geschützt werden.

Landesschutzdeich Presen

Im Bereich des Landesschutzdeiches Presen kam es im Zuge der Sturmflut lokal zu starken Beschädigung des Asphaltdeckwerks (Abbildung 3). Zu Beginn der Notsicherung wurde zunächst das eingebrochene und abgesackte Asphaltdeckwerk aufgenommen, zerkleinert und abgefahren. Es wurde ein Planum hergestellt und die vorhandenen Natursteine hierbei zunächst seitlich gelagert. Auf das Planum wurden wiederum Sandcontainer in einem wasserbaueigneten Filtervlies überlappend eingebaut.

Insgesamt wurden gut 1.200 Sandcontainer verbaut. Um die Befahrbarkeit und eine mögliche Deichverteidigung im Bereich zu gewährleisten, wurde im Übergangsbereich von den Sandcontainern zur Außenböschung auf Höhe der befahrbaren Wellenüberschlagssicherung eine provisorische Baustraße (Tragschichtmaterial) errichtet. Diese diente zudem als Auflast und Anschluss der Sandcontainer an den Deichkörper. Abschließend wurden die seitlich gelagerten Natursteine als Fußsicherung vor die Sandcontainer eingebaut.

Landesschutzdeich Burg (Burgstaaken)

Im Bereich des Landesschutzdeiches Burg kam es im Zuge der Sturmflut lokal zu starken Erosionen an der Außenböschung (Abbildung 3), die notgesichert werden mussten. Zunächst wurde der ausgespülte Deichkörper mit Lehmboden wieder aufgefüllt. Zum Schutz des Lehmbodens wurde ein Vlies als Grasnarbenersatz aufgebracht und abschließend wurde das Vlies mit Sandsäcken abgedeckt.

3.2 Wiederherstellungsmaßnahmen

Die meisten Wiederherstellungsmaßnahmen konnten rechtzeitig vor der folgenden Sturmflutsaison, d. h., zu Anfang Oktober 2024 fertiggestellt werden. Der sehr eng gesteckte Zeitrahmen stellte dabei eine besondere Herausforderung dar. In nur wenigen Monaten mussten die Schadens- und Kostenermittlung sowie die Ausschreibung, Vergabe, Planung und Umsetzung unter Beachtung der Vergaberichtlinien für öffentliche Aufträge erfolgen. Auch die nur begrenzte Verfügbarkeit von qualifizierten Ingenieurbüros und Baufirmen stellte einige Verbände vor Probleme. Als zeitaufwendig kam noch hinzu, dass die Anträge

auf Förderung zumeist unvollständig waren, weshalb der LKN.SH erst nach einer Nachforderung der fehlenden Unterlagen eine baufachliche Prüfung durchführen konnte. Aus diesen Gründen reichen einige Maßnahmen in die Sturmflutseason hinein und vier große Maßnahmen (Ostseedich Oehe, Regionaldeiche Weidefeld, Großenbrode und Süssau) werden erst in 2025 komplett fertiggestellt werden können. Die noch nicht fertiggestellten Bereiche sollen – als Auflage für die erforderliche Genehmigung einer Verlängerung – innerhalb von 48 Stunden mittels Notsicherung in einen sicheren, wehrhaften Zustand gebracht werden können, zum Beispiel durch vorgehaltene Sandcontainer. Im Rahmen der Gefahrenabwehr im LKN.SH werden diese Bereiche darüber hinaus besonders berücksichtigt.

Als Beispiel für die Wiederherstellung eines Regionaldeiches wird nachfolgend der Ostseedich vor Oehe beschrieben (Abbildung 8).



Abbildung 8: Wiederherstellung des Deckwerkes am Regionaldeich Oehe – Ostsee (Foto: H. Skuppin/MEKUN).

Dieser 4,6 km lange nach Nordosten exponierte Deich mit einer mittleren Kronenhöhe von NHN +3,6 m schützt eine 511 ha große Niederung mit 383 Einwohnern. Er wurde von 2002 bis 2004 verstärkt. Der seinerzeit vom zuständigen Verband angesetzte Bemessungswasserstand betrug NHN +2,00 m. Während der Oktobersturmflut 2023 wurde am nahegelegenen Pegel Schleimünde ein Höchstwasserstand von NHN +2,07 m gemessen. Nach Hirschhäuser et al. (2024) entspricht dies einem Wasserstand mit einer jährlichen Wahrscheinlichkeit zwischen 0,05 und 0,02 (20- bis 50-jähriges Ereignis). Insbesondere der sehr starke Seegang aus Osten während der über zwei Tage andauernden Sturmflut führte den Deich an seine Belastungsgrenzen. Die eingetretenen Schäden sind in Kap. 3.1 beschrieben. An einer Stelle stand der Deich infolge von starkem Wellenüberlauf kurz vor dem Bruch. Bei den erforderlichen Notsicherungsmaßnahmen wurde der Deichverteidigungsweg zum Teil stark beschädigt und ist nach dem heutigen Stand der Technik und mit Kosten in Höhe von etwa 0,5 Mio. € wiederherzustellen. Bei der Schadensaufnahme wurde

weiterhin festgestellt, dass die vorhandenen Deckwerke größtenteils so stark beschädigt sind, dass sie neu herzurichten sind. Gemäß Förderantrag werden dazu etwa 33.500 m² Filtervlies sowie 31.000 Tonnen Wasserbausteine benötigt, wovon ca. 9.000 Tonnen aus dem vorhandenen Deckwerk und der Notsicherung (Kap. 3.1) stammen. Etwa 27.000 m² Deckwerk sind zu verklammern. Die oberhalb des Deckwerkes anschließende Deichaußenböschung wurde ebenfalls stark in Mitleidenschaft gezogen bzw. erodiert. Hier sind 5.000 m³ Kleiabdeckboden und 4.000 m³ Füllboden einzubauen. Die sehr umfangreiche Maßnahme wird erst in 2025 fertiggestellt werden können, wobei nach aktuellem Stand mit Gesamtkosten in Höhe von fast 10 Mio. € zu rechnen ist. Da der zuständige Verband nicht in der Lage ist, einen Eigenanteil in Höhe von 10 % der Gesamtkosten aufzubringen, hat er eine 100 %-Förderung beantragt.

4 Erkenntnisse aus der Sturmflut und Konsequenzen für den Küstenschutz

Unmittelbar nach der Sturmflut wurde der Ruf nach staatlicher Unterstützung bei der Notsicherung und Wiederherstellung der geschädigten Küstenschutzanlagen laut. Das Land hat hierauf unter anderem mit der Einrichtung eines Kompetenzzentrums beim LKN.SH und der Veröffentlichung einer Förderrichtlinie reagiert (Kap. 1). Die Richtlinie wurde Mitte Februar 2024 im Amtsblatt (Amtsblatt für Schleswig-Holstein, Ausgabe Nr. 7, 234-238, 12.02.2024) verkündet. In der Richtlinie wurde vorgegeben, dass die Wiederherstellungsmaßnahmen zwar nach dem heutigen Stand der Technik erfolgen, aber im bestehenden bzw. ursprünglichen Bestick bleiben sollen. Diese Auflage stieß auf Kritik, da somit eine Verbesserung des Küstenhochwasserschutzes, auch vor dem Hintergrund des stärker ansteigenden Meeresspiegels, nicht möglich sei. Begründet wurde diese Auflage damit, dass bei Überbauung von zusätzlichen Flächen ein zeitaufwendiges Genehmigungsverfahren erforderlich wird. Dies würde die mit der Richtlinie angestrebte Fertigstellung in 2024 faktisch ausschließen. Darüber hinaus führt die Anwendung des heutigen Standes der Technik inklusive der Nutzung von modernen Materialien bereits zu einer Verbesserung des Schutzstandards. So werden Steindeckwerke heute standardmäßig mit einem Vlies und einer Fußsicherung angelegt, was zu einer deutlichen Erhöhung der Standsicherheit führt. Schließlich impliziert die Wiederherstellung des ursprünglichen Besticks auch die Möglichkeit eingetretene Setzungen der Deichkrone auszugleichen. Auch als Konsequenz der Sturmflut hat die Landesregierung eine Anpassung des Landeswassergesetzes auf den Weg gebracht, um dort wo es möglich ist, eine Verfahrensbeschleunigung zu erreichen.

4.1 Konsequenzen aus dem stärkeren Meeresspiegelanstieg

Die Sturmflut von Oktober 2023 hat aufgezeigt, dass viele Regionaldeiche an der Ostseeküste von Schleswig-Holstein auf ein derartiges Ereignis nicht ausgelegt sind. Traditionell wurden diese Deiche, die überwiegend aus dem vorletzten und der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts stammen, so gebaut, wie es die relativ geringen personellen und finanziellen Ressourcen erlaubten. Dies und der Umstand, dass vergleichbare (und noch höhere) Sturmfluten künftig infolge des beschleunigten Meeresspiegelanstieges häufiger eintreten werden, stellt den öffentlichen Küstenschutz vor große Herausforderungen. Erschwerend kommt hinzu, dass die 150 km langen Küstenhochwasserschutzanlagen an der Ostseeküste nur etwa zwei Drittel der insgesamt 315 km² großen potenziell signifikanten überflutungsgefährdeten

Hochwasserrisikogebiete an den Küsten schützen (nachfolgend im Text verkürzt als „Küstenniederung“ dargestellt). Potenziell signifikante überflutungsgefährdete Küstengebiete in Schleswig-Holstein sind die Gebiete, die – ohne Küstenhochwasserschutzanlagen – bei einer Sturmflut mit einem Wiederkehrintervall von 200 Jahren (jährliche Wahrscheinlichkeit = 0,005) überflutet werden (MELUND 2022). Wenn keine Anpassungsmaßnahmen erfolgen, werden die zu erwartenden Schäden und damit das Hochwasserrisiko an der Ostseeküste stark zunehmen. Aktuell leben etwa 30.500 Menschen in den Küstenniederungen. Sachwerte in Höhe von 6,9 Mrd. € sind hier vorhanden (Hofstede 2022). Wenn der Meeresspiegel infolge des menschengemachten Klimawandels um 0,75 m ansteigt, werden die Vulnerabilitätszahlen sich nach Berechnungen des LKN.SH jeweils um ein Drittel auf 41.000 Personen und 9,2 Mrd. € Sachwerte erhöhen. Die Fläche der Küstenniederungen wird um 46 km² (15 %) auf 361 km² zunehmen. Ein Anstieg um 0,75 m bis 2100 entspricht dem IPCC-Szenario SSP5-8.5 (IPCC 2021), auf deren Anwendung sich Bund und Küstländer bei der vorsorglichen Küstenschutzplanung geeinigt haben (MELUND 2022). Neben der Zunahme der betroffenen Flächen wäre auch damit zu rechnen, dass sich im Falle einer Überflutung die Wassertiefen und damit die Schadenserwartungen vergrößern (De Moel and Aerts 2011). Schließlich wird sich der Küstenrückgang entsprechend des stärkeren Meeresspiegelanstieges intensivieren und räumlich ausdehnen, was ohne Anpassungsmaßnahmen ebenfalls zu höheren Schäden und Risiken führen wird (Ranasinghe et al. 2012). Diese Risiken durch technische Maßnahmen vollumfänglich und langfristig zu beseitigen, ist volkswirtschaftlich nicht darstellbar und wird einer nachhaltigen Entwicklung der Küste nicht gerecht. Auch als Lehre aus der Sturmflut werden sich deshalb öffentliche Küstenschutzmaßnahmen künftig auf den Schutz von signifikanten Vulnerabilitäten wie Siedlungen und außergewöhnlich hohe Sachwerte fokussieren, um den technischen und finanziellen Aufwand in einem gesellschaftlich und ökologisch vertretbaren Rahmen zu halten.

4.2 Konsequenzen in den durch Regionaldeiche geschützten Niederungen

Eine wichtige Konsequenz aus der Sturmflut mit seinen gravierenden Folgen ist die Bereitschaft des Landes, mehr Verantwortung für den Küstenhochwasserschutz in durch Regionaldeiche geschützten Küstenniederungen zu übernehmen. Insbesondere für die oft sehr kleinräumig strukturierten Wasser- und Bodenverbände stellt es eine enorme finanzielle und personelle Herausforderung dar, ihre Regionaldeiche vor dem Hintergrund eines verstärkt ansteigenden Meeresspiegels langfristig in wehrfähigem Zustand zu erhalten. Bereits die Notsicherungen und Wiederherstellungsmaßnahmen nach der Oktoberflut 2023 überforderten die meisten Verbände in finanzieller Hinsicht, weshalb zur Wiederherstellung der Wehrfähigkeit der Deiche ausnahmsweise und mit Auflagen versehen eine 100-prozentige Förderung durch das Land bewilligt wurde. So sollen die Verbände berichten, wie sie ihre Finanzsituation verbessern wollen, um langfristig den Schutzstandard zu gewährleisten. Entsprechend der o. g. Lehre aus der Sturmflut (Fokussierung auf signifikante Vulnerabilitäten) wurde als Richtwert für eine eventuelle Übernahme der Zuständigkeit einer durch Regionaldeiche der Wasser- und Bodenverbände bzw. der Kommunen geschützte Niederung durch das Land eine Einwohnerzahl von mindestens 50 festgelegt. Die gewählte Zahl 50 ist zwar abstrakt aber plausibel, weil es sich hierbei um einen besiedelten Bereich von

einigem Gewicht handelt. Sie begründet entsprechend ein übergeordnetes öffentliches Interesse. Eine eventuelle Übernahme durch das Land erfolgt nur auf Antrag der bisher zuständigen Institution. Wenn das Kriterium Einwohnerzahl ≥ 50 erfüllt ist, wird als erster Schritt eine Vereinbarung über die Durchführung einer Konzeptstudie über mögliche Küstenschutzlösungen für die Küstenniederung durch die bzw. im Auftrag der bisher zuständigen Instanz geschlossen. In vielen Fällen kann sich nämlich eine rückwärtige Lösung durch Ring- oder Flügeldeiche unmittelbar um die besiedelten Bereiche herum finanziell günstiger und auch nachhaltiger als eine Verstärkung des Regionaldeiches an Ort und Stelle, d. h. in exponierter Lage direkt an der Ostsee, herausstellen. In der Abbildung 9 ist ein Beispiel einer rückwärtigen Lösung an der Ostseeküste von Schleswig-Holstein dargestellt. Der bestehende Regionaldeich um die Geltinger Birk wurde 2009 nach Errichtung eines Flügeldeiches unmittelbar vor der Siedlung Falshöft entwidmet.

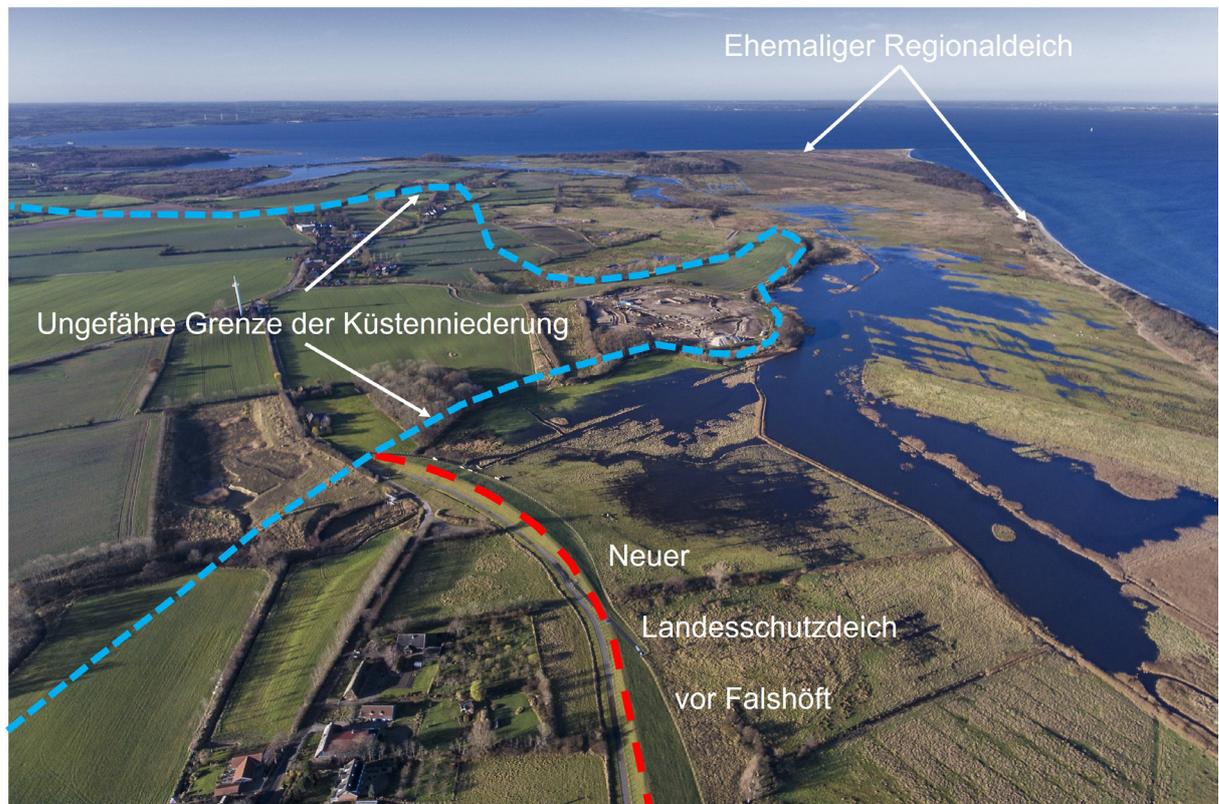


Abbildung 9: Luftbild der Geltinger Birk mit Angabe des Landesschutzdeiches von 2009 (rote gestrichelte Linie) und der ungefähren landseitigen Begrenzung der Küstenniederung (blaue gestrichelte Linie) (Foto: N. Kobarg/LfU).

Das Land fördert die zu erstellende Küstenhochwasserschutz-Konzeptstudie mit 95 %. Nachdem das Land und die bisher zuständige Institution (Wasser- und Bodenverband oder Kommune) auf Basis der Studie eine gemeinsame Grundsatzlösung entwickelt haben, übernimmt das Land bzw. der LKN.SH die planerische, bauliche und finanzielle Umsetzung dieser Lösung. Dabei wird der künftige Landesschutzdeich als Klimadeich, d. h. mit einem Vorsorgemaß von 1,0 m zur Berücksichtigung des künftigen Meeresspiegelanstieges und mit Baureserven zum Ausgleich eines weiteren Meters Meeresspiegelanstieg ausgebaut (Hofstede 2022). Die Widmung zum Landesschutzdeich gemäß § 68 LWG (Landeswassergesetz Schleswig-Holstein) und damit die Übernahme der Zuständigkeit durch das Land erfolgt mit der Abnahme der Baumaßnahme. Bisher (Stand Ende September 2024) haben

drei Verbände und zwei Kommunen für insgesamt 11 Regionaldeiche Anträge gestellt. Diese 11 Regionaldeiche schützen insgesamt sieben Küstenniederungen. Vier dieser Küstenniederungen haben mehr als 50 Einwohner. Insgesamt haben acht durch Regionaldeiche geschützte Küstenniederungen an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste eine Einwohnerzahl höher als 50. Für die übrigen vier durch Regionaldeiche geschützten Küstenniederungen mit einer Einwohnerzahl größer als 50 wurden keine Anträge auf Übernahme gestellt.

4.3 Konsequenzen in den größeren bisher ungeschützten Küstenorten

In den größeren Küstenorten fehlen bisher weitgehend Küstenhochwasserschutzanlagen, weshalb hier viele niedrig liegende Bereiche in der Oktoberflut 2023 überfluteten (Abbildung 10). Dabei wohnen aktuell allein in den kreisfreien Städten Lübeck, Kiel und Flensburg etwa 9.500 Menschen in Küstenniederungen. Bei einem Meeresspiegelanstieg von 0,75 m (siehe oben) würde sich diese Zahl infolge der vergrößerten Kulisse nach den Berechnungen des LKN.SH um 45 % auf ca. 13.700 erhöhen.



Abbildung 10: Überfluteter Hafenbereich in Eckernförde am frühen Morgen des 20. Oktobers 2023 bei einem Wasserstand von ca. NHN +1,6 m. Im Ausschnitt ist in etwa der gleiche Bereich in umgekehrter Richtung am frühen Abend des 20. Oktobers bei einem Wasserstand von ca. NHN +1,9 m zu sehen. Der Höchstwasserstand wurde hier um 21:10 Uhr mit NHN +2,15 m erreicht. (Fotos: F. Hell/MEKUN).

Mehrere der gefährdeten Küstenorte stellen Überlegungen über eine Verbesserung ihres Küstenhochwasserschutzes an. Das Land hat hier keine eigene Zuständigkeit, sondern fungiert als Fachberater sowie als Genehmigungs- und Bewilligungsbehörde. Bedingt durch dichte Bebauung sowie vorhandene Tourismus- und Hafeninfrastrukturen direkt am Ufer ist die Errichtung von Deichen in den meisten Küstenorten nicht realisierbar. Hier sind alternative Lösungen gesucht. Als Beispiel hierfür können die Küstenbadeorte Scharbeutz,

Timmendorfer Strand und Heiligenhafen dienen. Diese Gemeinden haben bereits vor über 10 Jahren mit Landesförderung kommunale Küstenhochwasserschutzanlagen errichtet (Abbildung 11), die zusammen etwa 4.700 Menschen vor Überflutung schützen. Die Anlagen in den drei Gemeinden haben die Oktoberflut 2023 erfolgreich gekehrt, wobei die Höchstwasserstände hier mit etwa NNH +1,7 bis NNH +1,8 m deutlich niedriger als weiter im Westen ausgefallen sind.

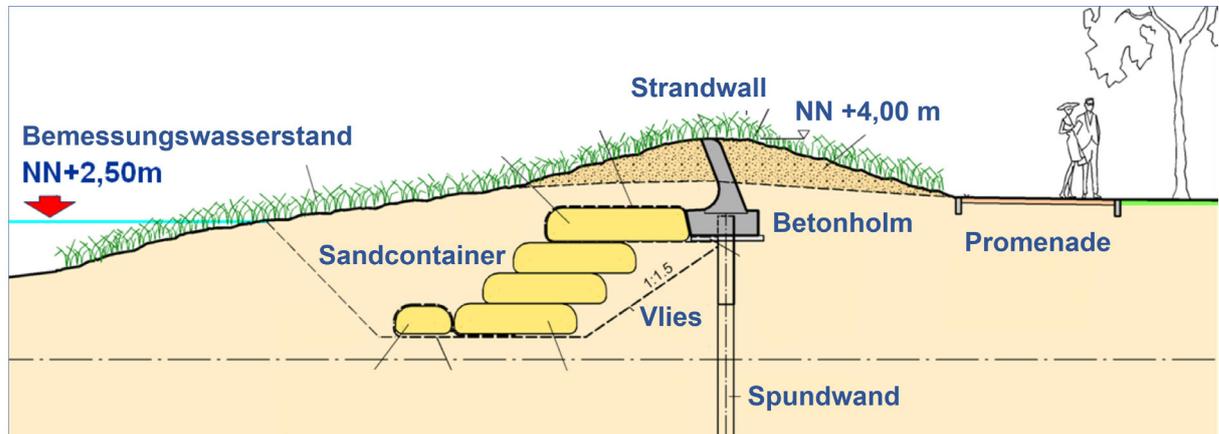


Abbildung 11: Schematische Darstellung der Küstenhochwasserschutzlösung in Scharbeutz: in einem vorhandenen Strandwall integrierter Spundwand mit aufgesetztem wellenabweisendem Betonholm und vorgelagerten Sandcontainern (Quelle: WTM Engineers GmbH).

4.4 Konsequenzen in der Schlei-Region

Ein Sonderfall hinsichtlich eines nachhaltigen Küstenhochwasserschutzes stellt die Schlei-Region dar. Insgesamt leben etwa 1.450 Menschen in der Schlei-Region (einschl. Mündungsbereich) in Küstenniederungen. Davon werden etwa 530 Personen durch Regionaldeiche oder sonstige Küstenhochwasserschutzanlagen geschützt. Nach der Oktoberflut 2023 wurden aus der Region erneut Forderungen nach einer Gesamtlösung für die Schlei artikuliert. Das Land hat sich offen für eine Lösung für die ganze Region gezeigt aber darauf hingewiesen, dass die Initiative hierzu wegen fehlender Landeszuständigkeit aus der Region kommen muss. Die betroffenen Landkreise, Kommunen und Verbände in der Region haben sich daraufhin in einer „AG Schlei“ zusammengefunden und planen die Beauftragung einer Konzeptstudie über mögliche Küstenhochwasserschutzlösungen für die Schlei-Region. Das Land hat zugesagt, die Studie mit 95 % der Kosten zu fördern. Neben einer sogenannten Maximallösung mit Sperrwerk und anschließenden Seedeichen an der Schleimündung werden auch alternative Lösungsvarianten hinsichtlich ihrer langfristigen Wirkung, Kosten (Bau, Unter- und Erhaltung) und ökologischer Auswirkungen untersucht.

4.5 Konsequenzen an den sandigen Küsten

Insbesondere die nach Osten exponierten sandigen Küsten in Schwansen, Angeln und in der Lübecker Bucht waren während der über zwei Tage andauernden Oktoberflut 2023 einem sehr starken Sturmseegegang ausgesetzt. Dies hat verbreitet zu starken Erosionen und Abbrüchen an Steilufern geführt (Abbildung 12). Zunächst ist festzuhalten, dass infolge der Abbrüche keine größeren Schäden an privaten und öffentlichen Anlagen aufgetreten

sind. An vielen Stellen sind jedoch Ferien- und Wohnhäuser wie auch Straßen und Wege zum Teil deutlich näher an die Abbruchkante gerückt. Aus Sorge um ihren Privatbesitz haben mehrere Eigentümer auch ohne Genehmigung und adäquate Planung unmittelbar nach der Oktoberflut 2023 Sicherungsmaßnahmen teilweise nur vor einzelnen Häusern durchgeführt. Aus ihrer Sicht mag dies nachvollziehbar sein. Es verstößt jedoch gegen den gemeinsamen Grundsatz von Natur- und Küstenschutz, Steilufer von Sicherungsbauwerken freizuhalten bzw. nur zu sichern, wenn Siedlungen, wichtige Infrastrukturanlagen oder hohe Sachwerte durch irreversiblen Küstenrückgang und strukturelle Erosion gefährdet sind (MELUND 2022). Begründet wird dieser Grundsatz aus küstenschutzfachlicher Sicht damit, dass Steilufer an der Ostseeküste gemeinsam mit den ihnen vorgelagerten Abrasionsflächen die einzigen bedeutsamen Sedimentquellen für die Stabilisierung der sandigen Küsten, insbesondere bei einem verstärkt ansteigenden Meeresspiegel, darstellen (Averes et al. 2021). Sicherungen würden entsprechend zu einem zunehmenden Sedimentdefizit und insgesamt verstärkter Erosion an den Küsten führen (Nordstrom 2014). Punktuelle Sicherungen vor einzelnen oder wenigen Häusern könnten darüber hinaus wie eine Keimzelle wirken. Wegen der zu erwartenden (verstärkt fortschreitenden) Erosionen an den Seiten müssten die Bauwerke stetig verlängert werden.



Abbildung 12: Drohnenaufnahme des stark erodierten Steilufers vor Rosenfelde in der Lübecker Bucht vom 21.10.2023 (Foto: U. Bormann).

Als Beispiel hierfür können die im Jahre 1972 errichteten Wellenbrecher in Kiel-Schilksee dienen. Unmittelbar südlich der Anlage und vor einer Siedlung ist seit der Wellenbrecher-Errichtung ein verstärkter Steiluferrückgang zu verzeichnen, zuletzt wieder nach der Oktoberflut 2023. Obwohl das Steilufer mit mindestens 55 m noch relativ weit von der Bebauung entfernt ist und die Stadt Kiel für diese Stelle mit einem durchschnittlichen Rückgang von 0,82 m/J seit 1991 rechnet (Kiel aktuell 2020), fordern einige Betroffenen bereits

heute nach jeder Sturmflut eine Verlängerung der Sicherungsbauwerke nach Süden. Aufgrund obiger Überlegungen erscheint das Freihalten von Steilufern von Sicherungsbauwerken eine naturbasierte Küstenschutzmaßnahme (Hofstede 2024), wovon auch der Naturschutz und letztendlich der Tourismus profitieren. An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass Sandaufspülungen an der Ostseeküste von Schleswig-Holstein wie z. B. auf Sylt praktiziert, aufgrund fehlender Verfügbarkeit von geeigneten Sedimenten in der südwestlichen Ostsee insbesondere vor dem Hintergrund eines verstärkt ansteigenden Meeresspiegels keine nachhaltige Maßnahme zur Stabilisierung von Steilufern darstellen.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Aufgrund der oben angestellten Überlegungen zu den Folgen der Oktoberflut 2023 lassen sich die nachfolgenden für den künftigen Küstenschutz an der Ostseeküste von Schleswig-Holstein relevanten Schlussfolgerungen ableiten.

1. Die Sturmflut hat zu starken Schäden an und Versagen von Regionaldeichen an der Festlandsküste geführt. Diese sind – bis auf wenige Ausnahmen – nicht für eine solche Sturmflut ausgelegt.
2. Für die bisher für die Regionaldeiche an der Festlandsküste zuständigen kleinräumig strukturierten Wasser- und Bodenverbände stellt die langfristige Gewährleistung eines adäquaten Küstenhochwasserschutzes, insbesondere in den dichter besiedelten Küstenniederungen, eine enorme finanzielle und personelle Herausforderung dar.
3. Die Sturmflut hat in mehreren bisher ungeschützten Küstenorten zu größeren Überflutungen und signifikanten Schäden geführt. Ohne Schutzmaßnahmen werden die Schadenserwartungen in den Küstenorten infolge des stärkeren Meeresspiegelanstieges im Vergleich zum ruralen Bereich überproportional steigen.

In Anerkennung der zweiten Schlussfolgerung hat das Land angeboten auf Antrag die Zuständigkeit für den Küstenhochwasserschutz in dichter besiedelten Küstenniederungen (Richtwert > 50 Personen), die aktuell durch Regionaldeiche geschützt werden, zu übernehmen. Der Landesfokus liegt dabei auf dem Schutz von Siedlungen im übergeordneten öffentlichen Interesse. In einem ersten Schritt sollen für diese Küstenniederungen im Auftrag der bisher Zuständigen (mit 95 % Landesförderung) Hochwasserschutzkonzeptstudien durchgeführt werden, in denen auch alternative Lösungen zur traditionellen Verstärkung an Ort und Stelle untersucht werden. Wenn sich die Küstenschutzverwaltung des Landes und die bisher Zuständigen auf Grundlage einer solchen Studie auf eine grundsätzliche Lösung verständigt haben, übernimmt der LKN.SH die Entwurfsplanung und Umsetzung einschließlich der Finanzierung der Küstenschutzmaßnahme. Mit der Abnahme der Baumaßnahme geht schließlich die Zuständigkeit für den neuen Klimadeich auf das Land über. Eventuell weiterhin vorhandene Regionaldeichabschnitte können entwidmet werden oder verbleiben in der bisherigen Zuständigkeit.

In den von der Oktoberflut 2023 besonders betroffenen Küstenorten sind Überlegungen zum Küstenhochwasserschutz unterschiedlich weit vorangeschritten. So plant die Stadt Eckernförde bereits seit 2017 eine Verbesserung ihres Küstenhochwasserschutzes. Für den Herbst 2024 ist eine Bürgerbeteiligung zu verschiedenen Lösungsvarianten geplant. Die Stadt Flensburg hatte bereits vor der Oktoberflut 2023 ein Planungsbüro beauftragt und

erste Kontakte zur Küstenschutzverwaltung hergestellt. In Lübeck, Schleswig und Kiel werden seit der Oktoberflut 2023 verstärkt entsprechende Überlegungen angestellt. Wegen der hohen Nutzungsintensität und den vielfältigen lokalen Interessen ist es sinnvoll, dass die Zuständigkeit für den Küstenhochwasserschutz bei den Kommunen verbleibt. Damit wird auch gewährleistet, dass die Kommunen im Sinne der Selbstverwaltung Handlungsspielraum und Flexibilität behalten. Das Land wird erforderliche Maßnahmen im Regelfall mit bis zu 90 % fördern.

Ein adäquater Küstenhochwasserschutz, der auch langfristig bei einem verstärkten Meeresspiegelanstieg funktioniert, stellt eine enorme finanzielle und personelle Herausforderung für Schleswig-Holstein dar. Auch an der Nordseeküste und entlang der Tideelbe ist die Aufrechterhaltung des Küstenschutzes unabdingbar, weshalb ein Umschichten der verfügbaren Finanz- und Personalressourcen zur Umsetzung der oben beschriebenen zusätzlichen Maßnahmen keine Option ist. Aus diesem Grund hat die Landesregierung 2024 trotz finanzieller Engpässe 15 neue Stellen in der Küstenschutzverwaltung geschaffen; weitere sollen mittelfristig folgen.

Die in Kapitel 2 dargestellten Auswirkungen der sehr schweren Sturmflut von Oktober 2024 an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste zeigen erneut auf, dass die Küste eine hochdynamische Landschaft darstellt, die sich nicht ohne Folgen in ein Korsett zwingen lässt. Ein nachhaltiger und naturbasierter Küstenschutz muss sich – auch in Anbetracht des stärkeren Meeresspiegelanstieges – auf Änderungen der Küstenkonfiguration einstellen. Dies erfordert auch ein Umdenken in der Gesellschaft; der heutige Zustand kann nicht „zementiert“ werden (Jordan et al. 2023). Als wesentliche Konsequenz aus der Oktoberflut wird sich der staatliche Küstenschutz in Schleswig-Holstein daher verstärkt auf den Schutz von hohen Vulnerabilitäten wie Siedlungen fokussieren, um den technischen und finanziellen Aufwand in einem gesellschaftlich und ökologisch vertretbaren Rahmen zu halten.

6 Literaturverzeichnis

Averes, T.; Hofstede J. L. A.; Hinrichsen, A.; Reimers, H.-C.; Winter, C.: Cliff Retreat Contribution to the Littoral Sediment Budget along the Baltic Sea Coastline of Schleswig-Holstein, Germany. In: *J. Mar. Sci. Eng.* 9, 870, <https://doi.org/10.3390/jmse9080870>, 2021.

Bruun, P.: The Bruun Rule of Erosion by Sea-Level Rise: A Discussion on Large-Scale Two- and Three-Dimensional Usage. In: *Journal of Coastal Research*, 4/4, 627–648, 1988.

De Moel, W. P. J.; Aerts, J. C. J. H.: How are flood risk estimates affected by the choice of return-periods? In: *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 3181–3195, <https://doi.org/10.5194/nhess-11-3181-2011>, 2011.

Hirschhäuser, T.; Blümel, M.; Dey, T.; Thiesen, H.; Peters, J.; Christiansen, L.; Franz, B.: Die Ostseesturmflut Oktober 2023 in Schleswig-Holstein. In: *Die Küste*, 94, 2024.

Hofstede, J. L. A.: Update of the Schleswig-Holstein State master plan for coastal flood defense and coastal protection with a focus on climate change adaptation. In: *Die Küste*, 91, 1–22, 2022.

Hofstede, J. L. A.: Status and prospects of nature-based solutions for coastal flood and erosion risk management in the Federal State of Schleswig-Holstein, Germany. In: *Journal of Coastal Conservation*, <https://doi.org/10.1007/s11852-024-01042-5>, 2024.

IAWG: Regionalisierung der statistischen Sturmflutwasserstände an der West- und Ostküste Schleswig-Holsteins - Nachführung 2018/2019/2020. Unveröffentlichtes Gutachten des IAWG (Ingenieurhydrologie, Angewandte Wasserwirtschaft und Geoinformatik) im Auftrag des LKN.SH, 2020.

IPCC: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/, zuletzt geprüft am: Juni 2022.

Jordan, P.; Döring, M.; Fröhle, P.; Ratter, B. M. W.: Exploring past and present dynamics of coastal protection as possible signposts for the future? A case study on the Islands of Amrum and Föhr in the North Frisian Wadden Sea (GER). In: *Journal of Coastal Conservation*, 27:2. <https://doi.org/10.1007/s11852-022-00921-z>, 2023.

KFKI (Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen, Hrsg.): 1872 – An exceptional storm surge in the Baltic. In: *Die Küste*, 92, <https://doi.org/10.18171/1.092100>, 2022.

Kiel aktuell: Absperrung an der Steilküste in Schilksee. <https://kielaktuell.com/2020/04/08/absperungen-in-schilksee-sued/>, zuletzt geprüft am: 16.12.2024.

MELUND: Generalplan Küstenschutz des Landes Schleswig-Holstein – Fortschreibung 2022. Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein, Kiel, 2022.

Nordstrom, K. F.: Living with shore protection structures: A review. In: *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 150 (A), 11–23, <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.11.003>, 2014.

Nöthel, H.; Neemann, V.; Hausmann, L.; Bauerhorst, H.; Schwuchow, N.: Ablauf der Ostseesturmflut im Oktober 2023. In: *Die Küste*, 94, 2024.

Ranasinghe, R.; Callaghan, D.; Stive, M. J. F.: Estimating coastal recession due to sea level rise: beyond the Bruun rule. In: *Climatic Change*, 110, 561–574, <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0107-8>, 2012.